Conditions d’utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d’œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s’inscrit dans le cadre de la loi nº 78-753 du 17 juillet 1978 :

- **la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue (Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr)**
- **la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l’objet d’une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.**

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- **les reproductions de documents protégés par le droit d’auteur, uniquement consultables dans l’enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l’autorisation préalable du titulaire des droits.**

4- Pour obtenir la reproduction numérique d’un document du Cnum en haute définition, contacter cnum(at)cnam.fr

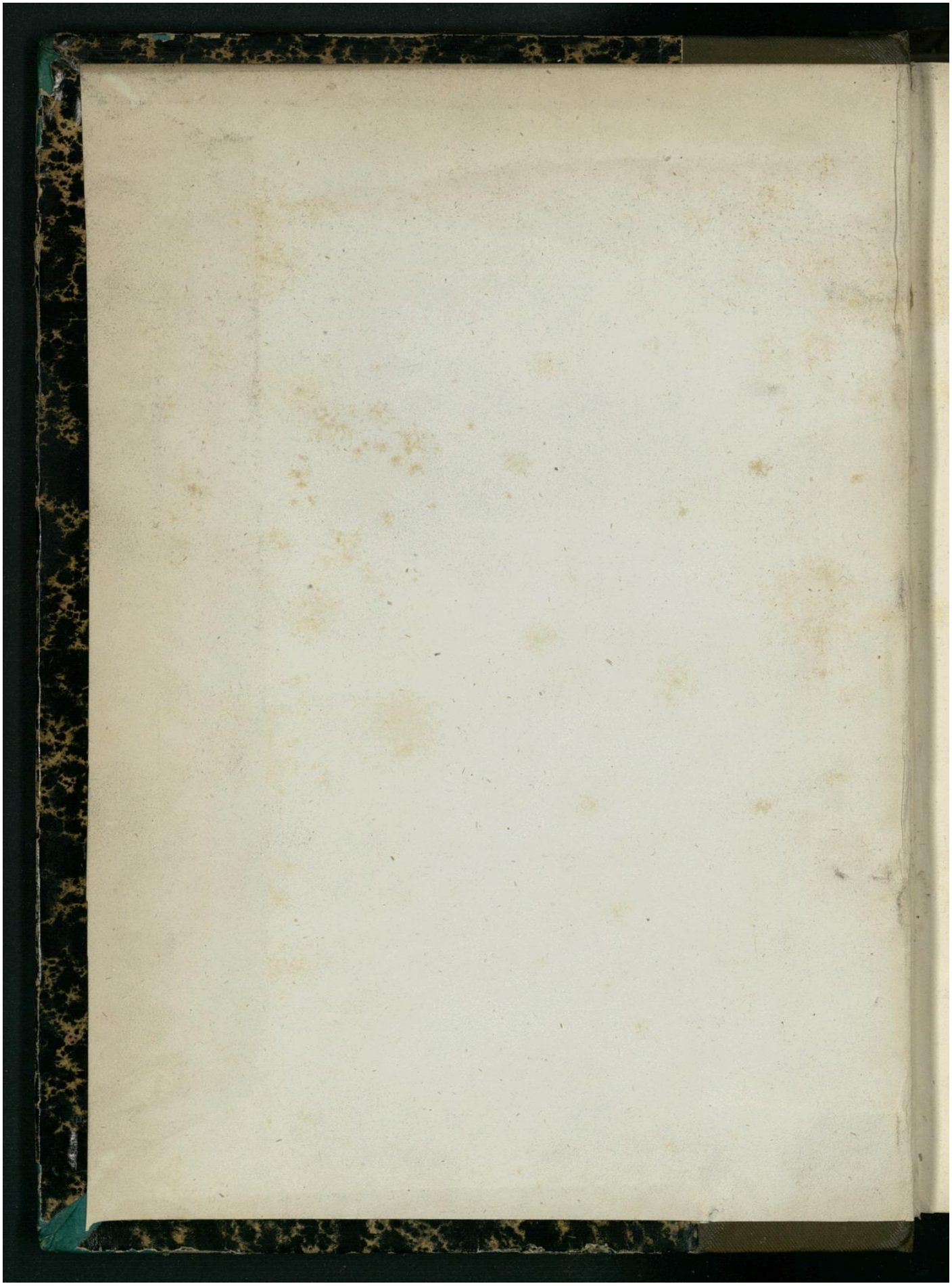
5- L’utilisateur s’engage à respecter les présentes conditions d’utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d’une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d’utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

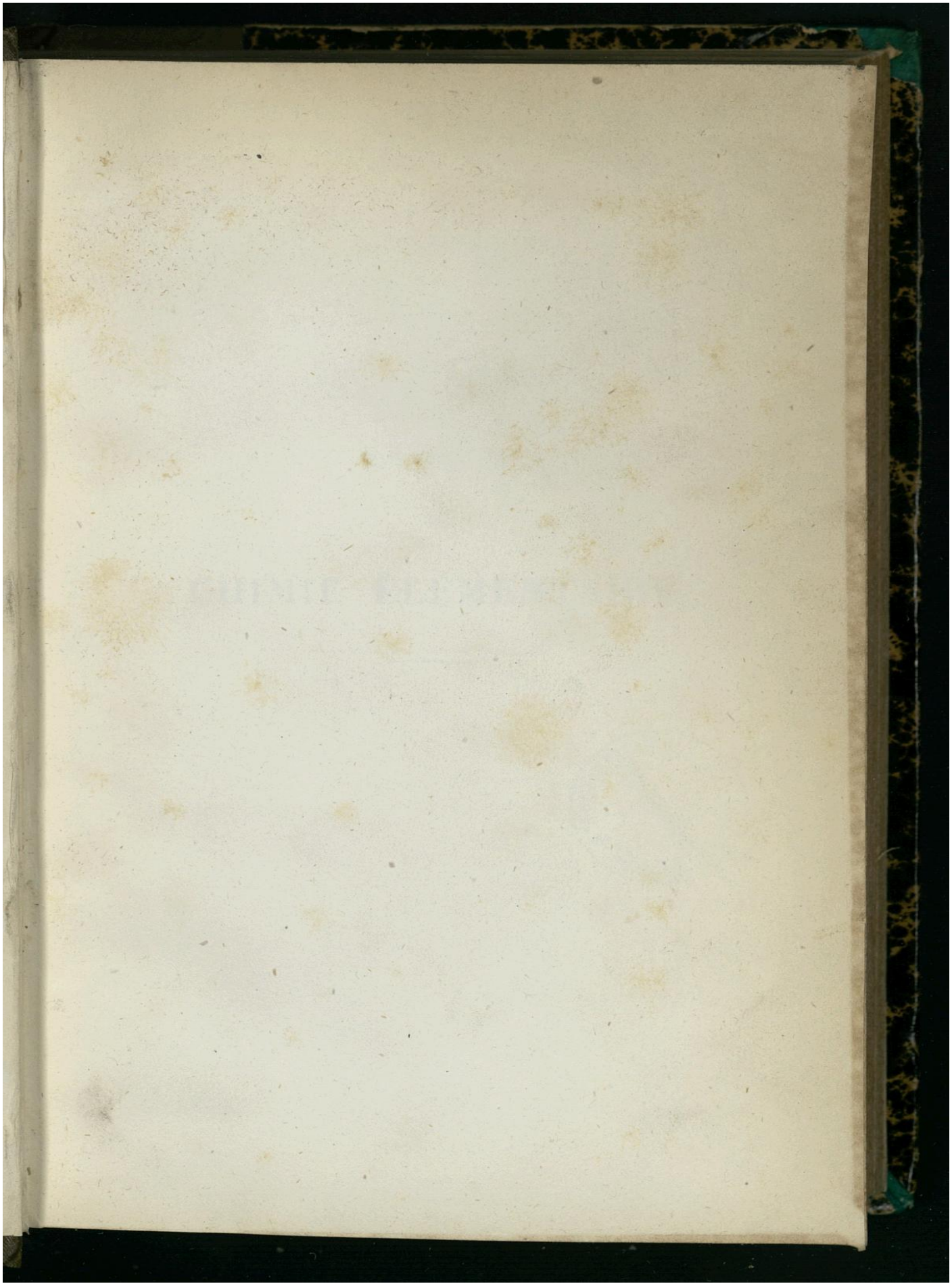
NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA GRANDE MONOGRAPHIE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Girardin, Jean
Auteur(s)	Girardin, Jean (1803-1884)
Titre	Leçons de chimie élémentaire appliquée aux arts industriels
Édition	Quatrième édition entièrement refondue
Adresse	Paris : Victor Masson, 1860-1861
Collation	2 vol. (VI-881, 910 p.)
Nombre de volumes	2
Cote	CNAM-BIB 8 Fa 38 (2)
Sujet(s)	Chimie industrielle? -- Manuels d'enseignement Chimie inorganique Chimie organique
Note	Avec figures et échantillons de teintures et d'indiennes intercalés dans le texte. - Table alphabétique des deux volumes, T.2, p. 863-910
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8FA38.2
LISTE DES VOLUMES	Leçons de chimie élémentaire appliquée aux arts industriels… I Chimie inorganique
	Leçons de chimie élémentaire appliquée aux arts industriels… II Chimie organique

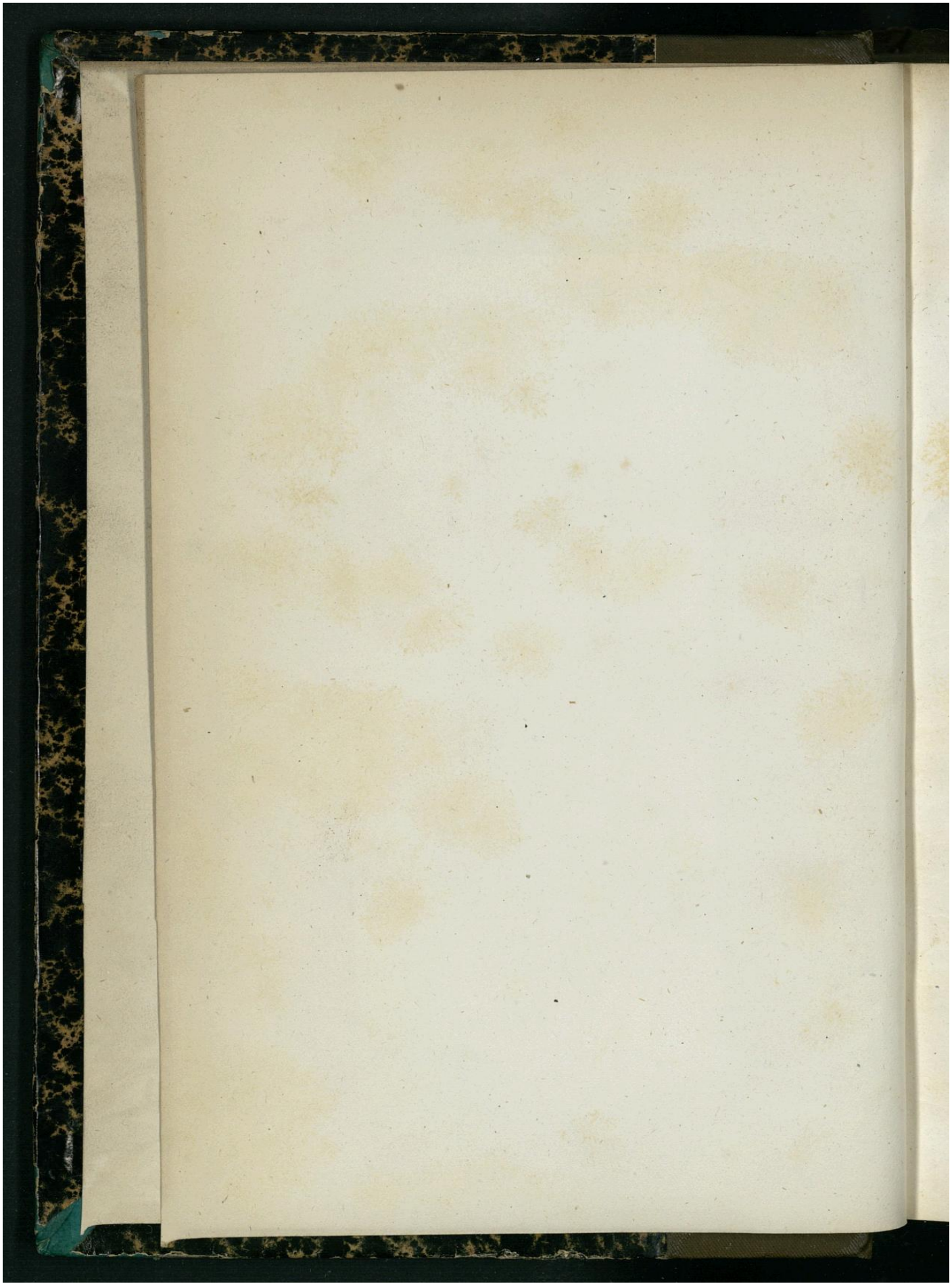
NOTICE DU VOLUME	
Auteur(s) volume	Girardin, Jean (1803-1884)
Titre	Leçons de chimie élémentaire appliquée aux arts industriels
Volume	Leçons de chimie élémentaire appliquée aux arts industriels… II Chimie organique
Adresse	Paris : Victor Masson, 1861
Edition	Quatrième édition entièrement refondue
Collation	1 vol. (910 p.)
Nombre de vues	920
Cote	CNAM-BIB 8 Fa 38 (2-2)
Sujet(s)	Chimie industrielle -- Manuels d'enseignement Chimie inorganique Chimie organique
Thématique(s)	Matériaux
Typologie	Ouvrage
Note	Avec figures et échantillons de teintures et d'indiennes intercalés dans le texte. - Table alphabétique des deux volumes, T.2, p. 863-910
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/06/2022
Date de génération du PDF	10/06/2022
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8FA38.2.2



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° Fa -38

LEÇONS

DE

CHIMIE ÉLÉMENTAIRE.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET METIERS
BIBLIOTHÈQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CORBEIL, typogr. et stéréot. de CRÉTÉ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° Fa 38(2)

LEÇONS

DE

CHIMIE ÉLÉMENTAIRE

APPLIQUÉE

AUX ARTS INDUSTRIELS

PAR

M. J. GIRARDIN,

Doyen et professeur de chimie de la Faculté des sciences de Lille,

Membre correspondant de l'Institut impérial de France,
Officier de la Légion d'honneur,
Commandeur de l'Ordre impérial du Lion et du Soleil de Perse, etc.

« La science ne devient tout à fait utile
« qu'en devenant vulgaire. »

QUATRIÈME ÉDITION

entièrement refondue,

AVEC FIGURES ET ÉCHANTILLONS DE TEINTURES ET D'INDIENNES
INTERCALÉS DANS LE TEXTE.

II

CHIMIE ORGANIQUE.

CONSERVATOIRE IMPÉR. DES ARTS ET MÉTIERS
BIBLIOTHÈQUE

PARIS

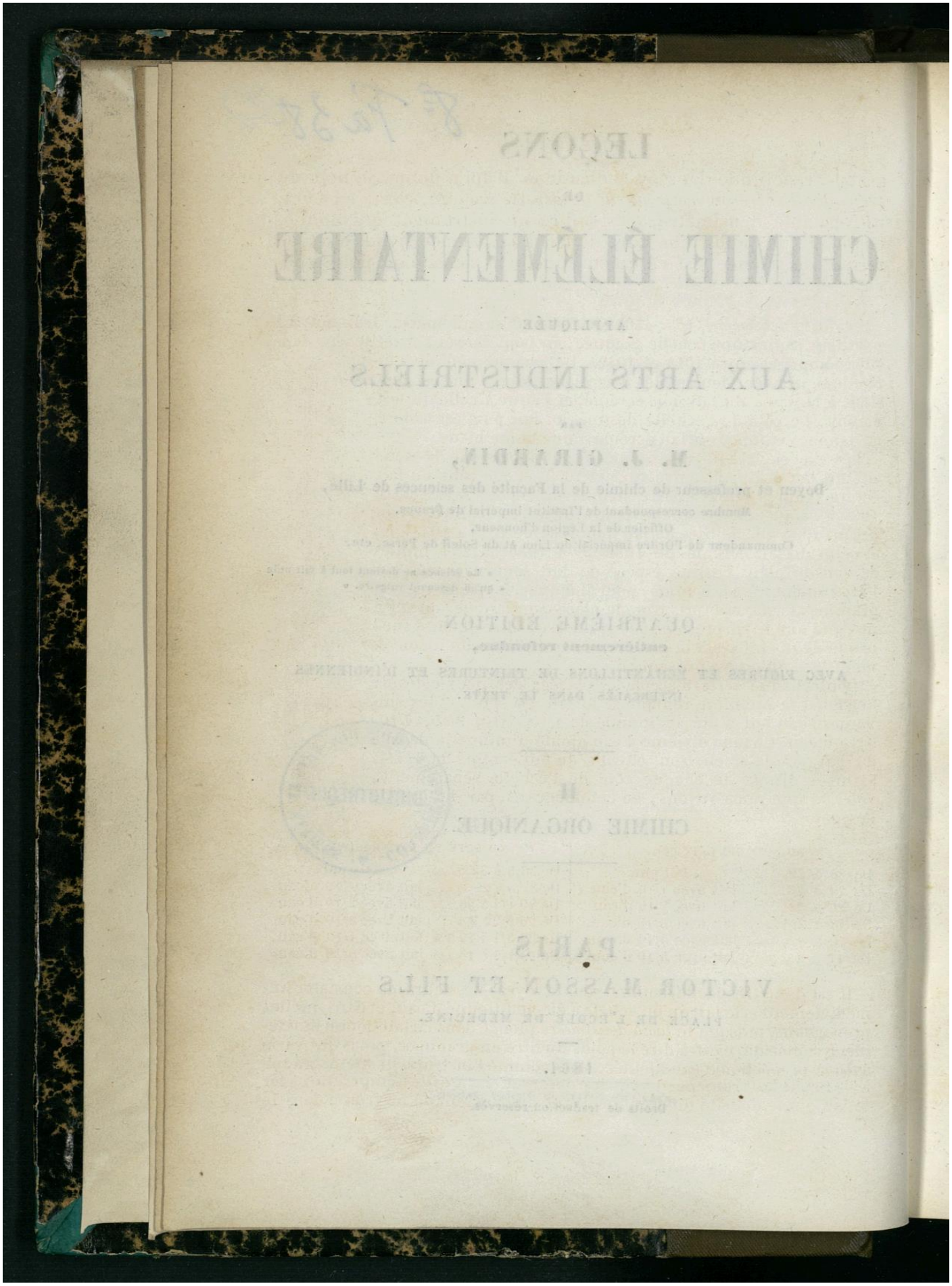
VICTOR MASSON ET FILS

PLACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE.

1861.

Droits de traduction réservés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LEÇONS
DE
CHIMIE ÉLÉMENTAIRE

CHIMIE ORGANIQUE

TRENTE-UNIÈME LEÇON

NOTIONS GÉNÉRALES

SOMMAIRE. — Forces qui régissent les êtres vivants. — Différences, sous le rapport de la composition, entre les substances végétales et animales et les matières minérales. — Des moyens de reconnaître la nature des composés organiques. — De l'ANALYSE ÉLÉMENTAIRE. — Division du cours.

Dans la première partie de ce cours, Messieurs, j'ai parcouru avec vous le domaine de la CHIMIE MINÉRALE, c'est-à-dire de cette partie de la science qui traite spécialement des substances inorganiques, que nous trouvons à la surface ou dans les entrailles de la terre, ou que nous parvenons à créer de toutes pièces dans nos opérations de laboratoire ou de fabrique.

Nous avons passé en revue la série des CORPS SIMPLES ou des ÉLÉMENTS qui, au nombre de 62, concourent à former tous les composés de la nature et des arts ;

Nous avons appris à distinguer tous ces corps, à les isoler dans leur état de pureté, à les approprier à tous nos besoins, à toutes les nécessités du commerce et de l'industrie manufacturière ;

Nous avons reconnu les phénomènes principaux qui résultent de leurs réactions mutuelles et constaté les lois peu nombreuses et bien simples qui président à leur groupement ou mieux à leur combinaison.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais les matières minérales ne sont pas les seules sur lesquelles le chimiste porte ses investigations. A côté de ces métaux, de ces oxydes, de ces acides, de ces sels, de ces gaz, qui donnent à l'homme civilisé de si puissants moyens d'action, il y a des plantes, il y a des animaux dont la vie n'est due qu'à une succession de phénomènes chimiques qui s'accomplissent avec une régularité, une constance bien dignes d'attention ; il y a des produits particuliers, formés dans les organes de ces êtres, et qui possèdent des propriétés toutes spéciales dont l'intelligence humaine a su tirer un merveilleux parti.

Parmi ces produits, en effet, les uns sont des aliments bienfaisants, d'autres des médicaments, et quelques-uns des poisons ; d'autres, enfin, sont des agents ou des auxiliaires de ces arts économiques et industriels qui ont pour but de satisfaire à nos besoins journaliers et d'accroître la somme de nos jouissances matérielles. Ainsi, c'est avec ces produits que nous obtenons ces boissons fermentées (vin, cidre, bière, eaux-de-vie, etc.) dont l'habitude nous a fait une impérieuse nécessité ; ces huiles, ces graisses, ces essences, ces résines, ces sucres, ces gommes, ces fécules qui nous rendent des services si divers ; ces couleurs admirables dont nous embellissons nos vêtements, qui ne sont, eux-mêmes, que des fibres textiles enlevées aux dépouilles des animaux ou au tissu même des plantes.

Il y a donc pour le moins, vous l'entrevoyez déjà, Messieurs, autant d'intérêt à étudier ces matières d'origine organique que celles qui appartiennent au règne minéral.

Nous n'aurons pas à nous préoccuper, toutefois, de l'organisation ou de la structure anatomique des plantes et des animaux, car, à ce point de vue, l'étude des êtres vivants appartient à l'Histoire naturelle. Le rôle du chimiste doit se borner à faire connaître la composition ou la constitution élémentaire de ces êtres, les moyens que l'on peut mettre en usage pour isoler les diverses substances dont ils sont formés ; à décrire la nature et les propriétés de ces substances auxquelles on a donné le nom de *principes immédiats ;* à indiquer les phénomènes chimiques qui se produisent pendant la vie et qui concourent à l'entretenir ; enfin à exposer les changements que ces êtres subissent lorsqu'ils sont rentrés dans le domaine de la matière morte.

Tel est, en peu de mots, l'objet de la Chimie organique.

Dans les minéraux, les éléments qui les forment sont soumis à ces deux grandes forces de la nature que nous avons appelées *attraction* et *affinité*. Elles régissent également les êtres vivants ; mais ceux-ci obéissent, en outre, à d'autres forces qui leur sont particulières et essentielles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, les végétaux, composés d'organes que l'on désigne sous les noms de *racines*, *tiges*, *feuilles*, *fleurs*, *fruits*, *semences*, naissent, vivent et meurent sous l'empire d'une force qui, comme les précédentes, se dérobe complétement à nos recherches. C'est la *force vitale* ou la puissance d'organisation, dont l'action commence et finit avec la vie.

Les animaux, pourvus d'appareils ou d'organes plus compliqués, dont les uns sont spécialement destinés à la nutrition, et les autres à la reproduction de l'espèce, sont soumis, comme les végétaux, à l'influence de la *force vitale*, qui est la cause des phénomènes physiologiques ; mais ils obéissent encore à l'action d'une autre force non moins puissante, la *sensibilité*, qui leur donne la conscience de leur existence, et préside à tous les actes de l'intelligence.

Or, ces deux forces, qui agissent sans cesse pendant toute la durée de la vie, influent singulièrement sur la composition des êtres animés, et modifient, d'une manière extrêmement remarquable, les effets des forces chimiques. Les composés minéraux sont, assurément, bien nombreux et bien variés ; mais ce n'est rien en comparaison du nombre et de la variété des composés qui prennent naissance dans les tissus des végétaux et des animaux, sous l'influence des forces organiques.

On distingue, dans les êtres organisés, deux classes de composés :

1. Les *composés inorganiques*, qu'on trouve également dans le règne minéral, comme les acides sulfurique, phosphorique, etc., la silice, la chaux, la soude, la magnésie, des sels, des chlorures, etc. Ces composés proviennent, manifestement, du sol ou des milieux dans lesquels les êtres vivent et séjournent ; ils entrent, par conséquent, dans le corps de ces êtres, et n'y sont pas produits ;

2. Les *composés organiques*, qui ne sont formés que dans les organes des êtres vivants, comme le sucre, les gommes, les huiles, certains acides, les matières colorantes, etc.

Nous n'avons plus à nous occuper des composés minéraux, puisque leur étude a été faite dans la première partie du cours. Nous ne devons actuellement étudier que les composés organiques.

Les *matières organiques* sont formées par la réunion d'un petit nombre d'éléments qui appartiennent à la nature inorganique ; mais ce qui est remarquable, c'est que quelques-unes seulement des matières simples que nous avons étudiées peuvent devenir principes constituants des êtres organisés et de leurs produits. En effet, l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote sont à peu près les seuls éléments indispensables à la formation des substances

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

organiques. Ce n'est que par exception qu'on y rencontre le soufre, le phosphore, le chlore, l'iode, le fer, le cuivre.

Mais, tandis qu'un seul corps simple peut constituer à lui seul une substance minérale, il en faut toujours au moins deux, plus fréquemment trois ou quatre, pour produire une substance organique. Ainsi, les composés plus spécialement propres aux plantes sont formés d'hydrogène et de carbone, ou d'hydrogène, de carbone et d'oxygène; de même que les composés propres aux animaux contiennent, au moins dans le plus grand nombre des cas, quatre éléments, à savoir : l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote.

Dans les minéraux, le caractère fondamental réside dans la différence de la nature même des éléments qui les constituent ; ainsi les composés du soufre n'ont rien de commun avec ceux du phosphore; ceux du chlore se distinguent nettement de ceux de l'arsenic, et ainsi des autres. Il n'en est plus ainsi pour les substances organiques, puisque toutes ont, à peu de chose près, les mêmes principes élémentaires. C'est seulement dans les proportions de ces principes que résident les différences, et encore nous arrivera-t-il fréquemment de rencontrer des corps contenant les mêmes éléments unis dans des proportions semblables, et formant cependant des substances fort différentes, uniquement parce que le mode de combinaison ou le groupement de leurs atomes élémentaires n'est pas le même. En voici la preuve :

Les essences de térébenthine et de genièvre sont bien distinctes par leurs propriétés : néanmoins ces deux composés sont constitués de la même manière, à savoir :

20 équivalents de carbone et 16 équivalents d'hydrogène ; aussi la même formule, $C^{20}H^{16}$, leur est commune !

Il n'y a aucune ressemblance apparente, quant aux propriétés, entre le bois, la gomme et la fécule ; et cependant, dans ces trois matières pures, on trouve absolument le même mode de composition, à savoir :

12 équivalents de carbone
et 10 équivalents d'eau,

si bien qu'on les représente par le même symbole : $C^{12}H^{10}O^{10}$.

De même encore le blanc de l'œuf a d'autres caractères que le caillé du lait, et tous deux ne peuvent être confondus avec la fibre musculaire; et pourtant, ce sont les mêmes éléments, dans les mêmes proportions, qui forment ces trois matières distinctes.

Il faut donc, vous devez le comprendre par ces faits curieux, une bien grande habileté de la part des chimistes pour saisir et déterminer les légères variations qui existent entre tous les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produits du règne organique, sous le rapport de la nature chimique, et pour découvrir la raison des différences qu'ils présentent à l'observation.

Quel que soit le mode de combinaison des substances organiques, elles montrent, en général, une grande tendance à se détruire ou à se changer en d'autres composés au nombre desquels se trouvent une partie de ceux que nous avons étudiés dans la chimie minérale.

« L'arbre le plus robuste finit, au bout de trente-six à quarante ans, par ne laisser que son écorce. Les feuilles, les jeunes pousses, la paille portée sur les champs comme fumier, les fruits savoureux, disparaissent encore plus rapidement ; mais ce sont surtout les parties animales qui éprouvent cette métamorphose dans le temps le plus court ; elles se dissipent dans l'air à l'état de gaz, et finissent par ne laisser que les parties minérales venant de la terre.

« Ce grand phénomène de dissolution s'accomplit dans les êtres organisés aussitôt que la mort arrête l'action des causes variées sous l'influence desquelles les combinaisons qui les composent s'étaient formées. Les produits de l'économie végétale et animale éprouvent, par l'action de l'air et de l'eau, une série de métamorphoses, dont la dernière a pour résultat la transformation de leur carbone en acide carbonique, de leur hydrogène en eau, de leur azote en ammoniaque, de leur soufre en acide sulfurique.

« Par l'effet des réactions chimiques qui sont les conséquences de la mort, les éléments des corps organiques reprennent donc la forme primitive sous laquelle ils peuvent servir d'aliment à une nouvelle génération. Les éléments venus de l'air retournent à l'atmosphère ; les éléments fournis par la terre rentrent dans le sol. La mort, la dissolution d'une génération entière devient ainsi la source de la vie d'une génération nouvelle (1). »

Mais comment les végétaux et les animaux peuvent-ils créer dans l'intérieur de leurs organes, avec le concours de quatre ou cinq principes élémentaires seulement, cette multitude de composés dont la constitution et les propriétés chimiques sont si distinctes? Par quels moyens puisent-ils dans le sol et tirent-ils de l'atmosphère les éléments convenables pour engendrer la fibre ligneuse ou musculaire, les huiles ou les graisses, le sucre, la gomme, l'amidon, etc., composés qui ne diffèrent les uns des autres, je le répète, que par des variations souvent insignifiantes dans les trois, quatre ou cinq éléments qui les constituent essentiellement? Comment le pavot, la jusquiame, la ciguë, la morelle, tirent-ils leurs poisons du même terrain où le blé, la

(1) Liebig, 27e *lettre sur la chimie*, t. II, p. 7.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pomme de terre, le haricot, le pommier ne trouvent que des matériaux salutaires et nourrissants ? Ces résultats merveilleux sont dus à cette force mystérieuse, étrangère à la nature morte, que nous nommons *vie*, *force vitale*, *force assimilatrice*. Dieu seul connaît le secret de ces transformations successives par lesquelles passent les éléments inorganiques pour constituer la trame des organes des êtres vivants, aussi bien que les nombreux produits qui s'y accumulent incessamment. Et, comme l'a dit, avec tant de raison, le célèbre Berzelius, tout cela s'opère, non comme un effet du hasard, mais avec une variété admirable, avec une sagesse extrême.

« Tout ce qui tient à la nature organique annonce un but sage, et se distingue comme production d'un entendement supérieur... Cependant plus d'une fois une philosophie bornée a prétendu être profonde, en admettant que tout était l'œuvre du hasard... Mais cette philosophie n'a pas compris que ce qu'elle désigne, dans la nature morte, sous le nom de hasard, est une chose physiquement impossible. Tous les effets naissent de causes ou sont produits par des forces ; ces dernières (semblables aux désirs) tendent à se mettre en activité et à se satisfaire, pour arriver à un état de repos qui ne saurait être troublé, et qui ne peut être sujet à quelque chose qui réponde à notre idée du hasard. Nous ne voyons pas comment cette tendance de la matière inorganique à parvenir dans un état de repos et d'indifférence, par le désir de se saturer que possèdent les forces réciproques, sert à la maintenir dans une activité continuelle ; mais nous voyons cette régularité calculée dans le mouvement des mondes. Nos recherches nous conduisent tous les jours à de nouvelles connaissances sur la construction admirable des corps organiques, et il sera toujours plus honorable pour nous d'admirer la sagesse que nous ne pouvons suivre, que de vouloir nous élever, avec une arrogance philosophique, et par des raisonnements chétifs, à une connaissance supposée des choses qui seront probablement à jamais hors de la portée de notre entendement (1). »

Bien que nous ne puissions pas, dans nos laboratoires, procéder par les mêmes voies qu'emploie la nature, il nous est permis cependant de former artificiellement un certain nombre de produits semblables à ceux qui se trouvent au sein de l'organisme vivant. La reproduction artificielle d'un grand nombre de substances d'origine végétale ou animale est un des plus beaux résultats que les chimistes aient obtenus dans ces dernières années.

Ainsi, aujourd'hui, comme nous le verrons bientôt, on n'extrait plus l'*acide oxalique* des feuilles de l'oseille, car le sucre et les fécules peuvent le fournir plus promptement et à meilleur marché.

Les mêmes matières, soumises à d'autres réactions, donnent

(1) Berzelius, *Traité de chimie*, édition française de 1851, t. V, p. 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'acide puissant que les fourmis sécrètent dans leurs organes.

En traitant l'amidon, le bois, la paille, les chiffons, par l'acide sulfurique, on fait, à volonté, soit de la gomme, soit du sucre comparable en tout à celui qui existe dans les fruits sucrés.

Avec le sang, la corne ou la chair, on fabrique les sels désignés sous les noms de *cyanures*, de *prussiate de potasse*, de *bleu de Prusse*, et avec ceux-ci on obtient l'*urée*, ce principe de l'urine, dont l'extraction directe exige des opérations longues et repoussantes.

On convertit la cire en cet acide naturel qui est propre à la graisse du mouton.

On change le principe cristallisable de l'écorce des saules en cette essence qui se forme naturellement dans les fleurs de la *reine-des-prés*.

Avec l'un des produits de la distillation du bois, *l'esprit-de-bois*, on donne naissance à l'huile essentielle des fleurs de *gaultheria*, plante de la famille des bruyères.

On crée indifféremment avec le sucre, suivant le mode de traitement, l'acide du lait, l'acide du beurre, l'acide de la racine de valériane.

Qui croirait qu'en traitant par des agents appropriés l'*acide butyrique*, qui donne au beurre rance son odeur détestable; l'*huile volatile de pomme de terre*, qu'on élimine avec tant de soin dans la fabrication de l'eau-de-vie de fécule, à cause de son infection; l'*huile de goudron de houille*, d'odeur si désagréable, on peut créer des composés nouveaux doués des odeurs les plus suaves, et rappelant les parfums les plus délicats tirés des fleurs? c'est pourtant avec ces matières puantes qu'on fait à volonté l'*essence d'ananas*, qui sert à aromatiser les rhums et à préparer la limonade agréable que les Anglais désignent sous le nom de *Pine-apple-ale !*... l'*essence de poires, de pommes !*... l'*essence de Cognac* avec laquelle, en Allemagne surtout, on donne l'arôme de l'eau-de-vie de Cognac aux eaux-de-vie de mauvaise qualité !... l'*essence de myrbane*, qui remplace maintenant, à s'y méprendre, l'essence naturelle d'amandes amères, pour aromatiser les savons communs !...

C'est à l'exposition de Londres, en 1851, qu'a figuré, pour la première fois, cette série de produits curieux qui, des laboratoires des chimistes, ont passé promptement dans les ateliers de l'industrie.

Il est à remarquer que, dans toutes ces réactions, dont je pourrais multiplier la liste, on transforme des produits organiques peu stables en des produits beaucoup plus stables et qui résistent à une température bien plus élevée que les premiers; en d'autres termes, on rapproche de plus en plus les substances organiques de la nature des substances minérales.

Le caractère essentiel de la chimie minérale, c'est la *stabilité*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des composés. Celui de la chimie organique, c'est la *mobilité* des éléments des composés. Rien de plus facile, en raison de cette circonstance, que de convertir successivement l'amidon en *gomme*, la gomme en *sucre*, le sucre en *esprit-de-vin* et en *acide carbonique*, l'esprit-de-vin en *éther*, l'éther en *eau* et en *hydrogène carboné*.

Eh bien ! toutes ces transformations, toutes ces imitations reposent sur cette excessive mobilité des éléments des matières organiques, qui ne leur permet pas de résister à l'action des agents un peu énergiques : l'acide azotique, la potasse, l'acide chromique, le chlore, qui leur enlèvent du carbone et de l'hydrogène, et les changent ainsi en de nouvelles substances moins carbonées et moins hydrogénées. Mais cette même mobilité met obstacle, d'un autre côté, au pouvoir du chimiste, qui ne sait produire ni les principes du sang, ni la matière cérébrale, ni les autres matières d'une nature aussi complexe ; qui ne peut réunir directement les éléments d'une substance organique de manière à la reproduire avec tous ses caractères primitifs, comme il le pratique si facilement à l'égard des substances minérales.

Ainsi, quoique le sucre puisse être converti en esprit-de-vin et en acide carbonique, et que ces deux derniers produits représentent bien, par leur somme, la composition du premier, nous ne saurions, dans l'état actuel de la science, faire du sucre avec de l'acide carbonique et de l'esprit-de-vin. Cette impuissance tient uniquement à ce que les procédés synthétiques qu'on pourrait employer pour obtenir une pareille reproduction sont trop énergiques, trop différents de ces réactions calmes et lentes qui s'accomplissent dans l'organisme vivant, et ne peuvent s'effectuer que dans des conditions où la matière organique ne saurait exister. Les moyens nous manquent encore pour imiter, dans nos laboratoires, ce que la nature fait si aisément dans l'intérieur des organes des plantes et des animaux.

C'est pour avoir ignoré ces faits que Jean-Jacques Rousseau disait devant Rouelle, aux leçons duquel il assistait, qu'il ne croirait à la chimie que lorsqu'on pourrait lui refaire du pain avec les produits de la décomposition de cet aliment par le feu ! Exclamation paradoxale que justifiait très-bien l'état imparfait de la science chimique à cette époque, mais qu'à coup sûr le philosophe genevois ne proférerait plus aujourd'hui, encore bien qu'on n'ait pas obtenu le résultat impossible qu'il réclamait.

La facile décomposition des matières organiques, les métamorphoses continuelles qu'elles subissent si aisément, rendent leur étude beaucoup plus difficile que celle des substances minérales.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Celles-ci ne sont pas détruites par les réactions chimiques. L'opérateur exercé ne perd aucun des principes sur lesquels portent ses investigations, et il peut toujours contrôler les résultats de ses analyses par la synthèse ; mais il en est tout autrement des composés organiques. Toute réaction un peu énergique est une cause de destruction ou de transformation ; de nouveaux produits sont formés, tout différents de ceux qui préexistaient, et avec lesquels il est impossible de refaire ce qui s'était organisé sous l'influence de la vie.

Jusqu'ici, Messieurs, j'ai posé comme un principe fondamental que les substances organiques sont essentiellement formées d'oxygène, d'hydrogène, de carbone et d'azote ; que, dans les unes, on ne rencontre le plus souvent que les trois premiers principes, tandis que tous les quatre existent dans les autres. L'expérience va vous démontrer la vérité de ces assertions.

On a introduit dans une cornue en grès A (*fig.* 344) une certaine quantité de sucre. On aurait pu y mettre tout aussi bien de l'amidon de blé, de la gomme ou toute autre matière extraite des plantes. Vous voyez que cette cornue, placée dans un fourneau à réverbère, communique avec un

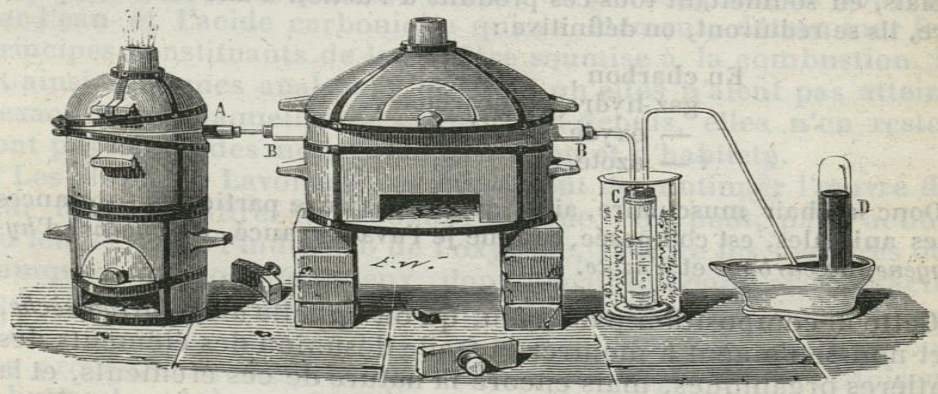


Fig. 344.

tube de porcelaine BB posé horizontalement sur un fourneau également à réverbère, et qu'à ce tube sont adaptées une large éprouvette C et une cloche D propre à recueillir les gaz. L'éprouvette est entourée d'un mélange réfrigérant de glace et de sel.

On chauffe d'abord jusqu'au rouge le tube de porcelaine, puis on élève la cornue à cette même température. Le sucre renfermé dans celle-ci ne peut supporter ce degré de chaleur sans que ses principes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

élémentaires se dissocient, et, lorsque l'opération a été poussée jusqu'à sa dernière période, on trouve :

1° Dans la cornue et le tube de porcelaine, du *charbon* en assez grande quantité ;

2° Dans l'éprouvette, de l'*eau*, et presque toujours un peu d'*huile* rousse et fétide, et du *vinaigre* ou *acide acétique* ;

3° Enfin, dans la cloche à mercure, un gaz qu'une analyse ultérieure peut faire reconnaître pour un mélange, à proportions variables, d'*oxyde de carbone*, d'*hydrogène carboné* et d'*acide carbonique*.

Si l'on fait passer de nouveau à travers le tube de porcelaine incandescent l'eau, l'huile et l'acide acétique, on peut les convertir définitivement en *charbon*, en *gaz hydrogène carboné* et en *oxyde de carbone*. Ces derniers produits, dans lesquels se transforment la plupart des substances végétales, ne nous représentent que trois éléments : l'oxygène, l'hydrogène et le carbone. Donc ce sont eux qui constituent uniquement et essentiellement ces mêmes substances.

Si nous chauffons, d'un autre côté, dans un appareil semblable au précédent, une substance tirée du corps de l'homme, la chair musculaire, par exemple, nous obtiendrons pour résultat :

Tous les produits que nous a fournis le sucre; et, en outre :

Des sels ammoniacaux,
De l'acide prussique ou cyanhydrique,
Et du gaz azote.

Mais, en soumettant tous ces produits à l'action d'une forte température, ils se réduiront, en définitive :

En charbon,
gaz hydrogène carboné,
— oxyde de carbone,
— azote.

Donc la chair musculaire, ainsi que la majeure partie des substances dites animales, est composée, comme je l'avais avancé, d'*oxygène*, d'*hydrogène*, de *carbone* et d'*azote*.

Cette décomposition par le feu, qu'on appelle *distillation sèche*, sert non-seulement à montrer la facile désunion des éléments des matières organiques, mais encore la nature de ces éléments, et la grande ressemblance de toutes ces matières sous ce rapport. Dans les produits précédents de la distillation sèche des plantes et des animaux, nous ne trouvons, en effet, que quatre éléments, et toujours les mêmes, à savoir : l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote. Nous pouvons en conclure que ce sont là les *éléments organiques par excellence*.

Les anciens chimistes n'avaient que des idées erronées sur la constitution chimique des êtres organisés et de leurs produits. Ils les regardaient comme des composés de feu, de terre, d'air et d'eau. N'employant qu'une méthode analytique très-vicieuse, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simple distillation à la cornue, qu'ils analysassent une plante alimentaire, ou un végétal vénéneux, le froment ou la ciguë, le tilleul ou la jusquiame, ils n'obtenaient jamais pour résultats que du charbon, de l'eau, de l'huile empyreumatique, de l'acide acétique, des gaz et parfois des sels ammoniacaux, et ne pouvaient véritablement acquérir aucune notion utile sur le sujet qu'ils avaient l'intention d'éclaircir. Aussi, bien que l'Académie des Sciences ait consacré, depuis la fin du dix-septième siècle jusqu'à la moitié du dix-huitième, tous ses soins à l'analyse par le feu, de plus de trois mille plantes, la science n'a retiré aucun profit de tant d'expériences longues et dispendieuses.

Ces tentatives infructueuses avaient discrédité l'analyse végétale par le feu ; un découragement complet s'était emparé des chimistes : la chimie organique semblait abandonnée, lorsque Lavoisier, en examinant les produits de la combustion de l'huile et de l'esprit-de-vin, en étudiant avec un égal soin les phénomènes de la fermentation vineuse, ouvrit une carrière nouvelle à cette partie de la science. Faisant l'application de son importante théorie de la combustion à la composition des substances végétales et animales, il les considéra comme des oxydes, dont les uns avaient pour base l'hydrogène et le carbone, et les autres l'hydrogène, le carbone et l'azote. Il vit qu'en brûlant ces substances dans une quantité donnée de gaz oxygène, on pouvait, par l'eau et l'acide carbonique qui se forment, déterminer les principes constituants de la matière soumise à la combustion. Il fit ainsi quelques analyses; et, bien qu'elles n'aient pas atteint l'exactitude à laquelle on est parvenu depuis, elles n'en resteront pas moins des modèles de précision et d'habileté.

Les élèves de Lavoisier s'empressèrent de continuer l'œuvre de leur illustre maître. Ils reconnurent que l'on peut, par l'action du feu et sous l'influence de l'oxygène, réduire les matières organiques en produits gazeux, dont l'analyse donne avec exactitude la connaissance des principes dont elles sont composées. C'est encore la méthode que l'on suit aujourd'hui, puisque tous les procédés successivement décrits et employés se réduisent à brûler la substance de telle manière que son carbone soit transformé en acide carbonique, son hydrogène en eau, et que l'azote, s'il s'en trouve, se dégage à l'état de liberté. Le poids de l'acide carbonique indique celui du carbone, le poids de l'eau celui de l'hydrogène. La proportion d'azote se trouve directement, puisqu'il reste mêlé à l'acide carbonique, dont il est facile de le séparer. Quant à l'oxygène, on en détermine la proportion par la différence de poids qui existe entre celui de la substance employée et la somme des poids du carbone, de l'hydrogène et de l'azote réunis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour brûler complétement la substance organique, plusieurs moyens ont été successivement employés. Lavoisier la brûlait dans des cloches remplies de gaz oxygène, au sein duquel il l'enflammait, soit par un miroir ardent, soit par toute autre voie. Abilgaard la distillait avec de l'acide sulfurique et du peroxyde de manganèse. Le 15 juin 1810, Gay-Lussac et Thenard posèrent les bases d'une méthode rigoureuse d'analyse, en opérant la combustion au moyen du chlorate de potasse bien pur, et dans un cylindre ou tube de verre disposé de manière à permettre de recueillir les gaz formés pendant la combustion. Vous vous rappelez, sans doute, que le chlorate de potasse se décompose facilement à une douce chaleur, en abandonnant de l'oxygène et en se convertissant en chlorure de potassium fixe. Or, l'oxygène du sel, se trouvant en contact avec les éléments de la substance organique, brûle son hydrogène et son carbone, en produisant de l'eau et de l'acide carbonique, qu'il est très-facile de recueillir sans en perdre aucune trace. — Un peu plus tard, Gay-Lussac s'est servi de l'oxyde noir de cuivre en place du chlorate de potasse, cet oxyde se réduisant avec la plus grande facilité en cuivre métallique et en oxygène. Ce moyen a été généralement adopté comme plus commode et plus exact.

Rien de plus simple à vous démontrer qu'une substance organique, chauffée en présence d'une quantité suffisante d'oxygène, se transforme complétement en deux ou trois produits volatils : eau, acide carbonique et azote. Il y a dans ce tube de verre A (*fig.* 345), placé horizontalement sur un long fourneau, un mélange d'oxyde

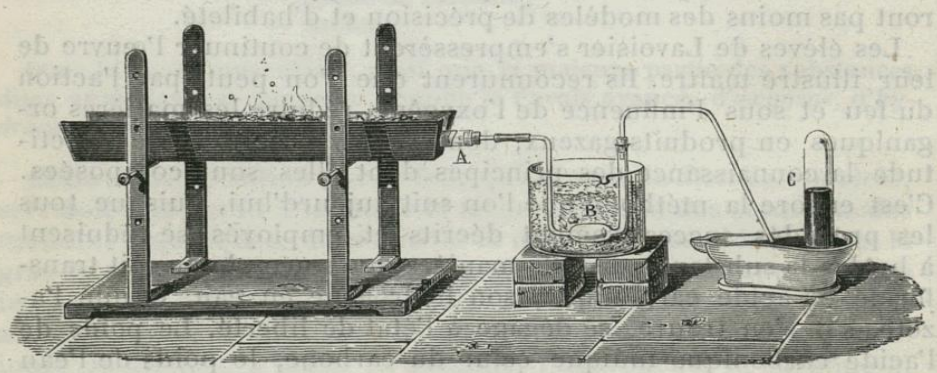


Fig. 345.

noir de cuivre et de sucre bien pur. On va élever peu à peu le tube à la température du rouge obscur, et bientôt de l'eau va ruisseler dans le tube B en U, tandis que du gaz acide carbonique va remplir la cloche C, qui termine l'appareil. Il ne restera dans le tube A,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

après l'opération, que du cuivre métallique pur, reconnaissable à sa couleur rouge.

Cet appareil, légèrement modifié, est celui qui sert aujourd'hui à la combustion de la substance que l'on veut analyser. Voici, en effet, comment on opère :

On choisit un tube de verre vert, très-peu fusible (*fig.* 346), long de 50 centimètres environ et d'un diamètre intérieur de 10 à 12 millimètres. Il est ouvert à l'un de ses bouts et terminé à l'autre par une pointe tirée suivant l'axe même du tube.

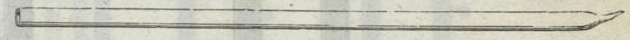


Fig. 346.

On l'entoure d'une enveloppe de clinquant (*fig.* 347), pour éviter sa déformation pendant qu'il sera soumis à l'incandescence.



Fig. 347.

Ce tube ayant été bien desséché, on y introduit de l'oxyde de cuivre sec et chaud en poudre fine, dans une longueur de 4 à 5 centimètres, puis, par-dessus, la matière que l'on veut analyser, après l'avoir mélangée intimement avec 25 à 30 fois son poids d'oxyde de cuivre. Le poids de la matière ne doit pas dépasser 1 gramme. On a soin de la prendre à son plus grand état de pureté, et privée des plus légères traces d'eau hygroscopique. On obtient ce dernier résultat, en la maintenant pendant un temps suffisant dans le vide sec au-dessus d'un bain d'acide sulfurique concentré. La figure 348 montre la petite capsule *a* dans laquelle est la matière à dessécher; *b* est une large capsule en cristal à moitié pleine d'acide sulfurique; *c* est la grande cloche où l'on fait le vide; elle repose sur le plateau *d* de la machine pneumatique.

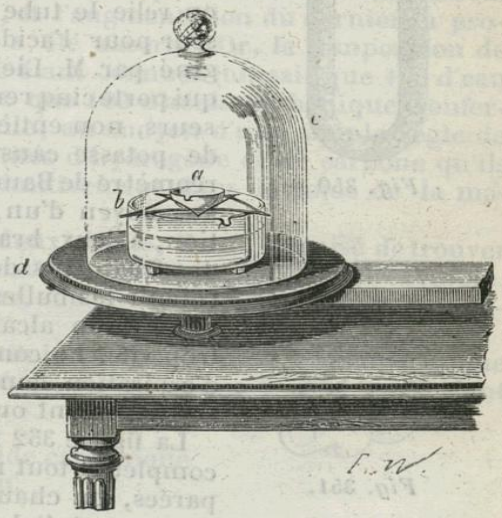


Fig. 348.

Le mélange de la matière sèche avec l'oxyde de cuivre doit occuper dans le tube une longueur de 5 à 6 centimètres environ. On achève de le remplir, à 3 centimètres près, avec de l'oxyde de cuivre pur, entremêlé seulement de quelques planures de cuivre oxydées à la surface.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On le ferme avec un bon bouchon et on le place sur un fourneau long

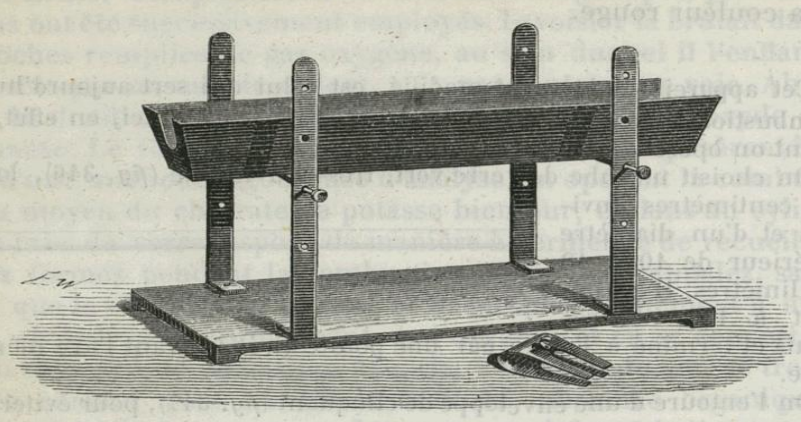


Fig. 349.

en forte tôle, percé de jours à son fond, et élevé sur des supports largement espacés (*fig.* 349).

C'est alors qu'on adapte au tube, au moyen d'un bouchon bien sec, l'appareil qui doit condenser l'eau. C'est un tube en U (*fig.* 350) dont les deux branches sont remplies de petits fragments de pierre ponce imbibés d'acide sulfurique concentré. Ce tube ainsi garni est taré à l'avance.

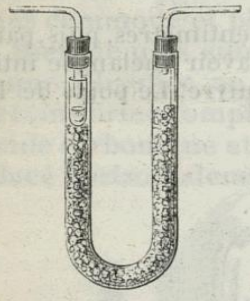


Fig. 350.

Au moyen d'un tube en caoutchouc vulcanisé, on relie le tube à ponce avec un appareil condenseur pour l'acide carbonique. Cet appareil, imaginé par M. Liebig, consiste (*fig.* 351) en un tube qui porte cinq renflements ou boules d'inégales grosseurs, non entièrement remplies d'une dissolution de potasse caustique marquant 35 à 40° de l'aréomètre de Baumé. A son extrémité libre, il porte, au moyen d'un bouchon, un petit tube d'aspiration, à deux branches, dont la plus large contient des fragments de potasse caustique solide, afin de retenir les bulles d'acide carbonique qui traversent la solution alcaline quand la combustion marche trop vite. Le condenseur de Liebig, avec son tube d'aspiration dont la branche la plus étroite reste constamment ouverte, est taré avec soin.

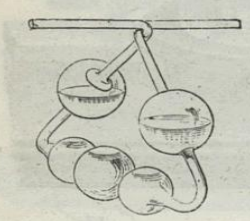


Fig. 351.

La figure 352 représente l'appareil à combustion, complet et tout monté. Les choses étant ainsi préparées, on chauffe graduellement le tube jusqu'à le faire rougir, en commençant d'abord par la partie antérieure. La matière brûle au moyen de l'oxygène de l'oxyde de cuivre, et se convertit totalement en eau et en gaz acide carbonique. Les deux gaz passent à travers le tube à ponce sulfurique, qui absorbe toute l'eau, et l'acide carbonique vient se dissoudre dans la solution de potasse du condenseur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans qu'aucune bulle se dégage au dehors de l'appareil. Quand le tube à combustion est entouré de charbon dans toute sa longueur, et que le dégagement de l'acide carbonique s'arrête tout à coup, toute la matière est détruite. On casse alors la pointe effilée du tube, et on aspire pen-

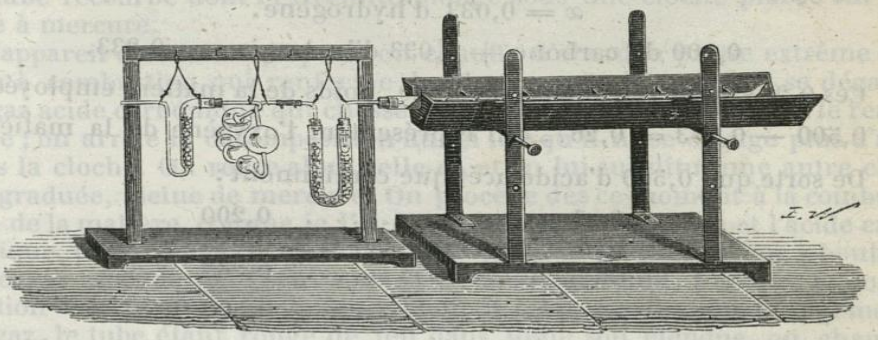


Fig. 352.

dant quelques secondes avec la pipette. De cette manière, l'air extérieur rentre dans le tube à combustion et chasse devant lui l'eau et l'acide carbonique qui pouvaient rester dans son intérieur; la première est retenue par la ponce, le second par la potasse, et l'air sort par la pipette d'aspiration.

L'opération est terminée en moins d'une heure. Il ne reste plus alors qu'à peser de nouveau le tube à ponce et le condenseur, qui avaient été tarés à l'avance. L'augmentation de poids du premier donne exactement la quantité d'eau qui s'est formée, et l'augmentation du dernier la proportion de l'acide carbonique qui a été absorbé. Or, la composition de l'eau et celle de l'acide carbonique étant connues (on sait que 100 d'eau contiennent 11,12 d'hydrogène, et que 100 d'acide carbonique renferment 27,27 de carbone), il est facile, au moyen d'une simple règle de proportion, d'en déduire les quantités d'hydrogène et de carbone qu'ils représentent, et qui existaient primitivement dans le poids de la matière qui a été soumise à l'analyse.

Une fois qu'on a déterminé ces deux choses, il est bien aisé de trouver la composition centésimale de la matière. Je vais prendre, pour exemple, l'acide de vinaigre ou *acide acétique*, afin de vous faire comprendre comment on opère.

Supposons que nous ayons soumis à l'analyse de l'acide acétique le plus pur et le plus concentré possible, et que $0^{gr},500$ nous aient donné :

0,734 d'acide carbonique
et 0,300 d'eau.

Pour trouver les poids de carbone et d'hydrogène que ces quantités d'acide carbonique et d'eau représentent, on établit les proportions suivantes :

100 : 27,27 (carbone contenu dans 100 d'acide carbonique) :: 0,734 : x

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$$\frac{27{,}27 \times 0{,}734}{100} = 0{,}200 \text{ de carbone.}$$

100 : 11,12 (hydrogène contenu dans 100 d'eau) :: 0,300 : x

$x = 0{,}033$ d'hydrogène.

0,200 de carbone + 0,033 d'hydrogène = 0,233.

Ces 0,233 étant retranchés de 0,500, poids de la matière employée :

0,500 — 0,233 = 0,267, qui représentent l'oxygène de la matière.

De sorte que 0,500 d'acide acétique contiennent :

Carbone.....	0,200
Hydrogène.....	0,033
Oxygène.....	0,267
	0,500

Maintenant pour représenter la composition de l'acide acétique en 100 parties, puisque c'est toujours sous ce poids qu'on compare la composition des différents composés, on établit les proportions suivantes :

$$100 : 0{,}500 :: x : 0{,}200 = \frac{0{,}200 \times 100}{0{,}500} = 40{,}00 \text{ carbone,}$$

$$100 : 0{,}500 :: x : 0{,}033 = \frac{0{,}033 \times 100}{0{,}500} = 6{,}66 \text{ hydrogène,}$$

$$100 : 0{,}500 :: x : 0{,}267 = \frac{0{,}267 \times 100}{0{,}500} = 53{,}34 \text{ oxygène,}$$

100,00 acide acétique.

Lorsque la matière à analyser renferme de l'azote, on divise l'analyse en deux opérations distinctes. Dans la première, on dose l'hydrogène et le carbone, ainsi que je viens de le dire. Dans la dernière, on reçoit l'azote en volume à l'état de gaz élémentaire. Voici comment on agit : dans le

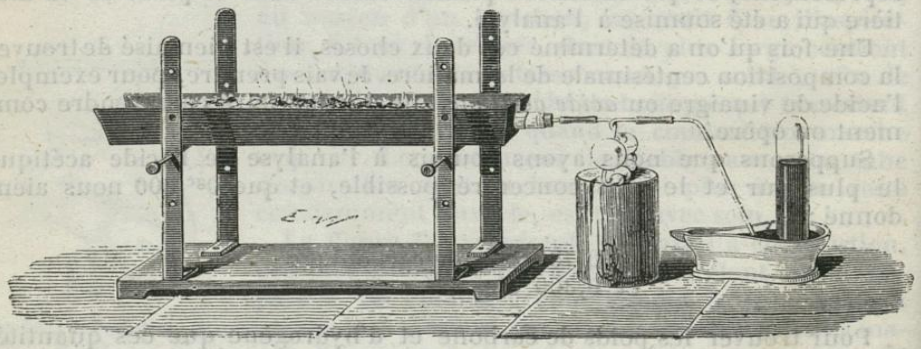


Fig. 353.

tube à combustion (*fig.* 353), on met d'abord une petite couche de bicarbonate de soude, puis une couche d'oxyde de cuivre pur, ensuite le mé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lange de la substance avec l'oxyde de cuivre, une dernière couche d'oxyde pur, et on achève de remplir le tube avec de la tournure de cuivre métallique. Le tube communique avec un condenseur à boules contenant une solution concentrée de potasse caustique, et celui-ci est adapté à un tube recourbé dont l'extrémité plonge sous une cloche placée sur la cuve à mercure.

L'appareil étant ainsi disposé, on chauffe d'abord la partie extrême du tube à combustion qui renferme le bicarbonate de soude. Il se dégage du gaz acide carbonique qui chasse l'air contenu dans l'appareil et le remplace ; on arrête la décomposition du sel lorsqu'il ne se dégage plus d'air dans la cloche. On retire alors celle-ci, et on lui substitue une autre cloche graduée, pleine de mercure. On procède dès ce moment à la combustion de la matière, comme je l'ai dit précédemment. L'eau et l'acide carbonique, provenant de cette matière, restent dans le condenseur à boules, et le gaz azote se rend seul sous la cloche à mercure. Lorsque la combustion est terminée, ce qu'on reconnaît à la cessation du dégagement du gaz, le tube étant rouge de feu dans toute son étendue, on chauffe l'extrémité où se trouve encore du bicarbonate de soude, afin de mettre en liberté une grande quantité d'acide carbonique, qui balaie tout le tube et fait ainsi arriver dans la cloche les derniers restes de l'azote. On a maintenant dans celle-ci tout l'azote contenu primitivement dans la matière. On en mesure le volume, en tenant note de la température et de la pression atmosphérique, puis on convertit le volume en poids, au moyen d'une règle de proportion, d'après ce fait que 1,000 centimètres cubes ou un litre de gaz azote sec, à la température de 0° et à la pression de $0^{m},76$ centimètres, pèsent $1^{gr},256$.

Mais il est un autre procédé que l'on suit plus généralement aujourd'hui, et qui consiste à transformer l'azote de la matière analysée en ammoniaque. Ce procédé, plus simple et plus expéditif, a été proposé, dès 1841, par deux chimistes allemands, MM. Will et Warrentrapp.

Il est fondé sur ce fait qu'en chauffant au rouge une matière azotée avec un mélange de soude et de chaux caustiques tout l'azote de la matière se dégage à l'état d'ammoniaque qu'il est facile de recueillir dans une dissolution d'acide chlorhydrique. Le chlorhydrate d'ammoniaque obtenu, on le précipite par le chloride de platine. Le poids du chlorure double de platine et d'ammoniaque (*chloroplatinate d'ammoniaque*) donne le poids de l'azote, parce qu'on sait qu'un gramme de ce sel sec représente $0^{gr},06349$ d'azote.

Ce procédé a été simplifié en 1846 par M. Bineau, et en 1847 par M. Péligot. Nous allons le décrire tel qu'il est maintenant pratiqué dans les laboratoires.

La *chaux sodée*, qui sert à décomposer la matière organique, se prépare en éteignant de la chaux vive avec une lessive de soude d'une concentration connue, de telle manière que les rapports en poids des deux bases solides soient entre eux comme les nombres 2 (chaux anhydre) et 1 (hydrate de soude) ; on calcine le mélange au rouge dans un creuset ; on le réduit ensuite en poudre fine et on le conserve dans un bocal à large ouverture et qui ferme bien.

La combustion de la matière azotée s'effectue dans un tube de verre (*fig.* 354) vert un peu moins long que celui qu'on emploie dans l'analyse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une matière végétale. On y introduit d'abord 1 gramme d'*acide oxalique* cristallisé ou mieux d'oxalate de chaux, puis de la chaux sodée dans une

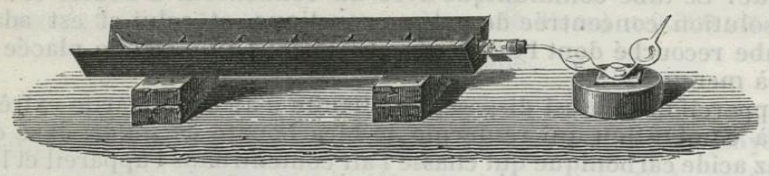


Fig. 354.

longueur de 3 à 4 centimètres ; on ajoute par-dessus la matière azotée intimement mélangée à l'avance avec 15 à 20 fois son poids de chaux sodée, on achève de remplir le tube jusqu'à quelques centimètres de son ouverture avec de la chaux sodée en petits grains, enfin on remplit d'amiante l'espace compris entre cette chaux et le bouchon. On entoure ensuite le tube de clinquant, et on le place dans la grille à combustion.

Pour condenser l'ammoniaque qui doit sortir du tube, on adapte à celui-ci un *condenseur* à trois boules, contenant 10 centimètres cubes d'acide sulfurique faible *titré*. On opère la décomposition de la matière azotée comme à l'ordinaire. L'ammoniaque produite, qui arrive dans le condenseur, se dissout dans l'acide sulfurique et affaiblit son titre. Quand le mélange de la chaux sodée et de la matière organique est devenu blanc, on chauffe l'extrémité du tube ; l'acide oxalique, en présence du mélange alcalin rouge de feu, se décompose en donnant de l'acide carbonique, qui est retenu par la soude, et de l'hydrogène pur qui balaie l'appareil et n'y laisse aucune trace d'ammoniaque. En essayant d'enflammer le gaz qui sort à la fin de l'opération, on constate que celle-ci est terminée.

L'acide sulfurique titré de M. Péligot se prépare avec $61^{gr},250$ d'acide sulfurique pur et une quantité d'eau suffisante pour former le volume d'un litre. 100 centimètres cubes de cette liqueur contiennent donc $6^{gr},1250$ d'acide pur qui peuvent saturer $2^{rg},12$ d'ammoniaque, et qui équivalent, par conséquent, à $1^{gr},75$ d'azote. Les 10 centimètres cubes de liqueur titrée, qu'on a introduits dans le condenseur, renferment donc $0^{gr},6125$ d'acide réel, qui peuvent absorber $0^{gr},212$ d'ammoniaque correspondant à $0^{gr},175$ d'azote.

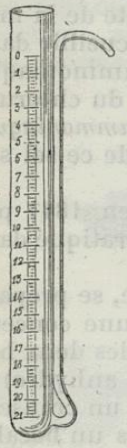


Fig. 355.

Comme la quantité de matière azotée, soumise à la combustion, dépasse rarement 4 décigrammes, et ne peut fournir assez d'ammoniaque pour neutraliser complétement les 10 cent. cubes d'acide titré du condenseur, on recherche, après la combustion, quelle est la proportion d'acide qui reste libre. Pour cela, on vide dans un verre à pied le liquide du condenseur, on lave bien ce dernier avec de l'eau qu'on ajoute au liquide primitif, on lui donne une légère teinte rouge avec le tournesol, et on y fait tomber goutte à goutte une liqueur alcaline jusqu'à ce que la neutralité soit effectuée.

Cette liqueur, qu'on a placée dans une burette graduée (*fig.* 355) en cent. cubes et en dixièmes de cent. cubes, est du *saccharate de chaux*, c'est-à-dire une dissolution de chaux caustique dans de l'eau sucrée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme avant d'employer les 10 cent. cubes d'acide titré, on a eu soin de s'assurer du nombre de cent. cubes de saccharate qu'ils exigeaient pour leur neutralisation, et comme, après la combustion, on reconnaît qu'ils en exigent beaucoup moins, puisqu'une partie de l'acide a été convertie en sulfate d'ammoniaque qui n'absorbe aucune trace de saccharate, il est évident que la différence qui existe dans ces nombres fait connaître la quantité d'ammoniaque sortie du tube, et par suite celle de l'azote qu'elle représente.

Si, par exemple, les 10^{cc} d'acide titré exigeaient, avant la combustion,

33,5 divisions de saccharate de chaux

et qu'après la combustion, ils n'en demandent plus que 8,2 divisions, il est clair que la différence

$$33,5 - 8,2 = 25,3$$

représente la quantité d'acide qui a été saturée par l'ammoniaque provenant de la matière azotée.

Mais puisque 33,5 divisions de saccharate représentent 0^{gr},6125 d'acide réel, qui correspondent à 0^{gr},212 d'ammoniaque ou à 0^{gr},175 d'azote,

25,3 divisions représenteront 0^{gr},46257 d'acide pur, correspondant à 0^{gr},1601 d'ammoniaque ou à 0^{gr},1321 d'azote.

Si donc l'on divise ce dernier nombre par le poids de la matière azotée employée, on connaîtra la proportion exacte d'azote que cette même matière renferme. Dans l'exemple que j'ai choisi, on a opéré sur 0^{gr},417 de matière; par conséquent.

$$\frac{0,1321}{0,417} = 3,167 \text{ d'azote pour } 100.$$

Déterminer, ainsi que je viens de l'expliquer, la nature et les proportions des éléments d'un composé organique, c'est en faire ce qu'on appelle l'*analyse ultime* ou *élémentaire*. Pour obtenir des résultats exacts, il est indispensable, comme vous le pensez bien, Messieurs, de s'astreindre à une foule de précautions et de soins qu'il serait trop long de vous indiquer. Ce que j'ai dit suffit, et au delà, pour vous faire bien comprendre les procédés aussi élégants qu'ingénieux que les chimistes de nos jours possèdent pour pénétrer dans la constitution intime des corps, et constater les différences de composition qui existent entre les nombreux produits tirés des végétaux et des animaux. Ces procédés, dont le perfectionnement appartient surtout à MM. Dumas et Liebig, sont tellement commodes, que l'analyse d'une substance organique est, aujourd'hui, plus facile et plus sûre que celle d'une argile ou d'une terre arable. On peut dire, sans exagération, que ce n'est qu'à partir de l'époque où l'on a commencé à faire usage des pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cédés de l'analyse élémentaire, que la chimie organique a pris une marche régulière, progressive et philosophique.

Après ces considérations générales dans l'exposition desquelles j'ai cru devoir me restreindre au petit nombre de faits que je viens d'indiquer, il est nécessaire de tracer la marche que nous suivrons pour l'étude des nombreuses matières qui sont du domaine de la chimie organique.

Cette marche sera peu compliquée et nous permettra, comme dans l'étude des substances minérales, de passer du simple au composé, du connu à l'inconnu.

Les organes des végétaux, les tissus des animaux, sont d'une nature très-complexe ; ils sont formés par la réunion de certaines matières très-différentes les unes des autres, tant par leur composition élémentaire que par leurs propriétés. On a donné à ces substances les noms de *produits* et de *principes immédiats*. Il est rationnel d'examiner d'abord isolément chacune de ces matières, avant de rechercher les caractères chimiques et la composition des organes qui les contiennent.

Ceux-ci étant une fois connus dans leur essence, nous pourrons nous occuper avec succès des fonctions qu'ils remplissent pendant la vie des êtres, en tant que ces fonctions présentent des sujets d'étude pour le chimiste; puis, naturellement, nous envisagerons les phénomènes chimiques qui se développent chez ces êtres, une fois qu'ils sont soustraits à l'influence de la vie.

Nous pouvons donc établir les quatre grandes divisions suivantes dans la chimie organique :

1. Étude des produits et des principes immédiats ;
2. Composition et propriétés chimiques des organes ;
3. Histoire chimique des fonctions des organes pendant la vie ;
4. Phénomènes chimiques qui apparaissent dans les organes après la cessation de la vie.

Cette classification méthodique présente un enchaînement naturel d'idées qui doit contribuer, si je ne me fais pas illusion, à rendre plus facile, moins longue et plus attrayante, l'étude de la chimie organique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRENTE-DEUXIÈME LEÇON.

PREMIÈRE DIVISION.

ÉTUDE DES PRODUITS ET DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

SOMMAIRE. — Définitions. — Caractères à l'aide desquels on distingue une matière organique d'une matière minérale. — Classification des principes immédiats. — PRINCIPES IMMÉDIATS ACIDES. — Des acides contenus dans les plantes et les animaux. — Caractères génériques de cette classe de principes. — De leur composition chimique. — Étude spéciale des acides organiques les plus employés. — De l'ACIDE OXALIQUE et du *sel d'oseille*. — De l'*oxalate d'ammoniaque* et de l'*oxamide*.

Les chimistes donnent le nom de PRINCIPES IMMÉDIATS à des substances particulières, formées dans les organes des êtres vivants, sous l'influence des forces vitales, que l'on peut isoler les unes des autres par des procédés incapables de les altérer, et qui, lorsqu'elles sont pures, ont un mode de composition et des propriétés qui distinguent chacune d'elles de toutes les autres.

Voici un citron que je presse ; il en sort un liquide acide que je ne puis confondre avec les autres acides du règne minéral ; je l'appelle, pour le distinguer, *acide citrique :* c'est un *principe immédiat*.

Vous savez tous qu'on extrait un principe sucré de la betterave ; ce sucre, analogue à celui que l'on retire de la canne, est encore un *principe immédiat*.

Voici des bois que le teinturier emploie avec avantage pour la coloration des tissus ; l'un est jaune, l'autre est rouge ; le premier est le *bois jaune des teinturiers,* le second est le *fernambouc* ou *bois de Brésil ;* ils doivent leurs propriétés tinctoriales à des matières jaunes et rouges qu'on peut isoler et obtenir parfaitement pures. Eh bien ! ces matières colorantes sont pour le chimiste des *principes immédiats*.

Par une extension peut-être mal fondée, on donne aussi ce nom aux composés définis qui sont créés de toutes pièces dans les laboratoires par suite de réactions ou de transformations qu'on fait subir aux matières organiques ; ainsi l'*acide du camphre,* l'*esprit-de-bois,* l'*esprit-de-vin,* l'*éther*, etc., sont considérés comme des principes immédiats.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En tout cas, ces principes, naturels ou artificiels, ne sont purs et définis, que lorsqu'ils jouissent de la propriété de cristalliser régulièrement ou de former des combinaisons cristallisables, aussi bien que lorsqu'ils possèdent la faculté de se volatiliser à un terme fixe. Quand un composé organique n'est doué d'aucun de ces caractères essentiels, il est probable que c'est un simple mélange de divers corps.

On appelle spécialement PRODUITS IMMÉDIATS les mélanges de deux ou d'un plus grand nombre de principes immédiats, qui se trouvent également tout formés dans les organes des êtres vivants, mais dont les propriétés varient suivant une foule de circonstances, et surtout en raison du nombre et des proportions des principes immédiats qui les composent.

L'huile qu'on retire de certains végétaux, la graisse, le suif qu'on trouve chez les animaux, sont des *produits immédiats*, parce qu'on peut aisément, et par des moyens, pour ainsi dire mécaniques, en obtenir deux principes immédiats distincts, l'un solide et l'autre liquide.

La gomme que vous voyez souvent à la surface des branches de nos pommiers, la térébenthine qui découle des troncs de nos pins, sont encore des *produits immédiats*, parce que la science nous apprend à en retirer plusieurs principes particuliers qui s'y trouvent réunis et confondus.

Il y a, de plus, certaines matières organiques, qui ne sont véritablement ni des *principes*, ni des *produits immédiats*, mais tout simplement des *substances organisées* ou les matériaux nécesaires des tissus organiques. Tels sont, par exemple, le *ligneux*, l'*amidon*, le *gluten*, le *tissu cellulaire* des animaux, le *blanc de l'œuf*, etc.

Ces matières ont ceci de particulier qu'elles ont une structure spéciale qui leur a été imprimée par les forces organiques, qu'elles ne peuvent revêtir aucune forme cristalline, et qu'elles sont généralement insolubles dans la plupart des véhicules.

Au point de vue de la composition élémentaire, les composés organiques, à quelque classe qu'ils appartiennent, peuvent être partagés en deux grands groupes, à savoir :

1. Les COMPOSÉS NON AZOTÉS ;
2. Les COMPOSÉS AZOTÉS.

Ces deux sortes de composés ont pour caractères communs :

1° De fournir, par leur calcination en vases clos, de nombreux produits gazeux parmi lesquels il s'en trouve de très-inflammables, des produits huileux ou empyreumatiques, et un résidu charbonneux ;

2° De disparaître complétement par leur calcination prolongée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'air libre, en donnant naissance à de nouveaux composés volatils, liquides ou gazeux ;

3° D'être également détruits par leur calcination avec le chlorate de potasse ou l'oxyde de cuivre, et transformés complétement en eau et en acide carbonique, ou en eau, en acide carbonique et en azote.

A ces caractères, vous distinguerez toujours, Messieurs, un composé organique d'un composé minéral.

Mais il sera tout aussi facile d'établir une distinction tranchée entre les principes azotés et ceux qui ne le sont pas. Il suffira de les calciner dans un tube de verre (*fig.* 356) fermé par un bout et ouvert par l'autre, en plaçant dans l'ouverture supérieure et non chauffée un papier bleu et un papier rouge de tournesol. Le papier bleu rougira avec les principes non azotés, parce que, par leur décomposition par le feu, ils donnent, au nombre de leurs produits, du vinaigre ou acide acétique. Le papier rouge prendra, au contraire, une couleur bleue avec les principes azotés, en raison de l'ammoniaque qu'ils fournissent dans les mêmes circonstances.

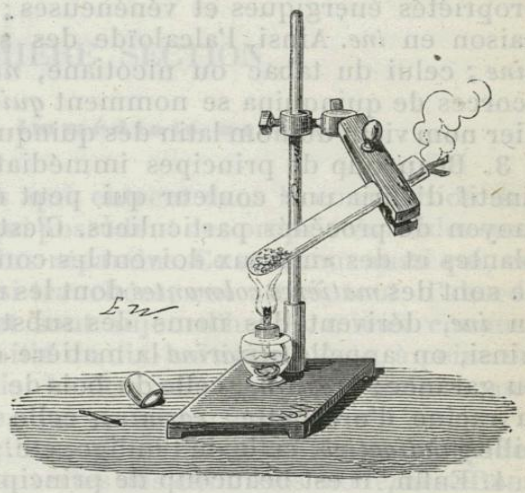


Fig. 356.

Si, maintenant, nous envisageons tous les composés organiques, et notamment les PRINCIPES IMMÉDIATS, sous le rapport de leurs propriétés chimiques les plus saillantes, nous pourrons facilement les répartir en plusieurs classes parfaitement tranchées, ce qui nous permettra d'en simplifier l'étude.

1. Ainsi, les uns ont tous les caractères des acides minéraux ; ils ont une saveur aigre plus ou moins forte, ils rougissent la teinture de tournesol, ils s'unissent aux bases et forment des sels très-caractérisés, entièrement comparables aux sels minéraux. On les appelle donc *acides organiques*, et leurs noms individuels rappellent généralement leur origine ou leur mode de production. Ainsi, on dit *acide citrique* pour l'acide du citron, *acide tartrique* pour l'acide du tartre, *acide urique* pour l'acide de l'urine, *acide formique* pour l'acide des fourmis, etc.

2. D'autres principes immédiats ont des caractères analogues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à ceux de la potasse, de la soude et des autres bases de la première section ; ils verdissent le sirop de violettes, ramènent au bleu le tournesol rougi, et forment des sels en saturant les acides. Ce sont de véritables *alcalis*, ayant de la solubilité dans l'eau et dans d'autres dissolvants. On les appelle, d'une manière collective, *bases salifiables organiques* ou *alcaloïdes*. Ils sont tous azotés, quoiqu'ils proviennent généralement des végétaux.

Leurs noms individuels sont d'ordinaire tirés de la plante ou du produit végétal qui les contient, et auquel ils donnent leurs propriétés énergiques et vénéneuses ; ces noms ont une terminaison en *ine*. Ainsi, l'alcaloïde des strychnos s'appelle *strychnine ;* celui du tabac ou nicotiane, *nicotine ;* les alcaloïdes des écorces de quinquina se nomment *quinine* et *cinchonine*. (Ce dernier nom vient du nom latin des quinquinas, *cinchona*.)

3. Beaucoup de principes immédiats ont pour caractère distinctif d'offrir une couleur qui peut être fixée sur les tissus, au moyen de procédés particuliers. C'est à eux que les organes des plantes et des animaux doivent les couleurs qui les embellissent ; ce sont des *matières colorantes* dont les noms particuliers, terminés en *ine*, dérivent des noms des substances qui les contiennent. Ainsi, on appelle *alizarine* la matière colorante rouge de l'alizari ou garance ; *brésiline,* celle du bois de Brésil ; *orcanettine,* celle de la racine d'orcanette ; *carmine*, celle du carmin ou de la cochenille ; *indigotine*, celle de l'indigo, etc.

4. Enfin, il est beaucoup de principes qui ne sont ni acides, ni alcalins, et qui ne peuvent point servir de matières colorantes. On leur donne le nom générique de *principes* ou *composés neutres* ou *indifférents*. Ce sont les plus abondants dans les organes des êtres vivants ; on en crée aussi un grand nombre dans les laboratoires par suite de réactions chimiques. Leurs noms individuels sont souvent arbitraires, comme les mots *sucre*, *amidon*, *fécule, alcool,* ou dérivés des noms des organes ou matières qui les renferment, comme *fibrine*, principe composant essentiellement la fibre musculaire des animaux; *albumine,* d'albumen, nom latin du blanc de l'œuf; *mannite*, principe cristallisable de la manne, etc.

Voici, en résumé, le tableau de la classification des principes immédiats :

1re Section. PRINCIPES IMMÉDIATS ACIDES.

2e Section. PRINCIPES IMMÉDIATS BASIQUES OU ALCALINS.

3e Section. PRINCIPES IMMÉDIATS NEUTRES OU INDIFFÉRENTS.

4e Section. PRINCIPES IMMÉDIATS COLORANTS.

Dans les leçons suivantes, j'examinerai en particulier ceux de ces principes qui méritent de fixer votre attention. soit à cause de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leurs propriétés remarquables, soit à cause des applications qu'on en sait faire dans l'industrie ou l'économie domestique. Mais, comme il en est plusieurs dont l'étude exige une connaissance parfaite des organes et des substances qui les renferment ou qui servent à leur préparation, je ne vous en parlerai qu'au moment où nous nous occuperons de ces organes et de ces substances.

PREMIÈRE SECTION.

Principes immédiats acides.

Des principes immédiats qui entrent dans la constitution des matières organiques, ceux qui possèdent des propriétés acides sont les plus nombreux et les plus répandus. Ce sont ceux aussi qui, en raison de leurs propriétés si tranchées, ont attiré, tout d'abord, l'attention des chimistes, et sont aujourd'hui le mieux connus.

Cependant, jusqu'à la moitié du dix-huitième siècle, à peine en distinguait-on deux ou trois. Les travaux de deux chimistes suédois, Bergmann et Schèele, qui commencèrent vers 1776, enrichirent la science de nouvelles espèces, dont la liste s'est rapidement accrue depuis les découvertes des chimistes modernes. Dans l'état actuel de la science, le nombre des acides organiques s'élève à plus de trois cents.

Parmi ces acides, les uns se trouvent naturellement répartis dans les organes des végétaux et des animaux, tandis que d'autres sont le résultat de certaines réactions sur divers principes immédiats. Des acides naturels, les uns peuvent être produits artificiellement, avec tous les caractères qui les distinguent; les autres n'ont pu l'être, malgré les efforts qu'on a tentés.

Les acides naturels, tels qu'on les trouve dans les organes des êtres vivants, sont tantôt libres, tantôt combinés avec des bases minérales, potasse, soude, chaux, magnésie, ou avec des alcalis organiques. Ils existent ordinairement à l'état de liberté dans la chair des fruits, dans les feuilles qui tombent tous les ans; ils sont plus rares dans les racines et les graines.

En général, les acides organiques sont solides, blancs, susceptibles de cristalliser régulièrement. Très-peu ont de l'odeur. Leur saveur et leur action sur la teinture de tournesol sont toujours moins prononcées que celles des acides minéraux.

Il en est quelques-uns qui sont tout à fait insolubles dans l'eau, et dès lors ils sont insipides et sans action sur le tournesol.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Soumis à l'action de la chaleur, ils ne se comportent pas tous de la même manière. Ainsi, il en est plusieurs qui se volatilisent sans éprouver aucune altération; d'autres, au contraire, sont entièrement fixes et se décomposent complétement, à une chaleur peu élevée, en donnant les mêmes produits que les autres substances organiques; enfin, quelques-uns sont en partie volatils et en partie décomposables. On en connaît un certain nombre qui, pendant leur décomposition, se transforment en nouveaux acides, qu'on distingue alors par le nom générique d'*acides pyrogénés*, c'est-à-dire *engendrés par le feu*. La production de ces acides pyrogénés est soumise à une loi fort remarquable, établie, pour la première fois, par M. Pelouze, et qu'on peut énoncer de la manière suivante :

Un acide pyrogéné quelconque, plus une certaine quantité d'eau et d'acide carbonique, ou l'un seulement de ces deux composés binaires, représente toujours la composition de l'acide qui l'a produit.

Jusque dans ces derniers temps, les acides organiques, à l'exception de quelques-uns, n'étaient pas connus exempts d'eau. En 1853, Gerhardt (1) a fait disparaître cette lacune de la science, en donnant des procédés assez généraux pour qu'il soit possible, à leur

---

(1) Gerhardt (Charles-Frédéric), né à Strasbourg, le 21 août 1816, et mort en cette ville en 1856, a eu, comme chimiste, une carrière très-courte, mais bien remplie. Il fit ses études au gymnase protestant de sa ville natale, à l'école polytechnique de Carlsruhe et à l'institut de M. Shieber, à Leipzig. A Carlsruhe, le professeur Walchner avait éveillé chez lui le goût de la chimie; à Leipzig, le professeur Erdmann acheva de fixer sa vocation, et dès ce moment, malgré les désirs de son père qui voulait le mettre à la tête de sa fabrique de produits chimiques, Gerhardt résolut de se livrer exclusivement aux recherches de chimie pure. Il s'enfuit de la maison paternelle, s'engagea dans un régiment de lanciers, alors en garnison à Haguenau, mais après trois mois de service, il put, grâce à la générosité d'un ami, se libérer et se livrer tout entier à ses études favorites; il courut se perfectionner dans le laboratoire du célèbre Liebig, à Giessen, où pendant dix-huit mois il se montra l'un des élèves les plus ardents et les plus brillants. C'est à la suite de ce noviciat, qu'il vint à Paris, en octobre 1838, où il vécut en donnant des leçons et des consultations de chimie, et en faisant passer dans notre langue tous les ouvrages de M. Liebig. Thenard, en 1844, le fit nommer professeur à la faculté des sciences de Montpellier; mais, après quelques années de professorat, il abandonna cette position officielle pour revenir, en 1848, à Paris poursuivre, avec son ami Laurent, les travaux de philosophie chimique qui devaient illustrer leurs noms. C'est à cette époque que fondant, à ses risques et périls, une école de chimie pratique, qu'il dirigea lui-même pendant près de six ans, il fit paraître ses découvertes les plus intéressantes et formula ses théories les plus élevées. En 1855, ses ressources pécuniaires étant épuisées, il accepta la double chaire de chimie de la faculté des sciences et de l'école de pharmacie de Strasbourg, que M. Dumas s'empressa de lui faire offrir. Il ne profita pas longtemps de cette position honorable et tranquille; sa vie s'était usée dans l'adversité et dans les luttes qu'il lui fallut soutenir pour faire triompher ses idées. La mort vint le trouver

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aide, d'obtenir à peu près tous les acides organiques sous leur forme anhydre. Mais ce qu'il y a de curieux, c'est que ces *acides anhydres* ne rougissent pas le tournesol, agissent lentement et difficilement sur l'eau, sont même parfois longtemps à se dissoudre dans l'eau bouillante, qui dissout au contraire abondamment leurs hydrates. A ces corps anhydres, résultant de la déshydratation des acides, on a donné le nom collectif d'*anhydrides*, qu'ils proviennent des acides minéraux ou des acides organiques.

Je vous ai déjà dit que tous les acides dont nous faisons l'histoire s'unissent aux bases salifiables, et forment avec elles des sels analogues aux sels inorganiques, par leur mode de composition et leurs propriétés. La baryte, la strontiane, la chaux, la potasse, la soude, l'ammoniaque et la magnésie sont les bases qui ont le plus de tendance à s'unir aux acides organiques par l'intermède de l'eau. Mais ces acides ne neutralisent pas le même nombre d'équivalents de base pour constituer des sels neutres. Semblables aux hydrates d'acide phosphorique, ils peuvent être divisés en *acides monobasiques*, *bibasiques* et *tribasiques*.

En désignant par A l'acide anhydre, et par MO l'oxyde métallique, les formules générales des sels organiques neutres s'expriment de la manière suivante :

	Ac. monobasiques.	Ac. bibasiques.	Ac. tribasiques.
Hydrate de l'acide ou acide cristallisé.....	A + HO	A + 2HO	A + 3HO
Sel neutre.....	A + MO	A + 2MO	A + 3MO

Vous voyez par là qu'un acide organique prend, pour former des sels neutres, autant d'équivalents de base qu'il contient d'équivalents d'eau dans son état de liberté.

Les acides volatils sans altération paraissent tous *monobasiques ;* exemples : acétique, formique, lactique, etc.

---

quelques mois après que la Société royale de Londres et l'Académie des sciences de Paris l'admettaient dans leur sein.

Les études de Gerhardt ont surtout porté sur la chimie organique, qu'il chercha, de concert avec Laurent, à faire entrer dans une voie plus philosophique. Il s'attacha principalement, en prenant pour guide les idées d'Ampère, à grouper les composés organiques, si nombreux, sous un petit nombre de types et de familles d'après l'ensemble des caractères et les analogies de constitution intime. Indépendamment d'une quarantaine de mémoires, qui sont imprimés dans les *Annales de chimie et de physique*, on lui doit plusieurs ouvrages didactiques, notamment un *Précis d'analyse qualitative* et un *Traité de chimie organique*, suite à la chimie de Berzelius. Cette dernière production a une très-haute valeur, non-seulement parce qu'elle offre dans leur ensemble les idées de Gerhardt sur la classification, l'homologie, la théorie des types, etc., mais parce que c'est aussi le résumé et l'exposé le plus complet de tous les travaux de la chimie moderne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les acides tartrique, malique, quinique, etc., sont *bibasiques*.

Les acides citrique, méconique, chélidonique, etc., sont *tribasiques*.

Les acides polybasiques sont fixes et fournissent des acides pyrogénés par la *distillation blanche*, c'est-à-dire opérée à des températures constantes et intermédiaires entre 100° et le rouge naissant.

Les sels organiques ne diffèrent des sels minéraux, sous le rapport des propriétés générales, que parce qu'ils sont moins stables. Ainsi, leurs dissolutions très-étendues d'eau, et abandonnées au contact de l'air, ne tardent pas à se décomposer ; il se forme des moisissures à la surface du liquide, et une matière comme gélatineuse qui flotte dans son intérieur ; l'acide du sel disparaît peu à peu, et est remplacé par de l'acide carbonique. Voici, par exemple, une dissolution de *citrate de potasse* très-anciennement préparée ; elle fait effervescence avec les acides ; elle ne contient plus que du carbonate de potasse.

Sous l'influence de la chaleur, les mêmes sels ne peuvent également subsister. Leur acide, dans ce cas, se décompose, en fournissant tous les produits des substances organiques; et comme parmi ces produits l'acide carbonique domine, le plus souvent leur base demeure pour résidu à l'état de carbonate.

Voici un sel très-commun, désigné sous le nom de *crème de tartre ;* pour le chimiste, c'est du *tartrate acide de potasse*. Je le projette dans un têt rouge de feu. Vous voyez qu'il éprouve la fusion aqueuse, qu'il se boursoufle, s'enflamme, et laisse enfin un résidu noirâtre et charbonneux. Ce résidu a une saveur alcaline prononcée; il est déliquescent; il fait une vive effervescence avec les acides les plus faibles ; le gaz qui se dégage et que nous recueillons, éteint les corps en combustion et blanchit l'eau de chaux : c'est donc de l'acide carbonique; par conséquent, le résidu de la calcination de la crème de tartre est du carbonate de potasse.

La composition des acides organiques varie pour chacun d'eux, non-seulement par le nombre, mais aussi par les proportions des éléments qui les constituent. Je ne vous parlerai, en ce moment, que des plus importants.

Acide oxalique.

Vous connaissez, Messieurs, la saveur acide très-prononcée de l'oseille. Eh bien, cette saveur est due à l'existence, dans le suc de cette plante, d'un sel avec excès d'acide, qu'on désigne, depuis longtemps, sous le nom vulgaire de *sel d'oseille,* et qui n'est autre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chose qu'une combinaison de potasse et d'un acide particulier, auquel on a donné le nom d'*acide oxalique*, du nom latin de l'oseille, *oxalis*. Voilà pourquoi on l'appelle, dans les laboratoires, *oxalate acide de potasse*.

Ce sel, cité pour la première fois par Angelus Sala, au commencement du dix-septième siècle, n'a été décrit qu'en 1668, par Duclos ; mais ce chimiste n'en connut point la nature. Margraff, de Berlin, y démontra l'existence de la potasse, et, en 1784, le célèbre Schèele en isola l'acide, dont il constata l'identité avec celui que Bergmann avait obtenu, en 1776, en traitant le sucre par l'acide azotique bouillant, et qu'on avait appelé jusque-là *acide du sucre*, *acide saccharin*, *acide oxysaccharique*.

Le sel d'oseille est l'objet d'une grande fabrication en Suisse et en Souabe. On l'extrait des feuilles et des tiges de plusieurs Oxalis et Rumex ; mais surtout de l'*oxalis acetosella*, nommé vulgairement *alleluia*, *surelle*, *petite oseille*, et du *rumex acetosa*, ou *grande oseille*.

Après avoir pilé la plante lorsqu'elle est en pleine végétation, on en exprime le suc, qu'on chauffe légèrement pour le clarifier, et qu'on évapore ensuite en consistance de sirop clair, après l'avoir filtré. Abandonné pendant six semaines environ dans des terrines, il dépose peu à peu, sur leurs parois, de petits cristaux verdâtres de sel d'oseille, qu'on blanchit par des dissolutions et cristallisations répétées. En Souabe, pour mieux débarrasser le suc des plantes de sa matière colorante verte, on y délaie un peu d'argile blanche, dont l'alumine agit, en formant, avec cette matière verte, un composé ou *laque* insoluble.

De 100 kilogrammes d'oseille fraîche on retire tout au plus 320 grammes d'oxalate acide de potasse pur.

Ce sel, tel que le commerce nous le fournit, est en petits cristaux appartenant probablement au système du prisme droit à base rhombe, quelquefois allongés, assez réguliers, d'un blanc mat, ou transparents. Il a une saveur piquante, aigre, légèrement âcre et amère. Lorsqu'on le remue ou qu'on le pulvérise, il s'en élève une poussière très-irritante qui détermine la toux. Il est inaltérable à l'air. Il exige 10 parties d'eau bouillante pour se dissoudre. Sa dissolution rougit, comme vous le voyez, la teinture de tournesol. Mis sur des charbons ardents, il répand une fumée acide et piquante, mais sans se charbonner. Calciné fortement, il laisse à sa place du carbonate de potasse.

Pour retirer l'acide de ce sel, on verse dans sa dissolution de l'*acétate de plomb* liquide, jusqu'à ce qu'il ne se fasse plus de précipité. Il s'opère un échange entre les principes constituants des deux sels, de telle sorte qu'il se produit de l'*acétate acide de potasse* soluble et de l'*oxalate de plomb* insoluble.

Oxalate acide de potasse = acide oxalique.. + potasse.
Acétate de plomb..... = oxyde plombique + acide acétique.

oxalate de plomb + acétate de potasse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On recueille l'oxalate de plomb sur un filtre, on le lave bien à l'eau chaude, on le délaie dans huit à dix fois son poids d'eau, et on y fait passer un courant d'acide sulfhydrique (*fig.* 357), qui sépare l'acide oxalique, en donnant naissance à de l'eau et à du sulfure de plomb noir ; celui-ci reste en suspension dans la liqueur.

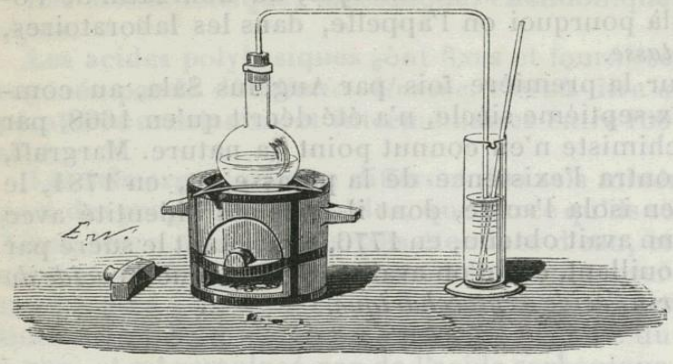


Fig. 357.

Oxalate de plomb = { Acide oxalique
{ Oxyde plombique = { Oxygène
{ Plomb
= { Sulfure de plomb.
= Eau

Acide sulfhydrique... = { Soufre
{ Hydrogène

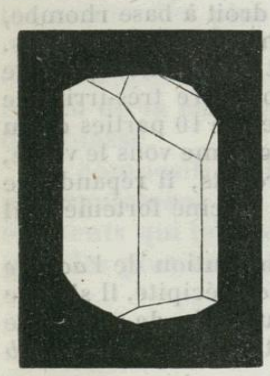


Fig. 358.

On filtre la liqueur très-acide ; on la concentre, et, par le refroidissement, on obtient l'acide oxalique en petites aiguilles ou en prismes fins entrelacés. Par de nouvelles cristallisations, il prend la forme de longs et gros prismes transparents appartenant au système du prisme oblique à base rhombe (*fig.* 358).

Dans cet état, l'acide contient 42,85 p. 100 d'eau de cristallisation, ce qui correspond à 3 équivalents.

Par une dessiccation à + 100°, il perd les deux tiers de cette eau, et forme alors un nouvel hydrate, qui est ainsi constitué :

Acide anhydre.....	1 équivalent	=	36 ou %...	85,7
Eau combinée.....	1 équivalent	=	9	14,3
			45	100,0

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cet équivalent d'eau ne peut lui être enlevé qu'en le combinant avec les bases.

Anhydre, ou tel qu'il existe dans les oxalates métalliques, l'acide oxalique est composé de :

Carbone.....	2 équivalents =	12 ou %...	33,33
Oxygène.....	3 équivalents =	24	66,67
		36	100,00

Les symboles suivants représentent donc les trois états de cet acide :

Anhydre.....	C^2O^3
Sublimé ou séché à + 100°....	C^2O^3,HO
Cristallisé.....	C^2O^3,3HO.

Comme on le voit, l'acide anhydre est intermédiaire par sa composition entre l'oxyde de carbone et l'acide carbonique :

CO.....	oxyde de carbone,
C^2O^3.....	acide oxalique,
CO^2.....	acide carbonique.

Voilà pourquoi les chimistes modernes lui ont donné le nom d'ACIDE CARBONEUX.

Ce qui est encore plus singulier, c'est que cet acide ne peut exister sans eau ; en effet, dès qu'on le prive de celle qu'il contient, en le chauffant, par exemple, ainsi que je le fais, avec de l'acide sulfurique concentré, il se transforme complétement en acide carbonique et oxyde de carbone, qui se dégagent à volumes égaux. Les chimistes tirent parti de ce fait pour se procurer, à peu de frais, du gaz oxyde de carbone pur. Il ne s'agit, en effet, que d'agiter le gaz recueilli avec de la potasse, pour le priver de tout l'acide carbonique qui est en mélange. Vous voyez que le gaz qui provient de notre opération trouble l'eau de chaux ; cela vous indique la présence de l'acide carbonique. Ce qui reste maintenant s'enflamme par l'approche d'une bougie, et brûle avec une flamme bleue : c'est donc de l'oxyde de carbone.

Cette réaction, que l'acide sulfurique anhydre produit à la température ordinaire, s'explique aisément, puisque l'acide oxalique anhydre renferme les éléments d'un équivalent d'oxyde de carbone et d'un équivalent d'acide carbonique :

$$C^2O^3 = CO + CO^2.$$

Cette réaction est un caractère important qui peut servir à découvrir l'acide oxalique libre ou combiné, car les oxalates chauffés avec l'acide sulfurique donnent lieu à la production des mêmes gaz, sans que la liqueur se colore.

La même transformation s'effectue lorsqu'on chauffe lentement l'acide oxalique dans une petite cornue ; toute son eau se vaporise d'abord, puis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'acide, devenu anhydre, se dédouble en acide carbonique et en oxyde de carbone; aussi ne reste-t-il rien dans la cornue.

Si, au contraire, on soumet l'acide oxalique à des actions oxydantes, on le convertit totalement en acide carbonique. C'est ce qui arrive, par exemple, quand on le fait bouillir avec l'acide azotique. L'équation suivante vous donne la clef de cette réaction :

$$C^2O^3,3HO + AzO^5,HO = AzO^4 + 2CO^2 + 4HO.$$

Quand on jette des cristaux d'acide oxalique dans une solution d'acide hypochloreux, ils éprouvent la même transformation, et il se fait une vive effervescence due à un dégagement d'acide carbonique et de chlore :

$$C^2O^3,3HO + ClO = 2CO^2 + Cl + 3HO.$$

Qu'on dirige un courant de chlore dans une dissolution d'acide oxalique, celui-ci disparaît à l'état d'acide carbonique, et il ne reste dans la liqueur que de l'acide chlorhydrique. Ce double effet est le résultat de la décomposition de l'eau, ainsi que vous pouvez le voir par l'équation suivante :

$$C^2O^3 + HO + Cl = HCl + 2CO^2.$$

Cette réaction permet, dans beaucoup de circonstances, de séparer l'acide oxalique de certains corps qui sont inattaquables par le chlore.

L'acide oxalique ordinaire, c'est-à-dire à 3 équivalents d'eau, le seul qu'on emploie dans l'industrie, n'a aucune odeur; mais en revanche il jouit d'une telle acidité, que sa saveur est insupportable, et qu'il agit sur les animaux comme un poison corrosif très-énergique. Le sel d'oseille possède les mêmes propriétés; aussi plusieurs fois a-t-il occasionné des accidents funestes, par suite de sa substitution accidentelle au *sel d'Epsom* (sulfate de magnésie). Cette sorte d'empoisonnement doit être combattue avec la magnésie délayée dans l'eau.

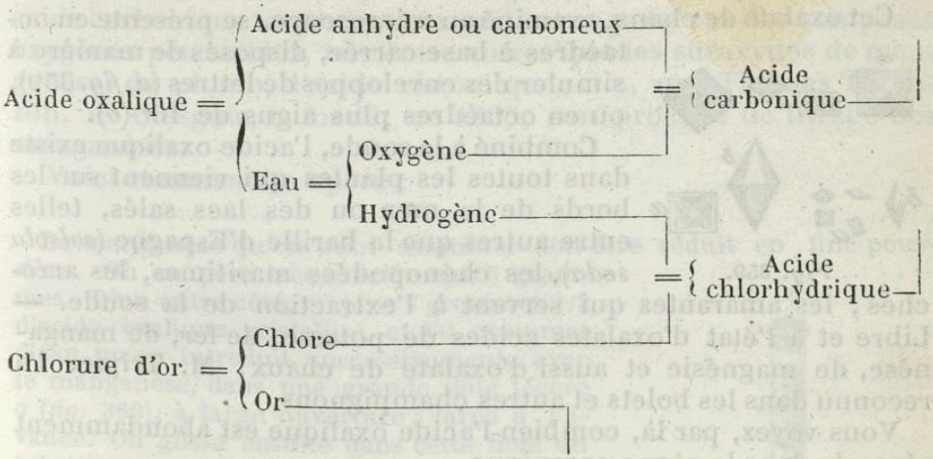
Une partie d'acide oxalique n'exige que 9,5 parties d'eau froide et 1 partie d'eau bouillante pour se dissoudre. Les cristaux font entendre, au moment de leur contact avec l'eau froide, un craquement particulier qui est dû à leur rupture spontanée.

Sa dissolution rougit fortement le tournesol. Lorsqu'elle est concentrée, et qu'on la verse, en grand excès, dans une solution de potasse, il se précipite, à l'instant même, une poudre blanche cristalline, qui consiste en sel d'oseille.

Si l'on emploie la même dissolution chaude et si on la mêle au chlorure d'or, le métal est réduit et se dépose en poudre brune, ou bien se montre à la surface de la liqueur, sous la forme d'une pellicule jaune, très-brillante; il se dégage de l'acide carbonique et la liqueur contient de l'acide chlorhydrique. La légende sui-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vante va vous montrer que tous ces phénomènes sont dus à la décomposition de l'eau :



La réaction s'établit entre les nombres suivants :

$$3C^2O^3 + 3HO + Au^2Cl^3 = 2Au + 3HCl + 6CO^2.$$

L'affinité de l'acide oxalique pour la chaux est si grande, qu'il s'en empare dans toutes les circonstances, et qu'il peut même l'enlever à l'acide sulfurique. Voici, en effet, une dissolution de sulfate de chaux dans laquelle je fais naître un précipité blanc, en y ajoutant un peu d'acide oxalique. C'est là le meilleur réactif que possèdent les chimistes pour constater l'existence de la chaux ou des sels calcaires dans les liquides, et notamment dans les eaux naturelles. C'est Bergmann qui l'employa le premier pour cet objet, en 1778. Les plus petites traces de chaux sont rendues sensibles au moyen de cet acide, par la raison que l'oxalate de chaux est tellement insoluble, qu'il faut plus de 8 à 10,000 parties d'eau pour en dissoudre une.

L'oxalate de chaux que je viens de produire dans l'expérience précédente est un sel très-répandu dans la nature. Fourcroy et Vauquelin l'ont signalé dans un assez grand nombre de calculs urinaires de l'homme. Schéele en a constaté la présence dans une foule de racines et d'écorces, surtout dans les racines de rhubarbe, de réglisse, de curcuma, de patience, de gentiane, les écorces de cannelle, de chêne, de frêne, d'orme, de sureau, etc. Braconnot l'a trouvé en très-grande quantité dans les lichens, ces petites plantes jaunâtres et coriaces qui couvrent les flancs des rochers. Les lichens crustacés en contiennent presque la moitié de leur poids. Il semble que l'oxalate de chaux soit à ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plantes ce que le carbonate de chaux est aux madrépores et aux polypiers, ou le phosphate de chaux à la charpente osseuse des animaux les plus parfaits.

Cet oxalate de chaux, examiné au microscope, se présente en octaèdres à base carrée, disposés de manière à simuler des enveloppes de lettres (*a*, *fig.* 359), ou en octaèdres plus aigus de 16° (*b*).

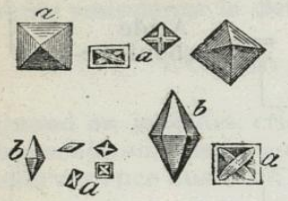


Fig. 359.

Combiné à la soude, l'acide oxalique existe dans toutes les plantes qui viennent sur les bords de la mer ou des lacs salés, telles entre autres que la barille d'Espagne (*salsola soda*), les chénopodées maritimes, les arroches, les amarantes qui servent à l'extraction de la soude. — Libre et à l'état d'oxalates acides de potasse, de fer, de manganèse, de magnésie et aussi d'oxalate de chaux, M. Tripier l'a reconnu dans les bolets et autres champignons.

Vous voyez, par là, combien l'acide oxalique est abondamment répandu dans le règne organique.

On consomme beaucoup de cet acide dans nos fabriques d'indiennes, où il est employé comme *rongeant*, c'est-à-dire comme moyen de détruire le mordant sur les parties où l'on veut que la couleur ne prenne pas, et où il faut conserver au tissu son premier blanc. On s'en sert aussi pour l'avivage de quelques couleurs.

Dans nos ménages, on en fait un fréquent usage pour écurer les ustensiles, les instruments, les harnais en cuivre poli, et faire disparaître du linge les taches d'encre et de rouille. Ces applications reposent sur la faculté que possède l'acide oxalique de former avec les oxydes de cuivre et de fer des sels très-solubles. Ce qu'on vend chez les épiciers sous le nom d'*eau de cuivre* pour nettoyer les objets en cuivre jaune ou rouge, n'est autre chose qu'une simple dissolution d'acide oxalique ou de sel d'oseille. Il y a plusieurs recettes pour la préparation de cette *eau de cuivre ;* voici les deux meilleures :

Eau.....	1 litre.	Eau.....	1 litre.
Acide oxalique...	31 gram.	Acide oxalique...	8 gram.
		Acide sulfurique..	8 —
		Terre pourrie....	64 —

Ces liqueurs sont des poisons violents.

Les médecins considèrent l'acide oxalique comme rafraîchissant, et l'administrent sous forme de limonade. Les *pastilles contre la soif* ont cet acide pour base.

Indépendamment de son emploi journalier dans les laboratoires comme réactif, et pour la production de l'oxyde de carbone, cet acide sert encore avantageusement au titrage des manganèses du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

commerce. Laissez-moi vous donner quelques indications à ce égard.

C'est sur la tendance qu'a l'acide oxalique à se transformer en acide carbonique toutes les fois qu'il est en présence des composés oxygénés peu stables, tels entre autres que les suroxydes de manganèse, de plomb, l'acide chrômique, etc., que Thomas Thomson, de Glasgow, a fondé, en 1836, son procédé de titrage des manganèses.

Voici comment on opère :

Le manganèse qu'on veut examiner doit être réduit en fine poussière. On en pèse très-exactement 5 grammes. D'un autre côté, on pèse 7 grammes 1/2 d'acide oxalique cristallisé et 60 grammes d'eau qu'on introduit successivement, avec le manganèse, dans une grande fiole légère *a* (*fig.* 360), à large ouverture, tarée à l'avance. On glisse ensuite dans cette fiole un tube en verre *b* fermé par un bout, dont le poids est connu et qui contient 20 grammes d'acide sulfurique concentré; il doit être assez long pour s'appuyer constamment contre les parois de la fiole. Celle-ci est hermétiquement fermée par un bouchon dans lequel passe un tube *c* rempli de fragments de chlorure de calcium, et un tube d'aspiration *d* qui arrive à une petite distance du mélange; ce dernier tube est provisoirement fermé avec un bouchon de liége. Les poids du bouchon et des deux tubes qui le traversent sont également tarés, de sorte qu'en définitive on connaît le poids de tout l'appareil, ainsi que celui des quatre matières réagissantes.

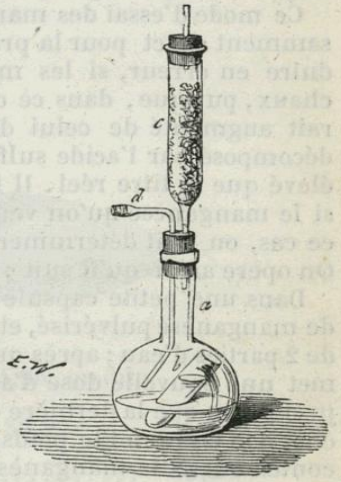


Fig. 360.

Tout étant ainsi disposé, on incline légèrement la fiole de manière à faire écouler une partie de l'acide sulfurique hors du tube *b* pour qu'il arrive au contact du mélange. Une vive effervescence se produit aussitôt, parce que, sous l'influence de l'acide sulfurique, l'acide oxalique enlève au peroxyde de manganèse la moitié de son oxygène et se change en acide carbonique; celui-ci sort par le tube *c* en laissant sur le chlorure de calcium toute la vapeur qu'il entraînait avec lui. Quand la réaction s'est affaiblie, on fait écouler le restant de l'acide sulfurique et on abandonne l'appareil à lui-même pendant douze heures, en l'agitant plusieurs fois. Au bout de ce temps, on ne doit plus apercevoir la moindre particule brillante de manganèse au milieu de la poudre jaunâtre qui s'est formée. On aspire alors de l'air par le tube *d* pour chasser l'acide carbonique qui restait dans les diverses parties de l'appareil; on pèse celui-ci pour connaître la perte de poids qu'il a éprouvée; cette perte représente le poids de l'acide carbonique qui s'est dégagé, et ce poids est précisément égal à la quantité de peroxyde de manganèse pur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui se trouvait dans les 5 grammes de manganèse commercial qu'on a soumis à l'essai.

En effet, 1 équivalent de peroxyde de manganèse qui pèse 44 cède 1 équivalent ou 8 d'oxygène à 1 équivalent d'acide oxalique anhydre qui pèse 36, ce qui produit 2 équivalents d'acide carbonique dont le poids est de 44.

Vous voyez donc que réellement l'acide carbonique qui sort de l'appareil représente justement la quantité de peroxyde pur qui existe dans la poudre. Supposons que la perte de poids, dans une expérience terminée, soit de 3^{gr}, 40; nous en conclurons que dans les 5 grammes de peroxyde impur du commerce, il y a 3^{gr}, 40, d'oxyde pur et 1^{gr}, 60 de matières étrangères, en d'autres termes que l'échantillon essayé ne renferme que 68 p. 100 de peroxyde de manganèse réel.

Ce mode d'essai des manganèses est donc très-commode, et il est suffisamment exact pour la pratique commerciale. Toutefois, il pourrait induire en erreur, si les manganèses étaient mélangés de carbonate de chaux, puisque, dans ce cas, le poids de l'acide carbonique dégagé serait augmenté de celui de l'acide carbonique provenant du carbonate décomposé par l'acide sulfurique, ce qui conduirait à un titre bien plus élevé que le titre réel. Il faut donc toujours commencer par constater si le manganèse qu'on veut titrer fait effervescence avec un acide ; dans ce cas, on doit déterminer avec soin sa richesse en carbonate de chaux. On opère ainsi qu'il suit :

Dans une petite capsule en verre ou en porcelaine, on met 5 grammes de manganèse pulvérisé, et on verse par-dessus de l'acide azotique étendu de 2 parties d'eau ; après quelques heures de contact, on décante, et on remet une nouvelle dose d'acide. On lave ensuite le manganèse avec soin, jusqu'à ce que la dernière eau de lavage ne soit plus acide, et on le fait sécher. On en prend le poids, la perte indique celui du carbonate de chaux contenu dans le manganèse. On cherche alors la quantité d'acide carbonique que représente ce poids de calcaire, et on la soustrait de celle qui a été trouvée par l'essai au moyen de l'acide oxalique.

Soient 5 grammes de manganèse qui ont perdu par l'acide azotique 0,349 de carbonate de chaux.

Ces 0,349 de carbonate de chaux contiennent 0,152 d'acide carbonique; en effet :

$$100 : 43{,}71 :: 0{,}349 : x = 0{,}152.$$

Si donc le manganèse avait perdu 3^{gr},40, il faut en retrancher 0,152, ce qui donne 3,248, ou 64,96 pour le titre réel, au lieu de 68 p. 100 trouvé d'abord.

La proportion d'humidité dans les manganèses variant beaucoup et s'élevant quelquefois jusqu'à 15 et 17 p. 100, il faut tenir compte de cette humidité, afin que dans les dosages on ne la confonde pas avec du manganèse même.

Pour cela, avant tout essai, il est bon de dessécher dans l'étuve des laboratoires (*fig.* 361), 5 grammes de manganèse pulvérisé. On note la perte en eau, et on ramène à 100.

Si, par exemple, un manganèse a perdu 8,75 d'eau, il est évident

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que 100 parties de ce manganèse humide ne représentent réellement que 100 — 8,75 = 91,25.

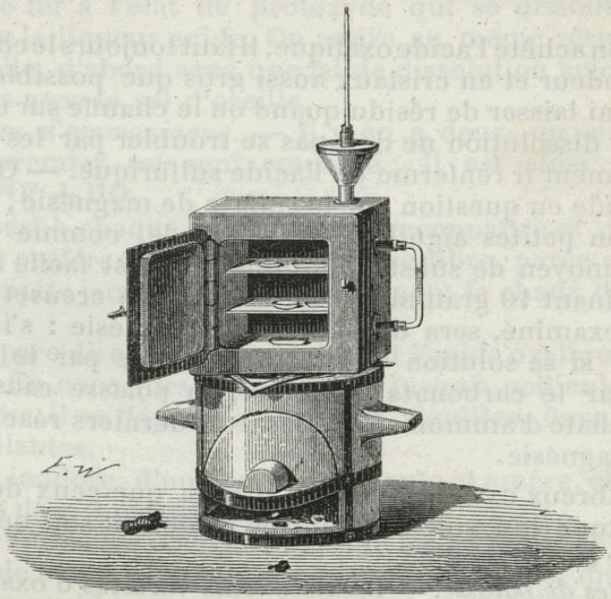


Fig. 361.

Si donc ce manganèse a donné le titre de 64,96, on dit :

$$100 : 64{,}96 :: 91{,}25 : x = 59{,}27.$$

d'où le titre brut du manganèse est de..... 59,27
tandis que son titre à l'état sec est de..... 64,96

Dans les manganèses du commerce, il y a fort souvent de la poudre, ou comme on dit vulgairement de la *pousse*. Quand la proportion de cette pousse est notable, il faut la séparer des morceaux, déterminer sa proportion relative, et la titrer à part, car presque toujours elle a un titre plus faible que les morceaux, par la raison qu'elle est plus riche en sable, en calcaire et autres matières étrangères.

Pour cela, on prend 500 grammes du manganèse tel quel, et on le crible de manière à avoir d'un côté les morceaux, et de l'autre la pousse. On en prend les poids respectifs. Qu'on ait obtenu, par exemple, 300 grammes de morceaux et 200 grammes de pousse, on dit que le manganèse est composé de 3/5 de morceaux et de 2/5 de pousse.

On titre à part les deux échantillons, et pour avoir le titre moyen du manganèse, on dit :

2/5 pousse au titre de..... 55,94 = 111,88
3/5 morceaux au titre de..... 61,58 = 184,74
296,62

qui divisés par 5, donnent pour le titre moyen du manganèse 59,324.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je suis entré dans tous ces détails pour vous montrer la manière de pratiquer un essai commercial, avec tous les soins qui peuvent en assurer l'exactitude.

Lorsqu'on achète l'acide oxalique, il faut toujours le choisir blanc, sec, sans odeur et en cristaux aussi gros que possible. Il ne doit ni noircir, ni laisser de résidu quand on le chauffe sur une lame de platine. Sa dissolution ne doit pas se troubler par les sels de baryte, autrement il renferme de l'acide sulfurique. — On a souvent fraudé l'acide en question par le sulfate de magnésie, qui cristallise aussi en petites aiguilles. Cette fraude, comme toute autre opérée au moyen de substances minérales, est facile à reconnaître en calcinant 10 grammes d'acide dans un creuset de platine. Le résidu examiné, sera du sulfate de magnésie : s'il se dissout dans l'eau, si sa solution précipite en blanc par le chorure de baryum, par le carbonate de soude, la potasse caustique et le sous-phosphate d'ammoniaque. Ces trois derniers réactifs caractérisent la magnésie.

Des nombreux oxalates connus, il n'y a que ceux de potasse et d'ammoniaque qui soient employés et dont il soit nécessaire de vous parler en particulier.

1. *Oxalates de potasse.* — Il existe trois variétés d'oxalate de potasse. Les quantités d'acide oxalique qui s'unissent à 1 équivalent de potasse sont représentées par les nombres 1, 2 et 4. Vous apprendrez avec intérêt que c'est en s'appuyant sur ces faits que le chimiste anglais Wollaston a trouvé la première démonstration expérimentale de la loi de Dalton sur les proportions multiples.

A. *L'oxalate neutre,* KO,C^2O^3,HO, qui est très-soluble, et par cela même difficilement cristallisable, n'a reçu aucune application.

B. Le *bi-oxalate,* $KO,2C^2O^3,3HO$, est beaucoup moins soluble ; il est souvent mélangé dans le *sel d'oseille* du commerce avec le suivant.

C. Le *quadroxalate,* $KO,4C^2O^3,7HO$, qui s'offre en tout petits cristaux, bien moins solubles encore que ceux du bi-oxalate.

Il est bon que vous sachiez que, dans le commerce, on distingue trois sortes de *sel d'oseille,* à savoir : celui de *Suisse,* ordinairement en cristaux assez réguliers, d'un blanc mat ; celui d'*Allemagne,* et celui de *France.* Ce dernier, qui est en cristaux blancs et transparents, beaucoup plus acides que les précédents, est fabriqué de toutes pièces avec l'acide oxalique artificiel.

Le sel d'oseille est fréquemment employé dans les ateliers de teinture et d'indiennes dans les mêmes circonstances que l'acide oxalique. On l'utilise aussi comme agent décolorant dans la préparation de la paille destinée à la confection des chapeaux. — Il est d'un usage habituel pour décaper les métaux et pour enlever les taches d'encre et de rouille sur les tissus. Pour mieux réussir, dans ce dernier cas, il faut commencer par faire bouillir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le sel d'oseille avec de l'étain métallique, avant de l'appliquer sur les taches. L'oxalate d'étain, qui s'est formé ainsi, ramène le peroxyde de fer à l'état de protoxyde qui se dissout plus facilement dans la liqueur acide. On arrive au même résultat en imbibant la toile, d'abord avec une faible dissolution acidulée de sel d'étain, puis avec le sel d'oseille.

2. *Oxalates d'ammoniaque.* — Il y en a deux, un neutre et un bisel. Le premier est seul employé ; il est ainsi constitué : $AzH^3,HO,C^2O^3 + HO$.

On s'en sert à chaque instant pour reconnaître et pour doser la chaux, de préférence à l'acide oxalique libre, parce que ce dernier ne précipite jamais qu'incomplétement la chaux de ses dissolutions.

On le prépare directement en saturant l'acide oxalique par l'ammoniaque. En concentrant la liqueur jusqu'à pellicule et la laissant refroidir, il se dépose de longues aiguilles, fines, très-blanches et brillantes.

Ce sel est inodore, d'une saveur piquante et amère, efflorescent ; il se dissout dans 3 parties d'eau froide.

M. Dumas a trouvé, en 1830, parmi les produits de la distillation sèche de ce sel, une matière blanche nouvelle, insipide, inodore, neutre, qu'il a nommée *oxamide* et qui est devenue le point de départ d'une classe très-nombreuse de composés azotés auxquels on a donné le nom générique d'*amides*.

L'oxamide ne diffère de l'oxalate d'ammoniaque que par 2 équivalents d'eau. En effet :

$$\underset{\text{Oxalate.}}{AzH^3,HO,C^2O^3} - 2HO = \underset{\text{Oxamide.}}{AzH^2,C^2O^2}$$

Aussi, en fixant sur cette substance les éléments de l'eau, on la convertit en oxalate d'ammoniaque. Cette transformation se fait directement avec l'eau seule, à la température de 124°, dans la marmite de Papin, ou indirectement sous l'influence des bases et des acides ; seulement, dans ce dernier cas, l'oxalate d'ammoniaque régénéré ne peut se conserver : avec les bases, il se dégage de l'ammoniaque, et il reste en dissolution des oxalates alcalins ; avec les acides, il se dégage de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique, et on a pour résidu des sels ammoniacaux.

Vous voyez de nouveau, Messieurs, par cet exemple, combien l'eau intervient dans les réactions et quelle influence elle exerce sur la nature des composés, notamment des composés organiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRENTE-TROISIÈME LEÇON.

ACIDES ORGANIQUES (SUITE).

SOMMAIRE. — Du *tartre* et de l'ACIDE TARTRIQUE. — Du *suc de citron* et de l'ACIDE CITRIQUE. — De l'acide des fruits ou ACIDE MALIQUE. — Applications diverses de ces acides et de leurs sels. — Étude des acides TANNIQUE et GALLIQUE. — Action remarquable de ces acides sur les dissolutions métalliques. — Leurs applications dans la teinture. — ACIDE PYROGALLIQUE. — Ses usages et sa préparation.

Acide tartrique.

Vous savez tous, Messieurs, que dans les tonneaux où l'on conserve le vin, il se dépose peu à peu sur leurs parois une croûte saline plus ou moins épaisse, qu'on connaît sous le nom de *tartre*. Cette substance est un mélange de matière colorante et de sels peu solubles, qui ont été précipités du vin, à mesure qu'il est devenu plus riche en alcool, par suite de la fermentation insensible qui se manifeste peu de temps après sa mise en tonneau.

Le tartre est *rouge* ou *blanc*, selon la couleur du vin qui l'a fourni; il a une saveur légèrement acide et vineuse; il croque sous la dent, se dissout difficilement dans l'eau, et brûle sur les charbons en exhalant l'odeur de pain grillé.

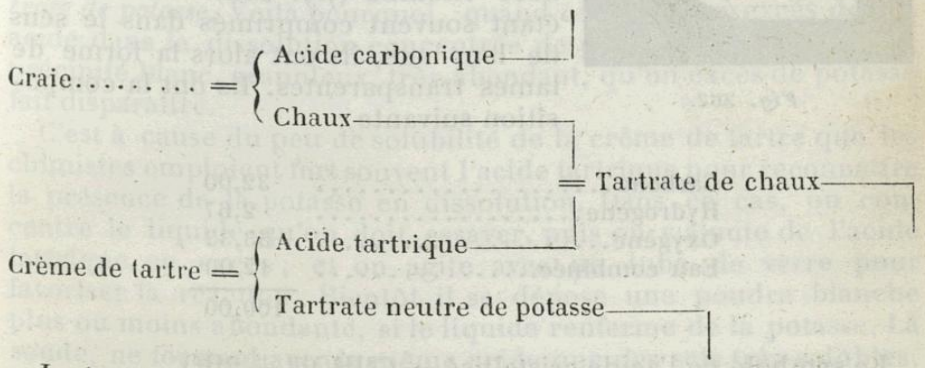
Ce tartre a attiré l'attention des plus anciens chimistes, qui, de bonne heure, l'employèrent comme fondant pour l'extraction de certains métaux. Paracelse a émis des idées étranges sur sa nature, et a prétendu qu'on l'avait appelé *Tartare* parce qu'il *produit l'huile, l'eau, la teinture et le sel, qui brûlent le patient comme le fait l'enfer*. Il le regardait comme le principe et le remède de toute maladie, et toutes les substances, d'après lui, en contenaient le germe. Van Helmont combattit ces opinions extravagantes, et donna une explication assez exacte de son dépôt dans le vin. Boerhaave, Neumann, Rouelle jeune, Spielmann, Corvinus, Bucquet, prouvèrent que le tartre existe tout formé dans le suc des raisins, avant sa conversion en vin. Beguin, Sala, Libavius, Glaser, soutinrent qu'on pouvait obtenir de la potasse du tartre, et que cet alcali y est tout formé, opinion qui fut mise hors de doute par les expériences de Duhamel. Enfin, Schèele dévoila le premier, en 1770, la véritable nature du tartre, en montrant que la potasse y est combinée à un acide organique tout particulier qu'il isola, et auquel on donna bientôt les noms d'*acide du tartre, acide tartareux, acide tartarique*, qu'on a remplacés par celui plus court d'*acide tartrique*. La découverte de Schèele est d'autant plus remarquable, qu'elle marqua son début dans la carrière scientifique qu'il devait parcourir avec tant d'éclat.

Le tartre est donc du *tartrate de potasse acide* plus ou moins impur. Sa purification s'exécute en grand à Montpellier, au moyen de plusieurs

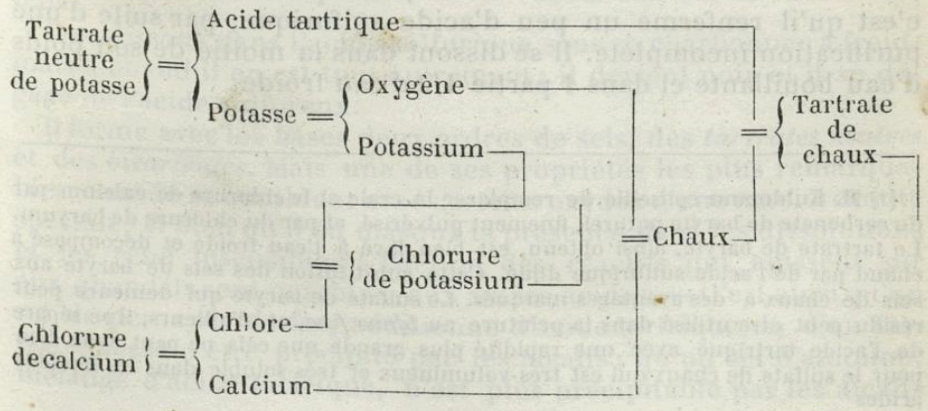
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cristallisations successives, et à l'aide d'un peu d'argile blanche, qu'on délaie dans les liqueurs chaudes pour précipiter la matière colorante. On expose ensuite les cristaux sur des toiles, au soleil, pour les rendre plus blancs. On les livre alors au commerce sous les noms de *tartre pur*, *cristaux de tartre*, *crème de tartre*. Autrefois, on donnait spécialement ce dernier nom aux cristaux qui venaient former une pellicule à la surface des liqueurs.

C'est de la crème de tartre qu'on extrait l'acide tartrique, par le procédé que Schéele a indiqué. Après avoir fait dissoudre ce sel dans l'eau bouillante, on y ajoute peu à peu de la craie en poudre, jusqu'à ce que la liqueur soit neutre et qu'il ne se produise plus d'effervescence. Voici ce qui se passe dans cette réaction : l'excès d'acide de la crème de tartre s'empare de la chaux de la craie, en faisant dégager son acide carbonique. Il se forme donc du tartrate de chaux qui, en raison de son insolubilité, se dépose, et il reste dans la liqueur du tartrate neutre de potasse.



Le tartrate neutre de potasse n'est pas perdu ; on le mêle à son tour avec une suffisante quantité de chlorure de calcium, ce qui produit, par double décomposition, du chlorure de potassium soluble et du tartrate de chaux qu'on ajoute au précédent :



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tout le tartrate de chaux étant recueilli sur une toile et bien lavé, on l'introduit dans des bassins de plomb, on l'y délaie dans beaucoup d'eau et on y mélange assez d'acide sulfurique pour en isoler la chaux à l'état de sulfate peu soluble (1).

L'acide tartrique, mis en liberté, reste en dissolution dans l'eau. On laisse reposer, on décante la liqueur claire, que l'on concentre dans un vase de plomb jusqu'à 38 ou 40° de l'aréomètre, et on la met à cristalliser. Par une première cristallisation, l'acide n'est jamais pur et blanc. On le purifie en le passant sur des filtres de charbon de bois, et en le faisant cristalliser une ou deux fois.

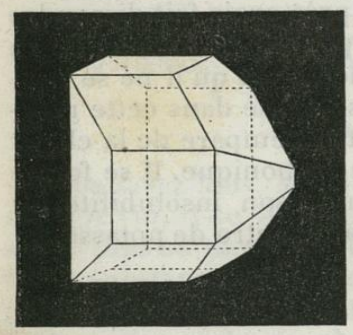


Fig. 362.

On l'obtient alors en beaux prismes blancs transparents, hémiédriques, dérivant du système du prisme oblique à base rhombe (*fig.* 362). Ces cristaux étant souvent comprimés dans le sens de leur axe, ils ont alors la forme de lames transparentes. Ils ont la composition suivante :

Carbone	32,00
Hydrogène	2,67
Oxygène	53,33
Eau combinée	12,00
	100,00

Le symbole de l'acide cristallisé $= C^8H^4O^{10} + 2HO$.

L'acide tartrique est inodore. Sa saveur, fortement acide, ne devient agréable que lorsqu'il est dissous dans une grande quantité d'eau. Il est inaltérable à l'air ; lorsqu'il attire l'humidité, c'est qu'il renferme un peu d'acide sulfurique, par suite d'une purification incomplète. Il se dissout dans la moitié de son poids d'eau bouillante et dans 1 partie 1/2 d'eau froide.

---

(1) M. Kuhlmann conseille de remplacer la craie et le chlorure de calcium par du carbonate de baryte naturel, finement pulvérisé, et par du chlorure de baryum. Le tartrate de baryte, ainsi obtenu, est bien lavé à l'eau froide et décomposé à chaud par de l'acide sulfurique dilué. Cette substitution des sels de baryte aux sels de chaux a des avantages marqués. Le sulfate de baryte qui demeure pour résidu peut être utilisé dans la peinture au *blanc fixe*, et d'ailleurs, il se sépare de l'acide tartrique avec une rapidité plus grande que cela ne peut avoir lieu pour le sulfate de chaux qui est très-volumineux et très-soluble dans les liquides acides

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il a une propriété qui permet de le distinguer de tous les autres acides. Il répand sur les charbons ardents une odeur de pain grillé fort reconnaissable ; il se fond, se boursoufle et s'enflamme ; il se transforme alors en eau et en acide carbonique. Incinéré sur une lame de platine, il ne laisse aucun résidu.

Sa dissolution ne sépare pas la chaux des acides minéraux, comme l'acide oxalique ; mais elle trouble l'eau de chaux, l'eau de baryte et les sels de chaux à acides organiques. Elle est sans action sur le chlorure de baryum, à moins qu'elle ne contienne de l'acide sulfurique : dans ce cas, il se fait un précipité blanc plus ou moins considérable, insoluble dans l'acide azotique.

L'acide tartrique forme, avec la potasse, un sel neutre difficilement cristallisable, en raison de sa grande solubilité. Les anciens le nommaient *sel végétal*. Si l'on y combine autant d'acide tartrique qu'il en contient déjà, il devient très-peu soluble, et constitue la crème de tartre, qu'on appelle, pour cette raison, *bitartrate de potasse*. Voilà pourquoi, quand on verse un excès de cet acide dans la dissolution concentrée de potasse, il se produit un précipité blanc, granuleux, très-abondant, qu'un excès de potasse fait disparaître.

C'est à cause du peu de solubilité de la crème de tartre que les chimistes emploient fort souvent l'acide tartrique pour reconnaître la présence de la potasse en dissolution. Dans ce cas, on concentre le liquide qu'on doit essayer, puis on y ajoute de l'acide tartrique en excès, et on agite avec un tube de verre pour favoriser la réaction. Bientôt il se dépose une poudre blanche plus ou moins abondante, si le liquide renferme de la potasse. La soude, ne formant avec le même acide que des sels très-solubles, ne donne point lieu à un pareil précipité, ainsi que vous allez le voir. Par conséquent, il est toujours facile, au moyen de l'acide qui nous occupe, de distinguer la potasse de la soude.

A froid comme à chaud, l'acide tartrique n'agit pas sur les sels d'or.

Il se dissout dans l'acide sulfurique sans se charbonner à froid, mais à chaud il en est tout autrement ; il devient noir et il se dégage de l'acide sulfureux.

Il forme avec les bases deux ordres de sels, des *tartrates neutres* et des *bitartrates*. Mais une de ses propriétés les plus remarquables, c'est de se combiner avec certains oxydes d'une manière toute spéciale, si bien qu'il en masque la présence dans les dissolutions et les rend insensibles à l'action des réactifs qui agissent sur eux quand ils sont combinés aux autres acides. — C'est ainsi qu'un sel de peroxyde de fer, additionné d'acide tartrique ou d'un tartrate, cesse d'être précipité par les alcalis ; qu'un sel d'alumine, mélangé d'acide tartrique, n'est plus précipitable par les alcalis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et les carbonates alcalins; que le chlorure d'antimoine n'est plus troublé par l'eau, quand on lui a associé une suffisante quantité d'acide tartrique. L'analyse chimique tire un parti avantageux de ces faits qu'il n'est pas très-facile d'interpréter.

Une autre propriété, non moins caractéristique du même acide, c'est sa grande tendance à s'unir avec deux bases à la fois, et à former ainsi des *sels doubles*. Il y a plusieurs de ces sels qui ont une grande importance en médecine. Tels sont :

Le *tartrate de potasse et de soude* ($KO,NaO,C^8H^4O^{10} + 7HO$) qui, découvert en 1672, par Seignette, pharmacien de la Rochelle, acquit une telle vogue, grâce au patronage du célèbre Lémery, qu'il devint un remède à la mode, et fit en peu d'années la fortune de son inventeur;

Le *tartrate de potasse et de fer* ($KO,Fe^2O^3,C^8H^4O^{10}$), avec lequel on prépare les fameuses *boules de Mars de Nancy*, remède si populaire contre les contusions;

Enfin, le *tartrate de potasse et d'antimoine* ($KO,Sb^2O^3,C^8H^4O^{10}+HO$), désigné sous le nom vulgaire d'*émétique*. Ce sel est employé, comme vous le savez, à la dose de 5 à 10 centigrammes pour provoquer le vomissement. Son action sur l'économie animale est tellement énergique, qu'à la dose de 3 à 4 décigrammes, il détermine souvent des accidents très-violents, et agit comme corrosif; quelques décigrammes de plus peuvent même occasionner la mort.

Ce sel est bien plus anciennement connu qu'on ne le suppose généralement. C'est à tort qu'on en attribue la découverte à Adrien de Mynsicht, vers 1631. Dès la fin du quinzième siècle, on trouve des traces de sa préparation dans le *Traité sur l'antimoine*, de Basile Valentin. Libavius et Angelus Sala, au commencement du dix-septième siècle, en font aussi mention. L'émétique était encore peu usité en médecine, lorsqu'en 1658, un médecin d'Abbeville, nommé Du Sausoi, l'administra, contre l'avis du premier médecin Vallot, à Louis XIV, qui était tombé dangereusement malade à Calais. Ce vomitif, qu'on appelait alors le *dernier remède*, produisit le meilleur effet; le roi se trouva mieux dans la nuit suivante, et le sixième jour il fut parfaitement rétabli. Ce succès inespéré commença la vogue de l'émétique. Lémery, à la fin du dix-septième siècle, donna la préparation de ce sel, qu'il nommait *panacée antimoniale*. La dose de sa dissolution était alors de 8 à 20 gouttes dans un bouillon.

On a quelquefois employé l'émétique comme mordant dans les ateliers d'indiennes. Lorsqu'on verse dans sa dissolution de l'acide sulfhydrique, il se produit un précipité floconneux, d'un très-beau rouge orangé, qu'on a parfois utilisé pour la coloration des tissus; c'est un composé de sulfure et d'oxyde d'antimoine, qu'on appelle communément *soufre doré d'antimoine*.

Si l'on calcine l'émétique à la chaleur blanche, soit seul, soit mêlé avec un peu de noir de fumée, il est entièrement décomposé, et transformé en un alliage de potassium et d'antimoine mêlé de charbon. Cet alliage constitue une poudre pyrophorique très-dangereuse à manier, car elle donne lieu, sans la moindre compression, par le contact de quelques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gouttes d'eau, à une détonation semblable à celle d'une forte arme à feu, et à une inflammation très-belle qui imite les gerbes de feu des artificiers. Cet alliage décompose l'eau avec dégagement d'hydrogène. Ces faits curieux ont été signalés par Geoffroy, Vauquelin et Sérullas.

Les pharmaciens préparent actuellement l'émétique en faisant bouillir dans une bassine d'argent, pendant une demi-heure environ, avec 1 litre d'eau 100 grammes d'oxychlorure d'antimoine (*poudre d'Algaroth*) et 145 grammes de crème de tartre. Après filtration et concentration de la liqueur à 25°, on met à cristalliser. Il se dépose des octaèdres ou des tétraèdres réguliers, blancs, transparents, qui ont un grand éclat, mais qui deviennent peu à peu opaques et friables en s'effleurissant à l'air.

De tous les tartrates, le plus important, sans contredit, c'est le bitartrate de potasse ou *crème de tartre*, dont il a été déjà si souvent question. En effet, indépendamment de son emploi à la préparation de l'acide tartrique et de la plupart des autres tartrates, ce sel joue un grand rôle comme mordant dans la teinture des laines, où il est presque toujours associé à l'alun; son acide se fixe, en même temps que ce dernier, sur les fibres animales. C'est son mélange avec le sel d'étain qui constitue le mordant pour la teinture écarlate. On s'en sert encore pour l'avivage d'une foule de couleurs et pour prévenir les dépôts d'oxydes ou de matières terreuses dans certains bains de teinture.

Il existe dans le commerce deux espèces bien distinctes de bitartrate de potasse :

1° La *crème de tartre de Montpellier*, qui est en plaques irrégulières, composées de petits cristaux réunis ensemble, d'un blanc mat au dehors, et à l'intérieur d'un blanc brillant qui se ternit promptement à l'air. — Cette espèce nous arrive en barriques et demi-barriques de 400 à 200 kil. environ;

2° La *crème de tartre de Marseille*, qui est ordinairement en plaques irrégulières, plus petites que les précédentes, offrant des cristaux bien formés, d'un blanc vitreux et brillants à l'extérieur comme à l'intérieur; ces cristaux se cassent facilement et présentent à la cassure des facettes qui réfractent la lumière. — Cette espèce vient en barriques et demi-barriques de 600 à 300 kilog.

Il y a toujours dans ces crèmes de tartre de 5 à 6 p. 100 de tartrate de chaux, qui se dissout dans l'eau à la faveur de l'excès d'acide du sel.

Les cristaux de bitartrate de potasse dérivent d'un prisme droit à base rhombe (*fig.* 363). Ils ont la composition suivante :

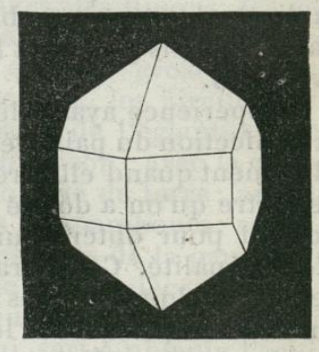


Fig. 363.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acide tartrique.....	70,45
Potasse.....	24,82
Eau combinée.....	4,73
	100,00

Leur symbole est = $KO,HO,C^8H^4O^{10}$.

Ce sel a une saveur acide peu agréable. Il n'est pas très-soluble, puisque 1 partie exige 15 parties d'eau bouillante et 184 parties d'eau froide. Sa dissolution rougit fortement la teinture de tournesol. On le rend beaucoup plus soluble en y associant le quart de son poids d'acide borique. C'est alors ce qu'on appelle la *crème de tartre soluble* que les médecins prescrivent comme un léger purgatif.

Le bitartrate de potasse répand, sur les charbons ardents, une fumée piquante ayant l'odeur du pain grillé. Le résidu de sa calcination est, comme je vous l'ai dit, du carbonate de potasse mêlé de charbon. C'est ce que les anciens chimistes nommaient *sel fixe de tartre*, *sel de tartre* ou *alcali du tartre*. Lorsqu'ils opéraient la décomposition de la crème de tartre au moyen de l'azotate de potasse, dans un creuset rouge de feu, ils obtenaient un carbonate de potasse blanc ou noir, suivant les proportions relatives des deux sels : blanc, lorsqu'ils employaient un excès de nitre ; noir, dans le cas contraire, parce qu'alors il n'y avait point assez d'oxygène pour brûler tout le charbon provenant de l'acide de la crème de tartre. Ces résidus étaient nommés *flux blanc* et *flux noir*. On en faisait un grand usage dans les opérations métallurgiques, comme fondants. Le nom de *flux* vient du mot latin *fluere*, qui veut dire *couler*.

Dans les ménages, on utilise la crème de tartre au nettoyage de l'argenterie. Pour cela, on la mêle avec partie égale de blanc d'Espagne ou carbonate de chaux, et moitié de son poids d'alun. On réduit le tout en poudre fine. Lorsqu'on frotte les ustensiles avec un linge doux ou une brosse recouverte de cette poudre délayée dans l'eau, ils prennent le plus vif éclat. On les lave et on les essuie avec soin.

L'expérience ayant démontré que la pâte de farine, destinée à la confection du pain, lève beaucoup plus facilement et plus complétement quand elle présente un caractère acide, c'est à la crème de tartre qu'on a donné la préférence pour remplir cette indication, et pour obtenir un pain très-blanc avec des farines de médiocre qualité. Cette pratique est devenue générale en Amérique, depuis quelques années ; aussi la presque totalité des crèmes de tartre fabriquées dans le midi de la France, est aujourd'hui exportée aux États-Unis pour cet emploi spécial.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'acide tartrique, dont je viens de passer en revue les sels les plus importants, est très-répandu dans les plantes, soit à l'état de tartrate acide de potasse, soit à celui de tartrate de chaux. C'est surtout dans les raisins, les tamarins, les mûres et la racine de betterave qu'il existe en plus grande quantité. M. Liebig a constaté, en 1859, sa production artificielle par la réaction de l'acide azotique sur le sucre de lait. Je reviendrai plus tard sur ce fait important.

Ses usages dans les arts, et notamment dans les fabriques d'indiennes, sont les mêmes que ceux de l'acide oxalique, toutefois plus variés. Ainsi, indépendamment de son emploi comme rongeant, il joue un grand rôle dans la confection du bleu de France et du bleu-vapeur, qu'on applique tant sur coton que sur laine, soie, et chaîne-coton.

On le fait souvent servir aussi à la préparation des boissons rafraîchissantes. Avec 2 grammes d'acide tartrique, 100 grammes de sucre et quelques gouttes d'esprit de citron, pour 1 litre d'eau, on produit une excellente limonade.

Dans tous les raisins, et surtout dans les raisins aigres, l'acide tartrique est accompagné d'un autre acide, qui a absolument la même composition, mais qui en diffère par quelques propriétés, notamment par une moins grande solubilité, et parce que ses cristaux renferment une fois plus d'eau que ceux de l'acide tartrique. Cet acide, découvert seulement en 1819, est donc isomérique avec le précédent. On l'a d'abord nommé *acide racémique*, puis *acide paratartrique*.

Acide citrique.

La connaissance de cet acide, dont le nom indique assez l'origine, est due à Schéele, qui trouva, en 1784, un moyen de l'isoler, à l'état de pureté, du suc de citron, qui le renferme en grande quantité, étudia ses propriétés, et sut le distinguer de l'acide du tartre, avec lequel il avait été confondu jusqu'alors.

C'est également à cet acide que les oranges, les limons, les cédrats, les bigarades, doivent leur agréable acidité. On le rencontre encore dans tous les fruits rouges, tels que les groseilles, les cerises, les fraises, les framboises, les ronces, les airelles, les sorbes, dans la pulpe des tamarins, les fruits de l'églantier, etc. On ne l'a trouvé que très-rarement en combinaison : avec la chaux dans l'oignon, les feuilles du pastel et la pomme de terre ; avec la potasse, dans les mêmes tubercules et les topinambours ; avec la chaux et la magnésie, dans les feuilles et les tiges de la gaude. On a essayé vainement jusqu'ici de le créer de toutes pièces.

C'est habituellement du suc de citron qu'on retire l'acide citrique, par un procédé analogue à celui qui sert à obtenir l'acide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tartrique. En effet, on sature à chaud ce suc au moyen de la craie. Il se forme du citrate de chaux insoluble qu'on lave bien et qu'on décompose ensuite par l'acide sulfurique (1). 100 kil. de suc de bons citrons ne fournissent pas plus de 5 kil. 1/2 d'acide cristallisé.

On prépare le suc de citron très en grand dans les pays chauds, notamment en Sicile, aux environs de Messine, en soumettant à la presse les fruits privés de leur écorce jaune, ou *zeste*, et débarrassés de leurs semences. Le temps de presser les citrons commence vers la mi-novembre ou en décembre, parce que jusqu'alors ces fruits ne contiennent que peu de suc, et continue jusqu'en mars. Deux cents citrons donnent, terme moyen, 4 litres 1/2 de suc. On presse plusieurs milliers de citrons à la fois. Le suc obtenu est renfermé dans de grandes *pipes*, et expédié sur le continent, principalement en Angleterre.

Le suc de citron est composé de beaucoup d'eau, d'acide citrique, d'acide malique, d'une petite quantité de sucre, d'un principe extractif qui y est en complète solution, et de beaucoup de mucilage, dont une partie n'est qu'en suspension et trouble la transparence du liquide. Abandonné au repos pendant quelque temps, il subit un commencement de fermentation, le mucilage se dépose pour la majeure partie, et le liquide s'éclaircit; on décante la partie supérieure, puis on filtre le reste. C'est en raison de cette grande proportion de mucilage que le suc de citron est si difficile à conserver.

Ainsi *dépuré* ou *clarifié*, le suc de citron a une couleur jaunâtre, une saveur acide, agréable, particulière, et une densité un peu plus grande que celle de l'eau. 18 grammes de ce suc saturent environ 2 grammes de carbonate de potasse sec. On le concentre ordinairement jusqu'à ce qu'il marque 24° à l'aréomètre de Baumé. Il est alors sous la forme d'un liquide presque sirupeux brunâtre.

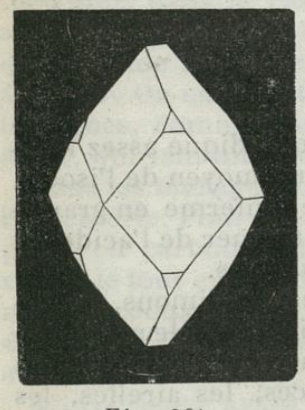


Fig. 364.

L'acide citrique pur est loin d'avoir la saveur agréable du suc de citron; néanmoins, c'est encore, de tous les acides végétaux, celui qui est le plus propre à faire des limonades. Ses cristaux sont assez volumineux, transparents, incolores, presque arrondis; ils dérivent d'un prisme droit à base rhombe (*fig.* 364), et renferment 17 p. 0/0 d'eau de

(1) Il y aurait encore avantage, comme l'a indiqué M. Kuhlmann, à saturer le jus de citron par le carbonate de baryte naturel. Le citrate de baryte est plus insoluble que le citrate de chaux; l'acide citrique qu'on en isole par l'emploi de l'acide sulfurique, cristallise bien plus facilement que lorsqu'on opère avec le citrate de chaux, attendu qu'il ne retient aucune trace de sulfate de baryte, et que dans le dernier cas, il retient toujours du sulfate de chaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cristallisation ; ils sont très-solubles dans l'eau. La dissolution ne se conserve bien qu'autant qu'elle est concentrée ; elle rougit fortement le tournesol.

On distingue aisément l'acide citrique de l'acide tartrique, avec lequel il a tant de rapports :

1° Parce qu'il ne répand pas, sur les charbons, l'odeur de pain grillé ;

2° Parce qu'il ne trouble pas l'eau de chaux et les sels de chaux ;

3° Parce que, versé en excès dans l'eau de potasse, il ne fait naître aucun précipité cristallin.

L'acide citrique n'attaque que le zinc, le fer et l'étain. Johnston assure cependant que le suc de citron dissout l'or ; mais cette assertion mérite autant de croyance que celle de Pline, qui dit qu'en mettant sur le feu les membres d'un certain oiseau domestique avec de l'or, ce métal disparaît bientôt, et que celle de Beecher, qui prétend avoir trouvé de l'or dans les cendres de la vigne et du tamarin.

Chauffé à + 130°, l'acide citrique fond, abandonne une partie d'oxygène et d'hydrogène sous forme d'eau, et se trouve alors converti en un nouvel acide, qui a tous les caractères et la composition de l'acide que Peschier, de Genève, a découvert, en combinaison avec la chaux, dans ces belles plantes de nos jardins, à fleurs bleues et en casque, qu'on appelle *aconits*. C'est l'acide *aconitique*, qu'on retrouve encore dans la jolie fleur, nommée *Dauphinelle* (delphinium consolida), et dans les *prêles* ou *queues de cheval* des ruisseaux (Equisetum).

Les usages de l'acide citrique sont fort nombreux. Il est employé par les teinturiers pour obtenir le rouge de carthame et aviver les nuances de cette belle matière colorante ; pour préparer une dissolution d'étain qui produit, avec la cochenille, de plus beaux écarlates que le sel d'étain ordinaire, surtout pour la soierie et le maroquin. Les indienneurs l'utilisent comme rongeant et pour faire des réserves. On s'en sert encore pour enlever les taches de rouille et les taches alcalines sur l'écarlate, pour préparer une dissolution de fer qui est en usage chez les relieurs de livres, pour donner à la surface de la peau une apparence marbrée.

Les médecins le prescrivent très-souvent sous forme de limonade. Il ne faut guère plus de 2 grammes de cet acide solide pour aciduler agréablement un litre d'eau. La *limonade sèche*, si utile aux voyageurs, est préparée avec un mélange intime de 500 grammes de sucre et de 16 grammes d'acide, que l'on aromatise avec quelques gouttes d'essence de citron.

Le suc de citron peut remplacer et remplace souvent l'acide citrique dans ses différents emplois. Il est d'un usage journalier dans l'économie domestique, comme assaisonnement ; il est bien plus agréable que le vinaigre. Les marins anglais en consomment une grande quantité. Pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le conserver à bord des bâtiments, on y ajoute 10 pour 100 d'eau-de-vie, qui précipite le mucilage et prévient ainsi l'altération du suc. Lord Anson et le capitaine Cook furent, à ce qu'il paraît, les premiers navigateurs qui firent usage du suc de citron pour guérir ou préserver leurs équipages du scorbut. Les anciens regardaient ce suc comme un antidote précieux contre toutes les espèces d'empoisonnement; ses propriétés ont été célébrées par Virgile. Salmana l'Arabe fit, dans les premiers siècles de l'ère chrétienne, un traité sur la dissolution des perles dans le suc de citron.

Deux citrates sont très-employés en médecine depuis quelques années : ceux de fer et de magnésie. Ce dernier sert à faire des limonades purgatives, bien préférables à l'eau de Sedlitz, attendu que le citrate de magnésie est dépourvu de la saveur amère et désagréable qui caractérise le sulfate et les autres sels solubles de cette base. — C'est une chose remarquable que l'acide citrique modifie d'une manière très-marquée la saveur des bases avec lesquelles on le combine. Ainsi, le citrate de fer n'a presque pas la saveur âpre et atramentaire des sels de fer solubles.

Je termine cette histoire de l'acide citrique par l'exposé de sa composition élémentaire.

Desséché à + 100°, il renferme :

Carbone	37,50
Hydrogène	2,60
Oxygène	45,83
Eau combinée	14,07
	100,00

Il est représenté par le symbole = $C^{12}H^{5}O^{11},3HO$.

C'est donc un acide tribasique; en effet, les 3 équivalents d'eau de l'acide libre peuvent être remplacés par 3 équivalents de base, si bien que les citrates neutres ont pour formule générale = $C^{12}H^{5}O^{11},3MO$.

Lorsqu'on fait cristalliser l'acide citrique à chaud, les cristaux contiennent 4 équivalents d'eau; à froid, ils en renferment 5. Le premier hydrate résiste à une température de 100°, tandis que le second abandonne 2 équivalents et reproduit l'acide ordinaire.

Acide malique.

Un acide encore plus répandu que les précédents est celui que Schèele découvrit, en 1785, dans les pommes aigres, et qu'il désigna sous le nom d'*acide malique*, pour rappeler son origine (le nom latin de la pomme est *malum*). Il en reconnut également la présence dans les poires, dans les baies de sureau, dans les prunelles; puis, bientôt après, dans tous les fruits rouges,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les citrons, les oranges et autres fruits de la même famille, où il accompagne l'acide citrique. Il est mêlé aux acides tartrique et citrique dans la pulpe des tamarins; à l'acide tartrique dans les raisins, dans les baies du sorbier des oiseaux, et dans celles des sumacs et de l'épine-vinette; aux acides citrique et phosphorique dans les champignons; à l'acide formique, dans le suc des fourmis. Enfin, combiné à la chaux ou à la potasse, il existe dans les feuilles de la joubarbe des toits et des autres plantes à feuilles grasses et charnues, dans l'ananas, le tabac, l'épinard, la gaude, le lilas, le frêne, et une foule d'autres végétaux qu'il serait trop long d'énumérer.

Il est facile de l'obtenir à l'état de liberté. C'est ordinairement du suc du sorbier qu'on l'extrait. Pour cela, on prend les fruits mûrs, on les écrase, on les délaie dans de l'esprit-de-vin à 25° ou 30°, et on en exprime le jus, qui est très-acide. On le soumet à la distillation pour recueillir la majeure partie de l'alcool, qui peut servir à de nouvelles opérations. Dans le résidu de la distillation, on ajoute une petite quantité de potasse pour convertir l'acide tartrique, mêlé à l'acide malique, en bitartrate de potasse; on évapore, et on étend le liquide d'esprit-de-vin rectifié pour précipiter la crème de tartre. On distille de nouveau, après filtration. On verse alors dans le résidu, délayé dans beaucoup d'eau, de l'acétate de plomb qui forme un précipité blanc, composé principalement de malate de plomb. On traite ce précipité, lavé soigneusement, par de l'eau bouillante et à plusieurs reprises; on dissout ainsi le sel, qui se dépose, par le refroidissement, en jolies aiguilles blanches, brillantes et nacrées. On isole aisément l'acide malique, en délayant le malate de plomb dans l'eau et le soumettant à un courant d'hydrogène sulfuré. On peut ensuite le faire cristalliser.

L'acide malique prend difficilement la forme solide ; il cristallise irrégulièrement en mamelons qui rappellent ceux des choux-fleurs ; mais bientôt ces mamelons se liquéfient au contact de l'air, tant l'acide a d'affinité pour l'eau. Il est donc très-soluble dans ce liquide.

Il a la composition suivante :

Carbone	35,82
Hydrogène	2,98
Oxygène	47,76
Eau combinée	13,44
	100,00

Il est représenté par le symbole $= C^8H^4O^8,2HO$. C'est donc un acide bibasique.

Il a une saveur acide très-forte, que l'on ne saurait distinguer de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celle des acides précédemment étudiés. Il ne précipite aucune base alcaline ou terreuse, aucune dissolution métallique, excepté l'acétate de plomb. Ses sels sont remarquables par leur extrême solubilité.

Ce qu'il offre surtout de caractéristique, c'est que, chauffé à + 200°, il se dédouble en eau et en un acide pyrogéné, qu'on nomme *acide maléique :*

$$C^8H^4O^8,2HO = 2HO + \overset{\text{Acide maléique.}}{C^8H^2O^6,2HO}.$$

Cet acide pyrogéné diffère surtout de l'acide dont il provient par sa saveur métallique désagréable et par la facilité avec laquelle il cristallise en prismes obliques à base rhombe. Mais ce qu'il offre d'intéressant, c'est que maintenu entre 130 et 140° pendant quelque temps, il éprouve une modification moléculaire qui le convertit en un acide nouveau, qu'on nomme *acide paramaléique,* dont le symbole = C^4HO^3,HO, montre que c'est de l'acide maléique dans un autre état moléculaire, et devenu monobasique.

Cet acide paramaléique se trouve tout formé dans certaines plantes, telles que la fumeterre, le corydalis bulbeux, le lichen d'Islande, les bolets et autres champignons. Par conséquent les noms d'*acides fumarique*, *lichénique* et *bolétique* n'ont plus leur raison d'être et doivent être confondus sous celui d'*acide paramaléique.*

L'acide malique pur n'est pas employé; mais il pourrait recevoir, dans les arts et la médecine, les mêmes applications que les acides tartrique et citrique. C'est un des acides qui jouent le plus grand rôle dans l'alimentation de l'homme, puisqu'il se trouve dans presque tous les fruits qui paraissent sur nos tables. Les cidres et poirés lui doivent toute leur acidité ; les vins aigres, une partie de la leur.

Acides tannique et gallique.

Vous savez tous, Messieurs, au moins par ouï-dire, que le *tan* sert à durcir les peaux des animaux, à les rendre imperméables à l'humidité, en les convertissant en *cuir*. Eh bien ! cette propriété remarquable de l'écorce de chêne lui est communiquée par une substance astringente particulière, que Seguin entrevit, en 1795, et que Proust isola, en 1798, et désigna sous le nom de Tannin.

Si nous faisons une décoction d'écorce de chêne dans l'eau, et que nous en versions une petite quantité dans la dissolution d'un sel ferrique, aussitôt il se manifestera une couleur noire très-foncée ; si nous ajoutons de cette décoction à une solution de colle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forte ou à du blanc d'œuf délayé dans l'eau, nous produirons dans ces liquides des précipités volumineux, blanchâtres, qui, par la dessiccation, deviendront très-durs et imputrescibles. Ce sont là les caractères essentiels du *principe astringent* ou *tannant*, dont la nature véritable est restée problématique jusque dans ces dernières années. Mieux connu aujourd'hui, grâce aux travaux de deux chimistes célèbres, Berzelius et M. Pelouze, il est rangé dans la classe des acides organiques sous le nom d'ACIDE TANNIQUE.

Il est peu de principes immédiats aussi répandus que cet acide dans le règne végétal. En effet, le nombre des végétaux ou des organes des végétaux dont la décoction noircit les sels de fer, et précipite la colle-forte et le blanc d'œuf, est très-considérable. L'écorce de la plupart des arbres, les jeunes rameaux et les feuilles des arbres et des arbustes, notamment des chênes, des bouleaux, des ormes, des hêtres, des sumacs, des châtaigniers, des thés; les racines de tormentille, de bistorte ; le brou de la noix ; les cônes des cyprès et des pins, les glands ; l'écorce des grenades; les fleurs du rosier, du grenadier ; les excroissances qui se montrent sur les chênes, et qu'on désigne sous le nom de *galles ;* les sucs ou extraits de plusieurs végétaux qui nous arrivent des pays étrangers par la voie du commerce, comme le cachou, le kino, le suc d'acacia, l'extrait de ratanhia, etc., renferment le tannin en grande quantité, et lui doivent leurs propriétés astringentes.

Dans toutes ces substances, le tannin est associé à beaucoup d'autres principes immédiats, et surtout à un autre acide dont il est assez difficile de le débarrasser, et qui a été connu des chimistes longtemps avant lui. C'est l'ACIDE GALLIQUE, dont le nom rappelle celui des excroissances ligneuses du chêne ou *galles*, dans lesquelles il a d'abord été reconnu. Schèele l'obtint pur, pour la première fois, en 1786. Ce fut le dernier travail de cet illustre Suédois, dont la courte carrière fut si brillante et si productive.

Généralement, dans les substances astringentes, c'est l'acide tannique qui domine ; l'acide gallique ne s'y trouve jamais qu'en fort petites quantités tant qu'elles n'ont pas éprouvé l'influence de l'air humide. Il y a même des substances astringentes qui ne contiennent aucune trace d'acide gallique ; telles sont, d'après M. Stenhouse : l'écorce de chêne, le kino, le cachou. Par exception, on cite la graine de mango (*Mangifera indica*, L.), les gousses de libidibi, les cupules du chêne vélani, les feuilles des sumacs, de busserole, les fleurs d'arnica, dans lesquelles la proportion de l'acide gallique l'emporte de beaucoup sur celle de l'acide tannique. Ainsi, de 1 kilogramme de graines sèches de mango, M. Avequin a retiré 142 grammes d'acide gallique et seulement 5 grammes de tannin.

On a aussi trouvé l'acide gallique, à l'état de sels, dans quelques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plantes non astringentes. Ainsi on l'a reconnu, combiné à la *vératrine*, dans les semences de la cévadille, les bulbes du colchique, les racines d'hellébores blanc et noir, et, uni à la *brucine*, dans l'écorce de fausse angusture.

Cet acide gallique partage, avec le tannin, la propriété de colorer les sels ferriques en noir bleuâtre, mais il s'en distingue en ce qu'il ne trouble pas les solutions de colle-forte et de blanc d'œuf.

Voici la composition élémentaire de ces deux acides, dans leur état de pureté :

	ACIDE TANNIQUE.	ACIDE GALLIQUE.
Carbone	50,94	44,68
Hydrogène	2,35	1,06
Oxygène	33,96	25,53
Eau combinée	12,75	28,73
	100,00	100,00
Symboles	$C^{18}H^{5}O^{9},3HO$	$C^{7}HO^{3},2HO$.

Il paraît, du reste, que l'acide gallique doit son origine à une altération particulière que le tannin subit au contact de l'air humide ; car la solution de ce dernier principe, qui n'éprouve aucun changement en vases clos, ne tarde pas à laisser déposer des aiguilles d'acide gallique lorsqu'elle est exposée à l'air. M. Pelouze a parfaitement constaté que, dans ce dernier cas, le tannin, en absorbant de l'oxygène, éprouve, dans sa constitution élémentaire, un changement d'équilibre tel, qu'il se trouve converti, en grande partie, en acide gallique, et fournit, en outre, de l'eau et de l'acide carbonique. C'est ce que l'équation suivante vous permettra de mieux comprendre :

$$\underset{\text{Tannin hydraté.}}{C^{18}H^{5}O^{9},3HO} + O^{8} = 2(\underset{\text{Acide gallique hydraté.}}{C^{7}HO^{3},2HO}) + 4CO^{2} + 2HO.$$

La transformation du tannin en acide gallique est singulièrement accélérée par la présence d'une matière azotée en décomposition, qui agit alors comme un véritable ferment.

Pour obtenir l'acide tannique à l'état de pureté, on suit le procédé fort simple indiqué par M. Pelouze. Il consiste à épuiser la noix de galle par l'éther du commerce. On se sert pour cela d'un appareil connu sous le nom d'*appareil à déplacement*, et qui est très-employé dans les laboratoires pour extraire des matières organiques les principes solubles dans l'eau, l'esprit-de-vin ou tout autre véhicule. Cet appareil (*fig.* 365) n'est autre chose qu'une allonge en cristal AC, longue et étroite, fermée à l'émeri à sa partie supérieure, et dont la douille entre dans une carafe D. On met dans la partie inférieure de l'allonge un bouchon cannelé F, de manière à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en fermer l'ouverture ; du coton est placé sur ce bouchon et dans les cannelures dont il est pourvu, comme on le voit dans la petite figure F. On remplit l'allonge jusqu'en E de poudre fine de noix de galle, qu'on comprime légèrement, et on verse par-dessus, de E en G, une couche d'éther. Le lendemain, on trouve au fond du flacon deux couches distinctes : l'inférieure, sirupeuse et jaunâtre, est une solution très-concentrée d'acide tannique dans l'eau abandonnée par l'éther ; la supérieure, qui est colorée en vert, est de l'éther anhydre tenant en dissolution de l'acide gallique et d'autres matières de la noix de galle. On continue à épuiser la poudre par de nouvel éther, jusqu'à ce qu'on s'aperçoive que le volume du liquide sirupeux n'augmente plus. On le sépare alors du liquide surnageant, on le lave à plusieurs reprises avec de l'éther pur, puis on l'évapore dans une étuve ou au bain-marie ; il s'en dégage d'abondantes vapeurs éthérées, la matière augmente de volume, et laisse un résidu spongieux, comme cristallin, jaunâtre ; c'est l'acide tannique presque pur. On achève sa purification en l'agitant dans un flacon avec 1 partie d'eau et 2 parties d'éther ; lorsque la dissolution est complète, on laisse reposer ; la matière se sépare en trois couches ; l'inférieure est du tannin pur, qu'on isole et qu'on dessèche à la manière ordinaire.



Fig. 365.

De 100 parties de noix de galle, on retire ainsi 55 à 60 parties d'acide non purifié. M. Dominé a reconnu qu'il est avantageux de laisser la noix de galle s'humecter à la cave pendant quelques jours ; l'éther en extrait alors plus facilement un très-beau tannin. Dans les fabriques de produits chimiques, on remplace la méthode de déplacement, insuffisante pour une fabrication un peu active, par la simple pression de la noix de galle convertie en pâte molle avec de l'éther ordinaire, et abandonnée pendant vingt-quatre heures. On répète ce traitement à deux ou trois reprises différentes.

Quant à l'acide gallique, on l'obtient de la manière suivante. On abandonne, pendant un mois, à une température de + 20 à 25°, des noix de galle réduites en poudre et constamment humectées. La poudre se gonfle et se recouvre de moisissures ; on exprime le liquide qui la mouille ; il contient beaucoup de matière colorante brune, et fort peu d'acide gallique. Le résidu renferme presque tout l'acide qui a été produit aux dépens de l'acide tannique pendant cette longue exposition à l'air. Après l'avoir desséché, on le fait bouillir avec de l'alcool à 36°, qui ne dissout que l'acide gallique, et qui l'abandonne par le refroidissement, au moins pour la plus grande partie, en petits cristaux colorés. On purifie complétement ceux-ci par une ébullition avec du charbon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On retire ainsi de la noix de galle 1/5 de son poids d'acide gallique cristallisé; or, comme avant son exposition à l'air elle n'en contient que des traces, on voit évidemment que l'acide qu'elle fournit se trouve créé de toutes pièces par la réaction de l'oxygène de l'air sur l'acide tannique, dont la quantité diminue à mesure que celle de l'acide gallique augmente.

Disons, toutefois, qu'avec cet acide, il se produit aussi une petite quantité d'un acide particulier nommé *ellagique* ($C^{14}H^2O^7$,3HO), qui n'a d'autre intérêt que parce qu'il se trouve en grande quantité dans les calculs intestinaux ou *bézoards* de certains herbivores qui se nourrissent de plantes astringentes; c'est pour cette raison que les chimistes allemands l'appellent *acide bézoardique*.

Un procédé plus commode et plus prompt pour convertir le tannin en acide gallique, consiste à faire usage d'acide sulfurique faible. On fait une forte décoction de galle, qu'on précipite à froid par de l'acide sulfurique; on mêle la masse pâteuse avec de l'acide sulfurique faible, on l'exprime pendant qu'elle est encore humide, et on l'introduit sous cet état dans un mélange d'acide sulfurique étendu de 7 à 8 parties d'eau, puis on fait bouillir pendant quelques minutes. Par le refroidissement du liquide, l'acide gallique se dépose en cristaux faiblement colorés; on peut le purifier par une seconde cristallisation, ou mieux en le convertissant en gallate de plomb insoluble qu'on lave et qu'on décompose ensuite par l'hydrogène sulfuré; le sulfure de plomb qui se forme entraîne la matière colorante.

Ce procédé repose sur ce fait qu'en présence des acides faibles, le tannin, en s'assimilant les éléments d'une certaine quantité d'eau, se dédouble en acide gallique et en sucre incristallisable, ainsi que M. Strecker l'a constaté le premier en 1851. Cette transformation s'explique très-bien par l'équation suivante :

Tannin hydraté.		Eau.		Acide gallique hydraté.		Sucre incristall.
$3(C^{18}H^5O^9,3HO)$	+	6HO	=	$6(C^7HO^3,2HO)$	+	$C^{12}H^{12}O^{12}$.

Il n'est pas possible de confondre les acides tannique et gallique, tant leurs principaux caractères sont distincts. Ainsi, l'acide tannique est sous la forme d'une masse blanche, spongieuse, n'offrant qu'un indice de cristallisation ; l'acide gallique se présente en jolies petites aiguilles transparentes et soyeuses, d'un blanc éclatant. Le premier a une saveur astringente portée au plus haut degré, et sans aucun mélange d'amertume ; le second a une saveur aigre sans astriction, et laisse dans la bouche un arrière-goût sucré. L'acide tannique est excessivement soluble dans l'eau ; l'acide gallique l'est fort peu, au contraire. Tous deux précipitent en blanc les eaux de chaux et de baryte ; mais tandis que les précipités formés par l'acide tannique restent incolores au contact de l'air, ceux produits par l'acide gallique se colorent rapidement en vert, puis en brun rouge, par suite de l'altération de cet acide par l'oxygène de l'air. Tandis que la solution d'acide tannique forme, avec la plupart des dissolutions métalliques, des précipités

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

abondants, diversement colorés, qui sont des *tannates* insolubles, celle d'acide gallique ne trouble qu'un très-petit nombre de ces dissolutions.

Très-souvent, à cause de cela, les chimistes emploient comme réactif le tannin pur, ou même plus simplement la décoction de noix de galle, pour distinguer les sels métalliques les uns des autres, la couleur du précipité indiquant le métal auquel il appartient. Par exemple, en nous servant de décoction de galle, nous allons faire naître un précipité :

Brun	dans les sels	de cuivre, de chrôme et d'or,
Orangé.....	—	de bismuth et de mercure,
Blanc.....	—	de plomb et d'antimoine,
Jaune sale ou jaunâtre.	—	d'argent, d'étain, de cobalt et de cérium,
Rouge de sang.....	—	de titane,
Chocolat ou rouge	—	d'uranium,
Vert foncé.....	—	de platine,
Pourpre bleuâtre.....	—	d'osmium.

Dans les sels ferreux, la dissolution de tannin, d'acide gallique, et la décoction de galle ne font naître aucun précipité ; mais si la liqueur reste exposée à l'air, elle se colore, par degrés, en brun, puis elle passe au noir bleuâtre très-intense, parce que le fer s'oxyde de plus en plus en absorbant l'oxygène atmosphérique : il se dépose alors du tannate et du gallate d'oxyde ferrique. Cette réaction est si tranchée, que la décoction de galle est un des meilleurs réactifs pour reconnaître les plus petites quantités de fer en dissolution dans un liquide.

Voici une eau minérale dans laquelle je soupçonne la présence du fer ; quelques gouttes de ce réactif vont lever tous mes doutes, Si je n'avais pas de décoction de galle toute préparée, je laisserais tremper dans cette eau la moitié d'une noix de galle, et bientôt, par la coloration en noir de la liqueur et par celle que prendrait la noix elle-même, j'acquerrais la preuve que l'eau minérale est ferrugineuse.

L'emploi de la noix de galle comme réactif du fer était déjà connu du temps de Pline (1) ; mais c'est Tachenius, chimiste westphalien du milieu du dix-septième siècle, qui a généralisé l'application de cette substance à la distinction des dissolutions métalliques.

C'est en raison de cette action si remarquable du tannin et de l'acide gallique sur les sels de fer, que ces acides jouent un rôle important dans l'art de la teinture. En effet, les différentes sub-

(1) Pline, *Histoire naturelle*, lib. XXXIV, cap. XI.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

stances astringentes qu'on emploie dans nos ateliers pour colorer les tissus en noir et en gris, comme la noix de galle, le sumac, le brou de noix, le cachou, etc., concurremment avec les sels de fer, n'agissent que par l'acide gallique et surtout le tannin qu'elles contiennent, et donnent naissance à du gallate et à du tannate de peroxyde de fer, qui se forment sur les tissus et les colorent. Ce sont également ces composés qui constituent l'encre ordinaire. Vous voyez par là, Messieurs, combien il était nécessaire d'apprendre à connaître des acides dont les applications sont si étendues. Plus tard, je reviendrai sur la coloration des tissus au moyen du tannin ; je ne m'occuperai maintenant que de la fabrication de l'encre. Toutefois, avant de vous en parler, laissez-moi vous dire quelques mots d'un acide dérivé de l'acide gallique et dont les chimistes et les photographes tirent actuellement un excellent parti.

Cet acide, entrevu par Deyeux, mais dont la découverte appartient réellement à Braconnot, qui la fit en 1831, est celui qui se produit lorsqu'on maintient l'acide gallique à une température comprise entre + 210 à 215°. Ce dernier se dédouble en acide carbonique et en un produit nouveau qui se sublime en lames cristallines d'une blancheur éclatante ; c'est ce qu'on appelle de l'*acide pyrogallique ;* de sorte qu'en chauffant l'acide gallique pur dans un bain d'huile, à la température indiquée, tout disparaît, puisque cet acide se change complétement en produits gazeux.

Cette métamorphose se comprend aisément par l'équation suivante :

Acide gallique. Acide pyrogallique.

$$C^7HO^3,2HO = CO^2 + C^6H^3O^3.$$

Cet acide pyrogallique a une saveur fraîche et amère. Il est très-soluble dans l'eau. Il fond à + 115° et se sublime à + 210°. Chauffé à + 250°, il se dédouble en eau et en une substance noire, presque insoluble dans l'eau, mais soluble dans les alcalis, qu'on nomme *acide métagallique.*

Acide pyrogallique. Acide métagallique.

$$C^6H^3O^3 = HO + C^6H^2O^2.$$

La solution d'acide pyrogallique colore en bleu indigo les sels de protoxyde de fer, en rouge foncé les sels de peroxyde, mais sans y former de précipité. Elle réduit à froid les sels d'or, de mercure, de platine et d'argent ; de là son usage dans la photographie sur verre et sur papier. Cette même dissolution versée goutte à goutte dans du lait de chaux y développe une belle coloration rouge pourpre qui passe rapidement au brun foncé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A l'état sec, l'acide pyrogallique est inaltérable au contact de l'air, mais sa dissolution s'y décompose promptement au contraire. Cette altération est surtout rapide en présence des alcalis; l'oxygène est absorbé, et l'acide est converti en une substance noire, en acides acétique et carbonique. La quantité d'oxygène qui est absorbée dans ces circonstances par l'acide pyrogallique est très-considérable, puisque, d'après Doebereiner, 1 gramme de cet acide dissous dans l'ammoniaque en excès absorbe jusqu'à 38 centigrammes ou 260 centimètres cubes d'oxygène. Aussi, M. Liebig a-t-il fait, en 1851, l'application de cette curieuse observation à l'analyse de l'air. Ce nouveau procédé eudiométrique est aussi simple qu'élégant. Voici comment on l'exécute.

On opère dans un tube gradué (*fig.* 366) de la capacité de 30 centimètres cubes, chaque centimètre étant divisé en 5 parties. Après l'avoir rempli de mercure, on y introduit, jusqu'aux deux tiers de sa capacité, l'air dont il s'agit de déterminer la richesse en oxygène et en acide carbonique, puis on y fait passer, à l'aide d'une pipette recourbée (*fig.* 367) une quantité s'élevant à 1/40 ou à 1/30 d'une solution de potasse caustique (1 partie d'hydrate de potasse et 2 parties d'eau). En imprimant, au tube gradué, quelques mouvements de bas en haut, dans la cuve à mercure, on étend la solution alcaline sur ses parois, et bientôt tout l'acide carbonique est absorbé. Lorsque le volume de l'air ne change plus, on constate, par la lecture de l'échelle, la diminution éprouvée; elle représente exactement la proportion de l'acide carbonique, quand l'air analysé a été préalablement desséché par le chlorure de calcium. — Cela fait, on introduit dans le même tube, à l'aide d'une seconde pipette, une solution de 1 partie d'acide pyrogallique dans 5 à 6 parties d'eau, et l'on en ajoute assez pour que le volume de la solution acide soit égal à la moitié du volume de la solution de potasse. On étend, par quelques secousses, les liquides mélangés sur les parois du tube, et l'on mesure, quand l'absorption est complète, le volume du résidu d'azote. L'absorption de l'oxygène est effectuée en deux minutes; c'est là surtout ce qui rend ce procédé eudiométrique avantageux, puisqu'on peut faire en une heure une demi-douzaine d'analyses suffisamment précises dans la plupart des cas.

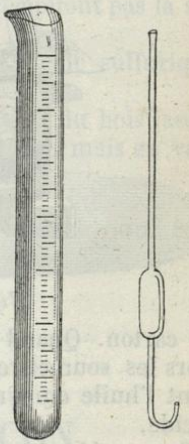


Fig. 366.

Fig. 367.

Cette jolie application de l'acide pyrogallique à l'analyse des mélanges gazeux, les services journaliers qu'il rend aux photographes pour la réduction des sels d'argent, l'usage qu'en font les coiffeurs, d'après les indications de Wimmer, pour communiquer aux cheveux une belle couleur blonde, sa présence dans les produits de la distillation du bois (2 p. 100 environ) d'après Pauli,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donnent beaucoup d'intérêt à son étude, et expliquent les nombreux travaux dont il a été le sujet dans ces derniers temps.

On a surtout cherché les moyens de le produire à plus bas prix. Le procédé suivant, indiqué par M. Stenhouse en 1843, est actuellement suivi dans les fabriques de produits chimiques.

On épuise par de l'eau froide la noix de galle réduite en poudre, et on évapore toutes les liqueurs en consistance d'extrait sec. Celui-ci, réduit en poudre, est étalé sur le fond d'une capsule plate, en tôle, dont le fond est d'un diamètre de 48 à 65 centimètres, tandis que le rebord s'élève à 8 ou 10 centimètres. On couvre exactement l'orifice de la capsule avec du papier à filtrer qu'on colle avec soin tout autour, ou avec de la gaze, et on place par-dessus un cône en carton de 40 à 48 centimètres de haut, que l'on assujettit à l'aide d'une corde au bord extérieur de la capsule (*fig.* 368). On chauffe alors l'appareil avec précaution pendant quelques heures, au bain de sable, mais mieux au bain de métal, en maintenant la température aussi près que possible de + 184°. On peut toutefois l'élever d'un petit nombre de degrés vers la fin de la sublimation.

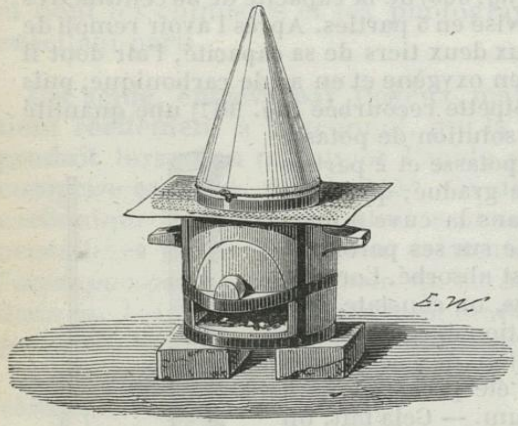


Fig. 368.

L'acide pyrogallique, qui se forme dans cette circonstance, passe à travers le papier ou la gaze et vient s'attacher en beaux cristaux blancs sur les parois du cône de carton. Quand on chauffe trop, les cristaux sont colorés; il faut alors les soumettre à une seconde sublimation; le papier ou la gaze retient l'huile empyreumatique qui s'était formée en même temps que l'acide.

Ce procédé, bien exécuté, fournit un peu plus de 10 p. 100 d'acide pyrogallique.

M. Liebig a indiqué, en 1857, un nouveau moyen qui l'emporterait sur tous les autres par le rendement ainsi que par la pureté du produit. Il consiste à chauffer rapidement dans une cornue l'acide gallique cristallisé et bien sec, mélangé avec de la pierre ponce, en même temps qu'on fait arriver par la tubulure de la cornue un courant de gaz carbonique. On recueille, par ce moyen, 31 à 32 p. 100 d'acide pyrogallique solide; la théorie indique qu'on devrait en obtenir 39 p. 100.

Jusqu'ici, en vous parlant de l'acide tannique, je vous ai laissé croire qu'il était identique dans tous les végétaux astringents qui le renferment. Je puis maintenant vous apprendre qu'il n'en est rien, et que dans chaque genre botanique les plantes paraissent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avoir un tannin qui, tout en rappelant les propriétés fondamentales de ce principe, offre certains caractères spéciaux. Voilà pourquoi Berzelius a cru devoir distinguer, par des noms particuliers indiquant leur origine, ces divers acides astringents. Il dit donc et on dit avec lui :

Acide gallotannique	pour le tannin	de la noix de galle,
— quercitannique ...	—	des écorces des chênes,
— mimotannique ou cachoutannique.	—	des mimoses et notamment du cachou,
— quinotannique....	—	des quinquinas,
— cafétannique	—	du café,
— morintannique ...	—	du bois jaune (*morus*).

En prenant le tannin de la noix de galle comme type de comparaison, voici les principaux caractères différentiels des autres :

1° Aucun ne fournit d'acide gallique, et par suite d'acide pyrogallique ;
2° Ils forment avec les acides minéraux des composés plus solubles ;
3° Les tannins du chêne, du café, du cachou ne précipitent pas la solution d'émétique ;
4° Le tannin du café ne précipite pas la gélatine, et l'acide sulfurique le dissout en prenant une couleur rouge de sang ;
5° Les tannins du café, des quinquinas, du cachou et du bois jaune colorent les sels de peroxyde de fer, non en noir bleuâtre, mais en vert plus ou moins prononcé.

Dans la prochaine leçon, je vous parlerai de l'encre pour terminer l'histoire des acides astringents.

TRENTE-QUATRIÈME LEÇON.

DE L'ENCRE. — DES ALCALOIDES.

SOMMAIRE. — De l'*Encre* à écrire. — Des encres de couleur et des encres indélébiles. — Des encres de sympathie. — Des PRINCIPES IMMÉDIATS BASIQUES OU ALCALINS. — Leur découverte. — Comment ils existent dans les végétaux. — Leurs propriétés vénéneuses. — Des poisons des Indiens. — Principales propriétés des alcaloïdes végétaux. — Du sulfate de quinine et de son emploi en médecine.

L'une des applications les plus fréquentes des acides tannique et gallique, c'est la préparation de ce liquide si utile qui est vulgairement désigné sous le nom d'*encre*. Occupons-nous-en actuellement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De l'Encre.

L'encre est un liquide coloré en noir bleuâtre, qui sert, vous le savez, Messieurs, à tracer des caractères sur le papier, et à donner ainsi un corps à la pensée. Elle se compose essentiellement de tannate et de gallate de peroxyde de fer en suspension dans l'eau, à laquelle on ajoute ensuite quelques autres substances, notamment de la gomme; celle-ci a pour effets d'empêcher la précipitation de ces sels, de donner une certaine consistance au liquide, afin qu'il ne s'étende pas trop sur le papier, et de communiquer, en outre, plus d'éclat aux caractères tracés avec lui.

Beaucoup de recettes ont été données, depuis le dix-huitième siècle, pour la préparation de l'encre. Voici la formule la plus simple, et qui produit l'encre du plus beau noir :

Noix de galle concassée.....	1 kilogr.	» gram.
Sulfate de fer ou couperose verte.	»	500
Gomme arabique.....	»	500
Eau.....	16 litres.	

On fait une forte décoction de la galle dans 13 à 14 litres d'eau; on passe à travers une toile ; on ajoute à la liqueur claire la gomme, puis la couperose, qu'on a fait dissoudre séparément dans le reste de l'eau prescrite ; on agite le mélange de temps en temps, et on l'abandonne au contact de l'air jusqu'à ce qu'il ait acquis une belle teinte d'un noir bleuâtre. On laisse alors reposer, on tire à clair et on enferme l'encre dans des bouteilles que l'on bouche avec soin. Dans le commerce, on l'appelle *encre double*. Ce qu'on vend sous le nom d'*encre simple* est la précédente, faite avec le double d'eau.

Les fabricants ont l'habitude de laisser l'encre se couvrir d'une moisissure avant de la soutirer, et ils prétendent que cette pratique leur procure un liquide plus clair et moins sujet à se moisir dans les bouteilles et les encriers. Ce dernier inconvénient, qui paraît dû à une altération spontanée du tannin, d'où résultent des animalcules, peut être prévenu par l'addition de substances corrosives. Une petite quantité de sublimé corrosif (chloride de mercure), ou d'oxyde mercurique, ou d'une huile essentielle quelconque, remplit très-bien cet objet. Mais on ne saurait approuver l'emploi de ces substances nuisibles, par la raison que les enfants, et même beaucoup de grandes personnes, ont la mauvaise habitude de porter fréquemment les plumes à leur bouche pour les nettoyer. Vous concevez que, dans le cas où l'encre serait additionnée des matières actives citées plus haut, il pourrait en résulter de graves accidents.

Les dépôts noirs qui se forment au fond des tonneaux, chez les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fabricants d'encre, sont vendus, sous le nom de *boues d'encre*, aux emballeurs, pour marquer et numéroter les caisses.

Comme la teinte de l'encre avec la couperose et la galle a quelque chose de terne, on lui donne du brillant par l'addition d'un peu de sucre et de sulfate de cuivre. Mais ce dernier sel nuit beaucoup aux plumes d'acier, dont on fait aujourd'hui un si grand usage, parce que le fer, en décomposant le sulfate de cuivre de l'encre, détermine une précipitation de cuivre métallique sur les plumes, ce qui les rend mauvaises et cassantes. On peut remédier à cet inconvénient, en rivant sur la plume une languette de zinc qui ne plonge qu'en partie dans l'encre, et qui, en changeant l'état électrique de l'acier, le préserve de toute altération (1).

Il arrive souvent qu'une encre de la plus belle apparence jaunisse en très-peu de temps; cela est dû à ce que la couperose employée était trop acide. On remédie à cet inconvénient en ajoutant à l'encre ainsi faite 60 grammes d'ammoniaque liquide par chaque 500 grammes de couperose.

Souvent on remplace tout ou partie de la noix de galle par d'autres matières astringentes moins chères, telles que le sumac, le bois de campêche, l'écorce de chêne ou d'aune; mais ces encres ont une teinte moins belle, ont moins de fluidité et sont bien plus altérables. Voici quelques recettes d'encres plus économiques que la précédente :

	ENCRES		
	de Lewis.	de Ribeaucourt.	de Robinson.
Noix de galle.....	96 gram.	86 gram.	96 gram.
Bois de campêche en copeaux.	24	32	32
Couperose verte.....	32	32	32
Sulfate de cuivre.....	32	10,7	»
Gomme arabique.....	32	32	64
Sucre.....	»	10,7	»
Eau.....	2 litres.	2 litres.	2 litres.

On prépare souvent des encres sans noix de galle et sans couperose. Elles sont alors de fort médiocre qualité et excessivement altérables. La mauvaise encre violette de Rouen est obtenue en faisant bouillir pendant une heure dans 6 litres d'eau :

(1) Les plumes métalliques sont d'origine danoise. Dans un voyage que le comte de Lasteyrie fit en Danemark, il y a plus de cinquante ans, il vit entre les mains d'un habitant de Copenhague, une de ces plumes de métal, si rares alors, qu'elles n'étaient considérées que comme des objets de curiosité. De retour en France, et après avoir fait lui-même un assez long usage de ces plumes, le comte de Lasteyrie, préjugeant de leur avenir, engagea et décida en 1807, un artiste habile, Bouvier, à en établir à Paris une fabrique, qui fut la première de ce genre en France et même en Europe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Campêche en copeaux	750 gram.
Alun de Rome	32
Gomme arabique.....	32
Sucre candi	16

On laisse reposer pendant deux à trois jours, et on passe à travers un linge. Plus elle vieillit, mieux elle vaut.

Il est possible, avec le bois de campêche, d'obtenir une encre bien supérieure à celle-ci, et presque aussi solide que celle à la galle et à la couperose. C'est de suivre la formule indiquée par le professeur Runge; la voici : On fait bouillir 625 gr. de bois de campêche dans une quantité d'eau suffisante pour obtenir 5 litres de décoction. A celle-ci, on ajoute, après le refroidissement, 5 gr. de chrômate jaune de potasse, et on agite vigoureusement. L'encre est alors préparée, et on peut l'employer immédiatement. Toute addition de gomme est nuisible.

Cette encre est d'un prix très-peu élevé; elle est très-bonne pour écrire avec les plumes d'acier; mais elle a un défaut grave, c'est de s'épaissir souvent, après la préparation, comme du lait caillé. Quelques gouttes d'une solution de sublimé corrosif s'opposent, d'après Stein, à cet effet; 25 centigr. de chloride mercurique suffisent pour une bouteille d'encre. Non-seulement cette encre devient ainsi plus fluide et se conserve intacte, mais sa couleur passe au noir pur, de bleu indigo foncé qu'elle était auparavant.

L'encre à la couperose et avec les substances astringentes (écorce de chêne, noix de galle, etc.) était connue et employée 3 à 400 ans avant l'ère chrétienne. On ignore quel en a été l'inventeur. Chez les anciens, on connaissait l'emploi de l'encre. Il en est déjà fait mention dans le Pentateuque de Moïse, sous le nom de *Deyo* (1). Mais cette encre était préparée, ainsi que Pline, Vitruve et Dioscoride nous l'apprennent, avec du noir de fumée ou un charbon très-divisé, délayé dans une eau gommée. Dioscoride nous en donne la formule : trois onces de noir de fumée pour une once de gomme (2). Mais l'encre des anciens était peu

(1) Nomb. v, 23. Jérémie, xxxvi, 18.

(2) Suivant Ménage, le mot *encre* vient de l'italien *inchiostro*, qui a été fait du latin *encaustum*, encaustique, dont les Polonais ont fait *incost*, les Flamands *inkt*, et les Anglais *ink*. C'était avec un léger pinceau que les anciens écrivaient. Deux Athéniens, Polygnote et Mycon, qui excellaient dans la peinture, sont les premiers qui aient fait de l'encre de marc de raisin, que l'on nomma *tryginum*, qui veut dire *fait de lie de vin*. Les empereurs et les rois écrivaient avec une encre pourprée, qui était composée de coquilles pulvérisées et de sang tiré de la pourpre. Il n'était permis qu'à eux d'employer cette encre. Pline parle d'une espèce d'encre qui venait des Indes, et dont il ignore la composition; mais il prétend que toute sorte d'encre doit être mise au soleil, pour acquérir sa perfection, et que celle dans laquelle on ajoutait du vin d'absinthe, empêchait les souris de ronger les livres. Les anciens faisaient encore de l'encre avec le sang de certains poissons Ils se servaient d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coulante, pénétrait difficilement dans le corps du papier, et pouvait être facilement enlevée par le lavage ou le frottement. Toutefois, elle résistait parfaitement aux influences atmosphériques et aux agents chimiques les plus énergiques, tandis que notre encre, à base métallique, est aisément détruite par le chlore et les chlorures décolorants, les vapeurs acides, les solutions alcalines caustiques, l'acide oxalique et le sel d'oseille. L'air humide même, au bout d'un temps un peu long, altère tellement les caractères tracés avec elle, qu'il est impossible de les lire. Voici des feuilles écrites, que je vais laisser séjourner pendant peu de temps dans quelques-unes des liqueurs que je viens de nommer ; bientôt tous les caractères auront disparu.

On connut de bonne heure les moyens d'enlever cette encre de dessus le papier ; car, dès le seizième siècle, les tribunaux rendirent des jugements contre plusieurs individus convaincus d'avoir fabriqué des actes faux, et les ouvrages de chimie de cette époque mentionnent déjà l'emploi des acides et des alcalis pour faire disparaître l'encre.

De bonne heure aussi les chimistes recherchèrent les moyens de prévenir ces coupables manœuvres ; et depuis 1764, que Lewis fit paraître un traité sur l'encre et les procédés à employer pour la rendre indélébile, une foule de travaux ont été entrepris et publiés sur cette importante question.

La plupart des encres vendues comme indélébiles contiennent une certaine dose de charbon en poudre très-fine ; les caractères tracés avec elles résistent assez bien aux réactifs ordinaires, mais elles sont plus épaisses que les autres, donnent lieu à des dépôts considérables par le simple repos, ne peuvent pénétrer dans le papier, et les caractères sont, dans ce cas, facilement enlevés par le frottement ou le grattage. La Société d'encouragement ayant un jour chargé Clouet d'examiner une encre que l'on annonçait comme indélébile, cet ingénieux chimiste demanda que l'auteur écrivît lui-même les mots *encre indélébile*, et apposât sa signature au-dessous. Le lendemain, il présenta son rapport, signé de lui et de l'inventeur ; il se composait de ces mots : *Encre délébile*. Il avait enlevé les lettres *in*, en les humectant d'un peu d'eau et les frottant avec une brosse douce, et il avait ajouté sa signature à celle du fabricant. L'assemblée adopta, en riant, les conclusions de ce rapport laconique.

L'Académie des sciences, consultée, en 1826, par le ministre de la justice, sur les moyens d'empêcher la falsification des écritures, a fait connaître, en 1831, que la meilleure encre indélébile est l'encre de Chine, délayée dans de l'acide chlorhydrique, ne marquant qu'un degré et demi à l'aréomètre, ou dans de l'acétate acide de manganèse. Avec 4 ou 5 grammes d'encre de Chine et un kilogramme d'acide, on obtient un litre d'encre d'une très-bonne nuance, pour le prix très-modique de 42 centimes. L'idée de cette composition est due à Pline, qui a

---

liqueur rouge pour écrire les titres de livres et les grandes lettres; c'était, suivant Ovide, du vermillon, ou quelque liqueur dans laquelle on faisait infuser du bois de cèdre. Les Hollandais attribuent à Laurent Coster, natif d'Harlem, l'invention de l'encre dont les imprimeurs se servent de nos jours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

indiqué de délayer l'encre solide de son temps avec du vinaigre, afin de lui donner plus de fixité, et de la rendre plus pénétrante dans le papier.

Dans un nouveau rapport, publié en 1837, l'Académie des sciences a confirmé la bonté de l'encre de Chine acidulée ; mais comme, depuis quelques années, on fait un grand usage de plumes métalliques, et que cette encre est de nature à les altérer, l'Académie conseille, dans ce cas, de délayer l'encre de Chine dans de l'eau rendue alcaline par la soude caustique, et marquant 1° à l'aréomètre de Baumé. L'encre alcaline pénètre mieux dans la pâte du papier que l'encre acidule, lorsque ce papier est collé au moyen de l'amidon, d'un savon résineux et d'alun, sorte de collage qui est devenu général depuis plusieurs années. Il est avantageux, d'ailleurs, pour que l'encre pénètre mieux, d'humecter très-légèrement le papier, d'attendre une ou deux minutes pour laisser à l'humidité le temps d'imbiber toute l'épaisseur de la feuille, puis, enfin, d'écrire avec l'encre de Chine récemment délayée dans la liqueur acide ou alcaline.

L'encre de Chine, qui est si employée pour le lavis, et dont l'importation en Europe remonte à des temps fort reculés, est préparée en Chine au moyen de décoctions de diverses plantes, de colle de peau d'âne et de noir de lampe. Elle arrive en petits parallélipipèdes rectangles, portant en relief des figures ou des caractères dont la plupart sont dorés. Elle est d'un beau noir luisant. Les Chinois ont une telle estime pour tout ce qui a rapport à l'écriture, que les ouvriers qui fabriquent l'encre jouissent du même préjugé honorable qui était attaché autrefois chez nous à l'état de nos gentilshommes verriers. Leur art n'est point considéré comme une profession mécanique (1). — On prépare maintenant en France une encre semblable à celle de Chine et d'une très-bonne qualité (2).

---

(1) Du Halde, *Descript. de la Chine*, I, p. 135. — Fortia d'Urban, *Descript. de la Chine*, 1840, t. II, p. 100.

(2) Parmi toutes les recettes indiquées, la suivante paraît donner de bons résultats. On emploie :

Noir de fumée purifié	1
Suc de réglisse	1
Colle de poisson	6
Eau	12

On fait dissoudre séparément le suc de réglisse dans une petite quantité d'eau ; d'un autre côté, on coupe la colle de poisson en lanières très-minces, et on les fait bouillir, jusqu'à dissolution, dans le reste du liquide. On mélange les deux liqueurs, puis on y délaie le noir de fumée. Il en résulte une pâte qu'on place dans des moules enduits de cire, pour prévenir toute adhérence, et on fait sécher à l'étuve, au soleil, ou bien encore sous la cendre. Souvent on ajoute à la pâte quelques aromates, camphre ou musc ; et avant qu'elle ne soit sèche, on y imprime avec un cachet en creux des caractères chinois qu'on recouvre plus tard d'une mince feuille d'or.

Chaque fabricant se sert d'un charbon particulier qu'il prépare et purifie à sa manière, au moyen de dissolvants énergiques (potasse, acides, alcool). On s'accorde généralement à dire que le noir de fumée fourni par la combustion des corps gras et des résines, donne une encre d'un très-beau noir, et qui ne tourne pas au brun lorsqu'elle est exposée à l'air

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Traille, d'Édimbourg, a fait connaître, en 1838, la recette d'une encre indélébile qui diffère notablement de celle proposée par l'Académie des sciences. On dissout, à l'aide de la chaleur, du gluten frais dans l'acide pyroligneux. Il en résulte un liquide savonneux que l'on étend jusqu'à ce qu'il n'ait plus que la force du vinaigre ordinaire : on incorpore ensuite à 500 grammes de ce liquide de 6 à 9 grammes du meilleur noir de fumée, et 1gr,30 d'indigo. — Cette encre a une bonne couleur, elle coule bien de la plume, elle sèche vite; une fois séchée, le frottement et l'immersion dans l'eau ne l'enlèvent pas. Les réactifs chimiques qui détruisent l'encre ordinaire ne l'altèrent pas, à moins qu'ils n'attaquent le tissu même du papier.

On a cherché aussi à empêcher la falsification des actes et autres écritures, ainsi que le blanchiment des vieux papiers timbrés et leur rentrée dans la circulation. Pour cela, on a imaginé d'enfermer dans la pâte du papier une vignette délébile qui disparaît lorsque l'on veut enlever, par un réactif chimique, les caractères tracés à la surface de ce papier. Pour prévenir les faux partiels ou généraux, on a composé des papiers qui contiennent, dans leur pâte, un filigrane très-fin, indélébile, et qui présentent, imprimée, sur chacune de leurs faces, une vignette très-délicate, inimitable à la main et délébile. Ce sont ces sortes de papiers qu'on connaît sous le nom de *papiers de sûreté*. Malheureusement, aucun de ces papiers n'empêche la destruction du texte. Aussi le moyen le plus sûr de prévenir les faux de toute espèce, aisés ou difficiles, c'est, en définitive, l'emploi d'une encre de sûreté, telle que celles indiquées par M. Traille et par l'Académie des sciences.

On emploie souvent, pour la tenue des écritures de commerce, des encres de couleur *rouge*, *jaune*, *verte* et *bleue*. La première est la plus usitée. Voici comment on la prépare habituellement. On fait infuser, dans 400 grammes de vinaigre, pendant trois jours, 100 grammes de bois de Brésil râpé; on fait ensuite bouillir pendant une heure; on filtre, et on dissout dans la liqueur chaude 12gr,5 de gomme arabique, et autant de sucre et d'alun.

L'*encre rouge de Ferrari* diffère fort peu de la précédente. On fait macérer 96 grammes de bois de Brésil dans 250 grammes d'alcool à 22°, pendant vingt-quatre heures ; on filtre et on évapore le liquide jusqu'à ce qu'il soit réduit à 96 grammes; on y fait alors dissoudre 64 grammes d'alun et 32 grammes de gomme arabique et de sucre blanc.

On obtient une encre d'une plus belle nuance en dissolvant de la laque de garance dans de bon vinaigre ou du carmin dans l'ammoniaque. Une décoction de cochenille, additionnée de silicate de potasse, donne une encre qui, d'après M. Kuhlmann, résiste longtemps à l'action du chlore et des acides.

Pour l'*encre jaune*, on fait une forte décoction de 125 grammes de graines d'Avignon dans 500 grammes d'eau, à laquelle on ajoute 16 grammes d'alun, et dans le liquide clair on dissout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4 grammes de gomme pour épaissir. En délayant dans l'eau de la *gomme-gutte* en suffisante quantité, on obtient une encre jaune d'une belle teinte et plus solide que la précédente.

On obtient une fort belle *encre bleue* avec une dissolution saturée d'indigo dans l'acide sulfurique, convenablement étendue d'eau et gommée.

Stephen et Nash ont pris, en 1840, une patente en Angleterre pour la fabrication d'une encre bleue au moyen du bleu de Prusse. Voici comment on la prépare : on triture avec soin du bleu de Prusse de Paris pur avec 1/6 d'acide oxalique cristallisé et un peu d'eau, de manière à en former une bouillie très-fine qui ne contienne pas de grumeaux; on l'étend alors d'eau de pluie jusqu'à ce qu'on ait atteint la nuance convenable, ce qu'on essaie en écrivant sur du papier d'un beau blanc. Sa couleur est extrêmement foncée. Si la liqueur est faiblement étendue, l'écriture paraît toute noire et offre par la dessiccation un éclat cuivreux. On obtient par la dilution les plus belles nuances jusqu'au bleu de ciel le plus clair. Une petite addition de gomme épaissit l'encre et l'empêche de traverser les papiers minces. Cette encre n'est pas indestructible ; la potasse caustique, l'acide chlorhydrique et l'eau peuvent la faire disparaître.

On prépare l'*encre verte* avec 10 grammes d'acétate de cuivre, 50 grammes de crème de tartre et 400 grammes d'eau. On fait bouillir de manière à réduire le volume du liquide à moitié, et on filtre. On obtient une meilleure encre, en broyant finement 4 gram. de gomme-gutte, et y ajoutant peu à peu 500 grammes de l'encre bleue ci-dessus.

Une très-belle encre verte est celle de Leykauf. On l'obtient en mélangeant 150 grammes de bichromate de potasse dissous dans un peu d'eau chaude avec 200 grammes d'acide sulfurique à 66°, et ajoutant de l'alcool par petites portions; il se fait une vive effervescence, et la couleur rouge du mélange passe d'abord au rouge brun, pour devenir d'un beau vert ; ceci arrive juste au moment où l'alcool que l'on ajoute, ne produit plus d'effervescence. On laisse refroidir et on verse de l'alcool jusqu'à ce qu'il se forme un liquide oléagineux vert foncé ou une masse verte pâteuse. Celle-ci séparée du liquide alcoolique et reprise par l'eau, fournit une encre verte qui possède un très-beau brillant, sans qu'il soit nécessaire d'y ajouter de la gomme; toutefois il est utile d'introduire un peu de celle-ci pour empêcher le liquide de déposer des cristaux. Cette encre n'attaque ni les plumes d'acier ni le papier.

On a imaginé, dans ces derniers temps, des espèces d'encres pour écrire sur les métaux, le zinc et le fer-blanc, entre autres, afin d'étiqueter les objets qui restent exposés à l'humidité, tels, par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exemple, que les clefs, les vins d'une cave, les plantes dans les serres et les jardins de botanique. Il faut, par conséquent, que ces encres fournissent des caractères durables, ineffaçables par l'intempérie de l'air et le frottement.

Braconnot a indiqué la composition suivante pour écrire sur le zinc. On prend :

Vert de gris en poudre.....	1 partie.
Sel ammoniac en poudre.....	1
Noir de fumée.....	$^1/_2$
Eau	10

On mêle ces poudres dans un mortier de verre ou de porcelaine, en y ajoutant d'abord une partie de l'eau, pour obtenir un tout bien homogène; on verse ensuite le restant de l'eau en continuant de mêler. — Quand on se sert de cette encre, il faut avoir le soin de l'agiter de temps en temps. Les caractères qu'elle laisse sur le zinc ne tardent pas à prendre beaucoup de solidité, surtout après quelques jours. Le noir de fumée peut, au besoin, être remplacé par des matières colorantes minérales.

Pour écrire sur le fer-blanc, M. Chevallier conseille de dissoudre 1 partie de cuivre dans 10 parties d'eau-forte (acide azotique), et d'ajouter ensuite 10 parties d'eau. On écrit avec ce liquide en se servant d'une plume ordinaire un peu ferme, pour que l'écriture ne *bavoche pas*. Mais les morceaux de fer-blanc pouvant être enduits d'une matière grasse qui repousserait le liquide, on les dégraisse d'abord en les frottant avec un linge imprégné de blanc d'Espagne sec, qui enlève la matière grasse.

Depuis plusieurs années, les commerçants font un grand usage de petites presses à copier les lettres, qui permettent de transporter sur une feuille de papier blanc les caractères tracés sur une autre, sans que pour cela l'écriture première soit effacée. L'encre dont on se sert dans ce cas, connue sous le nom d'*encre de transport*, est préparée en faisant dissoudre 1 partie de sucre candi dans 3 parties d'encre ordinaire.

On trouve dans le commerce un papier qui a reçu le nom de *papier hydrographique*, parce qu'en écrivant dessus avec une plume trempée dans l'eau ou dans la salive, les caractères qu'on trace deviennent subitement noirs. Vous allez facilement comprendre ce phénomène assez curieux.

Si l'on trempe des feuilles de papier dans une légère décoction de noix de galle gommée, et qu'après leur dessiccation on les saupoudre de sulfate de fer calciné et réduit en poudre bien fine, en frottant ensuite toute leur surface, ainsi qu'on le fait lorsque,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec de la sandaraque, on veut rendre un papier sensiblement imperméable, il est évident, n'est-ce pas? qu'on aura, sur les feuilles, les éléments essentiels de l'encre, moins le fluide nécessaire au développement de la couleur noire. Donc, en écrivant avec une plume imbibée d'eau, la réaction s'opère immédiatement entre le sel de fer et la noix de galle ; il se fait de l'encre sur-le-champ.

Ce papier hydrographique a une teinte jaunâtre. On le vend par petits cahiers de 50 centimes. C'est surtout en voyage qu'on peut en tirer un utile parti. On le prépare au moment de s'en servir, en appliquant, sur du papier collé et bon à écrire, une poudre fine composée, à l'avance, de parties égales de noix de galle, de gomme et de sulfate de fer calciné à blanc. A l'aide d'un tampon de coton, on répand uniformément la poudre à la surface du papier, en pressant assez pour qu'une couche mince y adhère. On peut ensuite écrire avec de l'eau.

Qu'on trempe du papier collé dans une dissolution faible de sulfate de fer, qu'on fasse sécher et qu'on recouvre ensuite le papier de poudre fine de *prussiate de potasse ferrugineux*, les caractères qu'on tracera avec une plume humectée d'eau auront une très-belle couleur bleue. Ils auraient une couleur marron si, en place de sulfate de fer, on eût fait usage de sulfate de cuivre.

Ces papiers hydrographiques m'amènent tout naturellement à vous parler des compositions chimiques qui portent le nom d'*encres de sympathie*.

On désigne ainsi les liquides qui ne laissent aucune trace sensible sur le papier par la dessiccation, et que des agents chimiques font apparaître sous diverses couleurs. Ces liquides offrent ainsi le moyen de dérober aux curieux une correspondance qu'on veut tenir cachée. A cet effet, entre les lignes écrites avec l'encre ordinaire existe une deuxième ligne qui n'est visible que pour le correspondant, instruit d'avance de la manière de faire reparaître les caractères.

L'usage de ces sortes d'encres est bien ancien. Ainsi, Ovide, Ausonius, Pline, conseillent de tracer les lettres avec du lait frais et de les rendre ensuite lisibles avec de la cendre ou de la poussière de charbon. Ce moyen réussit, en effet, lorsque le lait n'est pas privé du corps gras (beurre) qu'il contient. Il y a là une simple action mécanique, consistant dans l'adhérence de la cendre ou du charbon au corps gras du lait. Dans les différentes espèces d'encres sympathiques modernes, il y a, au contraire, une action chimique. La première a été découverte et employée en 1705 par le chimiste allemand Waitz. Depuis, on en a imaginé un bien grand nombre d'autres, car rien n'est plus facile que d'écrire avec un liquide incolore, et de faire apparaître ensuite des caractères diversement colorés. Vous allez en juger.

Déjà je vous ai fait voir, dans la première partie du cours, qu'avec l'acétate de plomb ou toute autre dissolution métallique des quatre der-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nières sections, on produit sur le papier des colorations variables, au moyen de l'acide sulfhydrique.

Qu'on écrive avec une dissolution légère de sulfate de fer ou de cuivre, et qu'on passe sur le papier desséché un pinceau imbibé de *prussiate de potasse ferrugineux*, on aura des lettres bleues ou cramoisies.

Si l'on trace des caractères avec une solution de sulfate de cuivre, et qu'ensuite on expose le papier sec au-dessus d'un vase contenant de l'ammoniaque, on voit aussitôt apparaître les caractères avec une belle couleur bleue. Cette encre de sympathie a été indiquée par Wurzer.

Les caractères invisibles, tracés avec le chlorure d'or, apparaîtront avec une couleur pourpre, au moyen du pinceau trempé dans une solution de sel d'étain.

Si l'on écrit avec l'acide sulfurique étendu, les traits ne sont pas visibles ; mais ils noircissent lorsqu'on chauffe le papier, par la raison que l'acide, en se concentrant, attaque et charbonne ce tissu végétal.

Qui ne s'est amusé, dans son enfance, à écrire avec du suc d'oignon ou du suc de navet, et qui n'a observé qu'en approchant ce papier du feu, il se recouvre, comme par enchantement, de caractères tantôt noirs sur un fond blanc, tantôt blancs sur un fond noir ? Ces phénomènes, qui paraissaient alors surnaturels, la chimie les explique aisément. Dans le premier cas, le suc végétal se calcine avant le papier, et laisse par conséquent une empreinte charbonneuse ; dans le second, au contraire, c'est le papier qui est charbonné par la chaleur, alors que le suc n'en a point encore ressenti l'action.

Tous les sucs végétaux qui renferment du mucilage, de l'albumine ou du sucre, se comportent comme le suc d'oignon, et peuvent servir d'encres sympathiques. Le suc de citron, d'orange, le vinaigre blanc, le suc de poires et de pommes, de sorbes, le sirop de sucre très-étendu, sont les liquides qui donnent l'écriture la plus colorée par l'application d'une douce chaleur.

Mais de toutes les encres de sympathie, la plus jolie est celle que Waitz, et après lui Moritz et Teichmeyer, ont indiquée. Elle se compose d'une dissolution aqueuse de chlorure de cobalt, assez étendue pour que sa couleur soit à peine sensible. Les caractères tracés avec cette liqueur sont invisibles à froid ; ils apparaissent en bleu dès qu'on chauffe légèrement le papier ; par le refroidissement ou par la simple insufflation de l'haleine, ils disparaissent complétement pour reparaître encore par la chaleur. Thenard nous a donné l'explication de ces faits. Le chlorure de cobalt est bleu en dissolution concentrée et d'un rose à peine visible sous une mince épaisseur, quand il est très-étendu d'eau. Lorsqu'on chauffe le papier chargé de cette solution, elle se concentre et devient nécessairement bleue ; mais lorsque le refroidissement a lieu, le papier et le sel attirent l'humidité de l'air, et, dès lors, toute couleur disparaît. Voilà un nouvel exemple de l'influence de l'eau sur la coloration des corps.

On ajoute ordinairement au chlorure de cobalt une certaine quantité de chlorure de fer, parce que les caractères apparaissent en vert par la chaleur, et que les effets sont alors plus marqués. Cette encre sympathique verte peut servir à composer de jolis dessins qui représentent, à volonté, une scène d'hiver ou une scène d'été. En effet, si l'on dessine à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'encre de Chine un paysage dans lequel la terre et les arbres sont privés de verdure, et qu'avec l'encre sympathique très-affaiblie on ajoute les feuilles aux arbres et du gazon sur les blancs qui indiquent la neige, il suffira d'approcher le dessin du feu pour voir la terre devenir verte et les arbres se couvrir de feuilles comme à l'approche des douces chaleurs du printemps ; mais bientôt l'hiver reviendra avec ses neiges et sa désolation, en laissant le dessin à l'air, et plus promptement encore en exhalant dessus l'air humide des poumons.

Vous voyez, Messieurs, par tout ce qui précède, avec quelle facilité on peut produire des phénomènes intéressants, une fois qu'on connaît bien les agents chimiques, les réactions auxquelles ils donnent lieu dans leur contact mutuel, et quelles ressources infinies la chimie nous procure, soit pour notre utilité, soit pour notre amusement.

DEUXIÈME SECTION.

Principes immédiats basiques ou alcalins.

Je l'ai déjà dit, on donne le nom de *bases salifiables organiques*, d'*alcaloïdes*, ou d'*alcalis végétaux*, à des principes immédiats propres au règne végétal, qui ont pour caractères distinctifs d'agir sur les couleurs du tournesol et de la violette, à la manière des alcalis minéraux, et de pouvoir, comme ces derniers, neutraliser les acides en donnant naissance, avec ceux-ci, à des sels régulièrement cristallisables.

La découverte de cette classe de corps est une des conquêtes scientifiques de notre siècle ; elle ne remonte même qu'à l'année 1816. Un pharmacien du Hanovre, Sertuerner, en examinant l'opium, suc épaissi des tiges et des capsules du pavot d'Orient, y trouva, entre autres principes, une matière particulière cristalline, à laquelle il attribua les propriétés médicamenteuses et toxiques de cette substance, et qu'il nomma *morphine*, d'un mot grec qui veut dire *sommeil*, voulant rappeler par là la faculté assoupissante qu'elle possède à un haut degré. Il eut l'heureuse idée de la considérer comme un véritable alcali.

Dès ce moment, les chimistes, frappés de ce fait inattendu, s'empressèrent de rechercher de semblables principes dans toutes les plantes douées de propriétés vénéneuses très-prononcées, pensant, avec raison, que leurs vertus pouvaient bien résider dans des alcalis organiques semblables à la morphine. Ces travaux et ces espérances furent couronnés d'un plein succès, et, depuis 1818, grâce surtout aux recherches de MM. Pelletier et Caventou, Robiquet, Henry fils et Plisson, Brandes, Geiger, Lassaigne, Couerbe, etc., cette nouvelle classe de principes immédiats s'est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

successivement enrichie d'un assez grand nombre d'espèces, puisque dans l'état actuel de la science on n'en compte pas moins d'une centaine. Mais tous ces alcaloïdes n'ont pas encore été suffisamment étudiés ; il n'y en a guère que 50 dont l'étude soit complète, et dont l'existence soit admise par tous les chimistes. C'est surtout aux chimistes français qu'on doit la connaissance du plus grand nombre.

Parmi les alcaloïdes, les uns, et c'est la majeure partie, existent tout formés dans les organes des végétaux; les autres sont le produit de certaines réactions chimiques sur les principes ou les produits immédiats. Ce n'est que dans ces derniers temps que MM. Unverdorben, Runge, Liebig, Gerhardt, Woehler, Laurent, Wurtz, Hoffmann, Cahours, Anderson, Fownes, etc., sont parvenus à créer artificiellement des bases salifiables organiques.

En général, les alcaloïdes naturels ne se montrent pas libres dans les végétaux ; ils sont à l'état de sels, et ordinairement de sels acides, ce qui explique leur présence dans les infusions ou décoctions aqueuses des plantes, car ils sont presque tous insolubles dans l'eau quand ils sont libres. — Les acides qui les neutralisent sont tantôt l'acide gallique, tantôt l'acide malique, quelquefois un acide minéral, parfois aussi un acide propre à la substance végétale qui les contient. — Ils affectionnent certaines familles de plantes, et souvent le même alcaloïde se retrouve dans plusieurs espèces du même genre. — Dans tous les cas, ils sont accompagnés dans les organes d'un si grand nombre de principes immédiats, surtout de matières colorantes, de résine, de substances grasses, qu'il est assez difficile de les obtenir à l'état de pureté.

Le procédé le plus général pour les isoler consiste à épuiser par l'eau acidulée les matières végétales qui les contiennent, puis à décomposer, par l'ammoniaque, la chaux ou la magnésie, le sel alcalin qui existe dans la liqueur. L'alcaloïde, mis ainsi en liberté, se précipite en raison de son insolubilité ; mais comme il entraîne avec lui des matières étrangères, on traite le précipité impur par de l'esprit-de-vin bouillant, qui dissout de préférence l'alcali et l'abandonne ensuite, pendant son refroidissement, sous la forme de cristaux ou de poudre cristalline. De nouveaux traitements par l'alcool et le charbon animal achèvent sa purification.

Souvent, au lieu d'employer l'alcool pour traiter le résidu formé par l'action de l'alcali minéral, on fait réagir sur lui un acide minéral très-affaibli, l'acide chlorhydrique, par exemple, qui dissout l'alcaloïde et forme un sel soluble qu'on fait cristalliser à plusieurs reprises ; lorsque ce sel est complétement pur, on verse dans sa solution un léger excès d'ammoniaque qui précipite l'alca-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

loïde en poudre ou en flocons; on le fait ensuite cristalliser au moyen de l'alcool bouillant. Cette méthode, beaucoup plus économique, a été proposée, pour la première fois, en 1827, par Henry, Plisson, et moi.

Lorsque les bases sont solubles et dans l'eau et dans l'alcool, il n'y a pas de méthode générale pour les isoler des autres principes qui les accompagnent dans les plantes. On cherche ordinairement à les faire entrer ou dans des combinaisons insolubles ou dans des combinaisons qui cristallisent avec facilité.

Quand les bases sont liquides et volatiles, on distille les plantes avec une eau un peu alcaline ; on obtient ainsi dans le récipient une dissolution aqueuse de la base organique mêlée d'une partie de la même base indissoute. On enlève l'eau au moyen du chlorure de calcium, et on purifie l'alcaloïde par une nouvelle distillation.

Quelquefois la même plante renferme deux ou un plus grand nombre d'alcalis différents. Ainsi, dans les pavots, dans le coquelicot de nos champs, et par suite dans le suc qu'on retire de leurs tiges par expression, c'est-à-dire dans l'opium, outre la *morphine*, il y a quatre autres bases salifiables, qu'on a désignées par les noms de *narcotine*, de *codéine*, de *narcéine* et de *thébaïne*. Dans la noix vomique et la fève de Saint-Ignace, qui sont des poisons très-violents, et qu'on emploie, surtout la première, pour empoisonner les animaux malfaisants, il y a deux alcalis distincts, la *strychnine* et la *brucine*. Il y en a également deux, la *vératrine* et la *sabadilline*, dans les semences de la cévadille, la racine de l'ellébore blanc et les bulbes du colchique. Les écorces des quinquinas, qui jouent un si grand rôle en médecine pour combattre les fièvres, contiennent encore deux alcalis, la *quinine* et la *cinchonine*.

Mais, dans le plus grand nombre de cas, l'alcali qui caractérise un végétal est unique. On peut dire que presque toutes les plantes vénéneuses doivent leur redoutable action à la présence d'un de ces principes. Ainsi, la *ciguë*, célèbre dès l'antiquité par la mort de Socrate ; la *nicotiane* ou *tabac*, dont la fumée est si âcre et si pénétrante, et dont la poudre fit périr le poëte Santeuil, qui but un verre de vin où l'on avait mis du tabac d'Espagne ; la *belladone*, dont les fruits noirs et douceâtres ont occasionné de nombreux empoisonnements chez des enfants trompés par la ressemblance de ces fruits avec les cerises noires ; l'*aconit*, dont la belle fleur bleue, en forme de casque, est un des ornements de nos jardins ; la *morelle* et la *douce-amère*, qui embellissent les haies et les buissons ; la *pomme-épineuse*, la *jusquiame* aux feuilles d'un vert sombre et à l'odeur vireuse ; la *coque du Levant*, qu'on emploie comme amorce pour attirer et enivrer les poissons et les oiseaux ; les racines d'*ipécacuanha*, qui possèdent à un si haut degré la propriété vomitive ; le *pied-d'alouette-staphysaigre*, dont les semences

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont utilisées pour détruire la vermine chez les enfants, ce qui lui a fait donner le nom peu poétique d'*herbe aux poux*, renferment, chacune, dans leurs différents organes, un alcali organique que les chimistes modernes ont su extraire et caractériser.

Ces alcalis, principes actifs des végétaux qui les contiennent, sont devenus pour la plupart, entre les mains des médecins habiles, des remèdes très-précieux, dont l'emploi a remplacé, dans presque tous les cas, celui des substances dont ils proviennent. Ainsi, à ces décoctions troubles et amères de *quinquina*, que les malades n'avalaient qu'avec une extrême répugnance, on a substitué, avec un grand succès, le *sulfate de quinine*, dont 2 grammes seulement suffisent pour couper la fièvre la plus rebelle. L'*émétine*, ou principe actif de l'*ipécacuanha*, fait vomir, à la dose de 3 centigrammes, et son administration en sirop ou en pilules n'a point les désagréments de la poudre de cette racine.

Mais, en raison de leurs propriétés énergiques, ces alcalis ne peuvent être employés qu'avec une extrême prudence, puisque souvent quelques centigrammes de plus que la dose nécessaire pour produire un effet avantageux pourraient déterminer des accidents fort graves et même la mort. Vous acquerrez une juste idée de leur puissance, en apprenant que 3 centigrammes de *strychnine* tuent un lapin en 5 minutes; que 5 centigrammes de *solanine* (alcali de la morelle) produisent le même résultat; que 25 à 30 centigrammes de *delphine* (alcali de la staphysaigre) et de *vératrine* déterminent la mort des chiens les plus vigoureux en quelques heures; que la *morphine* et surtout ses sels, à la dose de plusieurs décigrammes, empoisonnent à la manière de l'opium administré en grande quantité. L'acétate de morphine a acquis une grande célébrité depuis que Castaing s'en est servi, en 1824, pour faire périr deux de ses amis. En 1843, un pharmacien des Basses-Pyrénées s'est suicidé en prenant en dissolution $2^{gr},33$ du même sel; les efforts des médecins, les secours les plus prompts, rien n'a pu arrêter les effets du poison, et, quelques heures après son ingestion, la vie était anéantie. En 1846, un étudiant en pharmacie, après une nuit de débauche, avala de l'eau-de-vie contenant 2 grammes environ de strychnine. En moins d'une heure, le malheureux succomba à la suite de convulsions si violentes, qu'il poussait de véritables hurlements!

C'est dans cette classe de principes immédiats que se trouvent, par conséquent, les poisons végétaux les plus actifs. C'est depuis la découverte des alcaloïdes qu'on a pu se rendre compte de la prodigieuse activité de ces sucs et extraits avec lesquels les Indiens empoisonnent la pointe de leurs flèches. Dans les Indes orientales, à Java, à Macassar, à Bornéo, aussi bien que dans l'Amérique méridionale, sur les bords de l'Orénoque, du Cassiquiare,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du Rio-Negro et de l'Amazone, les sauvages préparent mystérieusement, depuis longues années, avec le suc épaissi ou l'extrait de certains végétaux, des poisons fort célèbres, qu'ils nomment *upas-antiar*, *upas-tieuté*, *curare*.

La quantité de poison qui est attachée à chaque flèche est infiniment petite, et cependant les animaux qui en ressentent la piqûre éprouvent subitement de violentes convulsions, d'affreux vomissements, et meurent au bout de quelques minutes. Leur chair, toutefois, ne contracte aucune propriété malfaisante, et est mangée impunément. Avant la soumission de Java, les Hollandais étaient obligés de se couvrir d'une espèce de cuirasse pour se préserver des blessures mortelles de ces armes (1).

Eh bien ! ces redoutables préparations de l'Asie et du Nouveau-Monde doivent leur énergie à la présence d'alcalis végétaux. Dans l'*upas-tieuté*, il y a de la strychnine; dans l'*upas-antiar*, il existe une autre base qui n'a point encore été isolée à l'état de pureté; dans le *curare* de l'Orénoque, on sait qu'il y a un alcali particulier, qui a reçu le nom de *curarine*. Ce sont de grandes lianes, de la même famille que la noix vomique, qui fournissent l'*upas-tieuté* et le *curare;* l'*upas-antiar* est le suc d'un grand et gros arbre de la famille des orties (2).

---

(1) M. de Paw croit que les Gaulois empoisonnaient leurs armes avec le suc du câpre-figuier. Ch. Coquebert, dans un mémoire lu à la Société philomatique de Paris en 1798, établit que les anciens habitants de l'Europe se servaient de trois sortes de plantes pour empoisonner leurs flèches, savoir : l'*ellébore blanc*, l'*ellébore noir* et l'*aconit-tue-loup* ou l'*aconit paniculé*.

(2) Il paraît, d'après MM. Goudest et Carrey, qui ont récemment visité les régions arrosées par le fleuve des Amazones, que le terrible *curare*, qui « tue tout bas » comme disent les sauvages, s'obtient des sucs réunis de quatre espèces de lianes. On y ajoute des substances animales, telles que des fourmis venimeuses, des crochets broyés de serpents à sonnettes, et autres matières que les Indiens tiennent toujours en réserve pour cet usage diabolique. Cette assertion est combattue, toutefois, par M. Milleroux, qui affirme avoir vu préparer le poison *urari* ou *kurari* des forêts de la Guyane et le curare du haut Orénoque, uniquement avec le suc des lianes, sans aucune addition de matières animales.

Le *curare* est sous la forme d'un sirop épais, d'un brun foncé, qui peut se conserver sans rien perdre de sa force. Il suffit, dit-on, d'y tremper une seule fois les flèches à leur extrémité, pour atteindre le but qu'on se propose. Comme frappé de stupeur dès qu'il est touché par le trait redoutable lancé d'une sarbacane, le volatile ou le singe, but ordinaire des coups de l'Indien, conserve à peine assez de force pour faire quelques mouvements. Quelquefois, dans un suprême effort, il s'envole ou bondit, mais jamais assez loin pour échapper au chasseur qui le suit attentivement de l'œil, bien sûr qu'il ne tardera pas à tomber. L'action de ce poison est d'une rapidité inouïe chez les oiseaux; sur les mammifères, elle retarde de quelques secondes; sur les reptiles, elle ne se manifeste qu'au bout de plusieurs heures. Le curare offre la même particularité que le venin des serpents; il peut être mangé et ingéré dans l'estomac sans que sa présence incommode en rien celui qui a commis cette imprudence; tandis que, d'un autre côté, si, par malheur, on se pique aussi peu que possible avec une aiguille trempée dans une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est cependant quelques alcaloïdes qui paraissent dépourvus de propriétés vénéneuses : tels sont, entre autres, les principes alcalins des quinquinas, du café, du cacao, du buis, du coco, de la chair musculaire, de l'urine, et grand nombre de ceux qu'on produit artificiellement.

Sous le rapport de la composition, les alcaloïdes présentent quelques particularités que je dois vous signaler. — Plusieurs ne renferment point d'oxygène ; ceux-là sont tous volatils ; tels sont : la *nicotine*, la *conine*, qui sont naturels ; l'*aniline*, la *quinoléine*, la *mélamine*, l'*amarine*, la *lophine*, la *picoline*, etc., qui sont artificiels. — Le carbone et l'hydrogène ne varient pas moins que l'oxygène, et n'offrent aucune relation constante entre eux. Le carbone y est très-prédominant, puisque sa quantité s'élève quelquefois jusqu'à 78 °/₀. Un seul de leurs éléments, l'azote, paraît constant. Parfois, cependant, le phosphore ou l'arsenic remplace l'azote, comme dans les *bases phosphorées* de M. Paul Thenard, et l'*alcarsine* de Bunsen.

Je ne quitterai pas ce sujet sans vous faire remarquer que beaucoup d'alcaloïdes, surtout parmi les artificiels, peuvent être représentés, dans leur composition, par un équivalent d'ammoniaque uni à des carbures d'hydrogène. C'est là un point de vue qui appartient à M. Wurtz. Ainsi, en prenant pour point de départ l'ammoniaque, on a la série suivante d'ammoniaques composées :

Ammoniaque.....	AzH^3.....
Méthylamine.....	AzH^3,C^2H^2
Éthylamine.....	AzH^3,C^4H^4
Butyramine.....	AzH^3,C^8H^8
Amylamine.....	$AzH^3,C^{10}H^{10}$
Nicotine.....	$AzH^3,C^{10}H^4$
Aniline.....	$AzH^3,C^{12}H^4$
Picoline.....	$AzH^3,C^{12}H^4$
Toluidine.....	$AzH^3,C^{14}H^6$
Conicine.....	$AzH^3,C^{16}H^{12}$
Cumidine.....	$AzH^3,C^{18}H^{10}$
Quinoléine.....	$AzH^3,C^{18}H^4$

L'analogie de ces alcaloïdes avec l'ammoniaque est vraiment surprenante. Celui qui s'en rapproche le plus en reproduit tous les caractères avec une fidélité qui rappelle l'analogie de propriétés que nous montrent la potasse et la soude.

---

solution de curare, on meurt foudroyé à l'instant même. MM. Carrey n'ont pas craint de renouveler l'expérience que de Humboldt avait déjà tentée sur lui aux bords de l'Orénoque ; ils ont mangé impunément, à plusieurs reprises, de ce poison, qui n'est redoutable, en définitive, que lorsqu'il se mêle directement à la masse du sang.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, tous les alcaloïdes, quelle que soit leur composition, se comportent entièrement comme l'ammoniaque avec les acides. Ils se combinent intégralement avec les hydracides, sans les décomposer, en formant des sels anhydres ; ils ne peuvent s'unir aux oxacides qu'en conservant un équivalent d'eau.

Avec le chloride de platine, les sels d'alcaloïdes donnent un précipité comparable en tous points à celui auquel donne naissance un sel ammoniacal ordinaire.

Dans l'impossibilité de décrire tous les alcalis organiques, je me bornerai à vous présenter leurs propriétés générales :

Le plus grand nombre est à l'état solide. Plusieurs sont liquides et ont l'aspect des huiles (*nicotine, conine, aniline, quinoléine,* etc.). Deux sont à l'état de gaz (*méthylamine, éthylamine*).

Les alcaloïdes solides sont incolores, inodores et fixes. — Les autres sont très-odorants et volatils. — La majeure partie des premiers cristallise régulièrement.

Tous ont une saveur amère ou âcre, et ont une action alcaline plus ou moins prononcée sur les couleurs végétales.

Ils sont inaltérables à l'air, peu ou point solubles dans l'eau, mais très-solubles dans l'alcool, l'esprit-de-bois, le chloroforme, la benzine, la glycérine, les essences.

Ils forment, avec les acides sulfurique, azotique, chlorhydrique, acétique, des sels solubles dans l'eau, bien cristallisables, qui se distinguent par leur saveur amère. — Avec les acides tartrique, oxalique, gallique, tannique, ils donnent des sels peu ou point solubles.

Tous leurs sels solubles sont troublés par les alcalis minéraux qui en précipitent l'alcali organique en flocons blancs ; ils le sont également par l'acide tannique et l'infusion de galles, qui en isolent l'alcaloïde sous forme de tannate insoluble. En raison de cette action, les décoctions astringentes ont été proposées comme antidote des poisons qui doivent leur puissance à un alcali végétal. Par le même motif, M. O. Henry a indiqué le tannin comme un moyen d'essai pour les quinquinas.

Le chlore, le brôme, l'iode agissent sur les alcaloïdes avec énergie, les dissolvent, les modifient, les colorent diversement, suivant leur nature ; mais ce qu'il y a de plus curieux, c'est qu'en s'unissant à l'un ou à l'autre de ces métalloïdes, les alcalis organiques perdent complétement leurs propriétés vénéneuses.

Les acides minéraux concentrés détruisent les alcaloïdes. L'acide azotique, entre autres, les convertit en acides oxalique et picrique.

Les acides sulfurique et azotique concentrés réunis donnent avec la plupart des phénomènes particuliers de coloration. Ainsi,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ils colorent en rouge la morphine, la narcotine, la brucine, la strychnine. On tire parti de cette propriété dans les laboratoires pour reconnaître les plus petites traces d'acide azotique libre dans un liquide. Fort souvent l'acide sulfurique du commerce contient de l'acide azotique, ce qui le rend impropre à une foule d'applications. Avec quelques grains de narcotine ou de brucine, on reconnaît à l'instant cette impureté de l'acide sulfurique, puisque, dans ce cas, les alcaloïdes deviennent rouges par son contact, ce qui n'arrive pas quand l'acide sulfurique est exempt d'acide azotique.—De même, quand on veut s'assurer si un sel ou un mélange de sels contient des azotates, on en met quelque peu dans un verre de montre et on arrose le tout avec quelques gouttes d'acide sulfurique ; le mélange rougit dans le cas où il existe un azotate, fût-ce même en très-petite proportion.

De tous les sels d'alcaloïdes, le seul dont je vous parlerai en particulier, c'est le *sulfate de quinine*, dont l'invention a été un fait des plus considérables, puisque sa préparation est devenue la base d'une industrie chimique extrêmement importante. On n'en consomme pas moins de 25,000 kilogrammes par an en France.

Il y a trente-deux ans, nous avions le monopole de cette fabrication, et nous approvisionnions de sulfate de quinine tous les États d'Europe et d'Amérique. Mais vers 1830, dans le désir cupide de percevoir quelques francs sur l'alcool nécessaire à la fabrication, l'administration des contributions indirectes, sans s'en douter, fit passer aux Anglais la préparation du sulfate de quinine, non-seulement pour l'Angleterre, mais pour tous les peuples du globe. Actuellement il y a des fabriques en Italie, en Allemagne, à New-York, à la Nouvelle-Orléans, si bien que la France ne produit plus que 6,250 kilogrammes ou le quart de la consommation totale.

Si, pour rester en deçà des limites du vrai, nous ne portons qu'à 6,000 kil. la production annuelle en France du sel en question, nous trouverons que, depuis 1826, 192,000 kil. ont été livrés au commerce, et comme, terme moyen, chaque kilogramme de sulfate de quinine correspond à 32 kil. d'écorce, il en résulte que ces 192,000 kil. de sel représentent 6,144,000 kil. de quinquina jaune. En admettant, d'un autre côté, que la quantité moyenne de ce médicament, administrée à chacun des individus qui en ont fait usage, ait été de 1gr,95 en plusieurs fois, ce qui excède généralement la dose utile pour couper une fièvre, ces 192,000 kil. de sulfate de quinine auront servi à traiter et à soulager 37,440,000 malades. L'Académie des sciences a témoigné hautement le cas qu'elle faisait d'une aussi précieuse découverte, en décernant, en 1827, à ses auteurs, MM. Pelletier et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Caventou, un prix de 10,000 fr. du legs Monthyon, et un prix de 2,000 fr. à M. O. Henry, qui a perfectionné la préparation en grand de ce sel.

Dans l'origine, ce sel valait 7 à 800 fr. le kilogramme. — Aujourd'hui, par suite de perfectionnements aux procédés d'extraction et de l'emploi de presque toutes les écorces, même de celles qu'autrefois on négligeait parce qu'on ne les supposait pas assez riches, il ne valait plus, au commencement de 1859, que 190 à 200 fr. le kilogramme.

Il y a trois sulfates de quinine différents par leur degré de solubilité et leur cristallisation : un sulfate neutre et deux sels basiques. Voici leur composition :

	Sulfate neutre en gros prismes.	Sulfate bibasique en aiguilles.	Sulfate tribasique en aiguilles.
Quinine.....	59,5	74,63	81,5
Acide sulfurique...	14,3	9,07	6,6
Eau	26,2	16,30	11,9
	100,0	100,00	100,0

C'est habituellement le sulfate bibasique qu'on emploie en médecine et qu'on prépare en grand. Voici son symbole :

$$2(C^{20}H^{12}O^{2}Az),HO,SO^{3} + 7\,HO.$$

Il est sous forme de masses flexibles, d'un blanc nacré, composées d'aiguilles longues et étroites. Il ressemble beaucoup à l'amiante.

Il possède une saveur amère très-prononcée.

Il s'effleurit dans un air chaud et peut y perdre les trois quarts de l'eau qu'il contient.

Il devient phosphorescent quand on le chauffe.

Il exige 740 parties d'eau froide et seulement 30 parties d'eau bouillante pour se dissoudre.

Il est extrêmement soluble dans l'alcool et l'eau acidulée. Sa solution dans ce dernier véhicule a une teinte bleuâtre opaline très-remarquable.

Il est très-peu soluble dans l'éther.

Le procédé que l'on suit dans les fabriques pour l'obtenir est celui qui a été indiqué par M. O. Henry en 1821. Voici en quoi il consiste :

On fait macérer le quinquina jaune, broyé grossièrement, dans de l'eau à laquelle on a ajouté 64 grammes d'acide chlorhydrique par kilogramme de quinquina. Le lendemain, on porte à l'ébullition qu'on entretient pendant deux heures. On passe à travers une toile. On fait deux autres décoctions en ajoutant pour chacune 32 grammes d'acide seulement. On réunit toutes les décoctions claires et on rejette le quinquina comme épuisé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans cette première opération, toute la quinine et la cinchonine entrent en dissolution, à la faveur de l'excès d'acide dont on s'est servi. On ajoute aux décoctions acides et chaudes du lait de chaux; la liqueur prend une couleur lie de vin en même temps qu'il se développe une odeur particulière. L'essentiel est d'ajouter un excès de chaux. On laisse déposer. On décante le liquide qui surnage comme inutile, après toutefois s'être assuré que l'ammoniaque n'y fait pas naître de précipité, ce qui prouverait que la précipitation a été imparfaite. Le dépôt calcaire est reçu sur des toiles ; quand il est bien égoutté, on le soumet à la presse et on le fait sécher à l'étuve.

Lorsqu'on ajoute la chaux dans la décoction acide, elle sature tous les acides, forme des sels solubles : quinate de chaux et chlorure de calcium, qui restent dans les liqueurs avec une portion de la matière colorante. Le précipité est formé de quinine, de cinchonine, d'une combinaison de chaux et de rouge cinchonique, de matière grasse et de l'excès de chaux employée, le tout sali par des matières colorantes formées en partie par l'action de l'acide sur l'écorce.

On sèche le précipité, on le pulvérise et on le traite à cinq ou six reprises au moins à la chaleur du bain-marie par de l'alcool à 86° (36° Baumé) ; à chaque fois on exprime le marc et l'on filtre les liqueurs alcooliques. Celles-ci contiennent la quinine et la cinchonine, de la matière grasse et des substances colorantes. L'alcool a laissé l'excès de chaux et sa combinaison insoluble avec le rouge cinchonique.

Les liqueurs alcooliques sont réunies ; on les acidule avec de l'acide sulfurique faible, de manière à ce qu'elles aient à peine de l'action sur le papier de tournesol ; on les soumet à la distillation et on laisse refroidir l'appareil. On trouve alors la matière prise en masse cristalline. On met cette masse à égoutter sur une toile pour en séparer l'eau-mère noire qui la souille ; on la lave même avec un peu d'eau pour la débarrasser en grande partie de l'eau-mère.

Le sulfate de quinine ainsi obtenu est réduit en pâte avec de l'eau chaude, on y mêle du charbon animal pulvérisé et on abandonne cette pâte jusqu'au lendemain pour permettre au charbon d'agir. On prend ensuite cette masse par parties ; on la délaie dans l'eau et on porte à l'ébullition. La liqueur doit être assez concentrée pour laisser déposer des cristaux aussitôt que sa température baisse ; on la filtre bouillante et on obtient du sulfate de quinine parfaitement blanc par le refroidissement. On sèche le sel à l'étuve en le tenant couvert, sans cela il deviendrait jaune.

On retire habituellement de 26 à 28 grammes de sulfate de quinine par kilogramme de quinquina jaune sans épiderme.

On a conseillé de remplacer, par économie, l'alcool par l'essence de térébenthine ou l'huile empyreumatique de charbon de terre, attendu que ces huiles enlèvent toute la quinine au précipité calcaire. On traite ensuite l'huile filtrée par l'eau acidulée qui s'approprie la quinine.

Dans la plupart des fabriques, on suit actuellement un procédé plus simple et plus prompt que le précédent. On mélange avec la chaux la poudre de quinquina, et on lessive le tout avec de l'alcool presque bouillant ; on distille les teintures alcooliques, et on a un résidu de quinine impure peu colorée. Dès le premier traitement avec de l'eau aiguisée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'acide sulfurique, ce résidu fournit du sulfate de quinine jaunâtre, qu'on décolore par le charbon et qu'on fait cristalliser de nouveau.

Dans la fabrication en grand du sulfate de quinine, il est à peu près impossible de ne pas avoir en mélange 1 à 2 p. $_0/^0$ de sulfate de cinchonine. Mais lorsque ce dernier sel dépasse cette proportion normale, c'est qu'il y a été ajouté après coup, par fraude, le sulfate de cinchonine ayant beaucoup moins de valeur que le sulfate de quinine.

Voici, d'après mes analyses, la composition du sulfate de quinine livré au commerce par la fabrique de MM. Labarraque et compagnie, au Havre;

Quinine	80,5
Cinchonine	1,5
Acide sulfurique	7,0
Eau	11,0
	100,0

C'est, comme vous voyez, un sulfate tribasique, contenant 1 équivalent ou 6,87 p. 100 de quinine de plus que le sulfate bibasique du commerce. Il est donc préférable à celui-ci, sous le rapport médical, puisqu'il est plus pur et plus riche en quinine.

En raison du prix excessif du sulfate de quinine, dû surtout à l'épuisement des forêts de quinquinas de l'Amérique méridionale, on doit désirer que, mettant à profit les procédés nouvellement découverts pour la création des alcalis végétaux, les chimistes s'occupent des moyens de fabriquer de toutes pièces le sulfate de quinine sans recourir au quinquina. On y parviendra sans aucun doute, aussi bien qu'à obtenir de la morphine sans opium. Cette espérance est si légitime que la Société de pharmacie de Paris a fait de la préparation artificielle de la quinine l'objet d'un prix de 4,000 fr., auxquels le ministre de la guerre a ajouté 4 autres mille francs. L'intervention du département de la guerre, dans une semblable question, ne paraîtra pas étrange, lorsqu'on saura que notre seule armée d'Afrique a consommé jusqu'à 400 kil. de sulfate de quinine, dont une partie a été payée au prix de 350 fr. lekilogramme.

Je ne quitterai pas ce médicament, qui offre tant d'intérêt, au point de vue médical comme au point de vue industriel et commercial, sans vous signaler un moyen de dissimuler son extrême amertume et de rendre ainsi son administration moins pénible. C'est de délayer 60 centigrammes de sulfate de quinine dans 100 grammes d'infusion de café et de boire la liqueur presque froide. La saveur si désagréable du médicament est entièrement dissimulée.

Je ne poursuis pas davantage l'étude des alcalis végétaux. Ce qui précède suffit pour vous donner une idée exacte de cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

classe intéressante de principes immédiats, dont la découverte a marqué une belle époque de la chimie organique, et a été, on peut le dire sans exagération, un bienfait pour l'humanité.

TRENTE-CINQUIÈME LEÇON.

TROISIÈME SECTION.

PRINCIPES IMMÉDIATS NEUTRES OU INDIFFÉRENTS.

SOMMAIRE. — Définitions. — Classification. — Des sucres. — Caractères distinctifs et composition des quatre espèces principales. — Du sucre ordinaire ou *sucre de canne;* végétaux qui le contiennent ; propriétés ; préparation de l'*acide oxalique*. — Du *glucose* ou *sucre de fécule*. Moyen de le distinguer du précédent. — Liqueur de Barreswil. — Du *miel* et de ses usages.

Les principes immédiats *neutres ou indifférents* sont, comme je vous l'ai déjà dit, Messieurs, ceux qui ne sont ni acides ni alcalins, et qui ne peuvent point jouer le rôle de *matières colorantes*.

Comme ces principes sont excessivement nombreux, il ne sera pas sans utilité de vous montrer comment, en tenant compte de leur composition et de leurs propriétés les plus générales, on peut les répartir en plusieurs groupes distincts. La classification suivante est aussi simple que commode.

Ire CLASSE. — COMPOSÉS NEUTRES NON AZOTÉS.

1er *groupe*. — COMPOSÉS BINAIRES, uniquement formés de carbone et d'hydrogène.

Ce sont donc des *carbures d'hydrogène*.

Ex. : Beaucoup d'huiles essentielles, caoutchouc, gutta-percha, etc.

2e *groupe*. — COMPOSÉS TERNAIRES, formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.

1° *Carbo-hydratiques*, dont la composition peutêtre représentée par du charbon, et de l'eau ou de l'oxygène et de l'hydrogène dans les proportions qui forment l'eau.

Ex. : Sucres, fécule, cellulose, gomme, etc.

2° *Surhydrogénés* ou *inflammables*, c'est-à-dire contenant beaucoup d'hydrogène et de charbon.

Ex. : Corps gras, essences, résines, alcools, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IIe CLASSE. — COMPOSÉS NEUTRES AZOTÉS.

1er *groupe.* — AMIDES. Composés différant d'un sel ammoniacal par les éléments de l'eau, et qui régénèrent un sel ammoniacal sous l'influence des acides et des alcalis.
Ex. : Oxamide, urée, benzamide, etc.

2e *groupe.* — MATIÈRES ALBUMINOÏDES. Composés facilement putrescibles et formant la base des tissus.
Ex. : Fibrine, albumine, caséine, glutine, etc.

3e *groupe.* — COMPOSÉS NON FACILEMENT PUTRESCIBLES.
Ex. : Amygdaline, cantharidine, chitine, etc.

4e *groupe.* — COMPOSÉS PHOSPHORÉS ET SULFURÉS.
Ex. : Matières grasses du cerveau, essences de moutarde, d'ail, etc.

Parmi ces principes, les uns sont communs, pour ainsi dire, à tous les végétaux ou à tous les animaux : tels sont le *sucre*, la *gomme*, l'*amidon*, le *ligneux*, la *fibrine*, l'*albumine*, la *caséine*, les corps gras, les essences, les résines, etc.; les autres sont propres à une seule espèce d'êtres, ou du moins à un très-petit nombre d'espèces, et peuvent, à la rigueur, caractériser le végétal ou l'animal, et mieux encore l'organe qui les contient ; telles sont les matières désignées sous les noms de *mannite*, de *salicine*, d'*asparagine*, d'*urée*, etc. Renvoyant l'étude de ces dernières à l'époque où nous nous occuperons des organes, je ne vous parlerai maintenant que des premières substances, comme les seules dont la connaissance soit indispensable en ce moment.

Je commencerai par celles qui appartiennent spécialement au règne végétal.

Des Sucres.

La saveur douce d'un grand nombre de produits organiques est due à la présence de substances particulières que la nature a répandues avec une sorte de profusion dans les différentes parties des êtres organisés. Cette saveur a d'abord servi de caractère générique et a fait donner le nom de *sucres* à des corps que les progrès de la science ont porté à séparer les uns des autres.

Aujourd'hui, les chimistes sont convenus de considérer seulement comme *sucres véritables*, les principes immédiats qui, sous l'influence de l'eau et d'un ferment, peuvent fermenter, c'est-à-dire se transformer en acide carbonique et en alcool ou esprit-de-vin.

On distingue ainsi, des corps qui offrent cette propriété spécifique, les substances douées de la saveur douce qu'on rencontre dans la manne du frêne (*mannite*), la racine de réglisse (*glycyrrhizine*), l'écorce de la racine de grenadier (*granatine*), les baies de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sorbier (*sorbine*), les glands de chêne (*quercite*), le liquide et l'amande du coco (*glycine*), les lichens (*orcine* et *érythroglucine*), certaines algues (*phycite*), la manne d'Eucalyptus de la Nouvelle-Hollande (*Eucalyne*), une plante inconnue de Madagascar (*dulcose*), les exsudations sucrées du pin de Lambert de la Californie (*pinite*), les matières grasses (*glycérine*), la chair musculaire (*inosite*), etc. Ces substances, qui ne sont pas fermentescibles, n'appartiennent plus au genre de principes sucrés qui va spécialement nous occuper.

On connaît quatre espèces principales de sucre, qui peuvent chacune présenter des variétés plus ou moins nombreuses, à savoir :

1. Le *sucre ordinaire* ou *commercial*, qu'on appelle encore *sucre de canne* ou *de betterave*, suivant son origine, caractérisé par sa saveur sucrée très-prononcée, par la facilité avec laquelle il cristallise en gros prismes obliques à base rhombe, et par sa composition qu'on représente par la formule $C^{12}H^{11}O^{11}$;
2. Le *glucose* ou *glycose*, plus connu sous le nom de *sucre d'amidon* ou *de fécule*, ayant une saveur fraîche et peu sucrée comparativement au précédent, ne se montrant jamais qu'en tout petits cristaux mal définis, et dont la composition est représentée par $C^{12}H^{12}O^{12},2HO$;
3. Le *sucre liquide* ou *incristallisable*, ne pouvant pas prendre la forme solide, d'une saveur très-sucrée, et représenté par la formule $C^{12}H^{12}O^{12}$;
4. Enfin le *sucre de lait* ou *lactine*, peu soluble, ayant à peine de la saveur, cristallisant en petits parallélipipèdes très-durs, et représenté par la formule $C^{24}H^{24}O^{24}$, ce qui en fait un isomère du sucre liquide, puisque $C^{24}H^{24}O^{24} = 2(C^{12}H^{12}O^{12})$.

Ces quatre espèces de sucre ont donc des propriétés assez tranchées (1), quoiqu'elles ne diffèrent pas extrêmement sous le rapport de la composition élémentaire, comme le démontrent les tableaux suivants :

COMPOSITION SUR 100 PARTIES EN POIDS :

	Sucre de canne.	Glucose.	Sucre incristallisable.	Sucre de lait.
Carbone...	42,10	36,36	40,46	40,00
Hydrogène.	6,43	7,07	6,61	6,67
Oxygène...	51,47	56,57	52,93	53,33
	100,00	100,00	100,00	100,00

En d'autres termes :

(1) Des différences encore plus profondes nous sont fournies par la manière dont se comportent leurs dissolutions en présence d'un rayon de lumière polarisée. Mais pour vous faire comprendre cette action, et ce qu'on appelle le *pouvoir rotatoire* des sucres, il me faudrait entrer dans des explications trop longues, qui sont, d'ailleurs, mieux à leur place dans un cours ou dans un livre de physique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

12 molécules de charbon et 11 molécules d'eau.....	peuvent représenter	le *sucre de canne.*
12 molécules de charbon et 12 molécules d'eau.....	—	le *sucre incristallisable.*
12 molécules de charbon et 14 molécules d'eau.....	—	le *glucose.*
24 molécules de charbon et 24 molécules d'eau.....	—	le *sucre de lait.*

Au point de vue du commerce et de l'économie domestique, ces quatre sucres n'ont pas la même importance. Le *sucre de lait* n'est pas employé ; aussi je remets son étude spéciale au moment où je parlerai du lait. Le *sucre incristallisable* joue un rôle non négligeable dans l'alimentation par les fruits acidules et sucrés qui le contiennent, mais il n'est la base d'aucune extraction. Le *glucose* est préparé en assez grande quantité pour l'amélioration des vins, la fabrication de l'eau-de-vie et de la bière. Mais il n'y a véritablement que le *sucre de canne* qui serve à nos besoins journaliers, et qui soit extrait en grand. C'est donc ce sucre qui va d'abord fixer notre attention.

I. DU SUCRE ORDINAIRE OU SUCRE DE CANNE.

Très-répandu dans le règne végétal, il se montre surtout dans la canne à sucre et la tige des autres roseaux ou *arundo ;* dans le sorgho, le maïs et autres graminées ; dans la séve des palmiers, des érables, des bouleaux, etc.; dans les racines de betterave, de poirée, de panais, de carotte, de navet, de guimauve, de patate, de persil, de chervi, d'asphodèle rameux ; dans les tubercules de la gesse et du souchet comestible ; dans les melons, les citrouilles, les châtaignes, les dattes, les figues d'Inde, les carouges, la noix de coco, les bananes, la sapotille, le mango et autres fruits des tropiques ; dans les baies de genièvre, les gousses des plantes légumineuses, les amandes douces et amères ; dans le nectar des fleurs ; dans les exsudations concrètes (mannes) des frênes, des mélèzes et de plusieurs autres plantes; dans le seigle ergoté (1), etc.

C'est principalement de la canne (Indes, les deux Amériques, colonies intertropicales, Andalousie), de différents palmiers (Indostan), de l'érable (Amérique du Nord, Canada), du sorgho (Chine), de la citrouille (Hongrie), et de la betterave (France et nord de l'Europe), qu'on extrait le sucre pour les besoins de l'économie

(1) M. Berthelot a cru devoir distinguer par des noms particuliers, les sucres cristallisables de la manne d'Australie (*mélitose*), du tréhala ou manne de Turquie (*tréhalose*), de la manne du mélèze ou de Briançon (*mélézitose*), du seigle ergoté (*mycose*). Il les considère comme des isomères du sucre de canne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

domestique. Il a été employé, pour ainsi dire, de toute antiquité en Chine et dans les Indes. Les Européens ne le connurent que par les conquêtes d'Alexandre, et longtemps après même ils continuèrent à faire usage du miel comme matière sucrante. Les Gres nommaient le sucre *sel indien*, *miel de roseau*, *saccharon;* les Latins l'appelèrent *saccharum*, d'où vient notre mot *sucre*.

Ce sont les Arabes qui apportèrent la *canne* des Indes orientales comme prix de leurs conquêtes (1). Cultivée d'abord dans les îles

---

(1) La *canne à sucre* est un roseau gigantesque, originaire de l'Inde, au delà du Gange, d'où il passa en Arabie, en Syrie, et en Égypte, bien avant le dixième siècle, d'après M. Reinaud. Vers le milieu du douzième, les Siciliens en introduisirent la culture dans leur île. Lorsqu'en 1420, dom Henri, régent de Portugal, voulut utiliser Madère, que ses vaisseaux avaient découvert, il y fit planter des cannes à sucre tirées de Sicile. De Madère, les Portugais, par la suite, en transportèrent au Brésil. L'Espagne suivit cet exemple, et en enrichit les Canaries. Peu de temps après la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb, c'est-à-dire en 1506, Pierre d'Arrança apporta le même végétal à Hispaniola, actuellement Saint-Domingue, où il se multiplia si rapidement, grâce à la fertilité du climat, que, douze ans après, cette île possédait vingt-huit sucreries. Michel Ballestro tira du sucre de cette plante; et Gonzalès de Velosa ayant fait venir des ouvriers de l'une des îles Canaries, eut le premier la gloire d'obtenir du sucre dans le Nouveau-Monde. C'est à ces trois hommes que l'Amérique doit une de ses plus précieuses industries et une richesse de plusieurs milliards. Ce fut en 1643 que les Anglais commencèrent, à la Barbade, la culture de la canne. Les Français débutèrent à Saint-Christophe en 1644, et à la Guadeloupe en 1648.

On prétend que l'art de faire cristalliser le sucre est en usage depuis près de dix siècles chez les Arabes. Il est de beaucoup postérieur en Europe, quoiqu'on ne puisse pas peut-être assigner l'époque précise où il y a été introduit ou trouvé. Si l'on en croit Pancirolle, le raffinage du sucre a eu lieu dans l'Occident vers 1471, et l'honneur en est dû à un Vénitien qui, dit-il, s'enrichit extrêmement par cette découverte. Cependant nous avions en France du sucre raffiné plus d'un siècle et demi avant la découverte attribuée au Vénitien. Un compte de l'an 1333, pour la maison d'Humbert, Dauphin du Viennois, parle de *sucre blanc*. Il en est question dans une ordonnance du roi Jean, en 1353, où l'on donne aussi à cette substance le nom de *cafetin*. Eustache Deschamps, poëte mort vers 1420, et dont il reste des poésies manuscrites, dénombrant les différentes espèces de dépenses qu'une femme occasionne dans un ménage, compte celle du *sucre blanc* pour les tartelettes. Enfin, dans le *Testament de Pathelin*, une des farces qu'on jouait à la halle de Paris sur les tréteaux en 1640, l'apothicaire conseille au malade, entre autres remèdes, d'*user du sucre fin*.

Ce sucre *fin* ou *raffiné*, était tiré d'Orient par la voie d'Alexandrie, et il était apporté en très-grande partie par les Italiens, qui faisaient presque seuls le commerce de la Méditerranée. Il en venait aussi en gros pains des îles de Malte, de Chypre, de Rhodes et de Candie. Le sucre était alors une denrée fort chère et uniquement employée en médecine. On lit dans le *Relèvement de l'accouchée*, poésie du quinzième siècle, une anecdote, qu'avait conservée à Paris la tradition, sur un certain Saint-Dambray, qui, étant au lit de la mort et voulant soulager sa conscience, laquelle apparemment lui reprochait quelque profit illégitime, donna à l'Hôtel-Dieu trois pains de sucre.

Au dix-septième siècle, ce n'était plus le sucre d'Alexandrie, de Chypre, de Rhodes, que consommait la France; c'était seulement celui de Madère et des Canaries. Il en arrivait aussi beaucoup, par la voie des Hollandais, des Indes et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Chypre, de Candie, de Morée, elle fut transplantée par les Européens en Sicile, en Calabre, en Andalousie, aux Canaries, à Madère, enfin, au commencement du seizième siècle, aux Indes orientales, c'est-à-dire en Amérique, qui venait d'être découverte, et où la culture s'en est accrue d'une manière prodigieuse.

L'usage du sucre n'a commencé à se répandre généralement en Europe que vers la fin du dix-septième siècle. Sous le règne de Henri IV, cette substance était encore si rare en France, qu'on la vendait à l'once chez les pharmaciens, à peu près comme aujourd'hui nous achetons le quinquina. En 1700, la consommation totale de la France ne dépassait pas un million de kilogrammes. Les temps sont bien changés, puisque actuellement elle s'élève à plus de 125 millions (1).

Avant de vous dire, Messieurs, comment on parvient à isoler ce principe des autres substances qui l'accompagnent dans les plantes, il est nécessaire de vous exposer ses principales propriétés.

Il cristallise parfaitement bien, et on peut l'obtenir aisément en gros prismes transparents obliques à base rhombe, avec hémiédrie manifeste (*fig.* 369). Ces cristaux, qu'on nomme vulgairement *sucre candi*, ont une grande dureté, mais comme ils sont très-cassants, il est facile de les réduire en poudre fine.

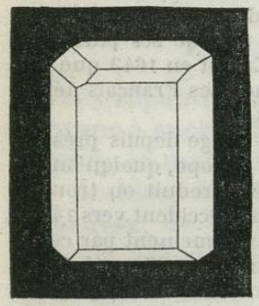


Fig. 369.

Le plus habituellement, dans le commerce, le sucre est en pains coniques, compactes, durs et sonores, dont la cassure grenue et cristalline ressemble beaucoup à celle du marbre blanc; on l'appelle *cassure saccharoïde*. C'est le résultat d'une cristallisation confuse.

---

l'Amérique. Le sucre de Hollande était en pains de 18 à 20 livres. On le nommait *sucre de palme*, parce que les pains étaient enveloppés dans des feuilles de palmier. Vers 1660, les Anglais fournissaient de sucre tout le nord de la France. Vers 1695, les colonies françaises approvisionnaient le royaume.

(1) La consommation des pays sucriers en Amérique, en Afrique, en Asie, est évaluée à 2 milliards 110 millions de kilogr. Humboldt estimait à près de 5 kilogr. la consommation annuelle par tête au Mexique. Si l'on fait entrer en ligne ce qu'il faut aux besoins de l'Europe et à ceux des diverses régions qui tirent du sucre de chez leurs voisins, il se trouvera 2 milliards 800 millions de kilogr., pour la totalité de la production en ce moment.

D'après des relevés dignes de foi, la consommation annuelle est, en moyenne, de 28 kil. de sucre par homme à Cuba, de 15 kil. en Angleterre et en Écosse, de 8 kil. en Hollande, de 3 kil. un tiers en France, de 3 kil. en Belgique, en Espagne, en Suisse, de 2 kil. et demi en Portugal, en Danemark, en Pologne, de 1 kil. et demi en Prusse, en Suède et en Norwége, de 1 kil. et au-dessous en Italie, en Autriche, en Russie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Complétement pur, le sucre est dépourvu de couleur et d'odeur. Il est inaltérable à l'air. Il a une saveur douce, agréable, qui plaît non-seulement à l'homme, mais même à la plupart des animaux. Cette saveur est sensiblement modifiée par la pulvérisation et le râpage. C'est surtout le sucre très-dur, le candi, qui présente ce fait au plus haut degré. Il paraîtrait que l'effort qu'on fait avec la râpe ou le pilon élève assez la température pour que le sucre éprouve un commencement de carbonisation qui lui fait acquérir un léger goût d'empyreume. Ce phénomène a de l'analogie avec celui que nous produisons à chaque instant en frottant vivement les mains l'une contre l'autre ; on sent manifestement alors une odeur de corne grillée, qui atteste assez un commencement de combustion déterminée par le frottement (1).

La densité réelle du sucre est de 1,606, d'après Fahrenheit; mais la densité apparente du sucre en pain varie considérablement, même lorsqu'il est dans un assez grand état de pureté, car le volume de cette sorte de sucre est représenté par du sucre réel et par de l'air contenu dans une multitude de fissures qui existent entre les cristaux; c'est cet air qui s'échappe en bouillonnant, lorsqu'on plonge ce sucre dans l'eau. Le volume apparent du sucre pouvant considérablement varier, selon qu'il est plus ou moins poreux, cela a fait croire à plusieurs personnes que certains sucres sucraient beaucoup moins que d'autres. Cela n'est vrai que si on les compare à volumes égaux; mais comme on les achète toujours au poids, il est évident que, toutes choses égales d'ailleurs, les sucres peu denses, dits légers, sont aussi riches que les plus compactes et les plus cohérents. Il est quelquefois avantageux de pouvoir donner au sucre un volume assez considérable, sans qu'il présente des pores trop visibles; c'est ce sucre que recherchent les cafetiers, parce qu'à poids égal, il offre plus d'apparence et se dissout plus rapidement.

Soumis à l'action d'une douce chaleur, le sucre fond, se colore en jaune, puis en brun, répand une odeur piquante, se bour-

(1) Ce n'est pas ainsi que le célèbre mathématicien Laplace expliquait ce changement de saveur dans le sucre pilé. « Monsieur, lui disait un jour Napoléon, comment se fait-il qu'un verre d'eau dans lequel je fais fondre un morceau de sucre me paraisse bien meilleur que celui dans lequel je mets pareille quantité de sucre pilé ? — Sire, répondit le savant, il existe trois substances dont les principes sont exactement les mêmes, savoir : le sucre, la gomme et l'amidon; elles ne diffèrent que par certaines conditions dont la nature s'est réservé le secret, et je crois qu'il est possible que, dans la collision qui s'exerce par le pilon, quelques portions sucrées passent à l'état de gomme ou d'amidon, et causent la différence qui a lieu en ce cas. » C'était, sans doute, une réponse admirable pour un homme pris au dépourvu, mais un chimiste ne pourrait s'en contenter aujourd'hui.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soufle et forme un liquide d'un brun rougeâtre, légèrement amer, incristallisable, visqueux, désigné habituellement sous le nom de *caramel*, et que les ménagères emploient pour colorer le bouillon ou autres préparations culinaires. Dans cette opération, effectuée à une température de + 210 à 220°, le sucre perd de l'eau, avec des traces d'acide acétique et de matière huileuse qui exhale faiblement l'odeur particulière propre au sucre brûlé. Ces substances se forment aux dépens des éléments du sucre, dont la constitution se trouve alors profondément altérée. En évaporant le caramel jusqu'à siccité, il en résulte une masse noire, ayant l'aspect de l'anthracite, entièrement soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, insipide, hygroscopique, et n'ayant plus de propriétés fermentescibles. Sa formule est représentée par $C^{12}H^{9}O^{9}$. C'est donc du sucre moins 2 équivalents d'eau.

Exposé subitement à une chaleur rouge, au libre contact de l'air, le sucre s'enflamme avec une sorte d'explosion : sa flamme est blanche avec une teinte de bleu sur les bords.

Il se dissout dans la moitié de son poids d'eau froide, et en toutes proportions dans l'eau bouillante. La dissolution est visqueuse et filante; elle porte le nom de *sirop* (1). La dissolution saturée a une densité de 1,321 à froid; elle marque 35° à l'aréomètre de Baumé; elle bout à + 105° ; son poids spécifique est alors de 1,267, et elle marque seulement 31°,5 audit aréomètre.

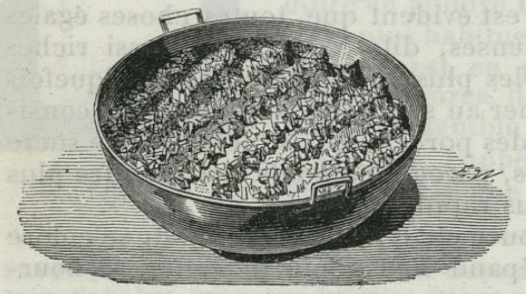


Fig. 370.

Lorsqu'on concentre le *sirop* jusqu'à 37° et qu'on le maintient dans une étuve chauffée à + 30° pendant une quinzaine de jours, après avoir tendu au travers du liquide des fils (*fig.* 370), il se dépose sur ceux-ci des cristaux volumineux et très-réguliers. C'est ainsi qu'on obtient le *sucre candi* du commerce.

Si, au lieu d'agir de la sorte, on cuit rapidement le sirop jusqu'à ce qu'en en projetant un peu dans l'eau froide, il se prenne en une masse consistante qui n'adhère plus aux dents, et si alors on coule la masse sur un marbre huilé, pour la rouler ensuite, quand elle est suffisamment refroidie, en petits cylindres, on fait ce qu'on appelle communément du *sucre d'orge* (2).

(1) Les sirops étaient inconnus aux Grecs; ce sont les Arabes qui les ont inventés.

(2) Ce nom vient de ce qu'autrefois on cuisait le sucre dans une décoction d'orge; cette pratique est depuis longtemps abandonnée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce nouvel état, le sucre est transparent et amorphe. C'est évidemment un cas de *dimorphisme* analogue à celui que présente le *soufre mou*, et dû certainement à la même cause. Ce sucre amorphe a ses molécules dans un état d'équilibre instable, et lorsqu'on le conserve, même dans un lieu sec, il se désagrége peu à peu, devient opaque, et cristallise avec une structure radiée dont les rayons sont dans un plan perpendiculaire à l'axe des cristaux ; il retourne ainsi à l'état de sucre ordinaire, très-probablement en émettant de la chaleur, ainsi que cela arrive pour le *soufre mou* qui repasse à l'état de *soufre dur*. Cette observation curieuse a été signalée par Braconnot, et a offert le premier exemple des mouvements qui s'exercent dans les particules des corps même solides.

Les confiseurs font tous leurs efforts pour empêcher ce mouvement moléculaire si curieux; et, pour conserver le sucre d'orge à l'état transparent, ils ajoutent à dessein du vinaigre au sirop qui sert à le préparer. On retarde ainsi la conversion en sucre opaque; mais on ne l'empêche pas. Il en est de même pour le sucre de pommes des confiseurs, qu'on prépare comme le sucre d'orge, si ce n'est qu'on ajoute au sirop un peu de gelée de pommes et de l'eau de fleur d'oranger ou de l'essence de citron pour l'aromatiser.

Une autre modification plus profonde qu'éprouve le sucre, c'est celle qu'il subit lorsqu'on chauffe trop longtemps le sirop au delà de $+110°$, ou même lorsqu'on le garde plusieurs heures sur le feu sans le faire bouillir. Il se colore, devient acide et en grande partie incristallisable. Les pharmaciens et les confiseurs, qui connaissent très-bien ces faits, ne laissent les sirops sur le feu que le moins de temps possible.

Le sucre se dissout assez bien dans l'eau-de-vie ou esprit-de-vin faible, mais plus difficilement dans l'esprit-de-vin rectifié. C'est avec de l'eau-de-vie sucrée et aromatisée convenablement qu'on prépare les liqueurs de table, inventées par les Italiens, et qui furent introduites en France lorsque Catherine de Médicis vint en 1533 épouser, pour le malheur du royaume, le dauphin Henri II, fils de François Ier. L'usage s'en répandit très-promptement. Dans ces liqueurs, il y a 28 à 30 p. 0/0 d'esprit-de-vin ou d'alcool.

La plupart des acides font éprouver au sucre une altération plus ou moins prononcée.

Presque tous, quand ils sont affaiblis, qu'ils soient minéraux ou organiques, le convertissent peu à peu, même à froid, en sucre incristallisable et en glucose, et c'est au mélange de ces deux sucres qu'on a donné dans ces derniers temps le nom de *sucre interverti*. Lorsqu'on abandonne ce sirop pendant plusieurs mois, il se sépare des cristaux mamelonnés qui ne sont autre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chose que du glucose, et il reste un liquide brun sirupeux, incapable de se solidifier ; c'est le sucre liquide ou incristallisable. Voilà ce qui arrive dans les sirops de citron, d'orange, de groseilles, etc., dans les confitures de fruits gardées trop longtemps ; il s'y opère des dépôts ou des cristallisations grenus, comme chacun de vous a pu l'observer ; c'est le glucose qui s'isole du sucre interverti formé sous l'influence des acides.

Cette action progressive des acides faibles, qui change la constitution du sucre de canne en associant à ses éléments une nouvelle quantité d'eau, permet de comprendre pourquoi le sucre ordinaire ne se trouve jamais dans les fruits franchement acides (raisins, groseilles, cerises, prunes, pommes, etc.) ; ces derniers ne contiennent, en effet, que du *sucre interverti ;* aussi, quand ils se dessèchent, du glucose vient s'effleurir en petits grains blancs à leur surface (pruneaux, figues, raisins secs, etc.), tandis que l'intérieur conserve le sucre liquide.

Sous l'influence de la chaleur, les acides faibles ou étendus opèrent rapidement cette conversion du sucre en *sucre interverti*, puis, aussitôt après, en lui enlevant de l'eau, ils le changent en *acide ulmique*, avec de l'*acide formique*, s'il y a accès d'air.

L'acide sulfurique concentré détruit rapidement le sucre, le convertit en *acide ulmique* ou *sacchulmique*, en développant du gaz sulfureux et de l'*acide formique*.

Si l'on chauffe dans un matras 20 grammes de sucre avec 80 grammes d'acide sulfurique, on obtient, d'après M. Filhol, un dégagement de gaz oxyde de carbone, contenant environ 1/5 d'acide carbonique. Il faut maintenir le mélange à une très-douce chaleur; la masse se tuméfie, noircit et devient presque solide.

Distillé avec un mélange d'acide sulfurique et de peroxyde de manganèse, le sucre donne beaucoup d'*acide formique*, en même temps qu'une masse brune et charbonneuse dans le résidu.

Mais c'est surtout l'acide azotique qui produit sur le sucre les modifications les plus remarquables. Vous savez, Messieurs, avec quelle facilité cet acide cède de son oxygène aux éléments combustibles en présence desquels il se trouve. Eh bien ! chauffé légèrement avec le sucre, l'acide azotique lui enlève peu à peu de l'hydrogène et du carbone, d'où résultent de l'eau, du gaz carbonique et des vapeurs nitreuses, et l'amène ainsi à l'état de substance très-oxygénée. Il se forme d'abord de l'*acide acétique* ou vinaigre, puis un autre acide plus oxygéné qu'on a nommé *acide saccharique*, et en dernier lieu un acide qui ne renferme plus du tout d'hydrogène : c'est l'*acide oxalique*. Ainsi, en définitive, le sucre, en perdant son hydrogène et une partie de son carbone, se trouve converti en acide oxalique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voilà donc un moyen très-simple et très-expéditif de se procurer cet acide. C'est Bergmann qui l'a indiqué d'abord, et, dans les laboratoires comme dans les fabriques, on le met en pratique pour en préparer de grandes quantités. Pour cela, on distille 9 parties d'acide azotique étendu du quart de son volume d'eau, sur 1 de sucre en poudre, et, lorsqu'il ne se dégage plus de vapeurs rutilantes, on évapore à l'air libre le liquide de la cornue, pour pouvoir faire cristalliser l'acide oxalique qu'il contient. Avec 3 parties de sucre et 30 parties d'acide faible, on peut produire 1 partie d'acide cristallisé.

Le sucre n'est pas le seul principe immédiat qui se change en acide oxalique par l'action de l'acide azotique ; presque tous les autres, quelle que soit la classe à laquelle ils appartiennent, éprouvent la même conversion. En sorte que l'on peut regarder comme un fait général cette réaction curieuse de l'acide azotique sur les matières organiques. Mais parmi toutes ces matières, le sucre et l'amidon ou fécule sont celles qui produisent le plus d'acide oxalique. Cette dernière substance fournit un peu plus de la moitié de son poids d'acide.

Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que la potasse caustique, par sa calcination avec le sucre et la plupart des autres principes immédiats, donne lieu également à la production d'une grande quantité d'acide oxalique. Ce fait a été découvert d'abord par Vauquelin, puis confirmé et généralisé par Gay-Lussac. L'industrie n'en a pas encore tiré parti.

La potasse, la soude, la chaux et les autres oxydes métalliques s'unissent au sucre sans le colorer, et forment avec lui des composés solubles dans l'eau, qu'on appelle des *saccharates* ou *sucrates*, dans lesquels le sucre conserve toutes ses propriétés, seulement il a perdu plus ou moins d'eau.

Le saccharate de plomb a pour formule..... $= C^{12}H^{9}O^{9},2PbO$
— de chaux..... $= C^{12}H^{11}O^{11},CaO$
— de baryte..... $= C^{12}H^{11}O^{11},BaO$

Les saccharates sont solubles ; c'est ce qui fait qu'une solution aqueuse de sucre peut dissoudre une quantité considérable de chaux et d'oxyde de plomb.

Le saccharate de chaux présente une propriété curieuse : sa dissolution claire et limpide se trouble et se coagule en une masse blanche par l'ébullition ; c'est qu'il se dédouble en sucre qui devient libre dans la liqueur, et en un sel basique de chaux, $C^{12}H^{11}O^{11}$, 3CaO, qui est insoluble; mais en se refroidissant, la liqueur redevient transparente et liquide, parce que le sous-sel de chaux, en reprenant le sucre qu'il avait abandonné, reforme le sucrate soluble primitif $C^{12}H^{11}O^{11},CaO$. Ce sel offre donc, d'une ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nière qu'on peut dire exagérée, un caractère que présentent assez généralement les sels de chaux, une solubilité qui décroît à mesure que la température s'élève.

L'eau pure ne dissout que 1/1000e de son poids de chaux, tandis que l'eau sucrée en dissout une quantité considérable, proportionnelle au poids du sucre qu'elle contient. Voilà un moyen commode d'employer la chaux en médecine à l'état de solution. M. Péligot a tiré parti de cette propriété, pour faire l'essai des sucres. Vous vous rappelez que le sucrate de chaux sert avec succès au dosage de l'azote dans l'analyse élémentaire.

Ainsi que Soubeiran l'a vu, le sucre combiné aux alcalis n'est plus aussi altérable par la chaleur, sous l'influence de l'eau et de l'air. La chaux, en particulier, a pour effet de retarder sa transformation moléculaire en sucre incristallisable. Les dissolutions de sucrates ne se colorent donc pas quand on les fait bouillir, ce qui distingue nettement le sucre de canne de tous les autres, que les alcalis brunissent immédiatement par la chaleur.

Les saccharates de chaux, de baryte, de potasse, de soude, peuvent s'unir aux oxydes et même à des sels insolubles, et les dissoudre, parce qu'il se fait des saccharates doubles. Voilà pourquoi, ainsi que l'a signalé d'abord M. H. Rose, certains oxydes métalliques, entre autres ceux de fer et de cuivre, ne peuvent être précipités par les alcalis de leurs dissolutions, lorsque celles-ci renferment du sucre en certaine quantité.

Le sucre exerce, sous l'influence de l'eau bouillante, une action réductrice sur les sels d'argent, d'or, de mercure, de cuivre. A froid, il faut un temps excessivement long, surtout pour les sels de cuivre. Avec ces derniers, il se dépose un corps jaune, qui est de l'hydrate de protoxyde de cuivre.

L'acétate triplombique ne précipite pas le sucre de sa dissolution. Or, comme ce sel peut, au contraire, précipiter la plupart des autres principes immédiats, il sert avec avantage à isoler le sucre des substances étrangères qui l'accompagnent dans les végétaux ou dans les liquides animaux.

Le sucre s'unit très-bien au sel marin, et forme un composé défini, très-déliquescent, qui a pour formule $NaCl + 2C^{12}H^{11}O^{11}$. Ce fait explique pourquoi des betteraves cultivées dans des terrains salés ne fournissent que très-peu de sucre ; la plus grande partie de celui-ci reste dans les mélasses, associé au sel marin, sous forme d'un composé très-soluble. Cette circonstance a causé la ruine de quelques sucreries de betteraves élevées sur les bords de la mer.

M. Maumené, de Reims, a tiré parti de la propriété que possède le perchlorure d'étain de noircir la solution de sucre, pour en découvrir la présence dans un liquide quelconque. Il prépare, à cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

effet, des bandelettes de mérinos blanc, qu'il trempe pendant quelques minutes dans une solution aqueuse de chloride d'étain, et qu'il sèche ensuite au bain-marie. Ces bandelettes font l'office de papier réactif. Pour découvrir la matière sucrée dans une liqueur, il suffit d'en verser une goutte sur une semblable bandelette, et de l'exposer au-dessus d'un charbon rouge ou de la flamme d'une lampe; la présence de la matière sucrée sera accusée par la production d'une tache noire sur la bandelette.

Sous l'influence de la levûre de bière, le sucre, avons-nous dit précédemment, se dédouble en alcool et en acide carbonique ; mais, avant, il se convertit d'abord en sucre interverti $=(C^{12}H^{12}O^{12})+(C^{12}H^{12}O^{12},2HO)$, en sorte que ce n'est que d'une manière indirecte que le sucre de canne peut éprouver la fermentation alcoolique.

En général, les matières azotées qui accompagnent le sucre dans les végétaux lui font éprouver très-rapidement ces transformations, en sorte que, pendant son extraction, on ne saurait le soustraire trop promptement à l'action de ces agents destructeurs. Je reviendrai plus tard sur cette action remarquable des ferments, en vous parlant en détail de la fermentation et de tous ses produits.

II. — DU GLUCOSE OU SUCRE DE FÉCULE.

Ce sucre, qui fait partie du *sucre interverti*, soit celui qui existe dans les fruits acidules et sucrés, soit celui qui prend naissance par la réaction de la chaleur, des acides faibles et des ferments sur le sucre de canne, est fabriqué industriellement, comme vous le verrez bientôt, avec l'amidon ou la fécule, par l'intervention de l'acide sulfurique faible ou d'une espèce de ferment qu'on appelle *diastase*. Pour le moment, je signalerai simplement ses propriétés différentielles.

Il est habituellement en petits grains blanchâtres, formés d'un grand nombre de lamelles s'irradiant autour d'un centre commun, et formant ainsi des sortes de sphéroïdes hérissés de pointes. Ces grains, ayant peu de consistance, se groupent en mamelons analogues à ceux qu'on observe dans les choux-fleurs. La saveur douce qu'il présente est beaucoup moins franche que celle des deux autres espèces de sucre. Il est aussi moins soluble dans l'eau ; mais l'alcool le dissout en plus grande quantité que le sucre de canne.

Sa solution aqueuse peut supporter une ébullition assez prolongée sans se colorer, ce qui semble établir qu'il est plus stable que le sucre ordinaire.

Quand on le fond vers 100°, il perd 2 équivalents d'eau, et il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

offre alors la composition du sucre incristallisable $C^{12}H^{12}O^{12}$; c'est également celle qu'il possède quand il est combiné à l'oxyde de plomb.

Ce qui distingue encore le glucose du sucre de canne, c'est l'action bien différente qu'exercent sur lui les acides, les alcalis et certains sels métalliques.

Il est inaltérable par les acides les plus énergiques. Ainsi, il se dissout, sans se colorer, dans l'acide sulfurique concentré, car on peut l'isoler du liquide acide sans qu'il ait perdu aucun de ses caractères.

Il est, au contraire, très-altérable par les alcalis. En effet, sa dissolution brunit fortement, même à froid, et, en chauffant à l'ébullition, elle devient noire. Le glucose est converti, à froid, en perdant une certaine quantité d'hydrogène et d'oxygène à l'état d'eau, en un acide particulier, que M. Dumas nomme *acide glucique*, et à chaud, en perdant une plus forte quantité d'eau, en un autre acide noir, que le même chimiste a désigné sous le nom d'*acide mélasique*.

On peut tirer parti de cette réaction remarquable des alcalis pour reconnaître la fraude, très-commune aujourd'hui, des cassonades de canne par le glucose. Voici comment il faut opérer, d'après M. Chevallier. On dissout 1 gramme de potasse caustique dans 32 grammes d'eau distillée, et on ajoute dans cette liqueur 5 grammes du sucre à essayer. On introduit le tout dans un petit matras d'essai, et l'on chauffe jusqu'à l'ébullition.

Si le sucre est pur, la potasse ne détermine pas de coloration bien sensible ; si, au contraire, le sucre est mêlé de glucose, il y a coloration, et la coloration est d'autant plus intense que la quantité de glucose est plus considérable.

Toutefois, de ce que, dans ces essais, la potasse caustique donne un peu de coloration au sucre essayé, il ne faudrait pas conclure précipitamment qu'il y a eu addition frauduleuse de glucose, car M. Kuhlmann a reconnu que les sucres de betterave et de canne contiennent des quantités variables de sucre altéré, qui partage les propriétés du glucose. J'ai constaté aussi, de mon côté, que les cassonades renfermant un peu de sucre liquide ou de mélasse se colorent en noir par la potasse caustique. Ces circonstances nécessitent de ne pas partir d'un seul type dans les essais comparatifs; elles imposent l'obligation de comparer tout sucre à essayer à une quantité de même nuance et de même espèce.

Le glucose réduit les sels métalliques de la dernière section avec bien plus de rapidité que le sucre de canne, à l'aide de la chaleur. Il peut même décomposer à froid les sels de cuivre, même le sulfate, et en isoler du protoxyde rouge. C'est ce que nous ont appris MM. Krantz et Frommherz. — Qu'on ajoute, goutte à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

goutte, une solution de sulfate de cuivre à une solution de glucose additionnée de potasse caustique et de crème de tartre, il se produit une liqueur d'un bleu foncé qui, en très-peu d'instants, se trouble, passe au vert, au jaune, puis au rouge, et laisse déposer duprotoxyde de cuivre. Si l'on chauffe, cette séparation s'effectue aussitôt, et la liqueur se décolore complétement. Un liquide renfermant 0,00001 de glucose donne, par l'ébullition, un précipité rouge sensible. Lorsqu'il n'en contient que 0,000001, on remarque encore, à la lumière réfléchie, une coloration rougeâtre manifeste.

En remplaçant le glucose par le sucre ordinaire, rien de semblable ne se produit. On peut porter le mélange à l'ébullition sans qu'il se dépose de protoxyde de cuivre, si ce n'est au bout d'un temps très-long, et encore la réduction du sel de cuivre n'est-elle jamais complète.

On peut donc tirer parti de ces caractères si différents pour reconnaître la présence du glucose dans les sucres ordinaires, et même pour apprécier les proportions respectives du mélange.

M. Barreswil a indiqué pour ces essais une *liqueur d'épreuve* qui est généralement adoptée. On la prépare en faisant dissoudre à chaud dans 1/3 de litre d'eau distillée 50 grammes de crème de tartre et 40 grammes de cristaux de soude, ajoutant ensuite 30 grammes de sulfate de cuivre pulvérisé, faisant bouillir, et, après refroidissement, mêlant à la liqueur 40 grammes de potasse caustique dissoute dans 1/4 de litre d'eau. On complète avec de l'eau distillée le volume d'un litre, on fait bouillir de nouveau, et on conserve la liqueur, qui est d'un bleu foncé, dans un flacon violet, c'est-à-dire à l'abri de la lumière.

Pour pouvoir se servir de cette *liqueur d'épreuve*, il faut d'abord la *titrer*, c'est-à-dire rechercher la quantité de glucose pur nécessaire pour décolorer complétement un volume déterminé de cette liqueur chaude. Cela fait, on étend la liqueur bleue avec assez d'eau pour que 100 centimètres cubes soient décolorés par 1 gramme de glucose.

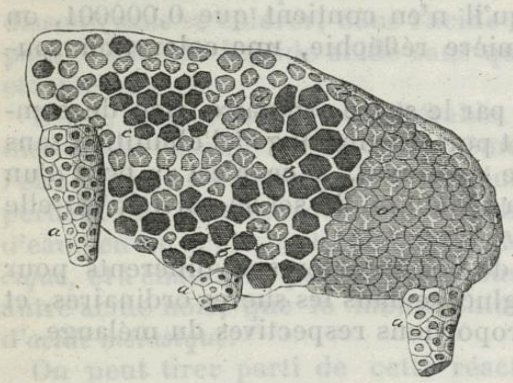
Alors quand on veut faire l'essai d'une liqueur sucrée quelconque, on mesure 100 centimètres cubes de *liqueur d'épreuve titrée*, on les fait bouillir dans une petite capsule de porcelaine, et on y laisse tomber, goutte à goutte, d'une burette graduée en centimètres cubes, la liqueur sucrée dont on veut doser le glucose; l'on s'arrête aussitôt que la décoloration est complète. Le volume de liqueur sucrée employée pour produire ce résultat contiendra exactement 1 gramme de glucose.

Il est bon de savoir que le sucre incristallisable, le sucre de lait, la sorbine et quelques autres principes se comportent comme le glucose avec la *liqueur de Barreswil*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

III. — DU MIEL.

Le MIEL n'est point une espèce distincte de sucre. Tel qu'on le trouve dans les rayons ou gâteaux des ruches construits par les abeilles (*fig.* 371), il est liquide, et alors, d'après Soubeiran, il est



PORTION DE GATEAU D'ABEILLES. — *a* cellules royales; — *b* cellules des mâles; — *c* cellules des ouvrières; — *d* cellules destinées à contenir le miel ou les œufs lors de la ponte (couvain).

Fig. 371.

presque en totalité constitué par du sucre interverti, associé à une faible quantité de sucre de canne. Quelque temps après qu'il a été extrait des rayons, ou dans les rayons mêmes, si l'on tarde trop à l'enlever, il se prend en masse par la cristallisation du glucose.

Le miel renferme, de plus, un principe aromatique particulier, mais variable, et, quand il est moins pur, de la cire, un acide, de la *mannite*, et même du *couvain*, matière azotée qui lui donne la propriété de se putréfier. Ce couvain est la substance qui forme les alvéoles dans lesquelles les abeilles déposent leurs larves et leurs œufs.

Pour isoler le miel des gâteaux, on expose ceux-ci sur des claies au soleil ; la partie la plus pure en découle; c'est ce qu'on appelle le *miel vierge*. En exprimant ensuite les gâteaux, on obtient une qualité de miel plus colorée et moins agréable, qui a besoin d'être purifiée par le repos et la décantation.

Les miels les plus estimés sont ceux que l'on recueille au mont Hymète (Livadie), à Mahon (îles Baléares), dans les îles grecques, à Cuba, et, après eux, ceux du Gâtinais, de Narbonne, d'Argences et de Lisieux (Basse-Normandie). Les premiers sont liquides, blancs et transparents comme du sirop ; les derniers sont blancs et grenus, en raison de la forte proportion de glucose qu'ils renferment. La Brie, la Picardie, la Champagne donnent des miels blancs ordinaires, dont quelques-uns sont un peu âcres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les plantes ont une influence très-marquée sur la nature et les propriétés du miel. En effet, les abeilles qui butinent sur les plantes aromatiques de la famille des labiées, produisent des miels excellents, tandis qu'elles n'en donnent que de colorés, liquides et désagréables, comme les miels de Bretagne, lorsqu'elles vont se nourrir sur les fleurs de bruyère et de sarrasin. Les plantes vénéneuses, la jusquiame, l'azalée pontique, l'aconit, la kalmie, fournissent des miels qui causent des vertiges et même le délire à ceux qui en mangent. Auguste de Saint-Hilaire a failli périr pour avoir mangé, au Brésil, d'un miel préparé par la guêpe nommée *Lecheguana*.

Ces faits semblent indiquer que le miel n'est point le résultat d'une sécrétion animale, qu'il existe tout formé dans les fleurs ; car on ne concevrait pas comment le même insecte pourrait donner tantôt un produit salutaire, tantôt un produit nuisible. Au reste, cette question est encore fort obscure. Toutefois, dans le *nectar* ou suc visqueux et sucré des fleurs, ce n'est pas du miel tout formé qui s'y trouve. D'après Braconnot, le nectar contient des proportions peu variables de sucre incristallisable et de sucre ordinaire, sans traces de glucose, de gomme ni de mannite. Voici sa composition sur 100 parties :

Sucre de canne	13
Sucre liquide ou incristallisable	10
Eau	77
	100

Dans quelques fleurs, cependant, la proportion du sucre de canne paraît très-sensiblement augmentée. C'est ainsi que le *nectar* des cactus n'offre, par la cristallisation, que du sucre de canne presque exempt de sucre liquide.

Puisque, contrairement à l'opinion reçue, la matière sucrée des fleurs n'est point semblable au miel, et que le sucre concret que fournit le *nectar* a toutes les propriétés du sucre de canne, il est évident que celui-ci, en séjournant dans un des estomacs de l'abeille, y éprouve une altération due peut-être à la présence d'un acide libre, ou à toute autre cause qui le fait passer à l'état de sucre de miel ou de glucose, comme le prouvent d'ailleurs les expériences de Hubert. On sait, en effet, que cet ingénieux naturaliste a nourri des abeilles uniquement de sucre de canne, aux dépens duquel ces laborieux insectes ont continué à fabriquer le miel et la cire.

Le miel est aussi fréquemment employé comme médicament que comme aliment. Associé au vinaigre, il en résulte un sirop qu'on appelle *oxymel*. Si on le délaie dans l'eau et qu'on laisse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fermenter le liquide, on obtient une boisson très-agréable, ressemblant presque au vin muscat, qui est connue depuis longtemps sous le nom d'*hydromel*, et dont on fait beaucoup d'usage en Russie, en Pologne et dans tout le nord de l'Europe. C'est la première boisson fermentée connue. Au treizième siècle, on ajoutait à l'hydromel des poudres d'herbes aromatiques, et l'on faisait ainsi la boisson, très- estimée, nommée alors *borgérase* ou *borgeraste*. Le miel entre dans la composition du pain d'épices, de diverses pâtisseries et d'autres friandises. Les juifs de l'Ukraine et de la Moldavie l'exposent à la gelée dans des vases opaques et métalliques, pendant quelques semaines, pour lui faire acquérir plus de blancheur et une consistance ferme. C'est avec ce miel ainsi modifié que sont édulcorés les liqueurs de Dantzick, le marasquin de Zara et le rosoglio. Avant la découverte de l'Amérique, la cuisine faisait grand usage du miel. Les anciens n'avaient pas d'autre matière sucrante.

On mélange quelquefois le miel dans le commerce avec une certaine proportion de fécule ou de farine de haricots, afin de lui donner de la blancheur et du poids; mais cette fraude se reconnaît facilement, en délayant le miel que l'on croit falsifié dans une petite quantité d'eau froide; le miel se dissout à l'instant, et la fécule ou la farine se précipite. Avec l'iode, on constate bien aisément ensuite la nature du dépôt. Lorsqu'on chauffe ces sortes de miels, ils se liquéfient d'abord, mais par le refroidissement ils deviennent solides et tenaces.

TRENTE-SIXIÈME LEÇON.

DES PRINCIPES IMMÉDIATS NEUTRES (SUITE).

SOMMAIRE. — Extraction du sucre de canne dans les colonies; cassonade, mélasse. — Extraction du sucre de la betterave; nouveaux perfectionnements introduits dans cette industrie. — Raffinage des sucres bruts. — FERMENTATION ALCOOLIQUE. — Théorie de la transformation du sucre en alcool. — Nature de la *levûre de bière*.

Maintenant, Messieurs, que vous connaissez les caractères les plus importants des différents sucres, je puis vous apprendre comment on extrait le sucre ordinaire des végétaux qui le renferment. Je me bornerai, toutefois, à des notions générales sur ce sujet, et je ne vous parlerai que des procédés suivis pour le traitement de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la canne et de la betterave, car les autres végétaux saccharifères ne donnent pas lieu à des exploitations assez considérables pour qu'il soit nécessaire d'en faire ici mention.

A. *Extraction du sucre de la canne.* La canne à sucre, *arundo saccharifera* des botanistes, est une plante de la famille des graminées, dont la tige, haute de 3 à 4 mètres, est entrecoupée de nœuds très-rapprochés (*fig.* 372). On la récolte avant la floraison, c'est-à-dire neuf mois après sa plantation, dans les Indes, et 12 à 20 mois après sa plantation en Amérique. Alors elle a une couleur jaunâtre, et son suc est visqueux et très-doux. La tige *a* n'est pas également sucrée dans toute sa longueur; la partie inférieure en contient plus que la moyenne, et celle-ci plus que la supérieure; c'est pour cette raison qu'on retranche la flèche ou le sommet, avant la récolte, pour servir de bouture. Cette première opération faite, on coupe le reste de la tige très-près de terre, et on en forme des bottes que l'on porte au moulin, ou sous des presses à cylindres d'une grande puissance.



Fig. 372.

D'après M. Peligot, la canne fraîche renferme sur 100 parties :

Eau	72,1
Sucre et autres matières solubles	18,0
Ligneux	9,9
	100,0

Elle contient donc, en théorie, 90 p. 100 de suc ou *vesou*, mais son écrasement est tellement difficile, son tissu est tellement spongieux, qu'elle n'en fournit guère, à la Martinique, en moyenne, que 50 p. 100.

Le prétendu *moulin* qui sert à écraser les cannes (*fig.* 373) est une espèce de laminoir composé de trois gros cylindres de fer, élevés verticalement sur un plan horizontal ou sur une table entourée d'une rigole pour l'écoulement du suc. Ces cylindres sont traversés par un axe de bois terminé en pivot aux deux extrémités. Celui du milieu est mu par une force quel-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

conque, et, au moyen d'engrenages, il communique son mouvement en sens contraire aux deux autres. Un esclave présente un paquet de cannes entre deux de ces cylindres, dont le mouvement tend à les y faire entrer;

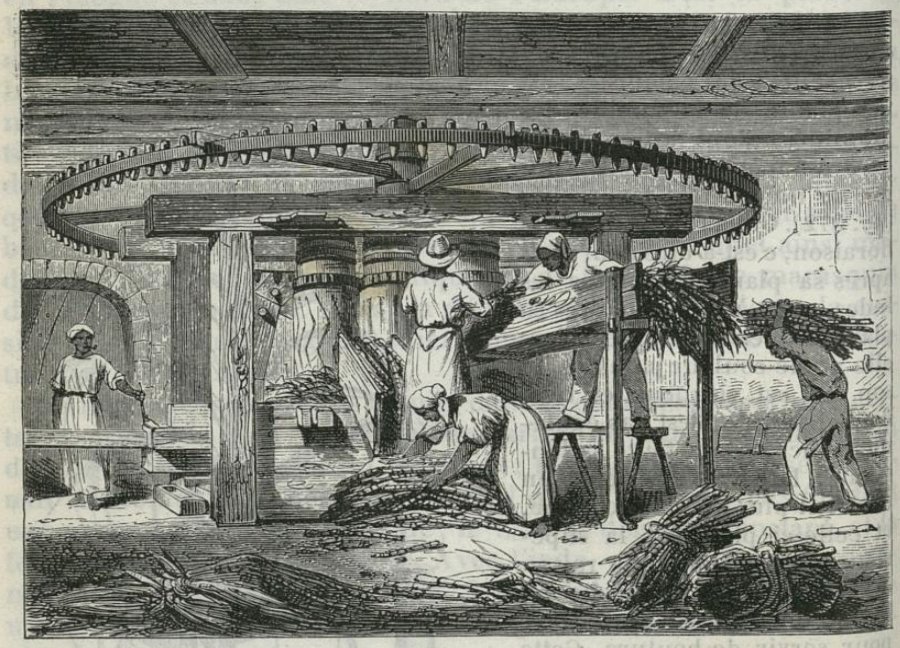


Fig. 373.

elles y passent, s'écrasent et le suc en découle. Pour mieux les épuiser, un autre esclave, placé derrière le moulin, les reçoit et les présente de l'autre côté du cylindre du milieu; elles y entrent de nouveau, sont encore écrasées et repassent du premier côté.

Aujourd'hui, dans les sucreries bien montées, le moulin est remplacé par des presses beaucoup plus énergiques, qui consistent en 3 gros cylindres A,B,C creux, en fonte, placés horizontalement dans un bâti très-solide en fonte avec armatures de fer forgé (*fig.* 374). Ces cylindres

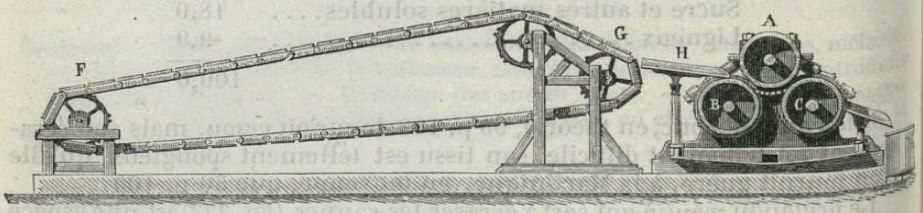


Fig. 374.

peuvent être rapprochés les uns des autres au moyen de vis de pression. Les cannes sont amenées par un tablier sans fin FG sur une plaque H,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et se trouvent ensuite aplaties et pressées par les cylindres A, B; une lame courbe en tôle les conduit entre les cylindres A,C, qui sont plus rapprochés, de manière que la pression est graduée et aussi complète que possible. Le mouvement est communiqué par une grande roue à pignon à l'un des cylindres qui, à son tour, fait tourner les deux autres au moyen de roues d'engrenage. On fait marcher lentement le système pour laisser au jus le temps de s'écouler; on en extrait de 60 à 65 p. 100.

La canne ainsi exprimée se nomme *bagasse;* on la fait sécher et on l'emploie comme combustible.

Le suc exprimé ou *vesou* peut être considéré comme une dissolution aqueuse de sucre, à peu près pure, puisque, d'après MM. Peligot et Plagne, il a la composition suivante :

	PELIGOT.	PLAGNE.
Matières solides.....	21,30	21,45
Eau.....	78,70	78,55
	100,00	100,00

Ou, en d'autres termes :

Sucre solide et cristallisable..	209,0	208,0
— incristallisable.....	»	7,5
Sels divers.....	1,7	traces.
Matières organiques.....	2,3	0,8
Eau.....	787,0	783,7
	1000,0	1000,0

Comme le *vesou* est susceptible de s'altérer promptement, par l'effet des petites quantités de matières organiques azotées qu'il renferme, on a soin de le *défequer* aussi rapidement que possible, en le chauffant, avec quelques centièmes de chaux, à + 60° environ, dans une grande chaudière de cuivre. Il se forme des écumes composées de cire, d'albumine, de matière colorante verte, de parenchyme, de silice, de phosphate de chaux, qui s'élèvent à la surface du liquide et qu'on enlève à mesure. Quand le jus est suffisamment clarifié, on le fait passer dans une seconde chaudière, voisine de la première, et on l'y cuit rapidement jusqu'à ce qu'il marque 25° à l'aréomètre; alors on le filtre à travers une étoffe de laine. On l'évapore ensuite, dans d'autres chaudières, en consistance de sirop très-épais, puis on le verse dans une large bassine pour en accélérer le refroidissement, et bientôt après dans des caisses ou tonneaux percés de trous qui sont bouchés. Quelque temps après, on le remue avec une latte de bois pour favoriser la cristallisation. Le sucre, en refroidissant, se prend en une masse confuse de petits cristaux irréguliers. On débouche alors les trous, afin de faire écouler le sirop non cristallisé; on laisse sécher le sucre solide, qu'on expédie en Europe sous les noms de *sucre brut*, de *moscouade*, de *cassonade*.

Le sirop est cuit de nouveau et à plusieurs reprises, jusqu'à ce qu'il ne donne plus de cristaux; il est alors épais et de couleur brune; on le désigne sous le nom de *mélasse*, et on l'utilise principalement à la fabrication du *rhum*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La mélasse contient généralement 63 p. 100 de sucre cristallisable, 13 p. 100 de sucre incristallisable, 9 p. 100 de matières minérales, de substances azotées et mucilagineuses, enfin 15 p. 100 d'eau.

Terme moyen, 100 parties de vesou donnent 10 à 12 parties de sucre. On est loin, comme on voit, de recueillir toute la proportion qui existe dans la canne, puisque, d'après les analyses de MM. Avequin, Plagne et Peligot, le suc de canne contient 20 p. 100 de sucre cristallisable. La mélasse est la conséquence d'une mauvaise fabrication, car il suffit d'évaporer le vesou rapidement et au-dessous de + 100° pour en extraire, à l'état cristallin, tout le sucre qu'il renferme.

Dans les colonies, c'est avec les bagasses qu'on chauffe les chaudières à concentration. Ces bagasses renferment encore 28 à 30 p. 100 de sucre; perte énorme due au mauvais mode d'extraction employé.

Les procédés, suivis dans les colonies, sont donc très-défectueux. Depuis quelques années, on commence à y introduire ceux plus perfectionnés suivis en Europe pour l'extraction du sucre de la betterave, dont je vais maintenant vous parler.

B. *Extraction du sucre de la betterave.* — C'est en 1747 que Margraff, de Berlin (1), découvrit dans la betterave un sucre cristallisable, identiquement semblable à celui de la canne. Le baron Koppi et Achard, de Berlin (2), furent les premiers qui, quarante ans après, essayèrent de faire passer dans l'industrie cette découverte des laboratoires. Ce n'est, toutefois, qu'en 1812, que, grâce aux essais persévérants de Benjamin Delessert (3), on réalisa, en France, cette

(1) Margraff (André-Sigismond), né à Berlin en 1709, mort en 1790, était fils d'un pharmacien. Il fut d'abord préparateur de Neumann ; il se perfectionna ensuite dans les écoles de Francfort, de Strasbourg, de Halle et de Freyberg. L'un des premiers il employa la voie humide dans l'analyse organique, et appliqua le microscope à l'étude des sciences. Il a extrait la potasse du tartre et du sel d'oseille; il a fait connaître l'acide formique ; mais son plus beau titre, c'est d'avoir annoncé et prouvé qu'on pouvait tirer du sucre analogue à celui de la canne de plusieurs plantes communes indigènes à l'Europe et notamment de la betterave. — Tous les travaux de Margraff, qui ont une grande valeur, sont insérés dans les Mémoires de l'Académie de Berlin dont il était membre à vingt-neuf ans. L'Académie des sciences de Paris l'avait nommé associé étranger en 1762.

(2) Achard (Frédéric-Charles), né à Berlin en 1754, et mort dans cette ville en 1821, était d'origine française; il est assez illustre pour que ce soit un devoir de le rappeler. Il s'appliqua surtout, dès 1772, à l'extraction du sucre de la betterave, et en 1787, il reçut du roi de Prusse le domaine de Kunern, en Silésie, pour y exploiter en grand cette curieuse industrie. Il adopta la défécation par l'acide et la méthode des cristallisoirs. Il porta si loin ses procédés, qu'il fut aisé de prévoir dès lors tout ce qu'aurait un jour d'importance cet art nouveau. — Achard était membre de l'Académie de Berlin.

(3) Benjamin Delessert, né à Lyon le 14 février 1773, mort à Paris le 1er mars 1847, est un des grands industriels et économistes de France que le génie des affaires et le goût des sciences ont entouré d'un noble et juste éclat. En 1803, il créa à Passy la première filature de coton pour lutter contre les Anglais ; c'est là le germe de l'industrie cotonnière aujourd'hui si développée chez nous. Il avait fondé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pensée féconde à laquelle Napoléon Ier prêta son puissant appui. Après bien des vicissitudes, l'extraction du sucre indigène est devenue chez nous une industrie très-importante, puisqu'au 31 janvier 1858, le nombre des fabriques en exploitation était de 340, et qu'elles ont fabriqué, en cinq mois, près de 110 millions de kilogr. de sucre.

Le plus grand nombre de ces usines est concentré dans les départements du Nord (146 fabriques), du Pas-de-Calais (62), de l'Aisne (54), de la Somme (33), de l'Oise (21). Le restant (24) est réparti dans quatorze autres départements.

En 1812, le sucre de betterave revenait au producteur à 5 fr. le kilogramme. Aujourd'hui, il ne lui coûte que 55 à 60 centimes environ !

L'espèce de betterave qu'on exploite de préférence, pour l'extraction du sucre, est la *betterave blanche de Silésie*, variété *à collet rose* (*fig.* 375), parce que c'est la plus riche, la plus facile à travailler et celle qui se conserve le mieux après sa récolte. Cette racine contient comparativement beaucoup moins de sucre que la canne, comme



Fig. 375.

---

en 1801, encore à Passy, une raffinerie de sucre. — A partir de 1806, et durant quatre années entières, il s'y livra aux études les plus assidues et les mieux conduites pour obtenir en grand le sucre de betterave bien cristallisé. Il y réussit. « On ne se figure plus aujourd'hui, dit M. Flourens, à cinquante ans de distance, et quand d'ailleurs toutes les circonstances ont tellement changé, l'intérêt passionné qui s'attachait alors à ces grands travaux. Le 2 janvier de l'année 1812, B. Delessert annonce son succès à Chaptal. Celui-ci en parle aussitôt à l'Empereur. Napoléon ravi s'écrie : « Il faut aller voir cela, partons. » — Et, en effet, il part. Delessert n'a que le temps de courir à Passy, et, quand il arrive, il trouve déjà la porte de sa raffinerie occupée par les chasseurs de la garde impériale, qui lui ferment le passage. Il se fait connaître, il entre. L'empereur avait tout vu, tout admiré, il était entouré des ouvriers de la fabrique, fiers de cette grande visite; l'émotion était au comble! L'empereur s'approche de Delessert, et, détachant la croix d'honneur qu'il portait sur sa poitrine, il la lui remet. Le lendemain, le *Moniteur* annonçait « qu'une grande révolution dans le commerce français était consommée. » L'empereur avait raison. La science venait de créer une richesse nouvelle, et qui s'est trouvée immense. Depuis Margraff, depuis Achard jusqu'à Delessert, depuis Delessert jusqu'à nous, l'art de tirer le sucre de la betterave a fait chaque jour de nouveaux progrès; il en fait chaque jour encore; et plus on étudie cette belle découverte sous le rapport du commerce, de l'industrie, de l'agriculture, plus elle paraît grande. » (*Eloge historique de B. Delessert*, par M. Flourens, lu le 4 mars 1850 à la séance publique de l'Académie des sciences.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'indique l'analyse suivante, moyenne d'un grand nombre faites par M. Peligot :

Eau	85
Sucre	10
Albumine et autres matières solubles	2,5
Ligneux	2,5
	100,0

On déchire la racine au moyen d'une râpe, et sa pulpe, après avoir été enfermée dans des sacs de laine, que l'on superpose en les séparant par des claies d'osier, est soumise à l'action de presses hydrauliques qui en font sortir de 75 à 80 p. 100 de jus. Ce jus, s'altérant encore plus vite que le vesou, parce qu'il contient plus de matières albuminoïdes, on se hâte de le défléquer à la chaux.

La proportion de l'alcali employé n'est pas la même pendant toute la durée de la campagne; d'abord de 300 gram. par hectolitre de jus, elle monte peu à peu à 600, à 800 gram., et même à la fin jusqu'à 1 kilog., à mesure que les racines s'altèrent dans les silos où on les conserve. On opère la défécation dans des chaudières à double fond, chauffées par la vapeur, comme celle que représente la figure 376; puis on fait passer le jus éclairci sur du noir animal en grains qui a déjà servi à filtrer du sirop à 25°.

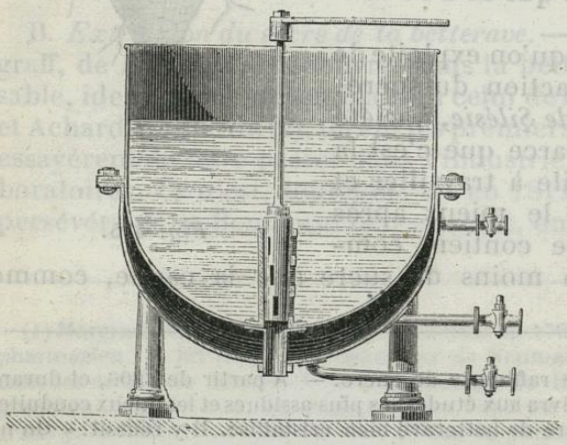


Fig. 376.

Ce noir est placé dans un appareil nommé *filtre Dumont*, du nom de son inventeur. C'est un cylindre en tôle A (*fig.* 377), pouvant contenir jusqu'à 4,000 kil. de noir. Vers la partie inférieure, il y a un double fond percé de trous, *bb*, sur lequel on place une toile humide, et sur cette toile on ajoute, couche par couche, en le tassant, le noir humecté d'avance. Lorsque le filtre en est presque rempli, on le recouvre d'une toile humide, puis d'un diaphragme métallique criblé de trous *cc*, sur lequel on fait arriver le jus au moyen d'un robinet *r* à flotteur *f*. Ce jus sort du filtre, par le robinet *r'*, limpide, presque décoloré et dépouillé en grande partie de la chaux libre qu'il renfermait. Un tube *gg*, qui part du double fond et qui s'élève jusqu'au haut du cylindre, sert à laisser échapper l'air qui était interposé dans la masse du noir. Au-dessus du double fond est établi un trou d'homme *h*, pour le nettoyage de l'appareil.

Au sortir du filtre Dumont, le jus est dirigé dans des chaudières d'éva-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poration AA, chauffées par la vapeur à haute pression, qui circule dans des tubes courbés en fer-à-cheval BB, placés au fond, ainsi qu'on le voit dans la figure 378. Ces chaudières oblongues peuvent basculer sur un de leurs bouts, et prendre la position indiquée par les lignes ponctuées, ce qui permet de les vider complétement du sirop qui s'écoule par le gros robinet R. Au moyen de ce système de chauffe, l'évaporation est rapide, et le sucre n'a pas le temps de se changer en sucre incristallisable. Dans quelques cas, on rend l'opération encore plus prompte en opérant dans le vide.

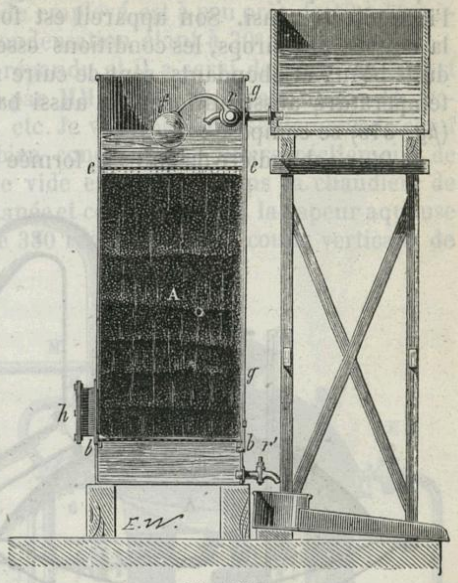


Fig. 377.

Le jus amené à 25° de l'aréomètre est conduit sur de nouveaux *filtres Dumont*, chargés de noir neuf, afin de l'avoir clair et décoloré, et on achève

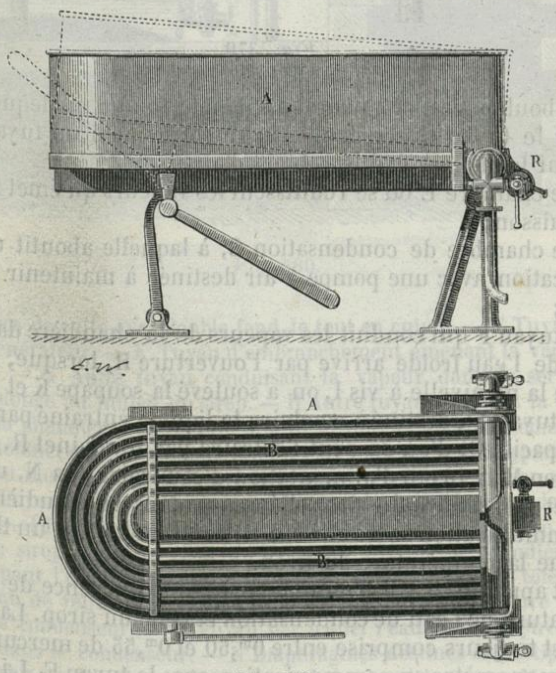


Fig. 378.

sa concentration dans une chaudière chauffée par la vapeur et dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laquelle on produit le vide. C'est l'Anglais Howard qui a eu le premier l'idée d'agir ainsi. Son appareil est fondé sur ce principe que, dans la cuisson des sirops, les conditions essentielles pour obtenir des produits beaux et abondants, sont de cuire rapidement et de maintenir une température aussi uniforme et aussi basse que possible. Son appareil (*fig.* 379) se compose :

1° D'une chaudière de cuite A, formée de deux calottes de cuivre rouge

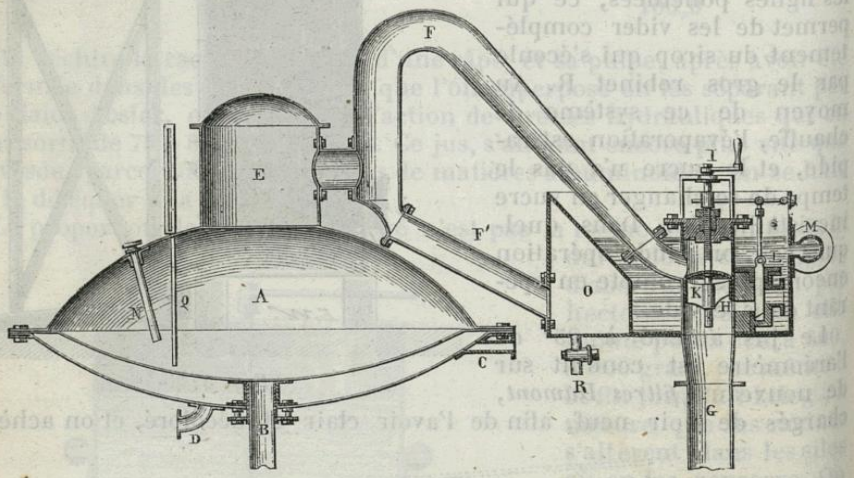


Fig. 379.

fortement boulonnées, et garnie d'un double fond dans lequel la vapeur arrive par le tuyau C; ce double fond porte aussi un tuyau de retour d'eau D, sur lequel est fixé le robinet d'air ;

2° D'une chambre E où se réunissent les vapeurs qu'émet le sirop pendant sa cuisson;

3° D'une chambre de condensation G, à laquelle aboutit un tuyau en communication avec une pompe à air destinée à maintenir le vide dans l'appareil;

4° D'un tuyau F qui conduit les vapeurs de la chaudière dans la chambre G, où de l'eau froide arrive par l'ouverture H, lorsque, par le mouvement de la manivelle à vis I, on a soulevé la soupape K et le piston L;

5° D'un tuyau F', destiné à conduire le liquide entraîné par les vapeurs dans la capacité O, d'où on peut l'extraire par le robinet R.

On voit en M le tuyau d'alimentation d'eau froide; en N, un petit tube qui permet de prendre du sirop d'épreuve dans la chaudière, sans établir la communication entre elle et l'air extérieur; en Q, un thermomètre qui indique la température du sirop.

Dans cet appareil, il y a habituellement une différence de 9 à 12° entre la température de l'eau de condensation et celle du sirop. La pression intérieure est toujours comprise entre $0^m,50$ et $0^m,55$ de mercure, ce qu'indique un manomètre en communication avec le tuyau F. La pompe à air exige un travail de 2 chevaux-vapeur, pour une cuisson de 12,000 kil. de sucre brut par jour, ou par fabrication de 100 pains par heure, ou de 6 à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

700 kil. de sucre blanc, et pour une condensation de 500 kil. de vapeur par heure. Le volume d'eau froide employé est à peu près de 10 à 11 mètres cubes par heure, l'eau de condensation étant à 30°.

L'appareil d'Howard est très-répandu et il a servi de point de départ à une foule d'autres, imaginés par MM. Roth, Pelletan, Degrand, Derosne et Cail, Brame-Chevalier, etc. Je vous parlerai seulement de celui de Roth, parce qu'il est très-bien conçu. Il ne diffère réellement de celui d'Howard qu'en ce que le vide est produit dans la chaudière de cuite par la condensation instantanée et continuelle de la vapeur aqueuse qui s'exhale du sirop. La figure 380 représente une coupe verticale de l'appareil de Roth.

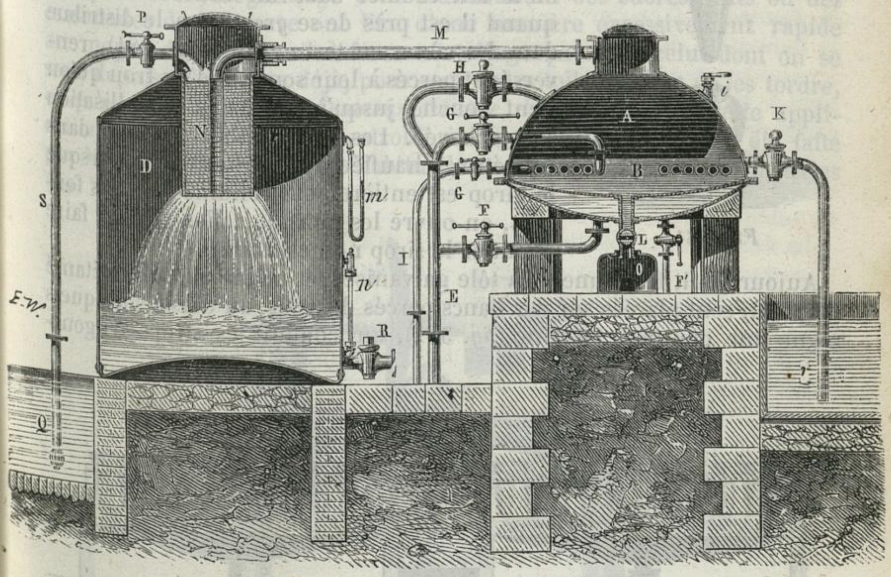


Fig. 380.

A Chaudière de cuite avec double fond, le tout en cuivre. — E Tuyau de vapeur venant du générateur. — F Tuyau d'embranchement amenant la vapeur dans le double fond. — G Autre tuyau conduisant la vapeur dans le serpentin B en cuivre, qui plonge au milieu du sirop. — H Autre tuyau amenant la vapeur dans le corps de la chaudière, et servant à faire le vide au commencement de l'opération. — *i* Robinet destiné à donner issue à l'air contenu dans l'appareil, lorsqu'on fait le vide au moyen de la vapeur, et à le laisser rentrer quand on veut vider le sirop. — F′ Tuyau servant à faire écouler l'eau de la vapeur condensée dans le double fond. — I Retour d'eau de la vapeur condensée dans le serpentin. — K Tuyau par lequel le sirop aspiré se rend du réservoir *r* dans la chaudière de cuite. — L Tuyau pour l'écoulement du sirop cuit. — D Grand vase de tôle, servant de condenseur ou de réfrigérant. — M Tuyau de communication entre la chaudière de cuite et le condenseur. — S Tuyau par lequel l'eau froide aspirée se rend du réservoir Q dans le condenseur. — N Diaphragmes destinés à multiplier les contacts entre l'eau froide et la vapeur arrivant de la chaudière. — *m* Manomètre indiquant la pression qui existe dans le condenseur. — *n* Niveau accusant la hauteur de l'eau dans le condenseur. — R Robinet pour la vidange de l'eau du condenseur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil de Roth, comme celui d'Howard, opère la cuite en 14 à 16 minutes, la température de l'ébullition étant de + 75 à 80°. Une chaudière de 2 mètres de diamètre peut cuire 12,000 kil. de sucre par jour ; mais ce système entraîne une dépense d'eau froide considérable pour la condensation, et il exige plus de vapeur, par conséquent plus de combustible que celui d'Howard, pour faire le même travail ; aussi emploie-t-on partout de préférence les appareils dans lesquels le vide est produit et maintenu par une action mécanique.

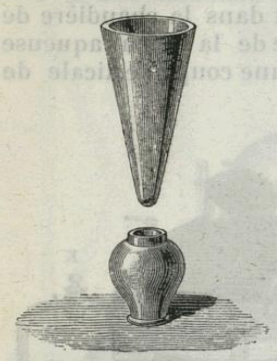


Fig. 381.

Quel que soit, du reste, le mode suivi pour la cuite, lorsque le sirop marque 42 ou 43°, on le fait écouler dans un rafraîchissoir, et, quand il est près de se *grener*, on le distribue dans des cônes en terre cuite (*fig.* 381), renversés et percés à leur sommet d'un trou qu'on tient bouché jusqu'à ce que la cristallisation soit achevée. Les formes sont placées dans une étuve chauffée à + 25° environ. Lorsque le sirop est entièrement solidifié dans les formes, on ouvre les trous de celles-ci pour faire égoutter le sirop non cristallisé.

Aujourd'hui, les formes, en tôle galvanisée, et même en cuivre étamé ou peint, sont placées sur des bancs percés de trous, au-dessous desquels règne une gouttière en zinc (*fig.* 382), qui conduit les sirops d'égout-

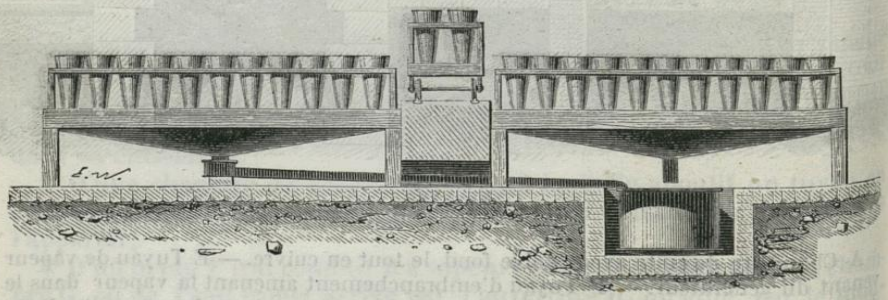


Fig. 382.

tage dans de grands réservoirs. On tend même, à peu près partout, à abandonner les formes, comme incommodes et dispendieuses.

Dans ce dernier cas, dès que les sirops sont cuits à 43°, on les reçoit dans une immense bassine à double fond, et on en élève la température à 78 ou 80°, on les agite de temps en temps pour avoir une cristallisation grenue, et après 18 à 24 heures, lorsque tout est pris en masse, on porte le sucre dans des caisses en tôle galvanisée de 1 mètre de haut sur 1 mètre de large et 2 mètres de long ; leur fond est fermé par une toile métallique ; l'égouttage s'effectue ainsi avec rapidité.

Lorsqu'on opère avec les formes, dès que les pains sont égouttés, on les *loche*, c'est-à-dire qu'on les fait sortir en tapant doucement les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

formes retournées sur une pièce de bois ; ces pains sont mis à sécher dans une étuve, brisés grossièrement et ensachés pour l'expédition.

Les mélasses, ou sirops d'égouttage, sont recuites directement ou après avoir été passées au noir en grains en les étendant d'eau ; on les concentre un peu plus que la première fois, et l'on obtient une cristallisation de sucre dit de *second jet*. On peut, en reprenant les sirops égouttés des seconds sucres, obtenir des sucres de *troisième jet*, dont la cristallisation dure quelquefois trois ou quatre mois. On est souvent forcé, pour extraire les mélasses de ces sucres, afin de pouvoir les expédier ou les refondre dans un raffinage, de les soumettre, enveloppés dans des toiles, à une pression énergique.

Depuis 1849, l'égouttage et le blanchiment des sucres bruts ou des cassonades de betterave ont lieu d'une manière excessivement rapide au moyen d'un appareil à force centrifuge pareil à celui dont on se sert, depuis longtemps déjà, pour essorer les toiles au lieu de les tordre, et qu'on appelle *hydro-extracteur*, *turbine*, *diable* ou *toupie*. Cette application de la machine de Pentzoldt à l'égouttage des sucres a été faite par M. Syrig. Voici la forme habituelle du *diable* ou *toupie* des sucreries (*fig.* 383).

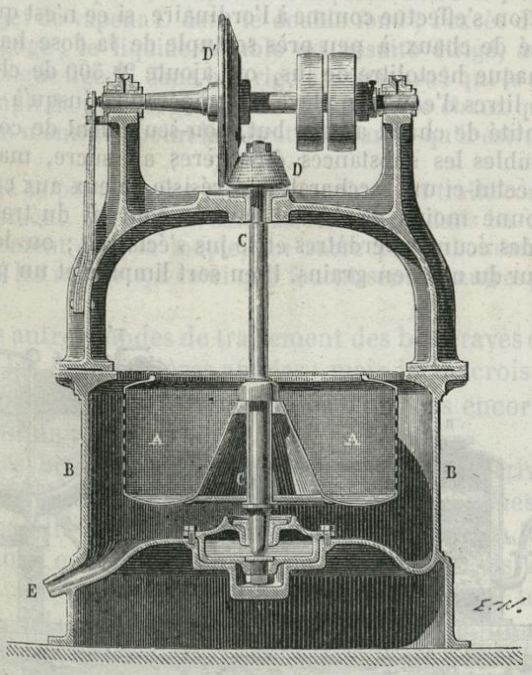


Fig. 383.

C'est une cage métallique AA placée au centre d'une enveloppe en fonte BB, et attachée à la base d'un axe central et vertical CC, auquel un engrenage DD' communique une vitesse de 1,200 tours à la minute. Lorsqu'on introduit dans la cage du sucre brut mis en pâte liquide avec du sirop blanc (nommé *clairce* dans les ateliers), à une température de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

+ 60°, la masse pâteuse, soumise aux effets de la force centrifuge, s'élève contre les parois latérales de la cage, et laisse échapper à travers le tissu métallique les parties liquides dont l'écoulement est convenablement ménagé en E. Le sirop, ou *clairce*, en lavant les cristaux de sucre et en dissolvant la mélasse, contribue à la blancheur du produit solide qui reste dans la cage. On parvient de la sorte à égoutter et à blanchir les sucres de deuxième, troisième et quatrième jets, en quelques minutes, ce qui, par les procédés anciens, nécessiterait de 18 à 45 jours, suivant la viscosité des mélasses. L'adoption du *diable* ou *toupie* dans les sucreries est, sans contredit, le perfectionnement le plus marquant et le plus heureux parmi tous ceux qui se sont produits depuis 1812.

Une autre invention, qui date aussi de 1849 à 1850, est celle que M. Rousseau, fabricant de produits chimiques à Paris, a proposée pour la défécation du jus de betterave. Elle consiste à convertir le sucre qui s'y trouve en saccharate de chaux. L'idée première de ce moyen appartient à M. Kuhlmann, de Lille, qui, dès 1838, indiquait l'emploi d'un excès de chaux pour retarder, empêcher même l'altération du jus et pour mieux épurer le sucre. Mais c'est M. Rousseau, aidé de MM. Cail et Lequime, qui en a fait un procédé industriel. Voici, très en abrégé, comment on opère.

La défécation s'effectue comme à l'ordinaire, si ce n'est qu'on emploie une quantité de chaux à peu près sextuple de la dose habituelle ; en effet, par chaque hectolitre de jus, on ajoute 2ᵏ,500 de chaux délayée dans 13 à 14 litres d'eau ; on élève la température jusqu'à + 95°. Cette grande quantité de chaux a pour but, non-seulement de coaguler et de rendre insolubles les substances étrangères au sucre, mais encore de former avec celui-ci un saccharate qui résiste mieux aux causes d'altération et donne moins de déchet dans le courant du travail. — Il se forme donc des écumes verdâtres et le jus s'éclaircit ; on le décante et on le filtre sur du noir en grains. Il en sort limpide et un peu jaune.

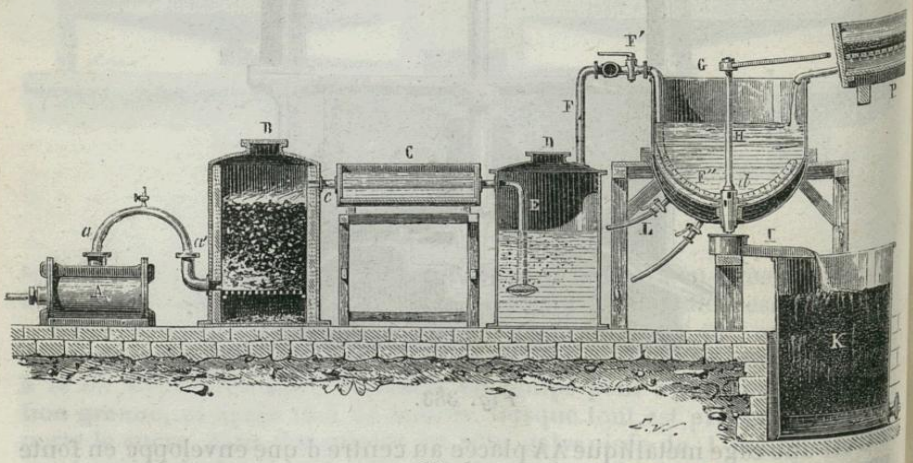


Fig. 384.

On le fait alors passer du filtre au noir P (*fig.* 384) dans une deuxième chaudière à déféquer, semblable à la première G, et communiquant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec une source d'acide carbonique, afin de décomposer le saccharate de chaux et de mettre le sucre en liberté.

Le gaz carbonique est produit dans un four clos, en tôle doublée de maçonnerie B, chargé de charbon de bois et de coke. Une pompe foulante horizontale A, mue par une petite machine à vapeur horizontale à haute pression, qu'on ne voit pas dans la figure, injecte constamment de l'air dans l'intérieur du four, au moyen du tube courbe à robinet *aa'*. Les produits de cette combustion forcée, consistant en gaz carbonique, azote et oxygène, s'écoulent par le tube *c* dont la plus grande partie est plongée dans un réfrigérant C, et arrivent par le tube E terminé en pomme d'arrosoir dans l'eau du laveur D, où ils déposent les cendres qu'ils entraînent ; ils en sortent par le tuyau F, garni d'un robinet F', et qui se recourbe pour plonger dans la chaudière de défécation G ; la partie inférieure de ce tuyau F'' est entaillée de petits traits de scie par lesquels le gaz carbonique impur pénètre dans le jus sucré. Comme celui-ci est visqueux, il se produit une mousse fort abondante dont on empêche le débordement par un peu de beurre ou d'axonge ; cette mousse s'affaiblit à mesure que la décomposition avance, et elle cesse de se produire dès que la saturation de la chaux par l'acide carbonique est achevée. Comme alors toute viscosité a disparu, on porte le liquide sucré à l'ébullition au moyen d'un jet de vapeur L dans le double fond ; l'excès d'acide carbonique se dégage ; le liquide trouble est ensuite dirigé, au moyen du robinet *d* à longue tige H, dans une rigole inférieure I qui le conduit dans le vase K rempli de noir en grains. Le carbonate de chaux qu'il entraîne en suspension n'entrave point la filtration, parce qu'il est en particules grenues.

A partir de ce point, le jus presque incolore est traité comme il a été dit précédemment. On obtient dans les formes ou dans les cristallisoirs, et ultérieurement dans la toupie, un sucre plus abondant et préférable, sous tous les rapports, à celui que fournissent les autres procédés.

Plusieurs autres modes de traitement des betteraves ont été proposés dans les dix dernières années ; mais je ne crois pas nécessaire de vous en parler, attendu qu'ils n'ont pas encore été admis dans la pratique industrielle.

Les sucres bruts ou *cassonades*, tels qu'ils nous arrivent des colonies, ou tels qu'ils sortent des sucreries indigènes, sont sous forme de poudre sableuse, plus ou moins colorée en jaune ou en brun ; ils sont encore imprégnés de mélasse, et ils contiennent de 3 à 4 p. 100 de matières étrangères (eau, sable, terre, débris organiques, sels de chaux, de potasse, de soude, de magnésie et d'ammoniaque), en sorte qu'ils ont toujours un goût plus ou moins désagréable et la propriété de fermenter très-facilement. — Les cassonades de canne sont un peu acides et ont une odeur de fermentation qu'on ne trouve pas dans les cassonades de betteraves. Celles-ci sont habituellement alcalines, parce qu'elles retiennent de la chaux, aussi n'ont-elles jamais la saveur douce et mielleuse des premières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a donc nécessité de purifier, ou de *raffiner*, comme on dit en termes techniques, les sucres bruts pour les amener à l'état de sucre blanc et en pains. On opère de la même manière pour les deux sortes de cassonade, et presque toujours les raffineurs les mêlent, en les assortissant d'après leurs nuances et leurs différentes qualités.

Raffinage des cassonades.—Après avoir passé les cassonades au crible, pour en séparer les agglomérations de cristaux qu'on égruge dans un moulin à cylindres, on procède à la *fonte* ou à la dissolution.

A cet effet, après avoir mis les cassonades dans une chaudière à double fond semblable à celle qui sert pour la défécation du jus de betteraves, on y ajoute 30 p. 100 environ de leur poids d'eau, et on introduit la vapeur dans le double fond; on agite avec une spatule, et dans la solution chaude on projette 5 p. 100 de noir animal fin qu'on y délaie complétement; lorsque l'ébullition commence, on y verse 1/2 p. 100 de sang de bœuf. L'albumine de ce sang, en se coagulant, enveloppe toutes les particules en suspension, les réunit sous forme d'écumes, et clarifie rapidement le sirop. On cesse de chauffer et on soutire le liquide pour le filter.

Cette opération s'effectue au moyen du *filtre Taylor* perfectionné. (*fig.* 385). C'est une grande caisse rectangulaire en bois, doublée de cuivre intérieurement, de 1 mètre de largeur et de profondeur sur 2 mètres de longueur, dans laquelle sont tendus par leurs deux bouts vingt à vingt-cinq sacs, en coton pelucheé de 1 mètre de long sur 50 centimètres de large. Chaque sac renferme une claie en osier pour maintenir l'écartement de ses deux parois. Le liquide à filtrer est versé dans l'espace libre qui environne les sacs, il passe à travers du dehors au dedans et les remplit; puis il s'écoule à mesure dans un double fond par l'ouverture ménagée à la partie inférieure du sac; la filtration de 350 kilogrammes de sucre ne demande pas vingt minutes. Un robinet placé au bas du double fond conduit le liquide clair dans un réservoir.

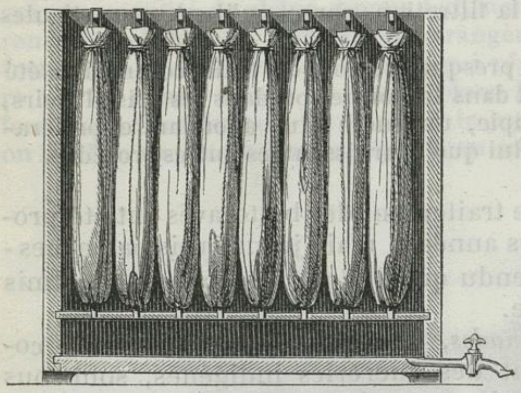


Fig. 385.

Le sirop, débarrassé des matières en suspension, est encore plus ou moins coloré. On le fait passer au travers d'une couche épaisse de noir animal en grains, d'après le procédé de Dumont. Il sort du filtre limpide et décoloré; il marque environ 30° à l'aréomètre. Il ne s'agit plus que de le cuire au point nécessaire pour qu'il cristallise. C'est ce que l'on fait dans l'appareil d'Howard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au sortir de la chaudière de cuite, le sirop est conduit dans un réchauffoir où l'on élève sa température jusqu'à 80° ; on l'agite plus ou moins, suivant qu'on veut avoir des sucres poreux et légers ou des sucres compactes et cristallins, et on le coule dans les formes, presque à l'état pâteux dans le premier cas, un peu plus liquide dans le second. On l'y agite plusieurs fois avec des couteaux de bois neuf, pour que la cristallisation soit égale dans toutes les parties, et on abandonne jusqu'à ce que tout soit entièrement solidifié, ce qui arrive en moins de vingt-quatre heures.

On ouvre alors les trous des formes pour laisser écouler le sirop non cristallisé. La *purge* ou l'*égouttage* dure pendant six ou sept jours. Cette opération est pratiquée, dans beaucoup de fabriques, d'une manière très-rapide, en moins de vingt-cinq à trente minutes, au moyen de ce que l'on appelle la *sucette*. C'est une pompe aspirante avec laquelle on fait le vide dans des tuyaux horizontaux en cuivre, d'un léger diamètre, placés près du sol de l'atelier et sur lesquels sont établies, dans des espèces de soucoupes, les formes que l'on veut *purger*. La pointe des formes entre dans chaque soucoupe de manière à fermer hermétiquement l'ouverture du tuyau, et c'est dans celui-ci que tombe le sirop aspiré de l'intérieur.

Les greniers où sont placées les formes doivent avoir une température de + 20°. Lorsque l'égouttage est terminé, on enlève de la base de chaque pain toute la partie superficielle qui est fort dure ; on la remplace par une couche de sucre blanc en poudre provenant des débris d'opérations antérieures, et, après avoir tassé fortement cette couche avec une truelle ronde, on procède au *terrage*.

Cette nouvelle opération consiste à verser sur le pain, de manière à remplir le vide qui existe au-dessus, une bouillie d'argile blanche, dont l'eau, en filtrant lentement à travers toute la masse, dissout le sirop qui adhère aux cristaux et l'entraîne. — On remplace souvent l'argile par un sirop de sucre blanc qui produit le même effet, mais d'une manière beaucoup plus rapide. Dans ce cas, l'opération s'appelle *clairçage*, comme je l'ai déjà dit.

En répétant trois ou quatre fois l'emploi de l'argile, de huit jours en huit jours, ou celui de la clairce, en ayant soin de remettre du sucre en poudre sur les fonds à chaque terrage ou clairçage, on parvient à blanchir complétement les pains de sucre, et à obtenir ce qu'on appelle dans le commerce le *sucre royal*.

Après quelques jours de conservation dans les formes et d'exposition à l'air, les pains sont transportés dans une étuve pour en opérer la complète dessiccation. Quant aux sirops provenant de ces divers traitements, on leur fait subir de nouvelles cuissons qui donnent des sucres de deuxième qualité appelés *lumps*, *bâtardes*, *vergeoises*. — La mélasse, résidu final de toutes les opérations, marque de 41 à 44° à l'aréomètre de Baumé. On la vend aux brasseurs et aux fabricants de pain d'épice.

On a tellement apporté de modifications et de perfectionnements dans la fabrication des sucres, depuis quelques années, qu'on obtient du sucre raffiné avec le sucre brut sans le sortir de la forme.

Actuellement on prépare, à Marseille et ailleurs, des *sucres tapés* qui ont presque la blancheur du sucre raffiné. C'est du sucre de lumps terré, incomplétement séché, qu'on égrène et qu'on passe au travers d'un tamis métallique. On remplit complétement de cette poudre humide des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

formes très-lisses et pesantes en bronze épais de 1 centimètre ; un ouvrier robuste soulève et laisse retomber chaque forme pleine sur sa pointe arrondie. Ce choc réitéré trois fois suffit pour agglomérer fortement toute la masse, qui ne présente plus qu'un pain conique et compacte, qu'on sort de la forme et qu'on sèche à l'étuve. On fabrique ainsi des quantités considérables de sucre en pain, et l'on évite le déchet toujours assez notable qu'on éprouve par la méthode de la refonte. C'est là un perfectionnement important.

Les usages du sucre sont si nombreux et si connus qu'il est inutile de les énumérer. C'est un agent très-puissant de conservation pour toutes les substances organiques, comme l'attestent suffisamment les sirops et conserves des pharmaciens (1), les confitures, pâtes et candis des confiseurs. Il nous donne ainsi le moyen de jouir du parfum des fruits et des fleurs longtemps après l'époque que la nature a fixée pour leur durée. Il est préférable au sel marin pour la conservation des viandes, parce qu'il n'en change ni l'aspect ni la saveur. Les poissons dont le corps est vidé et saupoudré de sucre gardent longtemps leur fraîcheur.

Il est à peu près devenu indispensable à l'homme ; facilement soluble dans les liquides sécrétés par les glandes salivaires, dans l'eau et dans toutes les liqueurs alcooliques potables, on l'emploie pour rendre plus agréables une foule de préparations économiques. Sans doute, le sucre, pris isolément, ne saurait nourrir l'homme ni même un animal quelconque (2) ; mais on peut dire que c'est un des aliments respiratoires les plus propres à compléter et à amé-

---

(1) Au quinzième siècle, pour exprimer l'impossible, on disait familièrement : « *apothicaire sans sucre.* »

(2) Le sucre a passé pour un aliment très-nourrissant ; mais les expériences de Magendie ont détruit cette opinion et prouvé que, comme toutes les substances non azotées, il ne nourrit qu'imparfaitement et ne peut soutenir la vie au delà de trente à quarante jours. Des chiens, qu'il nourrit exclusivement avec du sucre, périrent avant ce temps ; leurs yeux s'ulcérèrent, ils devinrent d'une maigreur excessive et moururent d'épuisement. Pour l'homme, l'excès du sucre est nuisible ; il agace les dents, rend la bouche épaisse, pâteuse ; il échauffe, produit des ulcérations dans la bouche, détermine le ramollissement des gencives, et finit par développer le scorbut. C'est surtout chez les enfants et les adultes que ces accidents surviennent plus rapidement à la suite de l'abus du sucre. Le médecin anglais Starck a fini par succomber à l'usage immodéré de cette substance. Carminati a expérimenté que plus on descend dans l'échelle des êtres, plus le sucre devient nuisible. Il tue presque instantanément les animaux à sang froid, les lézards, les grenouilles, même appliqué à l'extérieur ; il purge les brebis, mais il ne cause aucun accident au chien, quand on le mêle à d'autres aliments. Tous les faits démontrent que le sucre ne saurait *seul* suffire à la nutrition de l'homme ; qu'il ne faut pas en faire abus ; mais que, pris modérément avec d'autres aliments, c'est une substance bienfaisante et tellement utile, que les nègres, qui en mangent à discrétion dans les colonies, pendant l'exploitation des cannes, se portent mieux alors qu'en tout autre temps, quoiqu'ils soient assujettis à un travail plus rude.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liorer les qualités digestives de la plupart des substances alimentaires.

FERMENTATION ALCOOLIQUE.

De toutes les transformations que le sucre subit, la plus curieuse, sans contredit, est celle qu'il éprouve en présence de la levûre de bière. Ainsi que je vous l'ai déjà dit, il se dédouble, dans ce cas, en acide carbonique et en alcool ou esprit-de-vin. Ce phénomène, connu de toute antiquité, a reçu de Van Helmont le nom de *fermentation*. Étudions-le, dès à présent, de la manière la plus intime, car il nous amènera à connaître l'alcool qui, après l'eau, est le dissolvant le plus fréquemment employé, surtout pour les principes de nature organique.

Voyons d'abord quelles sont les conditions à réunir pour que le sucre éprouve ce phénomène de la fermentation. Il faut qu'il soit dissous dans une proportion convenable d'eau, que cette dissolution soit exposée à une température de + 20 à 30°, et qu'elle contienne, en outre, une petite quantité de cette matière organique azotée qu'on appelle *levûre de bière*.

Disons tout de suite que la matière qui porte ce nom se produit dans la fabrication de la bière et apparaît à la surface du moût d'orge sous forme d'une écume épaisse et jaunâtre. Celle-ci, recueillie avec soin, est vendue par les brasseurs aux *levûriers* qui la lavent dans des sacs pour la dépouiller de la bière et du principe amer du houblon. Ainsi purifiée, cette écume est réduite en consistance de pâte ferme et cassante. C'est dans cet état qu'elle est employée comme *ferment* ou *levain* par les boulangers et par les distillateurs (1).

Si l'on dissout 5 parties de sucre dans 20 parties d'eau, et qu'on ajoute au mélange 1 partie de levûre de bière, une réaction très-vive s'établit dans la liqueur, après un certain temps, alors qu'elle est placée dans un lieu où la température peut monter à + 20 ou 25°. Des bulles de gaz s'élèvent de toutes parts, en produisant un mouvement tumultueux dans toute la masse; le liquide se couvre d'écume, devient trouble par l'agitation des particules de levûre que les bulles gazeuses soulèvent à chaque instant. La fermentation est très-forte pendant les dix ou douze premières heures; mais peu à peu elle se ralentit, et il arrive un moment où tout rentre dans un repos complet. Les parties insolubles se précipitent, la liqueur s'éclaircit, la réaction est terminée.

---

(1) Dans le département du Nord, elle est directement employée à l'état liquide telle qu'elle sort des brasseries.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on opère en vases clos, dans un flacon muni d'un tube recourbé qui permet de recueillir les bulles de gaz qui se produisent pendant cette réaction remarquable, on s'assure aisément que le gaz recueilli, aux différentes époques de la fermentation, n'est autre chose que de l'acide carbonique pur.

D'un autre côté, si l'on examine la liqueur, on ne lui reconnaît plus aucune saveur sucrée ; elle a acquis une odeur vineuse et un goût fort et spiritueux. Si on la distille, on en retire un liquide volatil, inflammable, qui possède tous les caractères de l'*eau-de-vie ;* c'est, en effet, de l'*alcool* faible. Dans le résidu filtré de la distillation, on trouve 0,6 à 0,7 p. 100 d'*acide succinique* ($C^8H^6O^8$), 3,2 à 3,6 p. 100 de *glycérine* ($C^6H^8O^6$), et d'autres produits indéterminés, ainsi que M. Pasteur l'a constaté tout récemment.

La fermentation du sucre de canne est assez longue à se manifester, tandis que celle du glucose, et surtout celle du sucre liquide, s'effectue beaucoup plus rapidement. Avec ces derniers, il faut 8 fois moins de levûre qu'avec le premier; c'est ce qu'ont reconnu MM. H. Rose et Dubrunfaut en 1841 ; et si, quand la fermentation du sucre de canne est bien en train, on vient à l'arrêter brusquement par l'addition d'une forte dose d'alcool absolu, on ne retrouve dans la liqueur que du sucre *interverti* (1). Mais si l'on ajoute à la solution du sucre de canne, encore intact, un acide quelconque, sa fermentation se déclare alors aussi promptement que celle des autres sucres, ainsi que M. Dubrunfaut l'a observé, parce que les acides convertissent immédiatement le sucre de canne en sucre interverti.

Par conséquent, le premier acte de la fermentation du sucre de canne, c'est sa conversion en sucre interverti par la fixation de 1 équivalent d'eau :

$$C^{12}H^{11}O^{11} + HO = C^{12}H^{12}O^{12}.$$

On peut donc dire qu'il n'y a réellement qu'un seul sucre qui fermente directement : c'est le sucre interverti; et c'est de lui que dérivent tous les produits qui prennent naissance sous l'influence d'une faible proportion de levûre, à savoir : l'acide carbonique, l'alcool, l'acide succinique, la glycérine, et les autres matières indéterminées.

Négligeons, pour un instant, ces derniers produits, dont la proportion est toujours très-faible, et ne nous occupons que des pro-

(1) Dès 1777, Guyton de Morveau avait reconnu que le *muqueux sucré* (c'est ainsi qu'on appelait alors le sucre de fruits) est la seule matière susceptible de la fermentation vineuse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duits essentiels de la fermentation alcoolique, à savoir : l'acide carbonique et l'alcool. L'équation suivante montre bien qu'ils résultent d'un simple changement d'équilibre dans les éléments du sucre :

Sucre interverti.		Acide carbonique.		Alcool.
$C^{12}H^{12}O^{12}$	=	$4CO^2$	+	$2C^4H^6O^2$.

C'est-à-dire que 1 molécule de sucre. $C^{12}H^{12}O^{12}$ pesant..... 180,
donne 4 molécules d'acide carbonique.. $4CO^2$ pesant 88 } = 180.
et 2 — d'alcool ..... $2C^4H^6O^2$ pesant 92 }

D'où il suit que 100 parties de sucre interverti doivent donner :

48,89 d'acide carbonique,
et 51,11 d'alcool.
100,00

Expérimentalement on obtient toujours un peu moins, puisqu'il y a 2 à 3 p. 100 d'acide succinique, de glycérine, etc., qui se forment aussi aux dépens du sucre.

Avec 100 parties des autres sucres, on obtient :

	Avec le glucose.	Avec le sucre de canne.
Acide carbonique.....	44,84	51,27
Alcool	46,12	52,62
	90,96	103,89

La perte de poids avec le premier provient des 2 équivalents d'eau qui se séparent des éléments du glucose au moment de la fermentation ; l'augmentation de poids avec le second est due évidemment à l'équivalent d'eau que s'assimile le sucre de canne pour fermenter.

De tout ce qui précède, il ressort clairement que c'est aux dépens des éléments du sucre que se forment les divers produits qui apparaissent dans l'acte de la fermentation. Mais quelle est la cause première de ces singulières transformations ? Il n'y a pas de doute que c'est dans le mode d'action du ferment qu'il faut la chercher. Mais quel est ce mode d'action ? Ici commence le désaccord entre les différents savants qui se sont occupés de ce sujet délicat.

Suivant M. Liebig, dont l'opinion a été généralement adoptée jusque dans ces derniers temps par l'universalité des chimistes, le ferment ou la levûre de bière est un corps en putréfaction, dont les atomes se trouvent dans un mouvement continuel. Ce conflit des éléments, en se communiquant au sucre, détruit l'état d'équilibre de ses propres atomes. Ces derniers cessent de persister dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le même ordre et se groupent alors d'après leurs attractions spéciales. Le carbone du sucre se partage entre l'hydrogène et l'oxygène, de manière à former deux composés plus stables et plus intimes : l'alcool et l'acide carbonique. D'après sa manière de se comporter, on doit considérer le sucre comme une molécule complexe, qui peut se dédoubler en alcool et en acide carbonique, par suite d'un nouveau groupement de ses éléments propres avec le concours chimique de l'eau. Les éléments du ferment ne prennent aucune part à la formation des produits que donne le sucre par la fermentation. C'est seulement un *excitant* qui provoque la métamorphose sans y participer chimiquement.

Mais les observations microscopiques sur la levûre, faites par Turpin, Quevenne, Cagniard de Latour, M. Mitscherlich, etc., il y a une vingtaine d'années déjà, les expériences de M. Schwann sur l'intervention de l'air dans l'acte de la fermentation, et surtout les belles recherches de M. Pasteur sur le sujet qui nous occupe, assignent une tout autre cause à la transformation du sucre. Je vais résumer le plus brièvement possible les faits qui servent de base à la théorie nouvelle.

La levûre de bière est bien évidemment un assemblage de globules ou de corps ovoïdes de 1/100 de millimètre de diamètre (*fig.* 386), creux à l'intérieur et ressemblant de tous points à



Fig. 386.

ces végétaux inférieurs dont l'organisation est tellement simple qu'elle se trouve réduite à une seule cellule vivante (1). Cette végétation microscopique a besoin, pour se développer et se propager, d'un milieu spécial, c'est-à-dire une solution de sucre, contenant en même temps une matière albuminoïde ou azotée et des sels; ces conditions se trouvent réunies dans les sucs de raisins, de cannes, de betteraves, la séve des érables, etc.

Tous ces sucs végétaux entrent en fermentation peu d'heures après avoir été exprimés, mais il faut, toutefois, qu'ils aient le contact de l'air, puisque, comme Gay-Lussac l'a reconnu dès 1810,

(1) Dès 1680, le célèbre Leuwenhœck avait constaté cette organisation de la levûre de bière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le vide ou dans des gaz autres que l'air, ils n'éprouvent aucun changement, et qu'il suffit d'une très-petite quantité d'air pour déterminer aussitôt leur fermentation. Toutefois si cet air a été chauffé au rouge, ou s'il a traversé une couche assez épaisse de coton, avant de parvenir au contact des liquides sucrés, il est impropre à produire le phénomène. C'est que l'air n'intervient point par ses éléments chimiques, mais uniquement par les germes de levûre qu'il tient en suspension avec une foule d'autres germes d'animaux et de végétaux microscopiques. Ces germes de levûre en tombant dans les sucs sucrés s'y développent, et c'est en vivant que ces globules opèrent la transformation du sucre.

On arrive très-bien à suivre la végétation et la reproduction de la levûre, en semant, comme l'a indiqué M. Pasteur, quelques globules imperceptibles de levûre dans une liqueur sucrée contenant une matière albuminoïde soluble (celle qui convient le mieux est la décoction aqueuse de la levûre elle-même). On voit alors chaque globule s'entourer de petits appendices sphériques qui semblent bourgeonner autour de lui (*fig.* 387); ces bourgeons grossissent peu à peu à mesure que la fermentation devient plus active, et lorsqu'ils ont acquis la grosseur du globule-mère, ils s'en détachent pour vivre isolément et constituer de nouveaux organismes indépendants ; ils s'approprient la matière azotée du milieu où ils sont plongés, créen de la cellulose et des matières grasses aux dépens du sucre, en rejetant sous forme d'excrétions l'acide carbonique, l'alcool, l'acide succinique et la glycérine ; en un mot, ils désunissent les éléments de la substance fermentescible pendant les périodes diverses de leur existence, absolument comme un végétal ou un animal supérieur transforme ses aliments en principes assimilables et en produits d'excrétion.

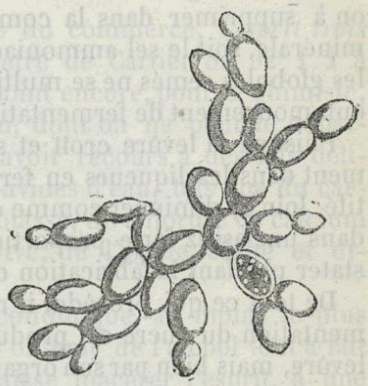


Fig. 387.

La constitution chimique de ces globules de levûre les rapproche également des végétaux infusoires ou des jeunes cellules des plantes plus compliquées ; c'est ce que démontre l'analyse suivante de la levûre purifiée, faite par M. Payen en 1839 :

Matière azotée avec traces de soufre.....	62,73
Enveloppes de cellulose.....	29,37
Substances grasses.....	2,10
Matières minérales.....	5,80
	100,00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les matières minérales consistent, d'après M. Mitscherlich, en acide phosphorique, potasse, chaux, magnésie, silice.

Non-seulement la levûre ne s'altère point en donnant de l'ammoniaque pendant la fermentation, comme le croyait M. Liebig, mais elle absorbe celle que l'on introduit dans le liquide pour s'en approprier l'azote. L'expérience suivante, faite par M. Pasteur, est, à cet égard, bien concluante.

Dans une solution de sucre pur, il ajoute un sel ammoniacal, des cendres de levûre, et il sème dans ce mélange quelques globules de levûre fraîche. Chose remarquable, ces globules ne tardent pas à se développer, à se multiplier, le sucre fermente, tandis que les matières minérales se dissolvent et que l'ammoniaque disparaît peu à peu. En d'autres termes, l'ammoniaque se transforme en cette matière albuminoïde complexe qui entre dans la constitution de la levûre, en même temps que les phosphates donnent aux globules nouveaux leurs principes minéraux. Vient-on à supprimer dans la composition du milieu, soit la matière minérale, soit le sel ammoniacal, soit les deux principes à la fois, les globules semés ne se multiplient pas, et il ne se manifeste aucun mouvement de fermentation.

Puisque la levûre croît et se propage par voie de bourgeonnement dans les liqueurs en fermentation, il est clair que sa quantité, loin de diminuer comme on le disait naguère, doit augmenter dans une assez forte proportion; c'est ce qu'il est facile de constater pendant la fabrication de la bière.

De tout ce qui précède, il ressort bien évidemment que la fermentation du sucre est produite, non par la décomposition de la levûre, mais bien par son organisation et son développement; c'est enfin le résultat d'un acte physiologique qui engendre la vie. Par conséquent tous les agents chimiques qui exercent une action mortelle sur les êtres vivants, doivent arrêter ou empêcher la fermentation, en tuant les globules de la levûre. C'est, en effet, ce qui arrive avec l'alcool en trop forte quantité, l'acide sulfureux, les sulfites, les sulfures solubles et l'acide sulfhydrique, les sels de cuivre, de mercure, l'acide arsénieux, l'acide cyanhydrique, etc.

Abandonnons ces considérations générales pour nous occuper spécialement du produit le plus important de la fermentation alcoolique : l'*alcool* ou l'*esprit-de-vin*. Tous les liquides sucrés, sans exception, qui ont subi cette fermentation en contiennent plus ou moins et peuvent en donner par la distillation. Plus tard, je vous dirai comment cette extraction se pratique en grand ; je me bornerai maintenant à vous indiquer le moyen d'obtenir l'alcool tout à fait pur et anhydre en employant les *esprits* que l'industrie nous fournit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRENTE-SEPTIÈME LEÇON.

DES PRINCIPES IMMÉDIATS NEUTRES (SUITE).

SOMMAIRE. — De l'ALCOOL et de ses dérivés : *aldéhyde*, *chloroforme*, *éther*. — Propriétés de ces principes et théories de leur formation. — Applications nouvelles de l'éther et du chloroforme. — Des GOMMES et MUCILAGES. — Végétaux qui les fournissent. — Composition et caractères chimiques de ces produits. — De l'*acide mucique*. — De la PECTINE ou *gelée végétale* et des acides gélatineux des fruits.

De l'Alcool pur (1).

L'esprit-de-vin le plus concentré du commerce, *l'esprit trois huit* qui marque 37° 1/2 à l'aréomètre de Cartier ou 92° 1/2 à l'alcoomètre de Gay-Lussac, n'est point encore, pour le chimiste, de l'alcool pur ; il renferme de l'eau, dont on ne peut le débarrasser par la distillation. Il faut avoir recours à des sels déliquescents ou à d'autres corps très-avides d'eau, tels que du carbonate de potasse, de l'acétate de potasse, du chlorure de calcium desséché et fondu, de la chaux vive, de l'argile sèche et divisée, etc.

Voici le procédé, sinon le plus économique, au moins le plus prompt et le plus convenable pour obtenir de l'alcool tout à fait pur. Il est dû à Soubeiran. On laisse macérer l'esprit, à une douce chaleur et pendant deux jours, sur le dixième de son poids de carbonate de potasse séché au feu (100 grammes de sel par litre d'alcool à 33°). On agite de temps en temps, puis on distille

(1) *Alcool*, qu'on écrivait d'abord *al-ca-hol*, *al-ka-hol*, *alkohol*, *alkool* et *alcohol*, est un mot arabe qui signifie *corps très-subtil*, *très-divisé*. On l'employait primitivement pour désigner le degré de ténuité extrême qu'on donnait à certaines poudres. Boerhaave détourna ce terme de sa première acception, en l'appliquant, comme nom spécial, au principe inflammable le plus pur, et réduit à son plus grand état de simplicité. Plus tard, on s'en servit pour désigner les liqueurs spiritueuses dépouillées de flegme, et dont on supposait les molécules beaucoup plus subtiles ; on disait esprit-de-vin *alcoolisé*. Enfin, lors de l'adoption de la nomenclature moderne, on fit du mot *alcool* le synonyme d'esprit-de-vin ; et, en raison de sa brièveté, on l'emploie même de préférence.

Dans plusieurs anciens ouvrages, on trouve le mot *alcool* appliqué à la mine de plomb ou au sulfure d'antimoine naturel, avec lequel les femmes de l'Orient se teignaient les cils et le bord même des paupières, usage qui paraît remonter à une haute antiquité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au bain-marie. On retire tout l'alcool qui marque 39°,5. On y ajoute alors 500 grammes par litre de chaux vive pulvérisée; on laisse en contact pendant deux ou trois jours à l'étuve, et on distille très-lentement. Le produit est de l'alcool parfaitement pur et déflegmé, c'est-à-dire dépouillé d'eau.

On l'appelle *alcool anhydre* ou *absolu*. Sa densité est de 0,7947, à la température de + 15°; ce qui correspond à 47°,2 de l'aréomètre de Baumé, à 44°,17 de l'aréomètre de Cartier, et à 100° de l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac (1).

Ainsi obtenu, l'alcool est un principe immédiat surhydrogéné, dont la composition élémentaire est très-remarquable. Il est composé de :

Carbone	52,67 ou en équivalents.	4	$= C^4H^6O^2$.
Hydrogène	12,90	6	
Oxygène	34,43	2	
	100,00		

On peut le représenter par

4 vol. d'hydrogène bicarboné...	61,27	$= C^4H^4 + 2HO$.
4 vol. de vapeur d'eau.....	34,73	
formant 4 vol. de vapeur alcoolique	100,00	

C'est-à-dire, que ce serait un *bihydrate d'hydrogène bicarboné*. Il est certain que dans une foule de circonstances, l'alcool se comporte comme s'il était immédiatement formé de volumes égaux de gaz oléfiant et d'eau. Il y a plus; tout récemment M. Berthelot a montré qu'en plaçant ces deux composés binaires dans des conditions convenables, ils s'unissent de manière à reproduire de l'alcool. Laissez-moi vous dire, en quelques mots, comment ce chimiste a opéré pour obtenir ce brillant résultat.

Il a rempli de gaz hydrogène bicarboné un énorme ballon de verre de 32 litres de capacité, puis il y a introduit 900 grammes d'acide sulfurique à 66°, qui possède la propriété de dissoudre ce gaz. Au moyen d'une agitation violente et continue, la presque totalité du gaz oléfiant a été absorbée par l'acide. A cette dissolution, le chimiste a ajouté de l'eau, pour offrir au gaz le second

(1) La rectification de l'esprit-de-vin au moyen du carbonate de potasse est due à Boyle, qui se servait, pour cet objet, de tartre calciné jusqu'au blanc, c'est-à-dire de carbonate de potasse impur; quelquefois il substituait à ce dernier de la chaux vive. « Il y a, dit-il, dans l'emploi de ce procédé, double économie de temps et d'argent; car le même résidu, convenablement séché, peut servir plus d'une fois dans cette opération. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

principe constituant de l'alcool. Après quelque temps de contact, il a soumis le mélange acide à plusieurs distillations successives, et en rectifiant le produit sur du carbonate de potasse, il a recueilli 52 gr. d'alcool, représentant le poids des trois quarts du gaz hydrogène carboné employé dans cette expérience remarquable. — En opérant avec du gaz de l'éclairage qui, vous le savez, est loin d'être de l'hydrogène bicarboné pur, M. Berthelot a obtenu les mêmes résultats.

Cette synthèse curieuse de l'alcool est devenue le point de départ d'un grand nombre de reproductions analogues. Ainsi, avec l'oxyde de carbone emprunté à la nature minérale, le même chimiste a su créer l'acide formique et, par suite, le gaz des marais et d'autres carbures d'hydrogène, qu'on obtient habituellement par la destruction des matières organiques.

La découverte de M. Berthelot conduira-t-elle l'industrie à fabriquer de l'alcool avec le gaz de l'éclairage? C'est ce que l'avenir nous apprendra.

Malgré l'appui que les belles expériences précédentes viennent prêter à l'hypothèse qui fait considérer l'alcool comme un *bihydrate d'hydrogène bicarboné*, la plupart des chimistes, à l'exemple des Allemands, se font une tout autre idée de sa constitution. Ils le représentent, en effet, par la formule $(C^4H^5)\,O+HO$, c'est-à-dire par l'hydrate de l'oxyde d'un radical nommé *Ethyle*.

Cet *Ethyle*, C^4H^5, est un radical composé, que Frankland a isolé, en 1849, sous la forme d'un gaz incolore, d'odeur faiblement éthérée, brûlant avec une flamme très-éclairante. Ce gaz, d'une densité de 2,00394, est insoluble dans l'eau, très-soluble dans l'alcool ; il est liquéfié, à + 3°, par une pression de 2 atmosphères et demie.

Quoi qu'il en soit, on n'a pu obtenir jusqu'ici l'alcool sous une forme solide (1). C'est un liquide incolore, transparent, très-mobile, formant, par l'agitation, une infinité de bulles qui disparaissent promptement. Il a une odeur forte et assez agréable, une saveur chaude, pénétrante et même caustique. Cette causticité provient en partie de ce qu'il enlève de l'eau aux parties vivantes

(1) M. Mitchell, à l'occasion de quelques expériences sur le froid produit par l'acide carbonique solide humecté avec de l'éther, a trouvé que l'alcool anhydre perd sa fluidité à — 98°,9, qu'il acquiert la consistance de la cire fondue, mais qu'il ne se solidifie pas. L'alcool étendu, à 38 ou 39° Cartier, se congèle au contraire facilement, même au-dessous de cette température. M. Despretz, en exposant de l'alcool absolu au froid produit par l'évaporation, sous le vide, du protoxyde d'azote liquide, de l'éther et de l'acide carbonique solide, a vu l'alcool devenir très-visqueux, en perdant sa transparence, et il croit même que la couche supérieure a été solidifiée; il pense que toute la masse serait devenue solide, si l'expérience avait duré plus longtemps.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et molles, dont il détermine la coagulation, quand elles sont de nature albumineuse. C'est ainsi que son injection dans les veines détermine une mort subite, en produisant des caillots dans le sang. Son introduction dans l'estomac est presque toujours une cause de mort. Étendu d'eau et pris en petite quantité, il excite les forces momentanément, tandis qu'à plus haute dose il les détruit, et produit l'ivresse.

L'usage trop fréquent de l'alcool faible, ou eau-de-vie, est rarement utile; il devient presque toujours même une source d'irritations chroniques et de lésions organiques des plus graves. Son abus expose aux mêmes accidents, et produit de plus un état de faiblesse musculaire, une sorte d'imbécillité dont les *ivrognes* de profession ne nous offrent que trop souvent des exemples. Il paraît que l'alcool se répand promptement dans tous les organes, aussi quelques médecins ont-ils attribué à cette absorption ou pénétration générale les *combustions spontanées* (1), observées surtout, en effet, chez ceux qui abusent des liqueurs spiritueuses.

Les dangers de l'usage habituel des liquides alcooliques sont si grands et si multipliés, les avantages en sont si minimes, qu'il serait à désirer que les peuples y renonçassent. Espérons que, mieux éclairés sur leurs véritables intérêts, à mesure qu'ils deviendront plus instruits, nos ouvriers abandonneront peu à peu ces fâcheuses habitudes, qui ruinent tout à la fois leur bourse et leur santé (2).

---

(1) On donne le nom de *combustions humaines* ou *spontanées* à ce phénomène singulier dans lequel le corps humain se trouve entièrement réduit en cendres par l'effet d'un feu peu considérable, qui se développe spontanément et s'alimente sans le secours d'aucune matière en ignition. Ces combustions sont assez fréquentes, mais on a remarqué qu'en Angleterre et en Amérique, *où ces accidents étaient fort communs autrefois, ils sont devenus fort rares depuis l'établissement des sociétés de tempérance!*

(2) « Monsieur, disait au spirituel Brillat-Savarin, un riche marchand d'eau-de-vie, de Dantzick, on ne se doute pas, en France, de l'importance du commerce que nous faisons, de père en fils, depuis plus d'un siècle. J'ai observé avec attention les ouvriers qui viennent chez moi; et, quand ils s'abandonnent sans réserve au penchant, trop commun chez les Allemands, pour les liqueurs fortes, ils arrivent à leur fin tous à peu près de la même manière. — D'abord, ils ne prennent qu'un petit verre d'eau-de-vie le matin, et cette quantité leur suffit pendant plusieurs années (au surplus, ce régime est commun à tous les ouvriers, et celui qui ne prendrait pas son petit verre serait honni par tous les camarades); ensuite ils doublent la dose, c'est-à-dire qu'ils en prennent un petit verre le matin et autant vers midi. Ils restent à ce taux environ deux ou trois ans; puis ils en boivent régulièrement le matin, à midi et le soir. Bientôt ils en viennent prendre à toute heure, et n'en veulent plus que de celle dans laquelle on a fait infuser du girofle; aussi, lorsqu'ils en sont là, il y a certitude qu'ils ont tout au plus six mois à vivre; ils se dessèchent, la fièvre les prend, ils vont à l'hôpital, et on ne les revoit plus ! »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'alcool est un des liquides les plus volatils et les plus combustibles. Ainsi, il bout et se vaporise en totalité à la température de + 79°, et, abandonné dans l'air, il disparaît insensiblement. Il s'enflamme subitement par l'approche d'une bougie en ignition; il brûle avec une flamme pâle, allongée, étendue, sans laisser de résidu, puisqu'il est converti complétement en eau et en acide carbonique, ainsi que le montre l'équation suivante :

$$C^4H^6O^2 + 12O = 4CO^2 + 6HO.$$

Quand il est affaibli par l'eau, il s'embrase difficilement, et, dans ce cas, sa flamme est bleue, moins brillante; sa couleur a été imitée par les teinturiers, sous le nom de *flamme de punch*.

Il se mêle à l'eau en toutes proportions, avec dégagement de chaleur, ce qui annonce une pénétration intime des deux liquides; le volume du mélange est, en effet, plus petit que la somme des volumes de l'eau et de l'alcool.

C'est, après l'eau, le dissolvant le plus général. Vous avez vu, dans les leçons précédentes, ce liquide servir à dissoudre l'iode, les alcalis caustiques, la plupart des acides, les alcalis végétaux; vous le verrez plus tard employé comme dissolvant des corps gras et résineux, des essences, etc.; c'est un agent précieux pour l'analyse des substances organiques, et dans les arts pour la préparation des vernis, des *teintures alcooliques*, des *esprits d'odeur* ou des *eaux spiritueuses*.

En général, les sels cristallisables et efflorescents sont insolubles dans l'alcool, tandis que les sels déliquescents s'y dissolvent facilement. Sa faculté dissolvante augmente avec la proportion d'eau qu'il contient. Il en est de même, d'ailleurs, à l'égard d'autres substances, telles, par exemple, que le sucre, qui, complétement insoluble dans l'alcool absolu, se dissout en proportions très-notables dans l'eau-de-vie.

Plusieurs des substances salines que l'alcool dissout lui communiquent la propriété de brûler avec une flamme colorée diversement, suivant leur nature spéciale, d'où résultent de très-bons caractères pour distinguer certains composés minéraux. C'est ainsi que la strontiane et ses sels font brûler l'alcool avec une flamme pourpre magnifique; que les sels de cuivre et l'acide borique le font brûler avec une flamme verte; que le chlorure de cobalt le fait brûler avec une flamme bleue, et le chlorure de calcium avec une flamme jaune-orangé. Les artificiers tirent parti de ces propriétés, et, dans les théâtres, on les met à profit pour simuler des incendies. L'azotate de strontiane est, à cause de cet emploi, un objet de commerce assez important.

Toutes les fois que l'alcool est soumis à des actions oxydantes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu énergiques, il perd le tiers de son hydrogène et se trouve converti en un liquide particulier qu'on désigne par le nom d'ALDÉHYDE, ce qui veut dire *alcool déshydrogéné*. C'est ce qui arrive par l'action combinée de l'air et du noir de platine, par celle de l'acide azotique faible, par celle du chlore en présence de beaucoup d'eau et à une basse température, par celle enfin de l'acide sulfurique étendu et du peroxyde de manganèse. Dans ces diverses circonstances, l'alcool, en cédant 2 équivalents de son hydrogène à l'oxygène qui lui est présenté dans des conditions convenables, passe à l'état d'aldéhyde, comme le montre l'équation suivante :

Alcool. Aldéhyde.

$$C^4H^6O^2 + 2O = C^4H^4O^2 + 2HO.$$

Si l'action oxydante qu'on fait intervenir est plus énergique ou se prolonge, l'alcool, tout en perdant 2 équivalents d'hydrogène, gagne à la place, par voie de substitution, 2 équivalents d'oxygène, et il passe alors à l'état d'acide acétique concentré :

Alcool. Acide acétique.

$$C^4H^6O^2 + 4O = C^4H^4O^4 + 2HO.$$

Ces résultats se constatent aisément en laissant tomber, goutte à goutte, de l'alcool pur sur du noir de platine placé sur une assiette que recouvre une grande cloche de verre tubulée ; des vapeurs abondantes se produisent et vont se condenser sur les parois de la cloche en un liquide très-acide qui est un mélange d'aldéhyde et d'acide acétique.



Fig. 388.

Ce sont ces mêmes produits, accompagnés d'acide formique et d'éther acétique tribasique (*acétal*), qui apparaissent lorsqu'on suspend dans un verre, au fond duquel se trouve un peu d'alcool, un fil de platine tourné en spirale et préalablement chauffé au rouge (*fig.* 388). L'incandescence du fil persiste tant qu'il y a de l'alcool dans ce verre. C'est là ce qu'on appelle la *lampe sans flamme*.

L'*aldéhyde*, qui a été découvert en 1835, par M. Liebig, est un liquide incolore, très-limpide, d'une odeur éthérée particulière et suffocante, excessivement volatil, puisqu'il bout à + 21°, 8, et très-inflammable. Il se mêle avec l'eau, l'alcool, l'éther, en toutes proportions, et il perd alors sa volatilité. L'oxygène atmosphérique, surtout en présence du noir de platine, le transforme en acide acétique très-concentré. Par sa composition, il tient le mi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lieu entre l'alcool et l'acide acétique. Il renferme, sur 100 parties en poids :

Carbone.....	55,03
Hydrogène.....	8,98
Oxygène.....	35,99
	100,00

Lorsqu'on fait réagir sur l'alcool de l'hypochlorite de chaux et qu'on distille, on obtient une liqueur fort remarquable, que Soubeiran a découverte en 1831 (1), et dont M. Dumas a déterminé la composition en 1835. Il lui a donné le nom de *chloroforme*, pour rappeler son analogie avec l'acide formique.

En mettant en regard les symboles de ces deux composés,

Acide formique.	Chloroforme.
C^2HO^3.	C^2HCl^3.

vous voyez, Messieurs, que le chloroforme est de l'acide formique dont l'oxygène a été remplacé par du chlore.

Aussi, quand on chauffe ce chloroforme avec de la potasse caustique en dissolution, il se change en chlorure de potassium et en formiate de potasse :

Chloroforme.	Hydrate de potasse.	Formiate de potasse.	Chlorure de potassium.	Eau.
C^2HCl^3	+ $4KO,HO$	= KO,C^2HO^3	+ $3KCl$	+ $4HO$.

Pour se procurer le chloroforme en grande quantité, on prend

(1) Soubeiran (Eugène), né à Paris le 24 mai 1793, mort en cette ville le 17 novembre 1858, peut être considéré comme le plus savant pharmacologiste du siècle. Digne continuateur de Baumé, il a le premier introduit dans l'étude et l'exercice de la pharmacie cet esprit philosophique qui simplifie, perfectionne, généralise et ouvre de nouvelles voies aux travailleurs. Brillant élève des hôpitaux de Paris, Soubeiran devint, jeune encore, par suite de concours, un des chefs de cette pépinière de jeunes hommes d'où sont sortis, à toutes les époques, tant de médecins, de chimistes, de naturalistes éminents. En 1832, il fut appelé à la direction de la pharmacie centrale des hôpitaux civils, établissement unique en Europe qu'Henry père avait créé sur d'excellentes bases, mais dont le successeur agrandit encore l'importance. Successivement professeur à l'École de pharmacie et à la Faculté de médecine, Soubeiran a rendu d'immenses services par son enseignement, qu'il savait mettre à la portée de toutes les intelligences par une élocution toujours simple, claire et élégante, sans sacrifier pour cela les intérêts de la science pure et élevée. Les nombreux mémoires qu'il a publiés tant sur la pharmacie proprement dite que sur la chimie et l'histoire naturelle médicale, son remarquable *Traité de pharmacie* qui a eu cinq éditions et l'honneur de la traduction dans toutes les langues, offrent à un haut degré cette méthode sévère, cette précision, ce cachet de bonne foi et d'honnêteté scientifique qui assurent à l'écrivain une célébrité durable. Fils de ses œuvres, Soubeiran, que toutes les vertus privées distinguaient, est un nouvel exemple de ce que peuvent la persistance et le travail, à notre époque surtout où toutes les routes, sans exception, sont ouvertes à celui qui a la noble ambition de s'élever par son seul mérite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

55 à 60 litres d'eau que l'on place dans le bain-marie d'un alambic. On porte cette eau à la température de 40° environ, puis on y délaie d'abord 3 kilogrammes de chaux vive, préalablement délitée, et 10 kilogrammes de chlorure de chaux du commerce; on y verse ensuite 2 litres d'alcool à 85°; puis, lorsque le mélange est opéré, on porte le plus promptement possible à l'ébullition l'eau de la cucurbite. Au bout de quelques minutes, le chapiteau s'échauffe, et lorsque la chaleur a atteint l'extrémité du col, on ralentit le feu; bientôt la distillation marche rapidement et se continue d'elle-même jusqu'à la fin de l'opération. On s'aperçoit que celle-ci est terminée lorsque les liqueurs qui passent ne possèdent qu'à un faible degré la saveur sucrée du chloroforme; c'est à peine si 2 à 3 litres de liqueur ont distillé. Le produit se compose de 2 couches : la plus inférieure est dense et légèrement jaunâtre; c'est du chloroforme mêlé d'alcool et souillé par un peu de chlore. La couche supérieure, plus abondante, est un mélange, parfois laiteux, d'eau, d'alcool et de chloroforme; du jour au lendemain, elle laisse déposer une certaine quantité de ce produit.

On sépare le chloroforme par décantation, on le lave par l'agitation avec de l'eau, puis, une autre fois, avec une faible dissolution de carbonate de soude, qui le débarrasse du chlore; on y ajoute du chlorure de calcium, et on le rectifie par une distillation au bain-marie. On peut aussi le rectifier sur de l'acide sulfurique. — On obtient, en général, un poids de chloroforme égal à celui de l'alcool employé.

Dans la réaction de l'hypochlorite de chaux sur l'alcool, il se fait du chlorure de calcium, du chloroforme et de l'acide formique; mais ce dernier, dans une réaction secondaire, est détruit par l'excès du chlorure de chaux et converti en acide chlorhydrique et en acide carbonique; c'est ce qui donne lieu à la vive effervescence qui accompagne la réaction.

Pur, le chloroforme est un liquide incolore, d'une apparence huileuse, d'une odeur éthérée et d'une saveur sucrée; sa densité est de 1,48. Il bout à + 61°. Il brûle avec une flamme verte. Il est à peine soluble dans l'eau, très-soluble, au contraire, dans l'alcool et dans l'éther. Le chlore le transforme, aux rayons solaires, en chlorure de carbone. C'est un corps assez stable, puisqu'on peut le distiller sur l'acide sulfurique, l'hydrate de potasse sec, et même sur le potassium.

Sa composition en centièmes est la suivante :

Carbone	10,05
Hydrogène	0,83
Chlore	89,12
	100,00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il possède, comme l'éther, la propriété remarquable de provoquer le sommeil, et de déterminer l'insensibilité dans les opérations chirurgicales. C'est le docteur Simpson, d'Édimbourg, qui, éclairé par cette belle découverte due à M. Flourens (8 mars 1847), s'est servi, le premier, en novembre 1847, de ce nouvel agent anesthésique sur lequel je reviendrai à propos de l'éther.

M. Cloëz a appelé l'attention des chimistes sur l'emploi qu'on peut faire du chloroforme comme dissolvant des corps gras et résineux, et généralement de tous les produits très-carbonés. Il dissout le caoutchouc à froid beaucoup mieux qu'aucun autre liquide, et il l'abandonne par l'évaporation avec toutes ses propriétés premières. Il dissout également en grande quantité le copal, et donne une solution limpide qui pourrait être employée comme vernis. Cette solution a été préconisée contre le mal de dents ; on en imprègne une petite boule de coton, qu'on introduit dans la cavité de la dent cariée. Le chloroforme calme assez rapidement la douleur, et la résine maintient, par sa propriété adhésive, le morceau de coton dans la cavité dentaire.

Dans son contact avec les acides, l'alcool donne lieu à des phénomènes intéressants que je dois vous indiquer.

En 1540, un chimiste allemand, du nom de Valérius Cordus, remarqua qu'en faisant bouillir un mélange d'alcool et d'acide sulfurique, il se produisait un liquide très-volatil et très-inflammable, qu'il appela *huile de vitriol dulcifié*. Déjà, au commencement du quinzième siècle, Basile Valentin avait parfaitement signalé la production d'une essence agréable et de bonne odeur par la distillation du même mélange. C'est à cette prétendue huile ou essence qu'on donna plus tard le nom d'*éther*, pour rappeler son extrême fluidité. Ce n'est guère que vers 1720 que l'usage de ce liquide commença à se répandre, d'abord en Angleterre et en Allemagne. Hanckwitz, Hellot, Geoffroy aîné, Newton lui-même, essayèrent de dévoiler la préparation de l'éther, que l'on tenait alors comme un secret. C'est Grosse, aidé de Duhamel, qui, en 1734, éclaircit cette importante question, et décrivit le procédé que l'on suit encore aujourd'hui, à quelques modifications près.

La transformation de l'alcool en *éther* n'offre aucune difficulté. On fait, avec précaution, un mélange de 7 parties d'alcool à 33°, et 10 parties d'acide sulfurique à 66° (1) ; on l'introduit dans une

(1) L'acide sulfurique peut être remplacé par les acides phosphorique, arsénique, fluoborique, fluosilicique, comme aussi par les chlorures de zinc et d'étain. Les liquides obtenus par l'action de ces différents corps sur l'alcool, offrent toujours la même composition et les mêmes propriétés; c'est pour cela qu'au lieu de les désigner sous les noms d'*éthers sulfurique*, *phosphorique*, etc., qui sont inexacts,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande cornue de verre tubulée, enfouie dans un bain de sable jusqu'à la hauteur où le liquide doit s'élever dans la cornue (*fig.* 389). Celle-ci est munie d'une allonge et d'un ballon dont la tubulure latérale pénètre dans un serpentin ordinaire. Un thermo-

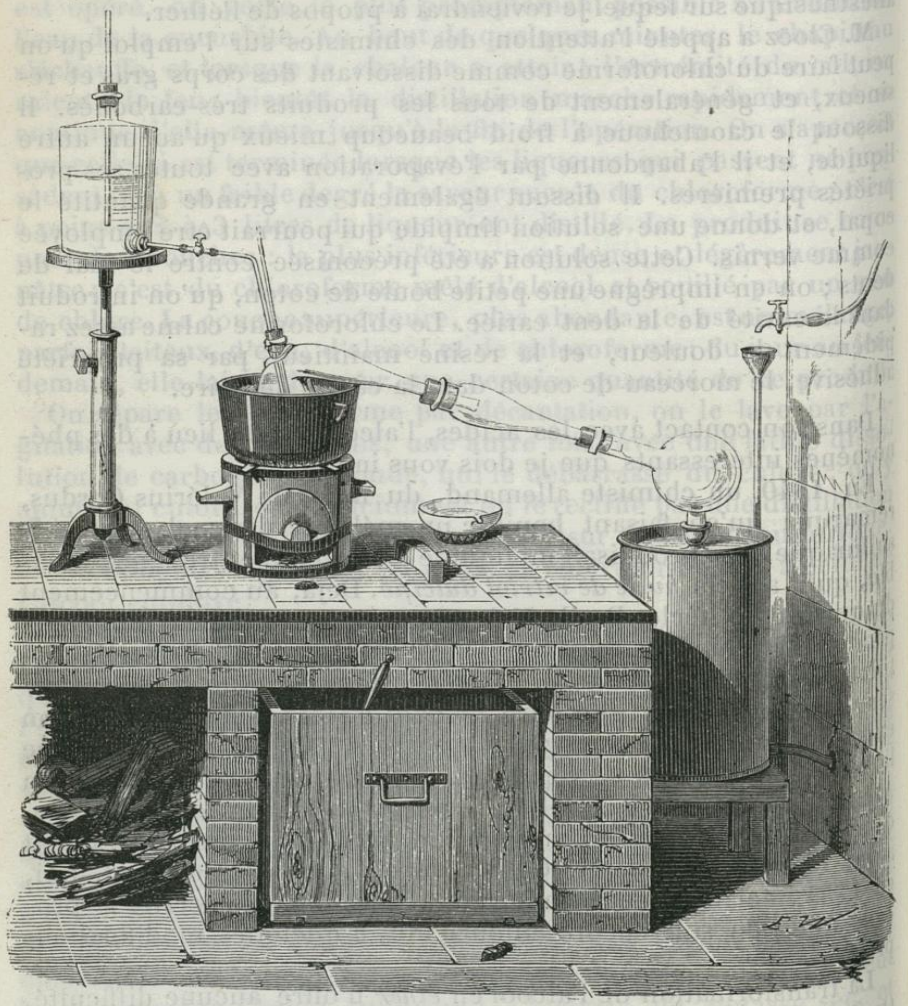


Fig. 389.

mètre est placé dans la tubulure de la cornue et il plonge dans le liquide intérieur; dans la même tubulure passe un tube de

puisqu'ils ne contiennent aucune trace de l'acide qui a servi à les produire, M. Chevreul a proposé, il y a bien longtemps, de leur donner le nom commun d'*éther hydratique*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

verre recourbé qui met la cornue en communication avec un grand flacon servant de réservoir à de l'alcool à 37°,5, et dont on peut régler l'écoulement au moyen d'un robinet. Lorsque toutes les jointures de l'appareil sont lutées avec soin, on chauffe rapidement de manière à porter le liquide à l'ébullition; dès que le thermomètre indique 130°, on fait arriver lentement l'alcool du réservoir supérieur, et on s'attache à maintenir la température entre 130 et 140°. Le tube qui amène l'alcool pénètre de 8 à 10 centimètres dans le mélange d'alcool et d'acide. Celui-ci se colore peu à peu; l'acide sulfurique réagit sur les éléments de l'esprit-de-vin et le convertit en éther, qui distille et se condense dans le serpentin. On cesse de chauffer, lorsqu'on a introduit dans la cornue, par le tube vertical, 100 parties d'alcool rectifié.

On purifie le produit distillé en le mettant en contact, pendant 24 heures, avec une solution concentrée de potasse caustique, et en le distillant ensuite, au bain-marie, sur du chlorure de calcium fondu. Il marque alors 65° à l'aréomètre de Baumé, et ne pèse que 0,729. L'éther médicinal est toujours mélangé d'alcool; sa pesanteur spécifique est de 0,758, et il marque 56° à l'aréomètre.

L'éther est un liquide tout à fait distinct de l'alcool qui l'a fourni. En effet, il est bien plus mobile, plus léger; son odeur est forte, pénétrante, et sa saveur âcre, brûlante et amère.

Il est si volatil qu'il entre en ébullition à + 35°,5, et qu'il se vaporise complétement, en très-peu d'instants, dans un courant d'air. Il produit, dans ce cas, un abaissement de température qui va jusqu'à — 15°. C'est à cause de cela que, versé sur la main, l'éther produit un froid instantané qui, dans certaines circonstances, peut devenir salutaire, comme par exemple, pour dissiper la migraine. C'est alors sur le front et les tempes qu'on l'applique.

Il est bien plus combustible que l'alcool; il prend subitement feu par l'approche d'une bougie, et brûle avec une flamme blanche, fuligineuse, très-étendue. Comme la vapeur d'éther se répand très-promptement, à une assez grande distance, dans l'atmosphère, et la rend inflammable, il est toujours dangereux de transvaser ce liquide dans un lieu où il y a quelque corps en combustion. Un des jeunes chimistes les plus distingués de notre époque, Polydore Boullay, est mort à l'âge de 29 ans, le 24 mai 1835, des suites d'une horrible brûlure que lui occasionna la rupture, entre ses mains, d'un flacon d'éther, non loin d'un foyer allumé. Plus récemment encore un jeune et savant pharmacien de Nantes a été horriblement brûlé par l'éther enflammé (1).

(1) Une des causes les plus fréquentes d'incendie au milieu des villes, est l'imprudence avec laquelle on approche une lumière des liquides inflammables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'éther est à peine soluble dans l'eau. La *liqueur anodine minérale d'Hoffmann*, qui est généralement employée pour rappeler à la vie les personnes tombées en syncope, n'est qu'un mélange, à parties égales, d'alcool et d'éther, que Fred. Hoffmann mit en usage au commencement du dix-huitième siècle.

Il agit, comme dissolvant, sur la plupart des principes immédiats solubles dans l'alcool. Ainsi, il dissout principalement les huiles volatiles, le camphre, plusieurs résines, les huiles grasses, les graisses et le caoutchouc gonflé par l'eau bouillante. On en fait un fréquent usage, d'après cela, dans l'analyse des substances végétales et animales, pour isoler les uns des autres les principes immédiats qui sont mélangés. Il dissout, au contraire, très-peu de composés minéraux.

L'éther a la composition suivante :

Carbone.....	65,3 ou 4 équivalents	}	$= C^4H^5O$.
Hydrogène.....	13,3 ou 5 »		
Oxygène.....	21,4 ou 1 »		
	100,0		

On peut aussi le représenter par

4 volumes d'hydrogène bicarboné.	75,9	}	$= C^4H^4 + HO$.
2 volumes de vapeur d'eau.....	24,1		
2 volumes de vapeur éthérée.....	100,0		

Si vous comparez cette composition à celle de l'alcool, vous verrez qu'il n'y a d'autre différence, entre ces deux liquides, que 1 équivalent d'eau en moins dans l'éther.

On peut encore représenter ce dernier par $(C^4H^5)O$, c'est-à-dire par un oxyde d'*éthyle*, et c'est ce que font les chimistes allemands.

Vous voyez donc que le radical composé..	C^4O^5.....	Ethyle.
forme un protoxyde.....	$(C^4H^5)O$.....	Ether.
et un hydrate de protoxyde.....	$(C^4H^5)O + HO$.	Alcool.

Il n'est que trop commun de voir le feu se déclarer dans les caves où l'on transvase de l'esprit-de-vin, de l'éther, des essences, des huiles de schiste, de goudron, etc., et bien des individus ont dû la mort à des accidents de ce genre. On éviterait tous ces malheurs en se servant de la lampe de sûreté de Davy pour pénétrer dans ces magasins, car elle ne peut déterminer l'inflammation des liquides volatils ; bien plus, en versant de l'éther ou de l'essence sur cette lampe allumée, la flamme ne dépasse pas la limite des mailles métalliques. Il serait donc à désirer que son usage s'introduisît chez les pharmaciens, les droguistes, les distillateurs, les parfumeurs, les marchands de couleurs et d'essences, etc. L'administration ferait une chose utile en n'autorisant les dépôts de liquides combustibles dans l'intérieur des villes qu'à la condition d'employer, pour entrer et travailler dans ces dépôts, la lampe de sûreté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est facile, d'après cela, de concevoir la transformation de l'alcool en éther. Il suffit tout simplement d'enlever au premier la moitié de l'eau qu'il contient. Eh bien ! c'est là le rôle de l'acide sulfurique dans l'acte de l'éthérification. En enlevant à l'éther le volume d'eau qu'il renferme encore, on en ferait du gaz hydrogène bicarboné; c'est ce que l'expérience démontre.

Mais cette simplicité d'action n'existe pas en réalité. Les expériences de Faraday, d'Hennell, de Sérullas et d'autres chimistes contemporains ont démontré que lorsqu'on mêle de l'alcool avec de l'acide sulfurique, à la température ordinaire, il se fait un *sulfate acide d'éther* $(C^4H^5)O + HO + 2SO^3$, qu'on a nommé *acide sulfovinique*. Ce composé se maintient jusqu'à la température de + 127°; à partir de ce moment, et surtout entre 130 et 140°, il se décompose en donnant de l'acide sulfurique aqueux et de l'éther qui se volatilise. Celui-ci, en traversant le liquide, se sature de vapeur d'eau; aussi le produit qui distille est-il un mélange d'eau et d'éther.

Il n'est donc pas surprenant qu'en faisant arriver peu à peu dans la cornue de nouvel alcool absolu, celui-ci puisse être converti par l'acide sulfurique, d'abord en acide sulfovinique, puis en éther et en eau, et qu'ainsi l'opération puisse être continuée pendant un temps très-long. C'est M. Boullay père qui a reconnu ce fait, si important pour la fabrication de l'éther.

A une dose peu élevée, l'éther cause une sorte d'ivresse, accompagnée de faiblesse générale, mais qui se dissipe promptement. Il n'est pas bien prouvé qu'il puisse agir sur l'homme comme poison, quoique, d'après Brodie et Orfila, il exerce une action funeste sur les animaux. On sait, par exemple, que le chimiste Bucquet, le maître du célèbre Fourcroy, et qui est mort à l'âge de 34 ans, d'un squirrhe des intestins, prenait jusqu'à 1 litre d'éther par jour, tandis que c'est ordinairement par gouttes qu'on l'administre comme calmant.

Dans le courant de 1846, le docteur américain Jackson a constaté dans ce liquide une nouvelle et bien précieuse propriété. Inspiré avec l'air, pendant quelques minutes, la vapeur d'éther plonge le cerveau dans un état d'inertie, d'engourdissement tel qu'il ne perçoit plus la douleur, et que les mutilations les plus cruelles peuvent être exécutées sur l'homme et les animaux vivants sans qu'ils en aient conscience. On avait jusqu'ici vainement cherché dans l'ivresse alcoolique, le narcotisme opiacé, le magnétisme, les moyens d'épargner à l'humanité les tortures auxquelles la soumettent les opérations chirurgicales. L'ivresse éhérée produit cet admirable résultat; aussi maintenant pour un grand nombre de ces opérations détermine-t-on d'abord l'insensibilité à l'aide de l'éther que l'on fait respirer au moyen d'appareils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus ou moins commodes. On lui substitue fréquemment le chloroforme, parce que celui-ci a une action beaucoup plus rapide. Mais l'administration de ces agents *anesthésiques* (qui détruisent la sensibilité) exige la plus grande prudence, car la promptitude avec laquelle ils opèrent sur les centres nerveux fait bien vite franchir la faible distance qui sépare la période de stupéfaction de la période d'asphyxie, aussi connaît-on un assez grand nombre de cas de mort produits par l'inspiration de l'éther et du chloroforme. Parmi les victimes de ce genre, je mentionnerai le docteur anglais Glover, qui, en 1859, s'est empoisonné involontairement en cherchant à compléter des expériences spéciales sur l'anesthésie par le chloroforme.

La grande volatilité de l'éther et la force élastique de sa vapeur ont été mises à profit par un ingénieur français, M. du Tremblay, pour remplacer la vapeur d'eau dans les machines des navires. Au lieu de condenser la vapeur d'eau sortant du cylindre d'une machine ordinaire, et qui se perd sans utilité, M. du Tremblay l'amène en contact avec les parois d'un récipient contenant de l'éther; celui-ci absorbe de la chaleur, la condense et fournit une masse de vapeur qui va faire mouvoir un piston dans un cylindre particulier, dont le travail vient s'ajouter à celui de la vapeur première.

C'est cette heureuse combinaison de deux vapeurs de liquides bouillant à une température différente qui a fait donner à ces nouvelles machines le nom de *machines à vapeurs combinées*. Il résulte d'essais définitifs et d'une pratique de plusieurs années, à Marseille, à Alger, à Cette, en Angleterre, que l'emploi de l'éther donne une économie de combustible égale au moins à 50 p. 100.

L'éther laissait quelques craintes, non justifiées cependant, à cause de son inflammabilité. M. Lafont, officier de la marine impériale, lui a substitué avec avantage le chloroforme, non inflammable et qui jouit d'une force élastique supérieure à celle de l'éther. Plusieurs navires du gouvernement marchent au moyen de ce système. Des essais tentés plus récemment à Londres par M. du Tremblay semblent indiquer que l'aldéhyde présenterait des avantages encore plus grands que ceux fournis par le chloroforme.

Des Gommes.

A la fin de l'été, à l'époque de la maturité des fruits, vous avez pu remarquer, Messieurs, que la plupart de nos arbres fruitiers, comme les abricotiers, les amandiers, les cerisiers, les pêchers, les pruniers, etc., laissent exsuder à travers leur écorce un liquide épais et visqueux, qui bientôt se durcit à l'air, en larmes ou en morceaux arrondis, transparents et rougeâtres, d'une cassure vitreuse et d'une saveur fade. Cette matière est ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que les naturalistes désignent depuis longtemps sous le nom de *gomme*.

Souvent, l'excrétion de ce suc n'ayant pas lieu naturellement, on la détermine au moyen d'incisions longitudinales qu'on pratique sur l'écorce des arbres. C'est ainsi qu'en Afrique, et notamment au Sénégal, on provoque l'écoulement de la gomme qui existe en forte proportion dans les vaisseaux des nombreuses espèces d'*acacias* (*fig.* 390) qui ornent ces contrées, et que le commerce nous procure sous les noms de *gomme arabique*, *gomme du Sénégal*, *gomme de Barbarie*, *gomme de l'Inde*.



Fig. 390.



Fig. 391.

Dans l'Asie Mineure et autres parties de l'Orient, de petits arbrisseaux, nommés *astragales* (*fig.* 391), contiennent dans leurs vaisseaux un suc gommeux très-épais, qui a peine à se faire jour à travers leur écorce; aussi apparaît-il au dehors sous forme de lanières ou de fils minces, contournés et vermiculés, blancs et opaques. C'est ce qu'on appelle la *gomme adragante*.

Le suc gommeux ne se trouve pas seulement dans la tige des arbres. On le rencontre dans les autres organes des végétaux; mais alors il y est intimement ou profondément renfermé; aussi ne peut-il pas en sortir naturellement. On est obligé, dans ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cas, pour l'extraire, de déchirer ou de piler ces organes, et de faire agir sur eux l'eau froide ou chaude qui isole la gomme des autres principes en la dissolvant. Il en résulte une liqueur visqueuse et gluante, qu'on nomme habituellement *mucilage*. Les racines de consoude, de mauve, de guimauve et de beaucoup d'autres plantes; les racines bulbeuses ou oignons de jacinthe, de lis, de tulipe, de colchique, de scille, etc.; les feuilles charnues et grasses, celles de la mauve, de la guimauve, de la bourrache, etc.; la plupart des fucus et des lichens; les semences de lin, de fenugrec, etc., les pepins de fruits, de coings, etc., cèdent à l'eau chaude une abondante proportion de gomme ou de mucilage; aussi le liquide prend-il souvent, par le refroidissement, l'apparence d'une gelée.

Les tubercules desséchés des *orchis*, qui nous arrivent de la Turquie, de l'Anatolie et de la Perse, sous le nom de *salep*, se transforment, par une ébullition prolongée, en un mucilage transparent, parce qu'ils sont presque entièrement composés de gomme unie à quelque peu d'amidon.

Vous le voyez, Messieurs, les gommes sont très-abondamment répandues dans les végétaux. Mais telles qu'elles exsudent naturellement des tiges ou qu'on les extrait des racines et des graines par l'action de l'eau bouillante, ce sont des mélanges plus ou moins complexes. On y trouve, en effet, des matières salines, des matières grasses et azotées, de la matière colorante verte, de l'amidon, et un ou plusieurs principes gommeux distincts qui en forment la majeure partie. Trois de ces principes, isolés et caractérisés en 1831, par M. Guérin Varry, méritent d'être connus.

L'un de ces principes gommeux, désigné sous le nom d'*Arabine*, est entièrement soluble dans l'eau, à laquelle il donne une consistance de sirop épais. C'est lui qui forme la partie soluble et mucilagineuse des différentes gommes et mucilages des graines et des racines, qui constitue presque en totalité les gommes *arabique* et *du Sénégal*.

Un autre de ces principes gommeux, appelé *Bassorine*, est insoluble dans l'eau froide ou chaude; mais il l'absorbe, s'y gonfle considérablement, et forme alors une matière gélatiniforme ou un mucilage très-épais. C'est ce principe qu'on trouve en grande quantité dans la gomme *adragante*, dans le *salep*, dans la gomme de *Bassora*, etc.

Enfin, un troisième principe gommeux, qu'on a distingué des deux autres par le nom de *cérasine*, est insoluble dans l'eau froide où il se gonfle, mais soluble dans l'eau par une ébullition prolongée qui le change complétement alors en *arabine*. C'est lui qui constitue la partie insoluble à froid des *gommes de France* ou de nos arbres fruitiers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Fremy, qui a soumis tout récemment les gommes à de nouvelles recherches, se fait une tout autre idée de leur nature. Il regarde l'*arabine*, non comme un principe immédiat neutre, mais comme un composé de chaux avec un acide très-faible, soluble, qu'il nomme *acide gummique*. Sous l'influence de la chaleur, ou sous celle de l'acide sulfurique concentré, cet acide éprouve une modification isomérique qui le rend insoluble et que M. Fremy distingue sous le nom d'*acide métagummique*. Ce serait ce dernier qui, uni à la chaux, constituerait la *cérasine* ou la gomme insoluble de nos arbres fruitiers. Quant à la *bassorine*, ce serait une substance gélatineuse acide se rapprochant de l'acide métagummique, mais ne pouvant être confondue avec lui.

Dans tous les cas, les matières gommeuses, quelle que soit leur constitution, ont pour caractères communs :

1° D'être solides, incristallisables, sous forme de morceaux irréguliers, incolores, vitreux ou cassants, insipides ou fades, inodores;

2° De ne point s'altérer au contact de l'air sec;

3° De ne point être colorables par l'iode;

4° D'être tout à fait insolubles dans l'esprit-de-vin, qui les précipite de leur dissolution aqueuse, sous forme de flocons blancs, mous et opaques;

5° D'être converties par l'acide sulfurique faible, à la température de + 96°, d'abord en *dextrine*, puis en glucose;

6° De ne point éprouver la fermentation alcoolique, comme le sucre;

7° D'être converties par l'acide azotique bouillant en acide oxalique et en un autre acide particulier que Schèele a découvert en 1780, et qu'on désigne sous le nom d'*acide mucique*.

Cet acide, qui n'existe ni libre ni combiné dans la nature, ne s'offre qu'en poudre blanche, presque insipide et à peine soluble dans l'eau. — 100 parties d'arabine ou de belle gomme arabique, traitées par 400 parties d'acide azotique à une douce chaleur, produisent de 14 à 26 parties d'*acide mucique*.

Cet acide est bibasique, et on le représente par la formule $C^{12}H^{8}O^{14},2HO$.

Séchées à + 130°, les gommes ont la composition suivante, d'après MM. Mulder et Schmidt :

	GOMMES		MUCILAGES	
	ARABIQUE.	DU SÉNÉGAL.	DE LIN.	DE COINGS.
Carbone....	44,6	44,4	44,6	44,9
Hydrogène..	6,1	6,1	6,3	6,2
Oxygène....	49,3	49,5	49,1	48,9
	100,0	100,0	100,0	100,0

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce qu'on peut représenter par 12 molécules de carbone et 10 molécules d'eau = $C^{12}H^{10}O^{10}$. C'est sous cet état que les gommes se combinent avec l'oxyde de plomb.

Les deux gommes solubles les plus importantes et qu'on emploie dans l'industrie indifféremment l'une pour l'autre, les gommes *arabique* et du *Sénégal*, ont la composition immédiate suivante :

	GOMMES	
	ARABIQUE.	DU SÉNÉGAL.
Arabine.....	79,40	81,10
Eau interposée....	17,60	16,10
Cendres.....	3,00	2,80
	100,00	100,00

Les cendres sont formées par du chlorure de potassium, de l'oxyde de fer, de l'alumine, de la silice, de la magnésie, de la chaux et de la potasse. Ces deux dernières bases viennent du malate acide de chaux et de l'acétate de potasse qui préexistaient dans ces gommes, avec des traces de matières colorante, grasse et azotée.

Voici les propriétés spéciales des deux sortes de gomme soluble :

100 parties d'eau à + 20° en dissolvent 17, 75 parties,
à l'ébullition, 23, 54

La dissolution est mucilagineuse, gluante ; sa viscosité l'empêche de passer à travers le papier non collé, et lui permet de retenir longtemps en suspension les corps divisés qu'on y mêle ; c'est pour cette raison qu'on ajoute de la gomme à l'encre pour empêcher le dépôt du tannate et du gallate de fer. Les corps solubles, tels que le sucre, les sels, ne peuvent plus cristalliser au milieu d'elle. Elle s'acidifie peu à peu au contact de l'air, et se recouvre de moisissures. Voici l'action des principaux réactifs sur elle, lorsqu'elle est concentrée :

Alcalis.....	Coagulum blanc qui se dissout ensuite.
Sous-acétate de plomb.....	Précipité blanc, abondant, caséiforme.
Sous-silicate de potasse.... / Azotate mercureux..... / Chlorure et chloride stanniques.....	Trouble, et, peu après, flocons jaunes et épais.
Alcool concentré.....	Flocons blancs, mous, opaques, abondants.
Chlore à l'état de courant...	Flocons blancs, acides, ne se produisant qu'au bout de quelque temps.
Teinture de noix de galle... / Teinture d'iode.....	Rien.
Sulfate de cuivre, puis potasse en excès.....	Précipité bleu, insoluble dans les alcalis, mais soluble dans l'eau pure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sulfate ferrique neutre..... / Chloride ferrique neutre ...	La liqueur se prend bientôt en une gelée fort consistante, rougeâtre et translucide, que les acides et les alcalis font disparaître.

Cette précipitation de la gomme par les sels de peroxyde de fer peut expliquer les dépôts qui ont lieu dans l'encre au bout d'un certain temps, c'est-à-dire lorsque toute la couperose a été peroxydée par l'air.

Enfin, comme toutes les matières organiques fixes, la gomme jouit, mais à un faible degré, de la faculté de masquer les oxydes; en sa présence, une dissolution d'azotate de bismuth cesse d'être précipitée par l'eau.

Les gommes rendent d'immenses services à la médecine, à l'économie domestique et aux arts.

Dans l'art de guérir, toutes les gommes et les mucilages sont employés avec un grand succès comme adoucissants, à l'intérieur et à l'extérieur. On administre les gommes arabique et du Sénégal, soit en nature, soit sous forme de sirops, de pâtes ou de dissolutions. Les *pâtes de guimauve et de jujubes* ne sont que des mélanges de gomme et de sucre, aromatisés convenablement. — Les mucilages de lin, de guimauve, de coings, sont aussi très-employés en médecine. — La gomme adragante est surtout utilisée à la confection de mucilages qui servent à lier les pâtes que l'on destine à la fabrication des pastilles et tablettes, et à tenir en suspension dans l'eau les matières huileuses qui n'y sont pas solubles.

Dans les arts, les gommes du Sénégal et d'Arabie sont consommées en quantités prodigieuses, pour la fabrication de l'encre, du cirage, l'apprêt des toiles, le lustrage des tissus, des rubans, des taffetas, l'épaississage des couleurs et des mordants des fabricants d'indiennes. On s'en sert encore pour rendre plus brillantes les couleurs sur le papier, dans la peinture en miniature et à l'aquarelle. — Les gommes de France sont utilisées dans la chapellerie pour l'apprêt du feutre.

Les parfumeurs préparent, pour le lissage des cheveux, des dissolutions visqueuses aromatisées qui ont surtout pour base le mucilage des pepins de coings ou de graines de psyllium. C'est là ce qu'ils appellent la *bandoline*.

Les gommes ne sont point propres à l'alimentation, puisqu'elles ne renferment pas d'azote. On a cru jusque dans ces derniers temps, sur l'autorité de certains voyageurs, que, dans les pays où on les récolte, elles formaient la base de la nourriture des habitants. M. Peney, médecin en chef de l'armée du Soudan, a rectifié ces assertions. Ce n'est qu'à défaut de toute autre ressource alimentaire, dans les temps de disette, que les Maures ont recours

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la gomme ; mais au bout de quelques jours de ce régime, les malheureux commencent à maigrir, la coloration de la peau s'altère, l'estomac se refuse à digérer la matière gommeuse, et les individus ne tardent pas à tomber dans le marasme et à périr d'inanition. Il paraît, toutefois, que les singes en sont très-friands et qu'ils s'en nourrissent. On en donne souvent, en Afrique, aux chevaux et aux chameaux.

Le *salep*, qu'on regarde aussi, à tort, comme très-nourrissant et restaurant, est réservé, en Europe, à l'alimentation des phthisiques ; on le fait manger en bouillie ou en gelée, après l'avoir sucré et aromatisé.

Le commerce de la gomme, le long du Sénégal par les Français, et de la Gambie par les Anglais, s'élève à plus de 20 millions de francs par an. Dans le Soudan égyptien, on ramasse chaque année plus de 100,000 quintaux de gomme. La gomme d'Arabie arrive à Marseille en caisses ou en sacs ; celle du Sénégal vient presque en totalité à Bordeaux en sacs de 70 à 80 kilogr. L'importation de la gomme adragante s'élève annuellement chez nous à la somme de 150,000 fr. ; Marseille est le principal entrepôt de cette marchandise, qui est envoyée de Smyrne, d'Alep, de l'Archipel grec en caisses de 90 à 120 kilogr.

Pectine.

Un principe immédiat, qui a quelque analogie avec la gomme, est celui qu'on a désigné pendant longtemps sous le nom de GELÉE VÉGÉTALE, et que Braconnot, de Nancy, qui l'a obtenu, en 1831, à l'état de pureté, a appelé PECTINE, du mot grec *pectis*, qui veut dire *coagulum*.

Il existe dans les parties charnues des plantes, et surtout dans les fruits mûrs, notamment dans les fruits riches en acide, tels que les poires, les pommes, les groseilles, les cerises, etc. Il paraît provenir de la transformation que les acides, aidés de la chaleur solaire, font éprouver au tissu cellulaire insoluble des fruits, tissu que M. Fremy a cru devoir désigner sous le nom de *pectose*.

Quoi qu'il en soit, pour isoler la pectine, on exprime à froid la pulpe de poires très-mûres, on en filtre le jus dont on précipite la chaux par l'acide oxalique et l'albumine par le tannin. La liqueur claire étant ensuite additionnée d'alcool fort, la pectine se précipite sous forme de longs filaments gélatineux. On les lave à l'alcool, on les dissout dans l'eau et on les précipite de nouveau par l'alcool, en répétant la même opération autant qu'il est nécessaire pour que la pectine ne contienne plus la moindre trace de sucre et d'acide organique. En faisant dessécher cette matière, elle di-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

minue beaucoup de volume, et se réduit en fragments translucides, durs et cassants comme la gomme arabique.

Dans cet état, la pectine est inodore, insipide, incristallisable, absolument neutre aux réactifs colorés. Elle se gonfle beaucoup dans l'eau froide et s'y dissout ; sa dissolution concentrée se prend en gelée. L'alcool la précipite sous forme de gelée ou de longs filaments, suivant que sa dissolution est concentrée ou étendue. Elle est aussi précipitée par le sous-acétate de plomb, mais non par l'acétate neutre.

Ce qu'elle offre surtout de caractéristique, c'est que très-mobile dans sa constitution, les alcalis la transforment rapidement en deux acides gélatineux, insolubles ou presque insolubles dans l'eau froide. L'un s'appelle *pectosique* et l'autre *pectique*.

Le premier prend naissance, à froid, sous l'influence des plus faibles quantités de potasse, de soude ou d'une terre alcaline ; le second se forme par l'action de l'eau bouillante, et surtout par celle des alcalis forts.

Leurs caractères différentiels sont, au reste, peu tranchés. Ils ont ceci de commun avec la pectine, que l'acide sulfurique faible les change en glucose, que la potasse caustique en fusion les convertit en acide oxalique, et que l'acide azotique bouillant les ramène à l'état d'acide saccharique, puis d'acide mucique. Si on les maintient longtemps sur le feu en présence de l'eau pure, ou de l'eau alcalisée, ils perdent leur apparence gélatineuse, deviennent très-solubles et constituent alors un nouveau produit qu'on a nommé *acide métapectique*.

Ajoutons que la pectine, en contact avec les matières organiques azotées, qui existent toujours dans les fruits, se transforme en acides pectosique et pectique gélatineux. Voilà pourquoi les sucs des fruits acides se prennent en gelée peu de temps après avoir été exprimés.

Les *gelées végétales* qui paraissent sur nos tables se composent donc principalement d'acides pectosique et pectique. On prépare celles de fruits rouges, c'est-à-dire les *confitures* de groseilles, de cerises, de framboises, en ajoutant aux sucs de ces fruits moitié ou trois quarts de leur poids de sucre blanc, et faisant cuire en consistance telle que la liqueur se prenne en gelée par le refroidissement. Mais quand les fruits sont riches en parties ligneuses, on les coupe par tranches et on les fait bouillir dans l'eau. La liqueur est mêlée à du sucre et évaporée en consistance de gelée. C'est ainsi que les confiseurs préparent les gelées de pommes et de coings ; souvent pour donner plus de consistance à ces gelées et économiser les fruits, ils y introduisent une forte proportion de gélatine blanche dite *grenetine*.

On est loin d'être bien fixé sur la composition des différents

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

principes pectiques dont il vient d'être question. Je me bornerai à mettre sous vos yeux les résultats d'analyses de pectine extraite de plusieurs substances végétales.

	PECTINE DE POMMES DOUCES.	PECTINE DE POIRES.	PECTINE DE POIRES MURES.	PECTINE DE GENTIANE.	PECTINE DE CAROTTES.
Carbone	44,6	46,1	40,5	43,8	43,3
Hydrogène..	5,4	5,5	5,5	5,9	5,6
Oxygène....	50,0	48,4	54,0	50,3	51,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Ces analyses ne sont pas très-concordantes, surtout pour le carbone. Aussi les formules qu'on en tire sont très-différentes et aucune d'elles n'est satisfaisante.

Y a-t-il véritablement lieu de considérer comme autant de corps différents les diverses matières gélatineuses qu'on a nommées *pectose*, *pectine*, *acide pectosique*, *acide pectique*, et n'est-il pas plus vraisemblable que ce ne sont que des états différents de cohésion et d'hydratation d'une substance unique, ne différant elle-même que par la forme des gommes, de l'amidon et du tissu cellulaire végétal? C'est là notre opinion.

Quoi qu'il en soit, le principe gélatineux des fruits, qu'il soit unique ou multiple, joue un rôle important dans notre alimentation, et voilà pourquoi je vous en ai parlé.

TRENTE-HUITIÈME LEÇON.

PRINCIPES IMMÉDIATS NEUTRES (SUITE).

SOMMAIRE. — De la MATIÈRE AMYLACÉE. — Diverses espèces de *fécules* du commerce. — Leur structure anatomique. — Composition et propriétés de la matière amylacée. — DEXTRINE et ses applications. — Fabrication du *glucose*. — De la MATIÈRE LIGNEUSE. — Ses deux principes constituants : *cellulose* et *lignine*. — Composition et propriétés de la cellulose. — Ses curieuses métamorphoses : dextrine, glucose, *pyroxyline*.

Matière amylacée.

Il est une substance, Messieurs, tout aussi abondante, plus abondante peut-être, que le sucre et la gomme dans les végétaux,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et qui n'a pas une importance moins grande pour les divers besoins de l'homme ; c'est la MATIÈRE AMYLACÉE, qu'on appelle indifféremment *Amidon* ou *Fécule*.

Cette matière, qui n'est ni un principe ni un produit immédiat, mais un véritable organe, est caractérisée par sa forme pulvérulente ou plutôt granuleuse, sa blancheur, son insipidité, son insolubilité dans l'eau froide, sa conversion par l'eau chaude en une bouillie collante et mucilagineuse qu'on appelle vulgairement *empois*, enfin par la belle coloration bleue ou violette que l'iode lui communique.

On la rencontre dans tous les organes des plantes, pour ainsi dire, depuis la racine jusqu'aux graines, mais elle existe en plus grande quantité : 1° Dans les racines de bryone, de bardane, de rhubarbe, de carotte, de guimauve, de réglisse, de manioc, de jalap, etc. ; 2° dans les rhizomes ou tiges souterraines de massette, d'iris, de canna, etc. ; 3° dans les tubercules de la pomme de terre, de la patate, des ignames, des souchets, des arums, de l'arrow-root, de la sagittaire, etc. ; 4° dans les bulbes des lis, tulipes et autres liliacées ; 5° dans la partie médullaire des tiges des palmiers ; 6° dans les fruits du chêne, du châtaignier, du marronnier d'Inde, du sarrazin, etc. ; 7° dans les semences des légumineuses (fève, haricot, pois, lentille, lupin, etc.), et des céréales (blé, orge, seigle, avoine, millet, maïs, riz, etc.).



Fig. 392.

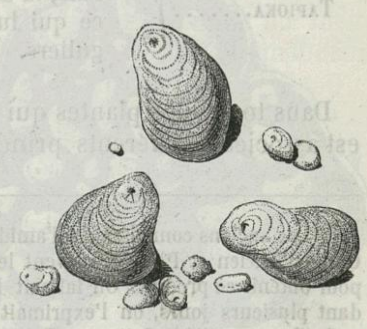


Fig. 393.

La matière amylacée extraite de ces différentes plantes et amenée à l'état de pureté, est identique sous le rapport chimique ; elle ne présente que de légères différences dans ses formes et ses caractères physiques. Ainsi, quand on examine les diverses fécules au microscope, on reconnaît qu'elles sont toutes constituées par l'assemblage de globules transparents, dont le volume, la forme, l'aspect varient dans chaque sorte de fécule, ce qui donne à chacune d'elles un aspect particulier. C'est ainsi que dans l'amidon de blé (*fig.* 392) les globules sont toujours sphériques et d'un volume beaucoup moindre que ceux de la fécule de pomme de terre ; ces derniers (*fig.* 393) affectent toutes les formes depuis la sphérique qui appartient aux plus petits jusqu'à la gibbeuse ou triangulaire arrondie qui appartient aux plus gros.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les globules de l'amidon de blé sont d'un blanc parfait et mat, adhérant entre eux;

Ceux de la fécule sont transparents, colorés en gris sur les bords, lisses et séparés.

Les premiers sont rudes au toucher et se laissent facilement agglomérer en produisant un son particulier analogue au cri de la soie; les seconds sont plus doux au toucher et roulent sous les doigts.

La longueur des différentes fécules est excessivement variable et peut servir, ainsi que la forme habituelle de leurs globules, à les distinguer entre elles. Elle varie depuis 185 millièmes de millimètre (pomme de terre de Rohan) jusqu'à 2 millièmes de millimètre seulement (graines du *Chenopodium Quinoa*). Les globules de l'amidon du blé ont environ 50 millièmes de millimètre.

Les différences que l'on remarque entre les diverses fécules du commerce sont purement extérieures ; aussi ne doit-on, je le répète, considérer ces fécules que comme de simples variétés d'une seule et même substance dont le type est l'amidon du blé. Dans l'usage ordinaire, on appelle spécialement :

AMIDON.....	La fécule retirée des graines des céréales (1);
FÉCULE.....	Celle de la pomme de terre ;
ARROW-ROOT...	Celle des racines du *Maranta arundinacea* qui croît dans les Antilles et dans les Indes;
SAGOU	Celle qu'on retire de la moelle du sagouier, palmier des Moluques ;
MOUSSACHE.....	La fécule des racines du manioc, arbrisseau de la Guyane et des Antilles. La première est séchée à l'air, la deuxième sur des plaques de fer chaudes, ce qui lui a donné la forme de grumeaux irréguliers.
TAPIOKA.....	

Dans toutes les plantes qui la contiennent, la matière amylacée est associée à différents principes immédiats qui en rendent l'ex-

(1) Les anciens connaissaient l'amidon et l'employaient en médecine. Dioscoride, Caton l'Ancien et Pline décrivent le procédé assez grossier qu'on suivait alors pour obtenir ce produit. On laissait le blé ou le seigle ramollir dans l'eau pendant plusieurs jours, on l'exprimait, on passait la liqueur dans un sac ou une corbeille, et on l'étendait sur des tuiles frottées de levain pour qu'elle s'épaissit au soleil. Pline attribue la découverte de l'amidon aux habitants de l'île de Chio. De son temps, l'amidon préparé dans cette île était le plus estimé ; venait ensuite celui de Crète, et en dernier lieu celui d'Égypte. (Pline, liv. XVIII, chap. XVII.) Le mot *amidon* est une traduction du mot latin *amylum*, dérivé lui-même du mot grec *amulon*, qui veut dire *sans meule*. Dioscoride dit que c'est parce qu'on ne faisait point moudre le grain qu'on appela ainsi le produit qui en provient. (Dioscor., liv. II, chap. XCIII.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traction plus ou moins difficile, ou qui lui communiquent des propriétés particulières et souvent nuisibles. C'est ainsi que dans les semences du blé et des autres céréales, elle est accompagnée d'une substance azotée très-nutritive qu'on appelle *gluten;* que dans le marron d'Inde, elle est intimement unie à un principe amer qui empêche de l'utiliser comme aliment; que dans les racines d'arum, de bryone, elle est associée à un principe âcre et vénéneux qui lui donne des propriétés purgatives; que dans la racine de manioc elle est accompagnée d'acide prussique qui en fait un aliment très-dangereux avant sa purification. « C'est une chose fort remarquable, a dit Thenard, que, dans un grand nombre de plantes, la fécule se trouve placée à côté d'un poison. »

Mais l'esprit inventif de l'homme a su partout trouver de faciles moyens pour isoler cette substance précieuse et la séparer des matières étrangères qui en modifient plus ou moins les propriétés. Ainsi, les peuples grossiers de la Guyane et des Antilles savent, depuis longtemps, qu'en exposant à une douce chaleur la fécule déposée du suc de manioc, le principe vénéneux ou l'acide prussique se dissipe. Les anciens chimistes ont, de leur côté, enseigné de laver à plusieurs reprises les fécules qu'abandonnent les sucs des arums et de la bryone, parce que le principe âcre et purgatif est soluble dans l'eau. De même, en laissant fermenter pendant quelque temps les graines céréales broyées, on détruit le gluten qui emprisonnait les globules de l'amidon, et ceux-ci peuvent alors être isolés facilement.

Je ne vous décrirai pas, en ce moment, les procédés industriels à l'aide desquels on se procure l'amidon des céréales et la fécule de la pomme de terre, parce que ce sujet sera plus à sa place dans l'histoire technologique et chimique des organes que je ferai plus tard.

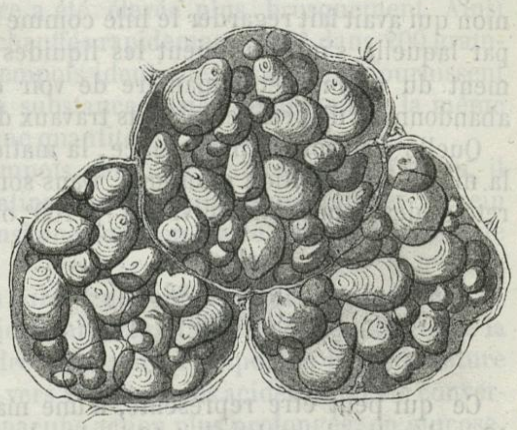


Fig. 394.

L'amidon se rencontre dans les cellules des plantes (*fig.* 394). Primitivement il est constitué par une petite vésicule fermée de toutes parts, dans l'intérieur de laquelle ne tardent pas à se former d'autres vésicules concentriques qui s'accroissent en même temps que la première. De sorte que le grain d'amidon est formé, dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tout son entier, de la même matière disposée par couches, qui sont plus denses à mesure qu'elles sont plus rapprochées de la circonférence; ces couches représentent, en quelque sorte, des sacs emboîtés les uns dans les autres, visibles dans certaines espèces, invisibles dans d'autres, mais qu'il est souvent facile de faire apparaître par la désagrégation partielle du grain, soit par



Fig. 395.

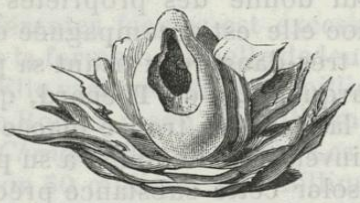


Fig. 396.



Fig. 397.

la chaleur, soit par l'eau chaude. Cela est surtout manifeste dans la fécule du *canna discolor* (*fig.* 395 et 396), dont les diverses couches peuvent se déboîter facilement et sortir du grain isolément les unes des autres. Le microscope est alors l'instrument par excellence pour l'étude de la structure anatomique des fécules.

Souvent le vide central qui s'est produit à l'intérieur du grain pendant l'organisation des couches apparaît sous le microscope, comme une ouverture appelée fort improprement *le hile*. Il arrive aussi fréquemment que ce vide ne se trouve pas tout à fait au centre, comme l'indique la figure 397. Il en résulte une tendance du grain à se déchirer de préférence vers le hile; de là cette opinion qui avait fait regarder le hile comme une ouverture véritable, par laquelle s'introduisaient les liquides destinés à l'accroissement du grain. Cette manière de voir doit être complétement abandonnée, d'après les récents travaux de M. Trécul.

Quelle que soit sa provenance, la matière amylacée a toujours la même composition chimique. Dans son plus grand état de pureté et desséchée dans le vide à + 100° ou 140°, elle contient :

Carbone.....	44,9
Hydrogène.....	6,3
Oxygène.....	48,8
	100,0

Ce qui peut être représenté, d'une manière plus simple, par 12 molécules de carbone et 10 molécules d'eau = $C^{12}H^{10}O^{10}$.

Mais comme, lorsqu'elle est combinée à l'oxyde de plomb, elle a perdu 1 équivalent d'eau pour prendre 1 équivalent d'oxyde métallique, il est plus rationnel de représenter sa composition par la formule = $C^{12}H^{9}O^{9}$,HO.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fécule, dite *sèche*, du commerce, telle qu'on la conserve dans les magasins, contient toujours 18 p. 100 d'eau d'interposition. La fécule *verte* ou humide en retient constamment 45 p. 100. Si on la projette dans cet état par petites portions sur des plaques métalliques chauffées à 150°, les granules se gonflent brusquement et se soudent entre eux. On met à profit cette propriété pour imiter, avec la fécule de pomme de terre, certaines formes de fécules exotiques connues dans le commerce sous les noms de *tapioka* et de *sagou*.

Examinons maintenant les propriétés chimiques de la matière amylacée, abstraction faite de sa provenance. Sous l'influence de la chaleur et de l'eau, elle éprouve des changements dignes de fixer l'attention.

Lorsqu'on chauffe dans un vase ouvert l'amidon sec à 200°, il se convertit, sans aucun phénomène apparent, en un corps soluble, isomérique, qui a été nommé *dextrine*. Cette conversion se fait à 160°, quand on agit avec la fécule qui contient 18 p. 100 d'eau, et elle est encore plus prompte lorsqu'on opère en vase clos.

L'amidon est complétement insoluble dans l'eau froide. Si on le met en présence de l'eau chauffée à 60° ou 70°, il se gonfle considérablement ; chaque globule se dilate de manière à occuper de 25 à 30 fois son volume primitif ; le liquide s'épaissit alors, et si son volume est insuffisant, les globules dilatés et fendus se soudent entre eux ; il en résulte alors une masse demi-transparente et gélatineuse, qu'on appelle *empois*.

Le rendement de l'amidon en empois est d'autant plus considérable que la température a été élevée plus brusquement. Ainsi 10 grammes d'amidon, chauffés rapidement à 80° dans 200 grammes d'eau, donnent un empois identique à celui que fournissent 14 grammes de la même substance portée lentement à la même température dans la même quantité de liquide.

Si l'on fait bouillir l'empois dans une grande quantité d'eau, il perd sa consistance gélatineuse, disparaît complétement au sein du liquide, et fournit ainsi une solution claire analogue à celle de la gomme.

Les solutions alcalines faibles, ne contenant même que 0,02 d'alcali caustique, et les acides minéraux très-étendus jouissent de la propriété de faire prendre l'amidon en empois, à la température ordinaire. Mais à chaud, vers 100°, tous les acides faibles le convertissent en *dextrine*, puis, par une action plus prolongée, en glucose.

Si on le fait bouillir avec de l'acide sulfurique étendu en présence du peroxyde de manganèse, il se change, comme le sucre, en acide carbonique et en acide formique. L'acide azotique le transforme en une matière tellement combustible, qu'on a beaucoup de peine à la dessécher, sans qu'elle brûle et détone, même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la température de + 15°. On la nomme *pyroxam*. Par l'ébullition, le même acide convertit l'amidon en acide oxalique.

L'amidon est insoluble dans l'alcool, l'éther et les huiles.

Un de ses caractères les plus tranchés, c'est la coloration bleue très-foncée que l'iode libre lui communique, ainsi que MM. Colin et Gauthier de Claubry l'ont découvert les premiers en 1814. Toutefois, la coloration n'a lieu qu'autant qu'il est humide ou à l'état d'empois : ainsi, une dissolution alcoolique d'iode ne colore pas la fécule bien sèche. Mais l'eau d'iode qui donne, avec la fécule entière, une belle couleur bleue, produit des colorations très-variables suivant l'état de désorganisation de celle-ci. En effet, dès que l'empois a été formé, la teinte bleue tire un peu au violet ; si l'empois a été maintenu quelque temps à + 100°, l'amidon, rendu en partie soluble, prend alors une nuance violette ; si l'empois est complétement liquéfié et que l'amidon soit en grande partie converti en dextrine, l'iode fait apparaître une nuance rouge; enfin, lorsque la transformation en dextrine est complète, la liqueur ne donne plus de coloration avec l'iode.

Voilà, comme vous le voyez, Messieurs, un moyen très-commode de reconnaître à quel état se trouve la matière amylacée dans les organes ou dans les liquides.

Une des propriétés les plus curieuses du composé bleu d'iode et d'amidon intact, qu'on appelle *iodure d'amidon*, c'est de perdre de l'intensité de sa couleur à mesure qu'on le chauffe, et de se décolorer complétement à + 80° ou 85°. Par le refroidissement la couleur bleue reparaît. Mais si l'on porte la liqueur à l'ébullition pendant 2 ou 3 minutes, elle reste incolore après le refroidissement, parce qu'alors, d'après Lassaigne, qui, le premier, a signalé ces faits intéressants, il se forme de l'acide iodhydrique aux dépens de l'hydrogène de l'amidon; ce qui semble le démontrer, c'est que la couleur bleue reparaît par l'addition de quelques gouttes de chlore ou d'un acide quelconque.

Je vous ai déjà dit, à une autre époque, que la sensibilité de l'amidon, comme réactif de l'iode, est telle, que, d'après M. Harting, on peut reconnaître dans un liquide, au moyen d'une solution aqueuse d'amidon, jusqu'à 1/550000e d'iode libre; seulement, dans ce cas, la teinte rosée ne se développe qu'après plusieurs heures de contact.

Le tannin et les décoctions de matières astringentes concentrées ont la propriété de former avec l'amidon un composé qui est soluble dans l'eau presque bouillante, mais qui se précipite au-dessous de + 50°. On a bien souvent l'occasion d'observer cette propriété dans le traitement des végétaux qui contiennent en même temps de la matière amylacée et du tannin. On peut s'opposer à la précipitation du *tannate d'amidon* au moyen de l'acide acétique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La matière amylacée, qui est si nettement caractérisée par les propriétés précédentes, a des usages multipliés dont je dois signaler les principaux. Elle joue un rôle important dans l'alimentation, puisqu'elle est le principe le plus abondant des farines, des tubercules et des racines dont l'homme et les animaux se nourrissent. Il s'ensuit qu'elle est la base du pain et des pâtisseries des peuples civilisés, des bouillies et pâtes (vermicelle, macaroni, lazagne, etc.) des Italiens, de la *cassave* des Américains, du *couscous* des Arabes, etc.

Il n'est pas indifférent, dans certains cas, d'employer toute espèce de fécule comme aliment ; ainsi celle de la pomme de terre ne vaut pas la farine des céréales pour les tout jeunes enfants, attendu qu'elle ne contient pas, comme cette dernière, de matière azotée et de phosphate de chaux, sel essentiel à la solidification des os des jeunes sujets.

L'amidon sert dans les fabriques d'indiennes à épaissir les mordants et les couleurs auxquels il donne plus de consistance que la gomme. Les tisserands l'emploient à la confection des parements. On l'utilise, sous forme d'empois, pour communiquer de la roideur et du lustre aux toiles de lin et de coton. On en fait de la colle, dite *colle de pâte*. Il entre dans l'encollage du papier à écrire. On en recouvre les dragées. Les parfumeurs en consomment de grandes quantités. Enfin l'industrie en convertit une masse énorme en *dextrine* et en *glucose*, dont je vais maintenant vous parler en particulier.

De la dextrine.

Nous avons constaté précédemment, Messieurs, qu'à la chaleur de + 160° à 200°, la matière amylacée devient complétement soluble dans l'eau. Alors elle a perdu toute trace de structure organisée; c'est un principe immédiat nouveau, qui, malgré des propriétés différentes, n'en conserve pas moins la même composition élémentaire que l'amidon dont il dérive.

En effet, ce principe isomérique, nommé *dextrine*, à cause de la manière dont il agit sur la lumière polarisée, contient les mêmes proportions de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, si bien qu'on le représente encore par la formule $C^{12}H^{10}O^{10}$, quand il est libre, ou par $C^{12}H^{9}O^{9}$ quand il est en combinaison avec certains oxydes métalliques.

Desséchée dans un courant d'air chaud, la dextrine a tous les caractères extérieurs et la saveur fade de la gomme arabique ; mais elle s'en distingue essentiellement parce qu'elle ne fournit pas d'acide mucique par la réaction de l'acide azotique ; parce qu'elle n'est pas précipitée par le sous-acétate de plomb et les sels

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de peroxyde de fer; parce que, mélangée avec le sulfate de cuivre et additionnée de potasse caustique, elle forme un liquide bleu foncé qui, chauffé à + 85°, dépose du protoxyde de cuivre rouge en se décolorant. Elle se dissout, en outre, dans l'esprit-de-vin faible, mais l'alcool fort la précipite de ses dissolutions en flocons blancs et mous. Elle n'est pas colorée par l'iode, et ne peut éprouver la fermentation alcoolique.

Divers procédés sont employés pour transformer plus ou moins complétement en dextrine l'amidon du blé et la fécule de pomme de terre.

1° Le plus ancien consiste dans une légère torréfaction, dont l'idée première appartient à Vauquelin et à Bouillon-Lagrange. On renferme l'amidon dans une chaudière à double fond chauffée par la vapeur, ou dans un cylindre de cuivre plongé dans un bain d'huile, et on maintient la température à + 180° jusqu'à ce que l'amidon ait pris une couleur jaune-brunâtre. Quelquefois encore, on étend ce dernier en couches minces sur des tablettes en tôle placées dans un four chauffé par un courant d'air chaud.

Ainsi traité, l'amidon porte, dans le commerce, le nom d'*amidon grillé*. C'est une poudre d'un jaune brun, d'une saveur douceâtre et légèrement amère, qui se dissout dans l'eau, sans laisser de résidu sensible. La solution donne avec l'eau iodée des couleurs violacées ou roses, selon l'état plus ou moins avancé de la transformation de l'amidon en dextrine.

Quand on agit sur la fécule de pomme de terre, on chauffe davantage, à + 210°, et pendant plus longtemps, parce que les globules sont plus volumineux et de grosseurs très-inégales. Le produit est alors désigné sous les noms de *fécule torréfiée*, de *léïocome* ou *léïogome*. Il a un reflet cristallin qui rappelle celui de la fécule entière. Il est entièrement soluble dans l'eau, et sa dissolution est plus visqueuse que celle de *l'amidon grillé*, parce qu'il s'y trouve plus de dextrine.

2° Depuis 1838, on a substitué à la torréfaction un procédé imaginé par M. Payen et qui a l'avantage de fournir une dextrine parfaitement blanche et plus soluble. Ce procédé, d'abord exploité par M. Heuzé, s'exécute ainsi : on mouille 1000 kilogr. de fécule sèche avec 300 kil. d'eau, auxquels on a ajouté préalablement 2 kil. d'acide azotique à 36° ou 40°. La pâte est mise à dessécher à l'air libre, écrasée ensuite avec une pelle, et la poudre est alors chauffée pendant une heure à une heure et demie, en couches minces, dans une étuve maintenue à la température de 110° à 120°. Au bout de ce temps, tout l'acide s'est évaporé et la matière ne renferme plus que fort peu de fécule non transformée. Elle est entièrement soluble, et sa dissolution se colore en pourpre par l'iode.

C'est là ce qu'on appelle, dans le commerce, la *fécule soluble* ou *gommeuse*, la *gommeline*, la *dextrine Heuzé*.

Quelquefois on remplace l'acide par une dissolution très-faible de chlorure de chaux. Dans ce cas, la dextrine a une odeur qui rappelle, jusqu'à un certain point, celle de la souris.

3° On prépare une *dextrine gommeuse*, plus ou moins sucrée, au moyen de l'orge germé, de la manière suivante :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On verse, dans une chaudière chauffée au bain-marie, 350 à 400 kilogrammes d'eau. Dès que la température est à + 25° ou 30°, on y délaie 5 à 10 parties d'orge germé et sec, tel, en un mot, que les brasseurs l'emploient dans la fabrication de la bière blanche. On continue de chauffer jusqu'à + 60°, et on ajoute alors 100 kilogrammes de fécule, en ayant soin d'agiter le liquide, qu'on maintient entre + 65° et 75°, pendant une vingtaine de minutes; de visqueux, opaque et filant qu'il était, il paraît bientôt fluide comme de l'eau. On le porte rapidement à la température de 100°; puis on laisse refroidir, on soutire à clair, on filtre et on évapore la liqueur en consistance de sirop épais. Par le refroidissement, elle se prend en masse ou gelée opaque, qui, desséchée, devient dure et cassante, analogue à la gomme arabique.

Ainsi obtenue, la dextrine est mélangée à une petite quantité de sucre ou glucose qui s'est formée en même temps qu'elle. On la purifie par plusieurs lavages avec de l'alcool rectifié, qui dissout le sucre.

On peut remplacer l'orge germé dans cette opération par une très-petite quantité d'acide sulfurique, qu'on neutralise ensuite par de la craie; la transformation de la fécule s'effectue plus rapidement; mais, dans ce cas, la dextrine contient plus de glucose.

Les applications de la dextrine sont très-nombreuses; elles varient toutefois suivant le procédé qui a servi à la préparer. La *dextrine glucosée* sert à faire des tisanes mucilagineuses; elle entre dans la composition de certains pains de luxe, du parou des tisserands; on s'en sert encore dans la fabrication de la bière. — La *dextrine amylacée* est préférée pour les apprêts des tissus, l'épaississement des mordants et des couleurs d'application chez les indienneurs, le gommage des couleurs, des estampes coloriées et des dessins, le vernissage des tableaux à l'huile récemment peints.

Les chirurgiens emploient la dextrine pour encoller les bandes qui servent à maintenir les fractures, parce qu'elles se sèchent très-rapidement et tiennent le membre blessé dans une sorte d'étui solide qui empêche tout mouvement. Pour faire cette colle, qui peut être utilisée d'ailleurs dans bien d'autres circonstances, on délaie 100 grammes de dextrine pulvérulente dans 60 grammes d'eau-de-vie camphrée; au bout de cinq minutes, ce mélange acquiert la consistance du miel; on y ajoute 40 grammes d'eau, et alors on peut y tremper les bandes de toile dont on entoure le membre fracturé; on glace ou on vernit l'appareil avec le même mélange. En trois ou quatre heures, tout est sec. Lorsqu'on veut enlever tout ou partie de l'appareil, on humecte avec de l'eau tiède.

Fabrication du glucose.

L'amidon et la dextrine possèdent, comme vous l'avez déjà vu, une bien curieuse propriété; c'est celle de se transformer en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un sucre mamelonné nommé *glucose* ou *glycose*, sous l'influence des acides faibles ou de l'orge germé.

Pour constater ce dernier fait, je vais opérer comme s'il s'agissait d'obtenir de la dextrine, jusqu'au moment où la solution de fécule sera complète ; mais alors, au lieu de porter la température jusqu'à 100°, je l'entretiendrai entre + 65° et 75° pendant trois ou quatre heures, ou jusqu'à ce que la liqueur ne soit plus colorée par l'eau d'iode. Au bout de ce temps, cette liqueur sera très-sucrée, et, en l'évaporant et la clarifiant comme une dissolution de sucre, j'aurai un sirop qui, suffisamment rapproché, se prendra en une masse grenue, très-blanche, composée de petites granulations analogues à celles des choux-fleurs ; ce sera ce qu'on appelle le *sucre de fécule* ou *glucose*.

Certes, voilà une bien singulière réaction, dont jusqu'ici nous n'avions pas encore eu d'exemple. L'industrie s'est promptement emparée de ces faits, et en tire actuellement un parti très-avantageux. C'est le docteur Irvine qui a découvert, en 1785, dans l'orge germé la propriété de saccharifier l'amidon, propriété constatée de nouveau, en 1823, par M. Dubrunfaut. Mais ce n'est que depuis 1833 qu'on connaît le rôle de l'orge germé dans ce cas, grâce aux recherches de MM. Persoz et Payen. Ces chimistes ont reconnu que l'orge germé, comme toutes les autres graines en germination, contient un principe particulier azoté, soluble dans l'eau, neutre, incristallisable, qu'ils ont nommé *diastase*, et qui est surtout caractérisé par l'énergie avec laquelle il opère la conversion de l'amidon en dextrine, puis la transformation de celle-ci en sucre. Une partie en poids de diastase suffit pour rendre soluble dans l'eau chaude la substance insoluble de 2,000 parties de fécule sèche ; mais elle cesse de produire cet effet dès que la température est à + 100°. Ce qu'il y a de plus curieux, c'est que la *diastase* n'existe pas dans les graines avant la germination. Ce principe prend naissance à mesure que la végétation s'établit, et son rôle est alors de réagir sur la fécule de ces graines, de la rendre soluble pour qu'elle puisse servir à la nutrition des organes.

En 1811, Kirchoff, chimiste de Saint-Pétersbourg, reconnut que les féculles sont converties en matière sucrée fermentescible par la réaction prolongée de l'acide sulfurique affaibli. Cette découverte, comme on le pense bien, éveilla l'attention des savants ; aussi, en peu d'années, les perfectionnements apportés au procédé du chimiste russe, marchèrent avec tant de rapidité, que la fabrication du sirop de fécule devint une branche importante d'industrie, aussi simple que productive.

Aujourd'hui tout le glucose livré à la consommation, soit à l'état de sirop, soit à l'état de masse, soit sous forme granulée, est préparé par l'action directe de l'acide sulfurique faible sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fécule de pomme de terre. On opère de la manière suivante :

Dans une grande cuve en bois contenant 6,000 litres d'eau, on ajoute 42 kilogr. d'acide sulfurique à 66° en agitant le mélange. Au fond de la cuve circule un tube de plomb contourné, percé d'un grand nombre de petites ouvertures et en communication avec un générateur de vapeur à haute pression. C'est par ce tube qu'arrive la vapeur, en petits jets; elle ne tarde pas à porter le liquide de la cuve à 104°. On y fait alors couler, en un filet continu, 2,000 kilogr. de fécule délayés dans environ 2,000 litres d'eau tiède. 30 à 40 minutes après la dernière addition de fécule, la saccharification est complète, comme l'indique la teinture d'iode, qui ne produit plus de coloration.

On procède alors à la saturation de l'acide au moyen de la craie pulvérisée. Après un repos de douze heures, on fait rendre le sirop dans des filtres Dumont, puis on le concentre jusqu'à 30° Baumé dans des chaudières chauffées à la vapeur.

Ce sirop, conservé assez de temps dans des tonneaux pour qu'il se dépouille de tout le sulfate de chaux qu'il retenait, est propre à la fabrication de la bière, et c'est là un de ses principaux emplois. En le passant, après 24 heures de repos, dans des filtres Dumont, il devient très-blanc et clair. Il est vendu aux liquoristes et aux confiseurs; mais il a toujours une saveur désagréable dué au sulfate de chaux qu'il contient encore, et surtout à une huile essentielle qui se produit sous l'influence de l'acide sulfurique. Le sirop fabriqué avec la diastase est bien préférable, parce qu'il ne renferme pas ces matières étrangères.

Lorsqu'on veut avoir le *glucose en masse*, on concentre le sirop jusqu'à 40° à 41° aréométriques, puis on le verse dans un rafraîchissoir où on laisse commencer la cristallisation; enfin, on fait couler le sirop épais dans des tonneaux, où il se prend en une masse blanche, opaque et tellement dure qu'il faut la casser à coups de marteau ou de hache pour l'enlever.

Pour avoir le *glucose granulé*, c'est-à-dire en grains cristallins, détachés et ressemblant à la cassonnade blanche, on ne cuit le sirop décoloré que jusqu'à 31° en hiver, ou 33° en été. On le refroidit rapidement dans des réservoirs, où il séjourne pendant 24 heures, pour y déposer le sulfate de chaux, et de là il passe dans des tonneaux dont le fond inférieur est percé de trous bouchés par des faussets en bois. Pour prévenir la fermentation, on ajoute dans chaque tonneau 2 décilitres d'eau chargée d'acide sulfureux. Au bout de 8 à 10 jours, le glucose est cristallisé en petites agglomérations tuberculeuses; on ôte les faussets pour faire écouler la mélasse, et, quand le sucre est bien égoutté, on sèche les cristaux dans un courant d'air chauffé à + 25°, après les avoir posés sur d'épaisses tablettes de plâtre. On écrase les morceaux agglomérés, on passe au crible et on embarille. C'est par ce procédé que M. Fouschard, breveté, prépare en grand le glucose granulé ou pulvérulent, qui est d'un emploi bien plus commode que le glucose en masse, mais dont on se sert malheureusement pour frauder les cassonnades de canne et les miels de Bretagne (1).

(1) On reconnaît aisément les miels additionnés de glucose à leur aspect parti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le glucose en masse est expédié en Bourgogne, en Champagne où, depuis longtemps, on l'ajoute aux moûts de raisin, pour assurer la conservation des vins, en augmentant la force alcoolique de ces liquides ; 5 à 6 kilogrammes du même sucre suffisent pour améliorer considérablement 1 hectolitre de cidre. Mais l'application la plus importante du glucose, c'est la fabrication de l'eau-de-vie, dite *eau-de-vie de pomme de terre*, *eau-de-vie de fécule*, qu'on pratique sur une très-grande échelle : 100 litres de sirop de fécule produisent 15 litres d'eau-de-vie à 22°, et d'une manière si simple et si prompte, que, même dans un petit emplacement, on peut en fabriquer d'assez grandes masses (1).

Avec 100 parties de fécule sèche on obtient, en opérant avec soin, à très-peu près, 110 parties de glucose sec. Dans les fabriques, comme il y a toujours des pertes, on ne réalise pas tout à fait autant, puisque 100 parties de fécule sèche, ou 150 parties de fécule humide, ne donnent que 150 parties de sirop à 31°, représentant environ 100 parties de sucre solide.

Ce résultat cesse d'être un phénomène étrange, lorsqu'on compare la composition du glucose à celle de l'amidon et de la dextrine. Or, voici les nombres qui les représentent :

	AMIDON ET DEXTRINE.	GLUCOSE.
Carbone.....	44,3	36,36
Eau ou ses éléments...	55,7	63,64
	100,0	100,00

C'est-à-dire que le glucose ne diffère de l'amidon et de la dextrine que par 7,94 p. 100 d'eau ou des éléments de l'eau en plus.

En d'autres termes, si, aux éléments de l'amidon et de la dextrine, représentés par ..... $C^{12}H^{10}O^{10}$
on ajoute 4 équivalents d'eau..... = H^4O^4
On a justement la formule du glucose cristallisé..... = $C^{12}H^{14}O^{14}$

culier, à leur saveur peu agréable, âcre et amère, et à ce que leur dissolution, moins facile à opérer que celle du bon miel, donne des précipités abondants avec le chlorure de baryum et l'oxalate d'ammoniaque, en raison du sulfate de chaux qui se trouve toujours, comme je l'ai dit, dans le glucose obtenu par le moyen de l'acide sulfurique.

(1) La production du glucose sirupeux et solide a pris dans ces dernières années une très-grande extension. Les deux fabriques de Rueil et de Neuilly, près de Paris, en fournissaient au commerce, en 1843, 11 à 12 millions de kilogrammes. Depuis les droits imposés, en 1844, sur le glucose granulé, la production a sensiblement diminué, mais elle offre encore annuellement un débouché avantageux à 5 millions de kilogrammes de fécule, représentant environ 30 millions de kilogrammes de pommes de terre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Eh bien ! c'est précisément ce qui se produit sous l'influence des acides faibles, ainsi que Théodore de Saussure en a donné le premier l'explication : car ces agents ne subissent aucune altération ; ils se bornent à fixer sur les éléments de la dextrine une certaine quantité des éléments de l'eau, ce qui rend compte de l'augmentation de poids que l'on remarque dans le sucre obtenu. C'est également le même genre d'effet que produit la *diastase* quand on fait usage d'orge germé pour effectuer la saccharification de la fécule.

Dans tous les cas, c'est par une de ces actions mystérieuses qu'on désigne sous le nom de *phénomènes de contact*, que les acides faibles et la diastase déterminent l'assimilation des éléments de 4 molécules d'eau à la molécule de dextrine qui se saccharifie.

DE LA MATIÈRE LIGNEUSE.

Lorsqu'on soumet, Messieurs, un bois, une écorce, une racine ligneuse, une feuille, à l'action successive de l'eau froide et de l'eau bouillante, de l'esprit-de-vin, de l'éther, des acides et des alcalis étendus, qui lui enlèvent toutes les matières solubles qui s'y trouvent, sans altérer aucunement sa constitution chimique, il reste une substance spongieuse ou pulvérulente, blanche, d'apparence terreuse, que les anciens chimistes considéraient comme une espèce de terre, un *caput mortuum* tout à fait inerte, mais ils en négligèrent complétement l'étude. Cette substance, dont la structure nous a été dévoilée par le microscope, est composée de cellules ou vaisseaux qui forment la partie solide des plantes, et constituent le squelette sur lequel s'accomplissent les différents phénomènes de la végétation.

Cette substance organisée, douée de caractères tout à fait distincts de ceux des autres principes et produits immédiats, et toujours les mêmes, quelles que soient les modifications extérieures qu'elle présente, existe donc dans toutes les parties des plantes, depuis les racines jusqu'aux graines, et fait environ les 0,97 du poids de toutes les espèces de bois desséchés. Dans son état de pureté absolue, les chimistes lui ont donné, à l'exemple de Fourcroy, le nom de MATIÈRE LIGNEUSE ou de LIGNEUX.

Mais ce *ligneux* qu'on avait considéré, jusqu'en 1839, comme un principe organisé unique, formé, sur 100 parties, de 53 de charbon et de 47 d'eau, est, d'après les recherches de M. Payen, composé de deux principes bien distincts :

1° De cellules arrondies, allongées ou hexagonales, contiguës les unes aux autres, fermées de toutes parts, identiques à la moelle de sureau, et dans l'intérieur desquelles s'élaborent les différents matériaux nécessaires au développement des organes ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° D'une matière dure, friable, sous la forme de grains ou de concrétions, qui incruste les parois des cellules en couches d'inégale épaisseur, les rend opaques et produit les différences si notables qu'on observe entre les nombreuses espèces de bois.

On donne à la partie celluleuse du *ligneux* le nom de *cellulose*, et à la matière dure ceux de *matière incrustante*, de *lignine*, de *célastase*.

Au moyen de l'acide azotique, on parvient très-facilement à séparer du ligneux brut ces deux matières distinctes, attendu que cet acide dissout la matière dure, et laisse intactes les cellules qui en étaient remplies.

Étudions-les successivement dans leur état de pureté.

Cellulose.

La cellulose joue un très-grand rôle dans la végétation, puisque c'est elle qui constitue la trame de tous les organes, depuis la mousse la plus chétive jusqu'au chêne le plus vigoureux. Elle n'est pas moins utile dans les arts économiques et l'industrie, puisque c'est elle qui forme la substance utile du bois et des fibres végétales, du coton, du chanvre, du lin, du phormium de la Nouvelle-Zélande, de l'agave, de l'ortie, du bananier et des autres matières filamenteuses que l'homme sait convertir en fils, en toiles, en cordes, en papier, en carton.

Dans tous les organes des plantes, il y a des *cellules* et des *vaisseaux*. L'ensemble des premières est le *tissu cellulaire* (*fig.* 398), l'ensemble des secondes le *tissu vasculaire* (*fig.* 399). Ces deux tissus, isolés ou mêlés en diverses proportions, forment la base du squelette végétal; ils sont essentiellement constitués par de la cellulose, et ils ne diffèrent l'un de l'autre que par leur état d'agrégation et d'organisation. C'est dans ces cellules et ces vaisseaux que sont déposés les nombreux principes et produits immédiats qu'engendrent les forces vitales.

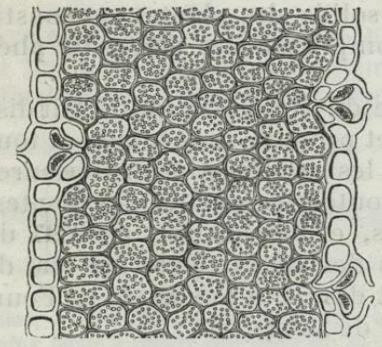


Fig. 398.

Les parties des plantes où la cellulose se trouve le plus rapprochée de l'état de pureté sont tous les organes très-jeunes, la moelle, les poils, la masse succulente ou charnue des fruits et des racines rapidement développés, les divers tissus ligneux très-légers. La moelle d'une plante légumineuse, l'*Eschynomène des marais*, découpée en feuilles qu'on appelle *papier de riz*, offre un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exemple de cellulose presque pure. On la trouve au même état dans le vieux linge, la charpie, le coton, la moelle de sureau, le

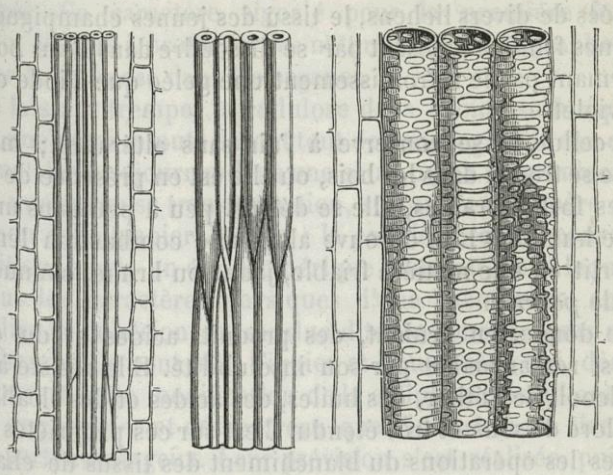


Fig. 399.

papier blanc et notamment dans le papier à filtre de Suède, dit *papier Berzelius*.

La composition chimique de cette matière, de quelque source qu'elle provienne, est fort remarquable, comme l'indiquent les chiffres suivants :

Carbone....	44,44	100,00	ou	Carbone..	44,44	100,00
Hydrogène..	6,18			Eau.....	55,56	
Oxygène....	49,38					

ce qu'on peut exprimer, d'une manière plus intelligible, par $C^{12}H^{10}O^{10}$, c'est-à-dire par la formule même de l'amidon, de la dextrine, de la gomme. C'est, qu'en effet, ces quatre produits ne diffèrent entre eux que par des états particuliers d'agrégation qui modifient singulièrement les propriétés physiques. Ainsi la nature, avec les mêmes éléments, 12 molécules de carbone et 10 molécules d'eau, fait indifféremment, en les groupant de certaines manières, ou de la matière amylacée, ou de la matière gommeuse, ou de la matière ligneuse. Cette simplicité d'action se remarque dans toutes les œuvres de la création.

Constatons maintenant les propriétés les plus essentielles de la cellulose pure.

Elle est blanche, diaphane, insipide, inodore. Elle offre des états d'agrégation très-variables, depuis les fibres résistantes des plantes ligneuses jusqu'aux jeunes membranes dont la consistance est si faible qu'elles se rapprochent de la matière amylacée. Ainsi, tandis que les tissus dont la cohésion a augmenté par la durée de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la végétation résistent très-bien à l'action de l'eau bouillante et sont insensibles à l'action de l'iode, les membranes faiblement agrégées de divers lichens, le tissu des jeunes champignons et de certaines feuilles finissent par se dissoudre dans l'eau bouillante, en formant par le refroidissement une gelée que l'iode colore en bleu violet.

La cellulose se conserve à l'air sans altération; mais telle qu'elle se trouve dans les bois, où elle est en présence de matières azotées fort altérables, elle se détruit peu à peu dans une atmosphère humide. Elle éprouve alors une combustion lente et se convertit en une matière friable, jaune ou brune, connue sous le nom de *pourri*.

Elle donne, en brûlant, des produits acides et du charbon. Elle est remarquable par son insolubilité. Elle résiste à l'action de l'alcool, de l'éther, des huiles, des acides et des alcalis faibles, du chlore dissous et très-étendu. C'est sur ces propriétés que sont fondées les opérations du blanchiment des tissus de chanvre, de lin et de coton. Cependant les alcalis et le chlore employés en excès ou dans un grand état de concentration, finissent par la désagréger et la détruire complétement.

M. le professeur Schweitzer, de Zurich, a découvert, à la fin de 1857, une propriété bien singulière dans certains composés de cuivre et d'ammoniaque; c'est de dissoudre la cellulose sans la dénaturer. M. Péligot a reconnu depuis que la liqueur bleue qu'on obtient si facilement en mettant la tournure de cuivre en contact avec l'air et l'ammoniaque, et qui paraît être un azotate basique de cuivre et d'ammoniaque, est le dissolvant le plus énergique de la cellulose.

Qu'on introduise dans cette liqueur bleue, ainsi que je le fais en ce moment, du coton, du lin, du chanvre, du papier, ces matières se transforment d'abord en une gelée épaisse, qui disparaît bientôt par l'agitation et par l'addition d'une certaine quantité d'eau. Si, dans cette dissolution claire et limpide, on verse un acide en excès, celui-ci fait naître un précipité blanc, gélatineux, qui est la cellulose inaltérée, mais dépourvue, toutefois, de son organisation primitive.

Comme la matière amylacée n'a pas la propriété de se dissoudre dans la liqueur ammoniaco-cuivreuse, voilà donc un nouveau caractère différentiel entre cette matière et la cellulose dont elle se rapproche par tant d'autres côtés.

L'acide sulfurique concentré et froid désagrége la cellulose sans la colorer et la fait passer à l'état de matière amylacée, puisque lorsqu'on verse sur des filaments blancs et purs de coton, de lin, de chanvre, sur la moelle de sureau, etc., quelques gouttes d'eau iodée, et qu'on mouille ensuite ces matières avec de l'acide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sulfurique, on voit apparaître une belle coloration bleu-indigo, pareille à celle que produit l'iode sur la fécule hydratée non désagrégée. Ce caractère, signalé pour la première fois par M. Payen, est mis à profit par les naturalistes micrographes pour retrouver la cellulose dans les organes.

En ne laissant tremper la cellulose dans l'acide sulfurique que pendant une demi-minute, lavant tout de suite à grande eau et mettant la matière à séjourner dans une eau à peine ammoniacale, on observe une curieuse transformation, surtout si l'on opère avec le papier non collé (papier Joseph) ; la cellulose, qui a conservé sa composition, a pris un état isomérique nouveau, sous lequel elle offre tous les caractères physiques d'une membrane animale, c'est-à-dire la cohésion, la translucidité, le toucher gras et mou du parchemin. Ce sont MM. Figuier et Poumarède qui, dès 1846, ont découvert cette modification de la cellulose ; ils lui ont donné le nom de *papyrine* et ont entrevu que l'industrie en tirerait un jour un parti avantageux. Leur prévision s'est réalisée, puisqu'en 1857, un Anglais, M. Gaine, a monté une fabrique de *parchemin végétal*, qui n'est autre chose que le papier ordinaire soumis à l'action de l'acide sulfurique. Cet industriel a reconnu qu'on obtient un produit plus applicable aux besoins de la pratique, en ajoutant un demi-volume d'eau à l'acide à 66° dans lequel on immerge le papier.

En prolongeant le contact du même acide sur la cellulose, elle devient soluble dans l'eau, parce qu'elle est changée en dextrine. Si l'on fait bouillir le produit, après y avoir ajouté de l'eau, on finit par avoir du glucose. C'est Braconnot qui, en 1819, a constaté ces singulières transformations. Voici le mode opératoire :

On prend 6 parties de toile de chanvre ou de lin bien propre, en petits morceaux, et on les arrose avec 8 p. 1/2 d'acide sulfurique concentré qu'on ajoute par fractions. On remue continuellement, afin que la toile s'imbibe également et que la masse s'échauffe le moins possible. La matière ligneuse se colore en brun, devient d'abord très-dure et s'agglutine ; mais, en moins de vingt à trente minutes, elle se convertit en une pâte brune, poissante, visqueuse, complétement soluble dans l'eau froide. On verse alors sur cette pâte assez d'eau pour en opérer la dissolution complète, puis on sature la liqueur acide avec de la craie. On filtre pour séparer le sulfate de chaux insoluble ; on évapore à une douce chaleur, et, pour isoler la chaux qui peut rester en dissolution, on ajoute dans la liqueur de l'acide oxalique. On filtre de nouveau, et on précipite la matière gommeuse à l'aide d'alcool rectifié. La gomme déposée est dissoute dans l'eau ; en évaporant à siccité la solution, on obtient une substance d'un jaune pâle, translucide, à cassure conchoïde et brillante : c'est de la *dextrine*.

Si l'on veut convertir le ligneux en sucre, au lieu de saturer par la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

craie la solution de la pâte gommeuse dont je viens de parler, on la fait bouillir pendant dix heures, en ayant soin de remplacer l'eau à mesure qu'elle s'évapore ; la dextrine se change alors complétement en sucre, qu'on isole et qu'on obtient parfaitement pur et blanc en suivant le mode opératoire décrit pour l'extraction du sucre de fécule.

Avec 100 parties de chiffons secs, on obtient, suivant Braconnot, 115 parties de sucre blanc. Cette conversion du ligneux en gomme et en sucre ne présente plus de difficultés à expliquer, depuis que nous savons que la cellulose est isomérique avec la dextrine et l'amidon. Ce n'en est pas moins une chose vraiment merveilleuse, qui nous fait voir comment un simple dérangement dans l'équilibre des principes élémentaires d'une substance suffit pour changer totalement ses propriétés. Toutes les matières ligneuses se comportent d'ailleurs comme les chiffons ; ainsi, les diverses espèces de bois, les écorces, la paille, la filasse, etc., sont susceptibles de fournir du sucre. Ce n'est donc pas une plaisanterie que cette exclamation d'un célèbre professeur, que, dans l'état actuel de la science, une bûche devient un pain de sucre dans les mains du chimiste.

L'acide chlorhydrique très-concentré est, d'après M. Pelouze, un excellent dissolvant de la cellulose ; la dissolution s'effectue en peu d'instants, mais en ajoutant de l'eau, on précipite la cellulose en flocons d'un blanc éclatant. Ce précipité n'a plus lieu, après quelques jours de contact entre l'acide pur et cette substance, parce qu'alors cette dernière est convertie en glucose.

Au reste, la saccharification de la cellulose n'exige pas, d'après M. Pelouze, l'emploi des acides concentrés, comme on l'avait cru jusqu'ici ; l'eau contenant seulement quelques centièmes de son poids d'acide sulfurique ou chlorhydrique agit ainsi par une ébullition prolongée. Le papier, le vieux linge, la sciure de bois sont de la sorte transformés en matière sucrée. L'industrie ne tardera pas à profiter de ces faits curieux.

L'action de l'acide azotique n'est pas moins intéressante à connaître. Si l'on trempe, pendant quinze à vingt minutes, dans cet acide au maximum de concentration, ou mieux dans un mélange de 3 volumes d'acide azotique et de 5 volumes d'acide sulfurique, du coton en laine, du papier, enfin toute autre matière essentiellement composée de cellulose, qu'on lave ensuite à grande eau, et qu'on sèche avec précaution, vers + 30° à 40°, ces divers objets, sans perdre leur apparence extérieure et leur contexture fibreuse, ont acquis une combustibilité merveilleuse et toutes les propriétés de la poudre à canon !

C'est alors ce qu'on appelle le *fulmi-coton*, la *poudre-coton*, le *coton-poudre*, la *pyroxyline*, le *pyroxyle*.

Au point de vue chimique, c'est de la cellulose qui a perdu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3 molécules d'eau et qui a pris 5 molécules d'acide azotique. Voici, en effet, sa composition :

Carbone....	25,40	Ce qu'on peut représenter par	Carbone....	25,40
Hydrogène..	2,99		Eau.....	26,88
Oxygène....	59,27		Acide azotique.....	47,72
Azote.....	12,34			
	100,00			100,00

Ce qui donne pour la formule de la pyroxyline = $C^{24}H^{17}O^{17},5AzO^5$.

La conversion de la cellulose en cette substance nouvelle se comprend aisément au moyen de l'équation suivante :

$$2(C^{12}H^{10}O^{10}) + 5(AzO^5,HO) = 8HO + C^{24}H^{17}O^{17},5AzO^5.$$

Cette fixation des éléments de l'acide azotique sur la cellulose explique, d'une part, l'excessive combustibilité de la pyroxyline, et de l'autre, l'augmentation de poids qu'éprouve le coton qui a subi la transformation. 100 parties de coton ou de papier sec donnent, en moyenne, 175 parties de pyroxyline.

Dans la prochaine leçon, je vous montrerai les propriétés de cette curieuse substance.

TRENTE-NEUVIÈME LEÇON.

PRINCIPES IMMÉDIATS NEUTRES (SUITE).

SOMMAIRE. — Propriétés de la *pyroxyline* ou *coton-poudre*. — *Collodion*. — Composition et caractères de la *lignine*. — Cellulose dans le règne animal. — DES CORPS GRAS. — Leur composition immédiate. — *Oléine*, *margarine*, *stéarine*. — Appareils pour le dosage des matières grasses. — Extraction des graisses et des huiles. — Épuration des huiles d'éclairage. — Extraction de l'huile d'olive. — Ses diverses sortes commerciales. — Des huiles de poisson.

La pyroxyline, dont vous connaissez la composition et le mode de production, est remarquable par la facilité avec laquelle elle détone dès qu'on la soumet à l'action de la chaleur. L'inflammation se manifeste, en général, vers 140° à 150°. Cette substance est donc bien plus combustible que la poudre à canon.

Lorsqu'on l'enflamme sur un tissu ou sur du papier blanc, elle n'y laisse aucun résidu, quand elle est bien pure. Les produits de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sa combustion (eau, oxyde de carbone, azote, acide carbonique) n'ont pas d'odeur sensible. Elle répand cependant quelquefois des vapeurs rutilantes et une légère odeur d'acide prussique.

Sa détonation dans les armes et aux charges de guerre est au moins aussi forte que celle de la poudre; le coup est beaucoup plus sec et moins ronflant, ce qui s'explique, sans doute, par la grande différence de densité des produits de la combustion. Cette détonation, du reste, n'est pas accompagnée de fumée.

Dès 1838, M. Pelouze, en reprenant des expériences faites en 1833 par Braconnot sur la transformation du ligneux, de l'amidon et d'autres matières neutres par l'acide azotique en une substance particulière qu'il avait nommée *xyloïdine*, M. Pelouze, dis-je, avait préparé de la *pyroxyline* et signalé sa grande combustibilité; il proposa alors de l'appliquer à la confection des gargousses pour l'artillerie. Ce n'est que dans les derniers mois de 1846, que le professeur Schoenbein, de Bâle, eut l'idée de l'employer comme moyen balistique pour remplacer complétement la poudre de guerre. Il signala les avantages suivants dans cette nouvelle matière explosive :

1° Un transport plus facile et moins dangereux, puisque, bien comprimée, elle prend difficilement feu; 2° une force de projection supérieure, son effet dynamique, à poids égal, étant quatre fois plus considérable; 3° l'avantage de pouvoir être mouillée, sans perdre de son énergie et de son inflammabilité; 4° enfin, celui de ne pas encrasser les armes, puisqu'elle ne laisse aucun résidu après sa combustion.

Mais tous ces avantages sont contre-balancés par de grands inconvénients qui ont bientôt fait renoncer à l'emploi du pyroxyle dans les armes de guerre, après des essais nombreux. Ainsi, c'est une *poudre brisante*, parce qu'il brûle avec trop de vivacité; il fait souvent éclater les armes, et, dans tous les cas, il les fatigue beaucoup plus que la poudre ordinaire; il les attaque, en outre, par les composés nitreux qui résultent fréquemment de sa détonation. Son prix de revient est, d'ailleurs, six fois plus élevé que celui de la poudre. Sa fabrication en grand a occasionné plusieurs accidents graves, qu'on pourrait, toutefois, éviter dans une fabrication régulière.

Les inconvénients du pyroxyle, comme poudre de guerre ou de chasse, disparaissent quand on l'applique aux exploitations des mines et des carrières, en place de la poudre de mine. Il a une force explosive quatre fois plus grande que cette dernière, et on obtient encore des effets plus considérables en lui associant, ainsi que M. Combes l'a proposé en 1848, les 0,8 de son poids de salpêtre. Dans ce dernier cas, le mélange explosif agit sur les roches dures avec une force sept fois plus grande que la poudre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de mine. C'est maintenant l'usage qu'on fait de la poudre-coton; elle sert aussi très-avantageusement à la confection des feux d'artifice.

La science est comme la lance d'Achille, qui guérissait les maux qu'elle avait faits. On ne pouvait guère prévoir que le *fulmi-coton*, cet agent puissant de destruction, devînt, par une transformation facile, une substance utile pour la réunion des plaies et la rapide cicatrisation des blessures. La chirurgie possède réellement ce nouveau moyen de guérison, auquel on a donné le nom de *Collodion*. La découverte de ce produit date de 1848 ; elle appartient à M. Maynard, jeune médecin de Boston.

Le collodion consiste en une dissolution de pyroxyline dans l'éther. Mais pour cette application, il faut employer une pyroxyline moins combustible, et qui ne soit pas entièrement soluble dans l'éther ; il faut qu'elle contienne des parties qui se gonflent et ne se dissolvent pas; celles-ci laissent, après l'évaporation du liquide, une espèce de feutre plus solide.

On opère de la manière suivante : On prend :

Coton cardé.....	20
Acide sulfurique à 66°	600
Nitre séché à l'étuve.....	400

On mélange l'acide et le sel dans une capsule de porcelaine et l'on y plonge le coton. Après quatre minutes de contact, on retire celui-ci et on le jette dans une grande quantité d'eau froide; on l'enlève sans l'exprimer, on le lave à plusieurs reprises de la même manière et on le fait sécher à l'air.

On introduit alors dans un ballon sec en verre :

Fulmi-coton préparé	1
Alcool à 86° centésim.....	1
Ether à 56° Baumé.....	16

On bouche le ballon et on agite de temps à autre. En moins de quelques minutes, à la température de 15 à 20°, le fulmi-coton se transforme en une masse gélatiniforme, demi-transparente, qui se fluidifie peu à peu par l'agitation et donne un liquide incolore, sirupeux. On passe à travers un linge clair avec expression pour séparer quelques légers filaments de coton non transformés, et on conserve dans un vase bien bouché.

Si l'on verse sur la peau un peu de collodion, il se forme aussitôt, par l'évaporation de l'éther, une sorte de réseau ou une pellicule imperméable, très-adhésive, qui ne se laisse enlever ni par l'eau froide ou chaude ni par l'alcool, ce qui rend le collodion très-précieux pour les pansements et bien préférable au *taffetas d'An-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gleterre; il préserve la peau du contact de l'air, et comme il est transparent, il laisse voir les parties qu'il recouvre. On peut l'employer seul, ou en enduire une bandelette de toile. Il n'existe pas en chirurgie d'adhésif aussi puissant; aussi le collodion remplace-t-il avec avantage les bandelettes agglutinatives usitées à la suite des amputations et des grandes plaies. Malheureusement son prix très-élevé, 7 à 8 francs le litre, en restreint beaucoup les applications. On peut en tirer un bon parti contre les engelures, et surtout contre les brûlures; dans ce dernier cas, on en verse quelques gouttes sur la partie offensée, et on arrose ensuite la pellicule sèche avec de l'eau-de-vie camphrée ; la douleur disparaît, sans qu'il en résulte aucune inflammation.

On a fait une foule d'autres applications du collodion, mais la plus importante de toutes, c'est son emploi dans la photographie sur verre, à la place d'albumine, ainsi que l'ont conseillé les premiers M. de Brébisson en France, M. Bingham en Angleterre. On obtient, par son intermédiaire, d'admirables épreuves.

MM. Plessy et J. Schlumberger, de Mulhouse, ont indiqué, en 1854, de remplacer dans la préparation du collodion l'éther et l'alcool par l'esprit-de-bois, qui est bien moins cher. Un litre de ce liquide dissout facilement 80 grammes de coton-poudre et prend une consistance gélatineuse très-forte ; avec 40 grammes par litre, on a un sirop qu'on peut étendre à volonté en couches plus épaisses sur les glaces que le collodion à l'éther. Mais ce nouveau collodion ne pourrait servir en chirurgie, attendu que pendant le temps qu'il met à se dessécher, il absorbe l'oxygène de l'air et donne lieu à la production d'acide formique.

En 1859, M. le docteur Van Monckhoven a appris aux photographes qu'on peut obtenir un excellent collodion en dissolvant du coton blanc dans la liqueur ammoniaco-cuivreuse de M. Péligot (à raison de 10 grammes par litre), étendant d'un peu d'eau pour que tout le coton disparaisse, et y ajoutant de 5 à 10 grammes d'iodure de potassium. C'est ce liquide, qui se conserve parfaitement, que l'on étend sur les glaces afin d'avoir les épreuves photographiques.

II. Lignine, matière incrustante ou célastase.

Cette matière qui se dépose peu à peu, pendant la végétation, dans les cellules du tissu élémentaire des végétaux, et qui engorge toutes les cellules dans les bois parfaits, se montre quelquefois seule dans certains cas ; par exemple, dans les *concrétions* des poires, dans celles du liége et d'autres écorces qui sont assez dures pour émousser les instruments tranchants. C'est elle qui accroît la dureté et la densité des bois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Souvent colorée en diverses nuances jaunes, brunes ou rougeâtres, elle est plus abondante dans les bois qu'on appelle *gris, bruns, lourds et durs,* que dans les bois dits *blancs, légers et tendres.* Elle domine dans les noyaux des fruits.

Quoique sa dureté soit très-grande, cette matière est assez friable pour se réduire en poudre sous le pilon, tandis que le tissu cellulaire environnant se déchire ; on comprend alors comment les bois broyés et tamisés peuvent donner parfois une poudre qui n'est presque entièrement composée que de *matière incrustante.* On purifie celle-ci au moyen de l'alcool.

L'acide sulfurique concentré et l'acide chlorhydrique colorent fortement la lignine. L'acide azotique l'attaque en dégageant des vapeurs rutilantes. Ces caractères la distinguent très-bien de la cellulose. Il en est de même de la composition élémentaire, puisque, d'après M. Payen, la lignine est formée de :

Carbone	53,76
Hydrogène	6,00
Oxygène	40,24
	100,00

Mais, en analysant la matière incrustante extraite de différents bois, on ne lui trouve pas la même composition élémentaire, ce qui semble prouver qu'elle est un produit complexe. C'est l'opinion de M. Payen, qui dit en avoir isolé jusqu'à quatre principes différents. Quoi qu'il en soit, elle est toujours plus carbonée et plus hydrogénée que la cellulose.

Les rapports de proportions entre ces deux matières constituantes du ligneux dans les différents bois parfaits ne sont pas toujours les mêmes, comme on le voit par les analyses de M. Payen, dont voici quelques résultats :

	CELLULOSE.	LIGNINE.
Bois de Sainte-Lucie	10	90
— d'ébène	11	89
Ligneux de noix	18	82
Bois de chêne	39	61
— de hêtre	48	52

La distinction entre ces deux éléments, essentiels à la constitution des bois, avait déjà été faite par les physiologistes, et en particulier d'une manière très-précise par M. Mohl ; mais on ignorait la véritable nature de ces deux substances avant les travaux de M. Payen.

De la composition élémentaire de la *matière incrustante* et de sa prédominance dans les bois parfaits, il résulte bien évidem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment que ceux-ci, contrairement à l'opinion généralement adoptée, contiennent plus d'hydrogène qu'il n'en faut pour convertir leur oxygène en eau.

Ce fait est digne d'attention à tous égards, car il s'accorde parfaitement avec les expériences d'Edwards et Colin, qui démontrent que les plantes peuvent décomposer l'eau, et avec celles de M. Boussingault, qui établissent qu'il y a fixation d'hydrogène pendant la végétation.

Les conséquences pratiques à tirer de ces données scientifiques, c'est que les bois durs, qui sont plus riches en matière incrustante, ont un pouvoir calorifique notablement plus élevé que les bois tendres, et qu'ils sont susceptibles de prendre un poli plus brillant. C'est encore parce que cette matière est en proportions plus fortes dans le *cœur* que dans l'*aubier*, que le premier est plus propre que le second à résister à l'action des agents atmosphériques, ce qui le rend préférable pour les constructions.

Je terminerai l'étude de la matière ligneuse en vous apprenant que la cellulose n'est pas exclusivement propre aux plantes. On l'a trouvée, dans ces derniers temps, chez les animaux inférieurs, entre autres les tuniciers ; M. Péligot vient de la reconnaître dans la peau du ver à soie, dans la membrane cornée qui se trouve au-dessous de la carapace du homard, et ses expériences l'ont conduit à penser que la matière qui forme la base du squelette extérieur de tous les *articulés*, matière désignée sous le nom de *chitine*, est un composé de cellulose et d'une substance albuminoïde ou azotée.

Enfin, M. Wirchow a constaté que c'est encore de la cellulose qui constitue les corpuscules particuliers, analogues pour la structure aux globules d'amidon, que M. Purkinje a découverts, il y a déjà plusieurs années, dans le cerveau de l'homme et dans la moelle épinière. Certes, il est assez singulier de rencontrer le produit caractéristique de l'organisation végétale au sein même de l'organisation des animaux; mais aucune conséquence positive ne saurait être déduite de ce fait, au moins, quant à présent.

J'aurais maintenant à vous parler de quelques matières neutres appartenant au règne animal, telles que l'*albumine*, la *fibrine*, la *caséine*, la *gélatine;* mais je crois qu'il vous sera plus profitable d'étudier ces matières en même temps que les organes qui les renferment. Je remets donc leur histoire à une époque plus reculée, et j'aborde immédiatement celle des principes neutres qui sont caractérisés par leur richesse en carbone et en hydrogène, ce qui les rend éminemment combustibles et inflammables. En tête, je dois placer ceux qu'on désigne sous le nom collectif de *corps gras*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DES CORPS GRAS.

Pour les chimistes, les *corps gras* sont des substances neutres, d'une consistance variable, sans odeur ni saveur bien prononcées, douces au toucher, qui fondent à une température peu élevée, qui tachent le papier, c'est-à-dire le rendent transparent sans que la chaleur lui restitue son opacité et sa blancheur premières, qui brûlent avec une flamme peu colorée, mais en répandant des fumées plus ou moins épaisses, et qui ne deviennent solubles dans l'eau qu'à la faveur des acides ou des alcalis.

Ces corps gras méritent que nous donnions à leur étude une grande attention, car ils nous rendent des services multipliés. Non-seulement ils servent d'assaisonnement à un grand nombre d'aliments, mais ils interviennent d'une manière directe dans nos fonctions, car destinés à être brûlés par l'oxygène de l'air dans nos poumons, ils concourent ainsi à l'entretien de la chaleur animale (1). La médecine les utilise de toutes les manières, surtout à l'extérieur, en les convertissant en cérats, pommades, onguents, emplâtres, liniments (2). Dans les arts, ils servent à la fabrication des savons, des vernis gras, à délayer les couleurs pour la peinture, à enduire une foule de corps, le cuir, par exemple, que l'on veut rendre plus mous, glissants et flexibles, ou que l'on veut défendre des injures de l'air. On les emploie aussi pour favoriser le jeu et le mouvement des machines, pour composer des mastics ou mortiers hydrofuges, à l'instar des anciens. Mais leur plus grand usage, c'est de nous fournir de la lumière, au moyen des lampes, des chandelles et des bougies.

Suivant l'état qu'ils affectent dans les circonstances ordinaires, on donne aux corps gras, dans le langage vulgaire, des noms particuliers. Ainsi on appelle :

Huiles.... ceux qui sont liquides à la température ordinaire;
Beurres... ceux qui sont mous à + 18°, et fusibles à + 36°;

---

(1) Chez les ours et les autres animaux dormeurs, ce sont eux qui servent à l'entretien des organes, pendant la cessation de leurs fonctions durant l'hiver.

(2) Longtemps on a cru que chaque espèce de graisse ou d'huile était douée de vertus médicinales particulières; aussi les anciens médecins faisaient-ils souvent usage des graisses d'ours, de blaireau, de renard, de cerf, d'homme même, et en particulier de la graisse de pendu, que le bourreau avait seul le droit de vendre. Encore aujourd'hui les coiffeurs prétendent que la graisse d'ours et la moelle de bœuf sont préférables à toutes les autres pour faire pousser les cheveux. Mais ces opinions n'ont aucun fondement. Toutes les graisses, toutes les huiles, suffisamment purifiées, jouissent des mêmes propriétés, et le choix qu'on fait de certaines d'entre elles repose uniquement sur la facilité de se les procurer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

GRAISSES.. les corps gras qui proviennent des animaux, et qui sont mous et très-fusibles ;
SUIFS..... les corps gras de même origine, mais qui sont plus solides, et qui ne fondent qu'à + 38° ;
CIRES..... ceux qui sont très-durs, cassants, se ramollissent à partir de + 35° et ne fondent guère qu'à partir de + 60°.

Je répartirai les corps gras en deux classes, à savoir :

1. *Corps gras facilement saponifiables*, que les alcalis convertissent en acides gras et en une substance sucrée nommée, *Glycérine* : tels sont les huiles, les graisses, les suifs, les beurres.
2. *Corps gras difficilement saponifiables* : tels que le blanc de baleine et les cires.

Cette division déjà ancienne, quoique empirique, est fort commode pour l'étude, c'est pourquoi je l'adopte de préférence à toute autre.

1re CLASSE. — CORPS FACILEMENT SAPONIFIABLES.

Jusqu'en 1813, les huiles et les graisses ont été considérées comme des principes immédiats purs, ne différant entre eux que par de simples propriétés physiques. A cette époque, deux célèbres chimistes français, Braconnot et M. Chevreul, reconnurent, presqu'en même temps, que ces substances sont composées de plusieurs principes particuliers, mélangés en différentes proportions, et démontrèrent par là que ce sont de véritables produits immédiats.

Rien de plus facile que de constater la nature complexe des huiles et des graisses.

Si l'on prend une huile végétale quelconque, de l'huile d'olive, par exemple, et qu'on abaisse sa température à 0°, de manière à la congeler; puis, qu'on la presse entre des feuilles de papier Joseph, en renouvelant celles-ci jusqu'à ce qu'elles ne soient plus tachées, on parvient à partager cette huile en deux matières distinctes : l'une, qui reste entre les papiers, est solide, dure comme le suif, en petites lames blanches et nacrées, insipide, inodore, fusible à + 28° ; l'autre, qui imbibe et tache les papiers, peut en être séparée par l'ébullition dans l'esprit-de-vin qui la dissout. La solution alcoolique, réduite par l'évaporation au huitième de son volume, abandonne une substance huileuse, qui est encore liquide à — 4°, et qui est analogue, pour l'aspect et la consistance, à l'huile d'olive blanche.

Par cette analyse, pour ainsi dire mécanique, voilà donc deux principes bien différents extraits de l'huile d'olive : l'un solide, et l'autre liquide. Le premier, en raison de son éclat nacré, a été

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nommé *margarine*, d'un mot grec qui veut dire *perle*. Le second, à cause de sa liquidité, a reçu le nom d'*oléine*, du nom latin de l'huile, *oleum*.

Si l'on soumet au même traitement une graisse animale, du suif de mouton, on obtient aussi de l'*oléine* et une substance solide; mais de celle-ci l'on pourra, au moyen de l'éther, isoler deux principes distincts : l'un soluble dans ce véhicule, ce sera de la *margarine;* l'autre insoluble, ressemblant beaucoup à cette dernière par ses caractères physiques, mais en différant par son point de fusibilité qui est à + 62°; ce sera de la *stéarine*, ainsi nommée d'un mot grec qui veut dire *suif*.

En définitive, les chimistes modernes ont reconnu, par des expériences multipliées :

1° Que les huiles végétales et le beurre de vache sont essentiellement formés d'*oléine* et de *margarine;*

2° Que les corps gras d'origine animale, graisses et suifs, sont essentiellement formés d'*oléine*, de *margarine* et de *stéarine;*

3° Qu'indépendamment de ces principes immédiats, les huiles et les graisses renferment, en petite quantité, des principes colorants et odorants qui varient dans chaque espèce, et dont elles peuvent être privées sans perdre les propriétés qui les caractérisent comme corps gras. En effet, en les mettant en contact avec du charbon animal pendant vingt-quatre heures, on les dépouille de toute odeur et de toute couleur, sans rien changer à leur constitution chimique.

Les différentes espèces de graisses et d'huiles ne renferment point les mêmes proportions de stéarine, de margarine et d'oléine, ainsi que le démontre le tableau suivant :

Composition immédiate des matières grasses sur 100 parties.

MATIÈRES GRASSES DES ANIMAUX.	STÉARINE ET MARGARINE.	OLÉINE.
Suif de mouton.....	80	20
Moelle de bœuf.....	76	24
Suif de bœuf.....	70	30
Graisse de porc	38	62
— d'oie.....	32	68
— de canard ..	28	72
— de dindon ..	26	74
Moelle de mouton ..	26	74

MATIÈRES GRASSES DES VÉGÉTAUX.	MARGARINE.	OLÉINE.
Huile de colza.....	46	54
— d'olive.....	28	72
— d'amande douce.....	24	76
BEURRE.		
Beurre d'hiver.....	65	35
— d'été.....	40	60

Vous pouvez voir, Messieurs, par ce tableau, que la consistance des corps gras est en raison directe de la quantité de substance solide (stéarine et margarine) qu'ils contiennent. Ainsi, le suif de mouton, qui est de tous le plus dur, est le plus riche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en ces principes; tandis que l'huile d'amande douce, qui est le plus fluide de tous, est aussi celui qui en contient le moins. L'inégale fusibilité de ces corps est encore due aux variations de proportions de leurs principes immédiats. La fusibilité augmente avec la quantité d'oléine.

Quelle que soit leur origine, les corps gras ont la même composition élémentaire. Ils sont tous dépourvus d'azote, mais ils sont très-riches en hydrogène, et surtout en carbone. Voici, d'après M. Chevreul et Théodore de Saussure, les analyses de quelques-uns d'entre eux :

	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.
Graisse de mouton.....	79,0	11,7	9,3
— de porc	79,0	11,1	9,8
— d'homme.....	79,0	11,4	9,6
Huile de noix.....	79,7	10,5	9,1
— d'amande.....	77,4	11,5	10,8
— de lin.....	76,0	11,3	12,6
— de ricin.....	74,0	11,0	14,7
— d'olive.....	77,2	13,3	9,4

Chez les animaux, la graisse est logée dans les petits sacs formés par le tissu cellulaire; mais elle affecte, de préférence, certaines parties du corps. Ainsi, chez les mammifères, elle est abondante sous la peau, à la surface des muscles, autour des reins, à la base du cœur et auprès des intestins. Elle offre des modifications dans les différentes classes d'animaux. Chez les herbivores, elle est plus ferme, plus solide, moins odorante que chez les carnivores. La graisse des oiseaux est fine, douce, onctueuse, très-fusible. Chez les poissons et les baleines, elle est presque fluide et très-odorante. Blanche et abondante chez les jeunes animaux, elle se colore en jaune et diminue en quantité avec l'âge.

Dans les végétaux, les huiles se rencontrent presque exclusivement dans les semences. Rarement elles se trouvent dans les parties charnues des fruits. On ne connaît que l'*olivier*, les *palmiers*, les *lauriers* et le *cornouiller sanguin* dont les fruits soient pourvus d'huile dans leur péricarpe ou partie externe et charnue. Plus rarement encore, les huiles existent dans les autres organes. La racine du *souchet comestible* en contient beaucoup (28 p. 100), par exception.

Dans les graines des plantes, l'huile est ordinairement accompagnée d'albumine; aussi, lorsqu'on les broie avec de l'eau, l'albumine maintient l'huile en suspension dans le liquide, qui devient alors blanc et opaque comme le lait, et prend le nom d'*émulsion*.

Parmi ces huiles végétales, il en est qui ont une certaine consistance qui les fait ressembler au beurre ou à la graisse des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mammifères. Telles sont les *huiles concrètes* ou *beurres :* de cacao, de muscade, de coco, de laurier, de palme, de l'arbre à suif, etc.

Dans le tableau suivant, j'indique les semences qui renferment le plus d'huile, et la proportion moyenne qu'elles en fournissent sur 100 parties en poids :

Coprah (1).....	80	Cameline.....	30,5
Ricin commun.....	62	Navette d'été.....	30
Aveline.....	60	Moutarde sauvage...	30
Noix.....	40 à 60	Gaude.....	30
Cresson des jardins..	56 à 58	Onoporde acanthe...	25
Sésame.....	53 à 54	Chènevis.....	25
Radis oléifère.....	50	Lin.....	25
Pavot ou œillette....	47 à 50	Courge.....	25
Tilleul d'Europe.....	48	Madi cultivé.....	25
Arachide.....	47	Citronnier.....	25
Amande douce.....	46	Sapins et épicea.....	24
Cotonnier.....	41	Muscades.....	22
Pignon d'Inde.....	40	Croton tiglium.....	22
Epurge.....	40	Olive.....	21
Amande amère.....	40	Châtaigne du Brésil..	20
Colza d'hiver.....	39	Thlaspi.....	20
Chou ordinaire.....	30 à 39	Moutarde noire.....	19
Cacao des îles.....	38,5	Julienne.....	18
Moutarde blanche...	36	Pepin de raisin.....	15 à 18
Cacao caraque.....	36	Ben.....	17
Tabac.....	32 à 36	Faîne.....	12 à 16
Navet de Suède.....	33	Grand soleil.....	15
Prunier domestique..	33	Pomme épineuse....	15
Navette d'hiver.....	33	Laurier.....	10
Colza de printemps...	33	Marron d'Inde.....	8

Rien n'est plus facile que d'extraire d'une graine ou de tout autre organe végétal la matière grasse qui s'y trouve et d'en déterminer exactement la proportion. Il suffit de traiter la substance réduite en poudre par de l'éther bouillant, en répétant le même traitement jusqu'à ce que le liquide ne dissolve plus rien, ce qu'on reconnaît en en laissant évaporer quelque peu dans une capsule de porcelaine. On arrive plus rapidement au but proposé, et avec une grande économie d'éther, en faisant usage de l'*extracteur à distillation continue* de M. Payen. Comme ce petit appareil peut servir toutes les fois qu'il s'agit d'épuiser les matières organiques par des liquides volatils, je crois devoir vous le faire connaître.

(1) C'est l'amande des noix de coco, concassée et séchée sur le sable à l'ardeur du soleil. Elle vient, depuis quelque temps, à Marseille, de la côte de Zanzibar (Afrique orientale). Elle fournit une huile assez blanche, dont la consistance est à peu près celle de l'axonge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il se compose (*fig.* 400) d'un ballon A surmonté d'une allonge B; la pointe effilée de celle-ci entre jusqu'à moitié de la profondeur du ballon. A la partie supérieure de l'allonge est ajustée la douille d'un petit ballon C à trois tubulures. Les deux ballons A et C communiquant entre eux par un tube latéral *cd*, l'ensemble du système offre trois capacités closes ; un tube de sûreté à deux boules E pourvoit aux dilatations et contractions des gaz et vapeurs ; le ballon C condense d'ailleurs une portion de celles-ci et fait retomber le produit liquide dans l'allonge.

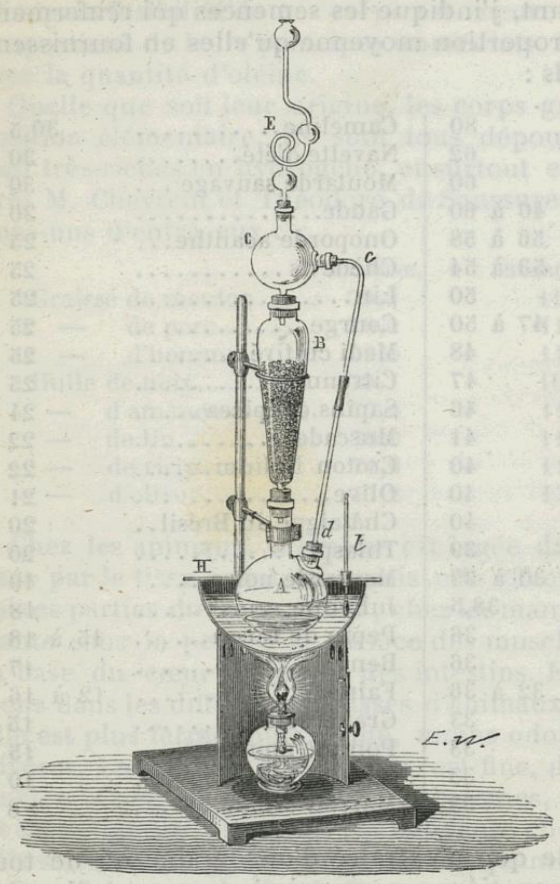


Fig. 400.

Lorsqu'on veut faire réagir, à l'aide de cet appareil, de l'éther sur une graine oléagineuse, on garnit le col de l'allonge avec un tampon de coton cardé bien propre; on remplit sa panse aux deux tiers de la hauteur avec la farine sèche de la graine, dont on a pris le poids ; on verse dessus l'éther en quantité suffisante pour mouiller toutes les parties, remplir les interstices, filtrer dans le ballon et le remplir à moitié. On adapte alors le tube latéral *cd*, le tube de sûreté E, et on plonge le ballon A à moitié dans un bain-marie d'eau H qu'on échauffe à + 38° ou 40° par le moyen d'une lampe à esprit-de-vin. On voit en *t* un petit thermomètre qui passe à travers le couvercle du bain-marie. L'éther, qui bout à + 36°, se réduit en vapeurs; celles-ci s'élèvent par le tube latéral *cd* et viennent se condenser, en grande partie, dans le ballon C. Le liquide tombe alors sur la farine et filtre à travers pour descendre dans le ballon A en entraînant l'huile enlevée à la farine. — La concentration de la solution filtrée s'opère continuellement dans le ballon A, et les vapeurs éthérées, en repassant incessamment sur la substance, finissent par l'épuiser de toute la matière grasse qu'elle renfermait.

Lorsque l'éther n'entraîne plus rien, on retire la solution du ballon pour la faire évaporer spontanément dans une capsule de porcelaine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tarée; l'huile reste; on la lave à l'eau chaude pour la dépouiller du peu de principes solubles que l'éther aurait pu entraîner; on sèche à l'étuve et on prend ensuite le poids de l'huile ainsi purifiée.

M. Berjot, pharmacien à Caen, a imaginé, pour l'essai des graines oléagineuses, un petit appareil portatif, moins fragile que l'extracteur en verre de M. Payen, et qui permet d'opérer beaucoup plus vite et avec plus d'économie, puisque l'éther est remplacé par le sulfure de carbone.

L'*élaïomètre* de M. Berjot se compose d'un vase en verre A (*fig.* 401) à deux tubulures, surmonté d'une allonge cylindrique B, également en verre, qui s'ajuste à l'émeri sur la tubulure *t* du vase A. A l'autre tubulure *t'* de celui-ci est adaptée une petite pompe pneumatique en cuivre P. Dans l'allonge, il existe une tige métallique terminée d'un bout par un diaphragme rivé et deux diaphragmes mobiles garnis de rondelles de feutre. Ces diaphragmes sont percés de petits trous.

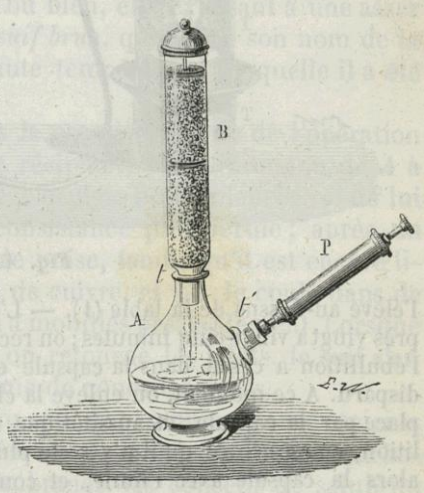


Fig. 401.

Lorsqu'il s'agit de déterminer la richesse en huile d'une graine de colza, par exemple, on en prend 100 grammes qu'on réduit en farine au moyen d'un petit moulin joint à l'élaïomètre; on retire les deux diaphragmes mobiles de l'allonge et on y introduit la moitié de la farine; on recouvre d'un des diaphragmes; on met par-dessus celui-ci le reste de la farine, sur laquelle on pose le second diaphragme, puis on verse sur le tout du sulfure de carbone désinfecté et incolore. Ce liquide, en traversant les diaphragmes, se répand régulièrement dans la farine et la mouille complétement. Après quelques minutes on fait le vide avec la pompe; la pression atmosphérique comprime la poudre et fait écouler le sulfure de carbone, qui s'est chargé d'une partie de l'huile. On verse une nouvelle quantité de sulfure de carbone, on pompe encore et on continue ainsi jusqu'à ce que le sulfure qui s'écoule soit tout à fait incolore. On s'assure, d'ailleurs, que la graine a été dépouillée en entier de son huile, en enlevant l'allonge et en recevant sur du papier quelques gouttes du liquide qui s'écoule encore. Le papier ne reste pas taché après l'évaporation du sulfure.

La quantité maximum du sulfure pour épuiser 100 grammes de graines est à peu près de 400 à 450 grammes. Il n'en faudrait pas plus de 250 à 300 si, au lieu de quelques minutes, on laissait le liquide en contact avec la farine pendant une heure ou deux avant de faire agir la pompe.

L'évaporation du sulfure de carbone s'effectue très-rapidement dans une petite capsule *b* en cuivre étamé (*fig.* 402) placée dans un bain-marie B recevant, au moyen d'un tube de caoutchouc, de la vapeur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'eau d'une petite chaudière en cuivre C. Celle-ci est posée dans un manchon métallique F, percé de trous, qui fait office de fourneau, et elle est chauffée par une lampe à alcool E reposant sur un support T qui

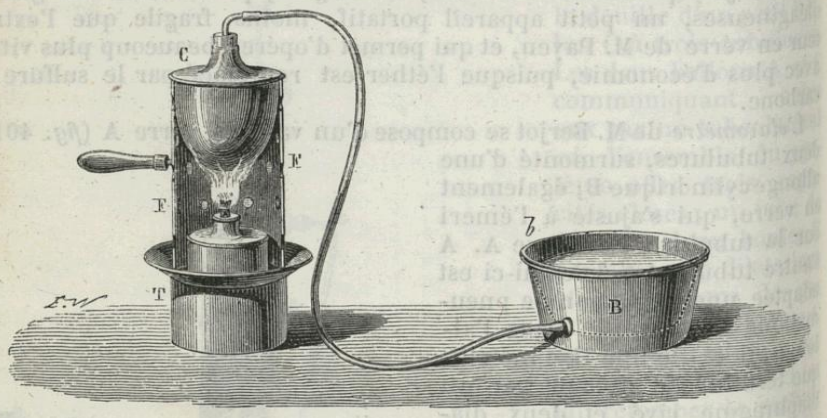


Fig. 402.

l'élève au-dessus de la table (1). — L'évaporation du sulfure dure à peu près vingt à vingt-cinq minutes ; on reconnaît qu'elle est terminée lorsque l'ébullition a cessé dans la capsule et quand l'odeur a complétement disparu. A ce moment, on enlève la chaudière du fourneau, on la remplace par la capsule, et aussitôt que l'huile est près d'entrer en ébullition, on est assuré qu'il n'y reste plus de sulfure de carbone. On pèse alors la capsule avec l'huile, et comme le poids du vase se trouve poinçonné sur la capsule elle-même, on connaît aussitôt le poids net de l'huile.

Pour les besoins de l'industrie, on a recours à d'autres procédés d'isoler les différents corps gras des matières qui les contiennent. Ces procédés sont assez simples, mais ils varient nécessairement avec la consistance de ces corps.

1. Dans les animaux, les matières grasses, enveloppées de tissu cellulaire et de membranes entremêlées de vaisseaux lymphatiques, souillées de sang, ne peuvent être extraites que par une altération de ces tissus et membranes. Le procédé que l'on suit le plus habituellement pour la fonte des suifs consiste à chauffer les matières à feu nu dans une chaudière d'une dimension convenable. Armé d'un aviron, un ouvrier agite la masse et facilite l'action de la chaleur sur elle. Au moyen d'un seau percé de trous, que l'on enfonce dans la chaudière, on écarte les membranes, et l'on ob-

(1) On place ainsi la lampe à une certaine hauteur, pour éviter que la vapeur de sulfure de carbone, qui est très-lourde, et qui se répand autour de l'appareil, ne vienne au contact de la flamme de l'alcool, ce qui occasionnerait des accidents et des pertes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tient bientôt, dans son intérieur, un bain de graisse fondue que l'on tire peu à peu avec un seau ou avec une poche fixée à un manche. Lorsqu'on a extrait toute la partie que l'on peut avoir à l'état liquide, il reste dans la chaudière une matière solide, connue sous le nom de *boulée;* on la chauffe de nouveau, on la retire ensuite de la chaudière, et on la porte sous une presse qui en fait encore sortir une portion considérable de graisse. Le résidu, vulgairement désigné sous le nom de *pain de cretons*, est formé par les membranes racornies et en partie brûlées; on l'emploie à la nourriture des chiens et des porcs, ou bien, en l'exposant à une assez forte chaleur, on en extrait le *suif brun*, qui prend son nom de la couleur que lui a donnée la haute température à laquelle il a été exposé.

Le suif qui a été extrait dans la première partie de l'opération et qu'on a reçu dans un vaste récipient, est additionné de 4 à 5 millièmes d'alun, afin de le clarifier, de le blanchir et de lui faire acquérir plus tard une consistance plus ferme; après un repos de plusieurs heures, on le puise, tandis qu'il est encore liquide, avec de grandes poches de cuivre, et on le coule dans de petits baquets, dits *jalots*, qu'on a mouillés préalablement. Lorsque la solidification est complète, on retourne les jalots, le suif s'en détache en pains qui ont la forme de cônes tronqués.

Comme les fondoirs à feu nu sont une source d'inconvénients pour le voisinage : danger du feu et odeur infecte due à la carbonisation d'une portion des membranes, les conseils de salubrité ont proscrit cette industrie de l'intérieur des villes. Mais on peut l'y exercer en adoptant le procédé que d'Arcet a indiqué dès 1818, ou celui que M. Evrard a fait connaître plus récemment, en 1851.

Le premier consiste à chauffer le suif brut dans les chaudières sur un bain d'eau acidulée par l'acide sulfurique (pour 100 kil. de suif en branches, on emploie 50 litres d'eau et $1^{kil},600$ d'acide à 66°). Ces chaudières sont fermées, à double enveloppe dans laquelle on lâche de la vapeur de manière à porter la température de 103° à 110°. Les membranes sont détruites et en grande partie dissoutes; la graisse se rassemble à la surface du liquide et s'écoule au dehors par une rigole pratiquée sur le bord des chaudières.

Mais si la fusion à l'acide a l'avantage de ne répandre aucune odeur désagréable, d'être plus économique et plus rapide, de fournir plus de suif, sans cretons, elle a le défaut de modifier sensiblement le corps gras, de le rendre plus mou, ce qui empêche de l'appliquer à la confection de la chandelle, au moins pendant l'été. Aussi les fondeurs n'ont-ils adopté le procédé de d'Arcet que pour l'extraction des suifs de bœuf, qui ne servent généralement qu'à la fabrication des bougies stéariques.

Le procédé de M. Evrard est bien préférable. Il repose sur la propriété que possèdent les alcalis caustiques très-étendus de dissoudre les mem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

branes constituant le tissu adipeux, sans attaquer sensiblement les corps gras eux-mêmes. On opère comme il suit :

Dans une chaudière cylindrique garnie d'un double fond percé de trous, on place le suif en branche, soit 150 kil. D'autre part, on caustifie par la chaux 4 à 500 gr. de carbonate de soude, et on étend la lessive d'un hectolitre d'eau; on l'ajoute au suif et on la porte à l'ébullition au moyen d'un jet de vapeur perdue qu'on introduit dans le double fond. Dans ces conditions, le tissu adipeux se gonfle énormément, la matière s'en sépare et vient nager à la surface du bain; on l'enlève facilement. Il suffit de la laver à l'eau chaude et de la maintenir liquide pendant sept à huit heures pour l'avoir parfaitement limpide.

L'opération ainsi pratiquée, en vases ouverts, ne donne lieu qu'à une légère odeur, comparable à celle du bouillon de viande chaud. Les produits obtenus sont inodores, très-blancs et rancissent moins promptement que le suif préparé par les autres procédés ; les chandelles qu'on fabrique avec eux sont bien supérieures.

Le procédé de M. Evrard, que la Société d'encouragement a sanctionné, en décernant à cet ingénieur civil une médaille de platine, peut servir avec avantage à l'extraction et à la purification de l'*axonge* ou graisse de porc, des graisses de veau et de bœuf. Cette dernière est plus ou moins jaune, mais sous l'influence de la lumière, elle se décolore complétement.

2° Pour les huiles des végétaux, c'est en soumettant les semences oléagineuses à la presse qu'on les obtient dans le plus grand nombre des cas. Les huiles employées comme aliment et médicament, et qui sont très-fluides, sont extraites par expression à froid. Quand elles sont concrètes, on presse les graines entre des plaques métalliques chaudes, ou bien on les fait bouillir avec de l'eau, après les avoir écrasées. L'huile sort des cellules qui la renferment et vient se rassembler à la surface de l'eau, où par son refroidissement elle se fige et peut être enlevée facilement. C'est ainsi qu'on extrait le beurre de cacao, l'huile de laurier, le beurre de muscade, l'huile de palme, etc.

Les huiles qui servent à l'éclairage et aux autres besoins des arts s'obtiennent aussi par expression; on écrase les graines, on les presse une première fois afin d'en retirer l'huile la plus pure, dite *huile vierge*, *huile de froissage* ou *huile de fleur;* on les écrase de nouveau, on les chauffe à une température de + 50° à 55° sur des plaques métalliques, dans l'intention de détruire ou de coaguler l'albumine et le mucilage qui empêchent l'écoulement de l'huile, et on les presse une seconde fois pour en extraire une autre qualité d'huile, moins pure, qui porte le nom d'*huile de rebat* ou *de refait*. C'est ainsi qu'on agit pour les huiles de lin, de noix, de colza, de navette, etc.

L'emploi de la chaleur pour faciliter l'écoulement de l'huile par la pression a l'inconvénient de fournir des huiles un peu altérées, pourvues d'une saveur âcre, et susceptibles de rancir plus promp-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tement que les huiles retirées par expression à froid. Malgré la torréfaction préliminaire, toute la matière albumineuse, tout le mucilage ne sont pas détruits; il en reste toujours dans l'huile : aussi celle-ci est trouble, brûle mal, répand beaucoup de fumée et n'empêche pas les mèches de se charbonner, ce qui produit des *champignons*, comme on dit vulgairement. On est donc obligé de soumettre ces huiles à l'*épuration*.

Thenard a indiqué, il y a déjà longtemps (en l'an IX ou 1801), un excellent moyen de séparer des huiles la matière mucilagineuse et une partie de la substance colorante, et de les rendre par là plus propres à l'éclairage. Son procédé, dont l'industrie s'est bien vite emparée, consiste à battre fortement les huiles avec 1 1/2 à 2 ou 3 centièmes d'acide sulfurique concentré. Le battage s'opère au moyen d'un agitateur à palettes, dans un grand bac doublé en plomb ou dans des tonnes pouvant contenir plusieurs hectolitres d'huile; on verse lentement et par fractions l'acide dans le bac; on bat l'huile pendant vingt à vingt-cinq minutes, on laisse reposer un quart d'heure, et on agite encore pendant quelques minutes. L'huile devient d'abord verte et passe au noir à mesure que le mucilage se charbonne et se précipite; le précipité noir s'en sépare ensuite complétement, et l'huile, dans laquelle il nage des flocons, prend une grande limpidité. On abandonne au repos pendant vingt-quatre heures, puis on introduit par hectolitre 25 à 30 litres d'eau à + 35° ou 40°, ou un courant de vapeur; on bat pendant huit à dix minutes, puis on fait écouler le mélange dans de vastes réservoirs placés dans un lieu où la température est maintenue à + 25°. On laisse reposer pendant trois jours. La masse est alors divisée en trois couches. La supérieure est formée par l'*huile épurée*, qu'on filtre au travers d'une couche de mousse recouverte d'un lit de tourteau, ou au travers de coton mis entre des plaques de métal percées de trous. La seconde couche est de l'huile impure, épaisse et brunâtre, que l'on conserve à part, et dont, à la longue, on retire encore une certaine quantité d'huile pure. Enfin, la troisième couche est de l'eau chargée d'acide sulfurique et de la matière étrangère dénaturée. Cette eau sert à la fabrication des couperoses ou pour le décapage des métaux (1).

M. Dubrunfaut a rendu ce procédé plus prompt au moyen de la

(1) D'après l'honorable M. Delezenne, un Lillois, nommé Leroy, avait trouvé treize ans avant Thenard un procédé pour épurer l'huile de colza. Ce procédé, qui est resté secret jusqu'en 1858, mais dont la mairie de Lille avait constaté l'efficacité par des expériences faites en 1788, consiste à battre l'huile avec de l'acide azotique à 26° (3 parties d'acide pour 1,000 parties d'huile en volumes). Le déchet est de 4,8 p. 100. L'huile est très-claire, fournit une flamme très-belle et peut servir au graissage des laines. (Voir pour plus de détails la note publiée par M. Delezenne dans les *Mémoires de la Société impériale des sciences de Lille*, pour l'année 1858.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

modification suivante : Lorsque l'huile a été battue avec l'acide sulfurique, qu'elle a pris un aspect verdâtre, et que le dépôt des matières altérées par l'acide commence à se former, on ajoute peu à peu de la craie délayée en bouillie épaisse jusqu'à ce que le papier de tournesol indique que la saturation est opérée. On laisse déposer, et l'on soutire l'huile dans des cuves dont le fond est percé de trous garnis de mèches de coton ou de laine cardée. Pour éviter cette filtration toujours longue et embarrassante, on place l'huile trouble dans une grande futaille, et on la bat avec du tourteau pulvérisé et sec. Pour 6 hectolitres d'huile, on emploie 50 kilogrammes de tourteau. Après vingt minutes de brassage, on laisse déposer. Huit à dix jours après cette opération, on peut soutirer environ 4 hectolitres d'huile parfaitement claire, qu'on remplace par une égale quantité d'huile trouble. Trois jours après, on peut exécuter un nouveau soutirage, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait clarifié, avec les 50 kilogrammes de tourteau, près de 200 hectolitres d'huile.

Le déchet des huiles par l'épuration varie de 1,5 à 2 p. 100, suivant leur qualité, le procédé de fabrication, etc.

Pour qu'une huile épurée soit de bonne qualité, elle ne doit, en brûlant, ni noircir ni charbonner la mèche, ce qui indiquerait que le lavage a été mal fait et n'a pas enlevé tout l'acide; ni la couvrir de petits champignons, ce qui prouverait une épuration incomplète; ni être colorée ou trouble, ni avoir perdu toute sa viscosité et couler comme de l'eau, parce qu'elle se consumerait alors trop vite, ce qui serait dû à l'emploi d'un trop grand excès d'acide. Le meilleur moyen d'essayer les huiles, sous ces rapports, est de faire brûler une quantité égale de divers échantillons avec une mèche de veilleuse ; la durée de chacune des huiles, la qualité de la lumière et l'éclat des mèches feront juger de leur valeur relative.

Parmi toutes les huiles végétales, la plus importante, sans contredit, est celle de l'olive, car c'est la plus propre aux usages culinaires et à la préparation des savons. Il y en a de plusieurs qualités, en raison du mode d'extraction et aussi de l'état de maturité des fruits au moment de la récolte.

Les olives dont la maturité est incomplète donnent une huile un peu verdâtre et douée d'une odeur de fruits prononcée; les olives bien mûres rendent une huile jaune, d'une saveur douce, agréable et à peine odorante.

L'huile du midi de la France, de la Provence notamment, est préférée à juste titre, aux huiles des diverses autres provenances (Italie, Espagne, Grèce, côtes d'Afrique). Il vient actuellement d'excellentes huiles de l'Algérie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Toutes choses égales d'ailleurs, la meilleure qualité d'huile est celle qu'on obtient de la première expression à froid ; on la désigne sous le nom d'*huile vierge*.

Une seconde qualité, qui constitue l'*huile ordinaire* pour la table, s'obtient en délayant dans l'eau bouillante la pulpe des olives qui ont fourni l'huile vierge, et la soumettant à la pression. L'huile, entraînée par l'eau, est d'une belle couleur jaune, moins agréable au goût, moins fluide et plus disposée à devenir rance que la première. On en consomme une partie pour graisser les laines et pour adoucir les frottements dans les machines.

Une troisième sorte est obtenue avec les tourteaux ou *grignons* non entièrement épuisés par les deux pressions précédentes ; on les broie, on les fait chauffer avec de l'eau dans des bassines, et on les exprime de nouveau ; on en retire encore une assez forte proportion d'huile plus ou moins épaisse, verdâtre, dite *huile de recense* ou *huile lampante* qui n'est utilisée que dans les savonneries.

Une quatrième sorte, distinguée par le nom d'*huile tournante*, parce que, mieux que toutes les autres, elle forme une émulsion parfaite avec les lessives alcalines faibles, est extraite des olives qui ont déjà été exprimées deux fois, et qu'on a abandonnées à une fermentation plus ou moins longue ; on délaie les grignons fermentés avec de l'eau bouillante et on les soumet à la pression. L'huile entraînée par l'eau, est d'une couleur verdâtre ; elle renferme beaucoup de mucilage et d'autres matières extractives, aussi rancit-elle très-vite ; elle est d'ailleurs toujours plus ou moins acide, et cette acidité est due, d'après M. Pelouze, à des acides gras qui se sont formés aux dépens de l'oléine et de la margarine, sous l'influence des matières organiques azotées qui les accompagnent dans les fruits. C'est à la présence de ces acides oléique et margarique qu'il faut rapporter la propriété fortement émulsive de l'*huile tournante* et le choix qu'on en fait dans les ateliers de teinture en rouge des Indes pour composer les *bains blancs*. — Du reste, comme l'a démontré M. Pelouze, il suffit d'ajouter directement aux huiles ordinaires quelques centièmes de leur poids d'acides oléique et margarique provenant des fabriques de bougies stéariques, pour en faire des *huiles tournantes*.

On appelle *huile d'enfer* une qualité inférieure qu'on obtient en laissant reposer dans une vaste citerne, dite *enfer*, l'eau qui a servi à l'expression des olives et qui a entraîné avec elle une certaine quantité d'huile maintenue en suspension à l'aide du mucilage. Cette huile est d'une couleur jaune verdâtre, et plus ou moins transparente ; elle est employée dans l'ensemage des laines et la fabrication des savons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des qualités inférieures d'huile résultent de l'emploi d'olives trop mûres, plus ou moins détériorées par les attaques des insectes, par la pourriture, ou par un chauffage trop énergique.

3° On obtient de plusieurs animaux marins et de certains poissons des matières grasses liquides qui sont aujourd'hui très-employées dans les arts. Les cétacés, tels que les baleines, les cachalots, les dauphins, les marsouins, les phoques, en fournissent une grande quantité, que l'on extrait du lard épais qui se trouve sous la peau de ces animaux. Ce lard, coupé par morceaux, est jeté dans de grandes chaudières avec une quantité d'eau suffisante pour l'empêcher de brûler : l'huile, qui se sépare des lardons frits par une cuisson de trois heures, est coulée sur des châssis et un treillage ; elle est reçue dans de grands baquets remplis d'eau, où elle se dépure. On la verse successivement sur plusieurs eaux, pour la purifier de plus en plus. Une seule baleine a fourni quelquefois jusqu'à 50,000 kilogrammes de lard, qui donnent 40 et jusqu'à 100 tonneaux d'huile.

Les huiles de poisson ont une composition spéciale ; elles renferment, d'après M. Chevreul :

De la margarine.... } corps gras solides ;
De la cétine..... }
De l'oléine..... } corps gras liquides ;
De la phocénine..... }
Un principe colorant jaune,
Et un principe odorant, qui est un acide gras volatil, appelé acide *phocénique*.

L'huile de baleine non épurée est de couleur orange, trouble, d'une odeur infecte. On l'épure au moyen de l'acide sulfurique ; mais ce procédé ne réussit pas aussi bien que pour les huiles de graines. Le problème de la décoloration et de la désinfection de l'huile de baleine a beaucoup occupé et occupe encore beaucoup les chimistes et les industriels ; mais jusqu'ici on n'a pu le résoudre complétement. M. Preisser et moi avons publié, en 1841, un mémoire sur cette importante question. De toutes les expériences nombreuses que nous avons faites, il ressort cette triste vérité que, jusqu'ici, on ne connaît aucun moyen efficace d'enlever à ces huiles leur odeur si forte et si désagréable, malgré toutes les assertions contraires publiées par les journaux et recueils scientifiques. Ce qu'il y a de mieux à faire, au moins quant à présent, c'est de soumettre les huiles soit à l'action d'une lessive caustique froide, soit à l'action successive de la craie, de la vapeur d'eau et de l'acide sulfurique, de laisser reposer et de filtrer à plusieurs reprises sur du charbon animal. Par là, on obtient une huile claire, presque incolore et d'une odeur moins repoussante ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais quant à l'avoir inodore, il faut y renoncer. Les épurateurs qui se vantent de livrer au commerce de l'huile complétement désinfectée se font illusion ou trompent sciemment le public. Les huiles de poisson qu'on vend comme désinfectées ne sont autre chose que des mélanges d'huile animale et d'huile de graines, dans lesquels cette dernière entre au moins pour la moitié ou les trois quarts (1).

Les huiles de *harengs* et de *sardines*, qu'on extrait, dans le nord de l'Europe, par la cuisson des poissons dans l'eau, sont très-colorées et d'une odeur infecte. — Les huiles de *morue* et de *raie*, qu'on isole par la putréfaction des foies et par l'ébullition dans l'eau, doivent leurs propriétés toniques, suppose-t-on, aux petites quantités d'iode, de brôme, de chlore, de phosphore et de soufre qu'elles renferment. La pratique médicale en fait un grand usage depuis une quinzaine d'années. M. Preisser et moi avons trouvé un peu plus d'iode dans l'huile de raie que dans celle de morue (2). M. le docteur Delattre, de Dieppe, prépare maintenant toutes ces huiles de foies de poisson avec une rare perfection.

On extrait encore des abattis de bœufs, de vaches et de moutons, une huile blanche, inodore, très-utile dans les arts, en les faisant bouillir avec de l'eau, jusqu'à ce qu'ils soient parfaitement cuits. On enlève l'huile et la graisse qui nagent sur l'eau, et on les jette dans de l'eau bouillante; on laisse reposer pendant vingt-quatre heures pour que les substances étrangères les plus grossières se séparent. On soutire l'huile devenue claire : on la soumet à un second traitement semblable. Elle est alors limpide et jaunâtre. On la livre dans le commerce sous le nom d'*huile de pieds de bœuf*.

Dans la prochaine leçon, j'envisagerai avec vous l'ensemble des propriétés communes aux corps gras.

---

(1) *Observations sur l'épuration et la désinfection des huiles de poisson.*— Précis analytique des travaux de l'Académie impériale de Rouen pour 1841.

(2) *Examen chimique de l'huile de foie de raie.*—Comptes rendus de l'Institut, nº 17, 25 avril 1842, p. 618.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUARANTIÈME LEÇON.

DES PRINCIPES IMMÉDIATS NEUTRES (SUITE).

SOMMAIRE.— Suite de l'étude des corps gras.—Propriétés générales. — *Oléomètre.* — Produits de la décomposition des corps gras par le feu : *acroléine*, *acide sébacique*, *alcool caprylique*, gaz pour l'éclairage. — Huiles siccatives. — Rancidité. — Essais des huiles. — Des SAVONS et de la SAPONIFICATION. — Pratique et théorie de cette opération.

Les corps gras, quelle que soit leur origine, ont une grande analogie de propriétés, tant physiques que chimiques.

Tous sont incolores quand ils sont purs; mais tels qu'on les retire des organes qui les contiennent, ils ont généralement une couleur jaunâtre ou jaune-brunâtre, qui est particulièrement due à la coloration de la partie liquide ou *oléine*.

Leur odeur est peu prononcée, et elle est due à un principe particulier, le plus souvent à un acide gras volatil, qui disparaît par la chaleur. Ainsi, le beurre ordinaire doit son odeur à des traces d'*acide butyrique*, les graisses de bouc et de mouton à de l'*acide hircique*, les huiles de poisson à l'*acide phocénique* qui paraît identique avec l'acide de la racine de valériane, etc.

Tous ont une densité inférieure à celle de l'eau qu'ils surnagent toujours. Mais cette densité varie suivant chaque espèce, comme on peut le voir par le tableau suivant, qui donne le poids de l'hectolitre des graisses et des huiles commerciales, récemment obtenues, à la température de + 15°.

	kilogr.		kilogr.
Huile de cachalot	88,40	Huile de ravison	92,10
— de suif	90,03	— de sésame	92,35
— de colza d'hiver	91,47	— de baleine filtrée	92,40
— de navette d'hiver	91,55	— d'œillette	92,53
— de navette d'été	91,57	— de foie de morue	92,60
— de pieds de bœuf	91,60	— de foie de raie	92,70
— de colza d'été	91,67	— de chènevis	92,70
— d'arachide	91,70	— de cameline	92,82
— d'olive	91,70	— de coton	93,06
— d'amandes douces	91,80	— de lin	93,50
— de faîne	92,07	Graisse de porc	93,80

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces chiffres sont empruntés à Lefebvre, ancien courtier de commerce à Amiens, excepté celui de la graisse de porc, qui est dû à Théodore de Saussure.

C'est sur cette différence de densité des huiles à la même température que repose le procédé de Lefebvre pour reconnaître les différentes espèces d'huiles pures ou mélangées. L'instrument inventé par ce praticien pour prendre la densité des huiles, et qu'il a nommé *oléomètre à froid*, a la forme d'un aréomètre ordinaire, si ce n'est que le réservoir cylindrique est très-grand et la tige très-longue (*fig.* 403). Celle-ci porte une échelle graduée sur laquelle sont inscrites les densités comprises depuis 8000 jusqu'à 9400, limites entre lesquelles sont renfermées les densités des diverses huiles commerciales. Mais comme il eût été impossible de placer quatre chiffres sur l'échelle, on a retranché le premier et le dernier, pour ne conserver que les deux du milieu, ce qui n'a aucun inconvénient, dès qu'on en est prévenu. Ainsi, les chiffres de 1 jusqu'à 40, placés sur l'échelle, doivent être précédés de 9 pour exprimer la densité et le poids de l'hectolitre. La place de l'huile de navette, par exemple, se trouve au nombre 15 ; il faut lire alors 9150 de densité, ou $91^{kil},5$ pour le poids de l'hectolitre, ou encore $9^{hect},15$ pour un litre.

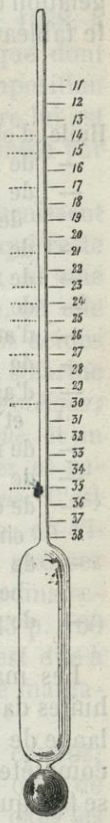


Fig. 403.

A la gauche de l'échelle et en face de la densité, sont inscrits les noms des huiles. Pour la facilité des vérifications, leur place est représentée par une couleur à peu près semblable à celle que prend chaque espèce sous l'influence de l'acide sulfurique concentré. Ces couleurs font mieux distinguer la place où s'arrête le niveau de l'huile sur l'instrument, quand celui-ci est plongé dans les barils ; de cette manière, on n'a pas besoin de retirer l'oléomètre pour connaître la densité exprimée en chiffres.

L'instrument ayant été gradué pour la température de + 15°, il y a toujours nécessité de consulter la température de l'huile au moment où l'on y plonge l'oléomètre, et de faire une correction au chiffre obtenu, lorsque la température est supérieure ou inférieure à + 15°. D'après Lefebvre, la correction pour toutes les huiles est de 1°,5 centigr. pour 1 millième de densité en plus ou en moins, à partir de + 15° ; soit 3° pour 2 millièmes, 6° pour 4 millièmes, etc. Lors donc qu'une huile est à + 18° centigr., l'oléomètre descend alors à 2 millièmes au-dessous de la densité réelle ; il faut donc augmenter de 2 millièmes le chiffre trouvé. Si l'huile est à + 12°, l'instrument s'arrête à 2 millièmes au-dessus de la véritable densité ; il faut dès lors diminuer ces 2 millièmes de la densité apparente.

L'oléomètre de Lefebvre fournit aux commerçants un moyen prompt et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

commode de distinguer les huiles entre elles, et, jusqu'à un certain point, de reconnaître leurs divers mélanges (1).

Après la densité, les propriétés physiques les plus importantes et les plus caractéristiques des corps gras sont les différents degrés de solidification des huiles par le froid, et ceux de fusion des matières grasses solides, parce que chaque espèce a un point de congélation ou de fusion qui est toujours le même. C'est ce qu'indique le tableau suivant :

	POINTS de congélation.
Huile d'olive	+ 2°
— de baleine	1 à 2°
— de pieds de bœuf, de morue	— 0°
— de dauphin	— 3°
— de navette	— 3°,75
— de colza	— 6°,25
— d'arachide	— 7°
— de prune	— 9°
— d'amandes douces et amères	— 10°
— de raisin	— 16°
— de faîne	— 17°,5
— de cameline, de ricin, d'œillette	— 18°
— de lin, chènevis, belladone, sapin	— 27°,6
— de pin	— 30°

	POINTS de fusion.
Graisse d'homme	+ 15 à 25°
Beurre de coco	+ 20°
— de Galam	+ 21 à 22°
Graisse de canard	+ 25°
— de porc	+ 26 à 31°
Huile d'illipé	+ 26 à 28°
Beurre de palme récent	+ 27°
— ancien	+ 32 à 36°
Graisse d'oie	+ 28°
Huile de laurier	+ 30°
Suif de Piney	+ 35°
Beurre de vache	+ 36°
Suif de bœuf	+ 38°
Graisse de dindon	+ 45°
Suif de mouton	+ 46°
Beurre de cacao	+ 50°

Les marchands tirent parti des différences que présentent les huiles dans leur époque de solidification pour reconnaître le mélange de l'huile d'œillette avec l'huile d'olive. Celle-ci se concrète complétement lorsqu'on la plonge dans de la glace pilée ; elle ne se fige qu'en partie lorsqu'elle contient un peu d'huile d'œillette, et, si cette dernière forme le tiers en volume, le mélange garde sa liquidité. Ce procédé n'est pas susceptible d'une grande précision.

Les corps gras ne sont pas volatils. Ils bouillent à des températures élevées, différentes pour chacun d'eux. Ainsi, l'huile de ricin bout à + 265°, les huiles de noix et d'olive à + 320°. C'est pour cette raison que dans les laboratoires, on se sert souvent des huiles pour faire des bains-marie, en place d'eau, lorsqu'on veut

(1) Voir pour plus de détails mon rapport sur l'Oléomètre. (*Précis de l'Académie de Rouen pour* 1844), et mon article *Oléomètre* dans la 2e édition du *Dictionnaire des arts et manufactures*, publié par M. Laboulaye.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dessécher les corps à une température supérieure à + 100°. Dans ce cas, on emploie de préférence l'huile de pieds de bœuf qui se conserve toujours sans s'altérer.

Lorsqu'on chauffe les corps gras, au contact de l'air, à une température supérieure à leur point d'ébullition, ils se décomposent, dégagent de l'acide carbonique, des gaz inflammables, une huile volatile très-âcre et très-irritante, puis ils s'épaississent, se colorent et s'enflamment. Brandes, qui l'a découverte en 1838, a donné le nom d'*acroléine* à cette huile empyreumatique dont l'odeur si désagréable caractérise essentiellement la décomposition des huiles et des graisses par le feu. L'odeur de la friture lui est due. Dans son état de pureté, sa composition est représentée par la formule = $C^6H^4O^2$.

Lorsqu'on les distille en vases clos, les corps gras fournissent les mêmes produits, et de plus une matière rougeâtre qui reste boursouflée dans la cornue avec un peu de charbon, et une matière huileuse abondante qui passe dans le récipient, où elle ne tarde pas à se solidifier. Cette matière consiste en trois acides gras, qui ont pris naissance aux dépens de l'oléine, de la stéarine et de la margarine, à savoir : un acide liquide, appelé *acide oléique;* un acide solide, très-peu abondant, nommé *acide sébacique,* et un autre acide solide, cristallisant en belles écailles blanches et nacrées, qu'on a distingué par le nom d'*acide margarique*. C'est celui-ci qui prédomine dans la matière brute concrète; on l'isole facilement par la pression entre des flanelles. Les graisses animales en fournissent plus que les huiles; on retire ordinairement des premières, en acide margarique pur, de 36 à 45 p. 100 de leur poids. La connaissance de ces faits importants est due à MM. Bussy et Lecanu. Vous verrez bientôt que cet acide margarique joue un très-grand rôle dans l'éclairage.

Quant à l'*acide sébacique*, le premier des acides gras connus, puisque sa découverte par Thenard remonte à 1801, il offre de l'intérêt pour le chimiste, parce qu'il se trouve toujours dans les produits de la distillation sèche des matières grasses qui renferment de l'oléine ou de l'acide oléique. L'huile de ricin, distillée sur de la potasse, en fournit, d'après M. Bouis, jusqu'à 225 gram. par kilogramme (1). Comme cet acide est soluble dans l'eau

(1) Elle fournit, en outre, un liquide transparent, oléagineux, aromatique, qui offre tous les caractères généraux de l'alcool; aussi l'a-t-on nommé *alcool caprylique*. Par sa belle flamme quand il brûle, il pourra servir directement à l'éclairage, et, par sa faculté dissolvante des résines, il pourra aussi concourir utilement à la confection des vernis. Il résulte donc de tout ceci que l'huile de ricin, qui n'avait jusqu'alors qu'une application médicale, devient une matière première industrielle d'une assez grande importance. La culture du ricin sera une nouvelle ressource pour les populations agricoles du midi de la France et de l'Algérie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bouillante, on peut facilement le séparer des autres acides gras auxquels il est mêlé. Sa solution est précipitée en blanc par l'acétate de plomb.

L'acide sébacique ($C^{20}H^{18}O^8$) cristallise en belles lames nacrées et ne fond qu'à + 127°. Cette dernière propriété, et sa facile combustion, permettront sans doute d'en tirer un parti avantageux dans l'industrie des bougies, en l'associant à des substances plus fusibles.

Si, au lieu de chauffer progressivement les corps gras en vases clos, on les soumet brusquement au rouge naissant, en les faisant tomber, par exemple, sous forme de filet, sur des surfaces incandescentes de coke, ils se décomposent complétement et se transforment presque totalement en composés volatils, en carbures d'hydrogène, dont le mélange peut servir et a servi, pendant quelque temps, à l'éclairage. Le gaz de l'huile a un pouvoir éclairant trois fois et demie plus considérable que le gaz de la houille. Il ne renferme, d'ailleurs, ni sels ammoniacaux ni hydrogène sulfuré. C'est un Anglais, nommé Taylor, qui le premier a construit des appareils pour la distillation des huiles. Dans ces conditions, elles fournissent jusqu'à 830 litres de gaz éclairant par kilogramme.

Les huiles et les graisses se conservent sans altération, hors du contact de l'air, pendant fort longtemps; mais, soumises à l'action de cet agent, elles ne tardent pas à acquérir une saveur âcre, désagréable, et la propriété de rougir le tournesol; elles deviennent *rances*, comme on dit habituellement. L'huile de noix se conserve à peine quelques jours fraîche; les huiles d'amandes douces et d'olive résistent beaucoup plus longtemps à l'altération; l'huile de lin est celle qui rancit le plus tardivement.

En même temps que ces effets se produisent, plusieurs des huiles végétales perdent peu à peu leur liquidité, et finissent par s'épaissir tellement, qu'elles ne tachent plus le papier. Elles forment alors une espèce de membrane transparente, jaunâtre, élastique, qui ne se dissout que très-difficilement dans l'alcool bouillant. Les huiles qui éprouvent ce genre d'effet sont dites *huiles siccatives*. Ce sont :

Les huiles de lin,	Les huiles de pin,
— de noix,	— de madi,
— de chènevis,	— de raisin,
— d'œillette,	— de tabac,
— de ricin,	— de grand-soleil,
— de croton,	— d'épurge,
— de belladone,	— de courge,
— de sapin,	— de poisson.

Cette propriété les rend très-précieuses pour la préparation des vernis et des couleurs à l'huile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les huiles *non siccatives*, sans présenter des changements de propriétés aussi profonds, par suite de l'action de l'air, se trouvent toutefois modifiées plus ou moins. Ainsi, elles se décolorent progressivement et complétement, augmentent sensiblement de densité, perdent un peu de leur fluidité, laissent déposer une matière blanchâtre, deviennent moins combustibles, et en conséquence charbonnent fortement les mèches. Il n'y a donc pas lieu, comme on voit, à tirer parti de ce phénomène de décoloration, par l'air, des huiles à brûler, puisqu'elles deviennent pour ainsi dire incombustibles.

En Angleterre, on a utilisé cette action décolorante de l'oxygène de l'air au blanchiment de l'huile de palme, qui a naturellement une couleur orangée prononcée. Dans des bassins en bois, très-larges et très-longs, mais dont la profondeur ne dépasse pas 35 centimètres et au fond desquels sont placés des serpentins en plomb, chauffés par un courant de vapeur, on met une couche d'eau de 20 centimètres de hauteur, et par-dessus une couche d'huile de palme de 5 centimètres d'épaisseur. On élève la température de l'eau à 100°; l'huile fond, et sous la triple influence de la chaleur, de l'air et de la lumière, elle perd rapidement sa couleur en moins de dix à quinze heures. Après le refroidissement et la solidification, l'huile est d'un blanc sale, et propre à la fabrication des bougies et du savon blanc.

Les divers changements produits par l'air dans les corps gras sont dus à l'absorption de l'oxygène. Il se forme du gaz acide carbonique dont le volume ne représente pas, à beaucoup près, tout l'oxygène absorbé, et, de plus, comme l'a remarqué M. Chevreul sur la graisse de porc, il se forme des acides gras, *oléique* et *margarique*, des principes volatils odorants, et un ou deux acides gras volatils. C'est à ces derniers composés que la graisse et les autres corps gras, devenus *rances*, doivent leur odeur et leur saveur désagréables. On peut rétablir les corps gras rancis dans leurs qualités premières, en les épuisant par l'eau bouillante, et en les traitant à froid par un peu de lessive alcaline. Du reste, l'action de l'air est provoquée par les matières étrangères qui existent toujours dans les corps gras commerciaux ; car, ni la stéarine, ni la margarine, ni l'oléine ne rancissent lorsqu'elles sont chimiquement pures, et les graisses, en général, sont d'autant moins sujettes à rancir, qu'elles renferment moins de matières étrangères.

L'absorption de l'oxygène par les huiles est d'abord lente, puis tout à coup elle se fait avec rapidité, et si elle a lieu sur des masses, la chaleur produite peut suffire à l'inflammation des corps gras. C'est ainsi qu'on explique ces combustions spontanées qui arrivent assez souvent dans les magasins d'huiles, dans les ateliers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de lampistes, et surtout dans les filatures où l'on accumule imprudemment des déchets de coton imbibés d'huile (1). Dans les teintureries en rouge des Indes, lorsqu'on entasse le coton huilé, il s'échauffe considérablement et s'enflamme presque toujours. Un litre d'huile de colza absorbe 14 grammes d'oxygène en quarante-cinq jours, mais l'absorption est bien autrement rapide et considérable, lorsque l'huile offre à l'air une grande surface par sa division dans des matières poreuses.

On peut accélérer l'oxydation des corps gras en les mettant en présence, à une certaine température, d'oxydes ou de sels métalliques. C'est ainsi qu'on augmente la *siccatibilité* des huiles, et notamment celle de l'huile de lin, principal excipient des couleurs pour la peinture et les vernis gras, en la faisant bouillir avec 7 à 8 p. 100 de litharge en poudre fine. On l'écume avec soin, et quand elle a acquis une couleur rougeâtre, on la retire du feu et on la laisse se clarifier par le repos. La litharge fournit de l'oxygène, car le plomb est en grande partie réduit. L'huile est alors devenue beaucoup plus siccative; on l'appelle *huile de lin cuite*.

Insensibles à l'action de l'eau, peu solubles dans l'alcool et l'esprit de bois froid, les corps gras se dissolvent beaucoup mieux dans ces deux liquides bouillants; mais leurs véritables dissolvants sont l'éther, le chloroforme, la benzine, les essences, le sulfure de carbone. Ce dernier véhicule, en raison de son bas prix, est choisi de préférence pour extraire en grand les corps gras des matières qui les renferment (laines en suint, laines filées, débourrages de cardes, os de boucherie, farine des graines oléagineuses, etc.). C'est encore ce liquide qu'on doit employer pour l'essai des suifs, qui, trop souvent, dans le commerce, sont falsifiés avec du marbre en poudre, de la fécule, des os calcinés à blanc et pulvérisés, etc. On traite alors les suifs soupçonnés par le sulfure de carbone bouillant, jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus rien. Toute la matière grasse est ainsi enlevée. Le résidu est lavé avec de l'alcool chaud, puis séché et pesé. Il est bien facile ensuite d'en déterminer la nature.

M. Fauré, de Bordeaux, a reconnu, en 1839, que le chlore gazeux agit bien différemment sur les huiles végétales et sur les huiles animales. En effet, un courant de chlore, dégagé pendant quelques minutes dans une huile végétale, la décolore légèrement ou n'altère pas sensiblement sa couleur, tandis que le même gaz, introduit dans une huile animale, la colore instantanément en brun,

(1) L'incendie de la rue des Espagnols, à Rouen, arrivé le 3 janvier 1855, a été occasionné par l'inflammation spontanée de chiffons gras entassés dans les magasins d'un chiffonnier en gros.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et cet effet augmente graduellement jusqu'à la rendre noire. Par conséquent, cet agent peut servir avec avantage pour constater la falsification, par les huiles de poisson, des huiles de colza et de navette, employées pour l'éclairage, genre de fraude très-commun maintenant, attendu que les premières sont bien moins chères que les huiles de graines.

Si donc on fait passer un courant de chlore dans une huile à brûler, on y reconnaîtra tout de suite la présence d'une huile de poisson (baleine, morue, sardine), à la couleur foncée que le gaz y développera après huit à dix minutes de dégagement. En bouchant alors le flacon contenant l'huile soumise à l'expérience et laissant en repos quelques heures, la couleur brune se foncera au point de devenir noire, tandis que l'huile ne sera pas sensiblement colorée si elle est de nature végétale, sans aucun mélange. On peut apprécier, par ce moyen, 1/100e d'huile de poisson mêlé à de l'huile de colza. Parmi les huiles animales, l'huile de pieds de bœuf et l'oléine de suif sont les seules qui ne prennent pas la couleur noire par le chlore gazeux; elles perdent, au contraire, leur couleur jaune pour devenir parfaitement blanches.

Le chlorure de soufre exerce sur les huiles végétales une action fort curieuse, qui paraît devoir conduire à d'utiles applications industrielles. Ainsi que l'ont constaté les premiers MM. Nicklès et Rochleder, en 1849, ce composé épaissit toutes les huiles et les convertit même, à froid, en un composé solide et dur, transparent, inaltérable à l'air et résistant à l'action des acides minéraux et des alcalis assez concentrés. D'après M. Perra, qui a étudié avec soin cette singulière transformation, 5 p. 100 de chlorure de soufre épaississent fortement l'huile de lin sans la durcir, 15 à 20 p. 100 la changent en une matière solide et plastique, 25 p. 100 lui font acquérir le maximum de dureté. Si lorsque les deux liquides sont mélangés, on coule le mélange sur une lame de verre, en quelques minutes on obtient une plaque solide et transparente qu'on peut enlever d'une seule pièce. En superposant plusieurs couches, on peut avoir des plaques assez épaisses pour en faire des manches de couteau, des boîtes, des rouleaux d'imprimerie, etc. Le chlorure de soufre qui produit les meilleurs effets est celui qui est le plus saturé de soufre. Il est bien probable que c'est à la combinaison de ce métalloïde avec les huiles qu'il faut rapporter la modification chimique qu'elles éprouvent. Vous verrez plus tard que le caoutchouc est dans le même cas.

Les acides énergiques produisent dans leur contact avec les corps gras des phénomènes intéressants.

1° L'acide sulfurique concentré mêlé peu à peu avec le double de son poids d'huile d'olive plongée dans un mélange réfrigérant, la convertit en de nouveaux composés acides, plus ou moins ana-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

logues à ceux qui prennent naissance sous l'influence de la chaleur et des alcalis. Le mélange étant laissé en repos pendant vingt-qnatre heures, on trouve que la masse est devenue en grande partie soluble dans l'eau. L'industrie a profité de ces faits, signalés en 1837 par M. Fremy, ainsi que je vous le montrerai bientôt.

En 1841, M. Heydenreich, de Strasbourg, et après lui Lefebvre, d'Amiens, ont proposé l'emploi de l'acide sulfurique pour distinguer les diverses espèces d'huile les unes des autres, en raison des effets de coloration qu'il produit sur chacune d'elles. Lorsqu'on ajoute une goutte de cet acide concentré à 8 ou 10 gouttes d'une huile quelconque, déposées sur un verre blanc recouvrant une feuille de papier, on voit presque aussitôt apparaître une coloration qui varie avec l'espèce d'huile employée. Ainsi :

L'huile d'olive offre une teinte jaune prononcée, devenant peu à peu verdâtre.
— d'arachide offre une teinte jaune d'un gris sale.
— de sésame — teinte d'un rouge vif.
— de colza — auréole bleu verdâtre.
— de navette — teinte de gris sale.
— de cameline — teinte jaune, puis orangée.
— de faîne — auréole d'un gris sale, puis verdâtre avec stries jaunes au centre.
— d'œillette — teinte jaune pâle avec contour gris sale.
— de chènevis — teinte d'émeraude bien prononcée.
— de lin — teinte rouge brun passant bientôt au brun noir.
— de coton — teinte jaune avec stries brunes au centre.
— de baleine — teinte d'un rouge brun foncé.

Mais ces nuances ne sont pas toujours aussi tranchées que je l'indique ici, et d'ailleurs, pour chaque huile, le lieu de provenance, l'ancienneté, le mode d'extraction, sont autant de causes qui modifient les effets du réactif; aussi ne faut-il pas attacher à ces indications une confiance absolue, surtout lorsqu'il s'agit de prononcer sur le mélange des huiles les unes avec les autres.

MM. Marchand, Maumené, Behrens, Calvert, en employant d'une autre manière le même acide, soit seul, soit associé à l'acide azotique, ont constaté certaines réactions qui peuvent aider à distinguer et à spécifier quelques huiles. Le temps ne me permet d'entrer dans aucun détail à cet égard (1).

2° L'acide azotique concentré opère sur les corps gras comme agent d'oxydation, et les convertit, comme nous l'ont appris Laurent, Broméis et Tilley, en acides nombreux, plus ou moins

(1) Voir *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, t. XXIV, p. 267-351, et t. XXV, p. 50-210-448.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

volatils, parmi lesquels se trouvent les acides acétique, formique, butyrique, sébacique, etc.

3° L'action de l'acide hypoazotique sur les huiles est si remarquable, que je dois vous la faire connaître avec soin. C'est M. Félix Boudet qui l'a étudiée en 1832.

Toutes les huiles non siccatives se solidifient en plus ou moins de temps, à la température ordinaire, avec 1/200 à 3/100 de leur poids d'acide hypoazotique. Elles se trouvent alors converties en un principe immédiat gras, nouveau, nommé *élaïdine*. Les huiles siccatives, au contraire, conservent leur liquidité, à l'exception de l'huile de ricin, qui est changée en un principe immédiat gras, solide, nommé *palmine*.

M. Félix Boudet a tiré un parti avantageux de cette action différente de l'acide hypoazotique sur les huiles, pour reconnaître la fraude qu'on exerce sur l'huile d'olive au moyen de l'huile de pavot ou *huile blanche* et quelquefois de l'huile de faîne.

Comme l'huile d'olive pure est solidifiée complétement après 73 minutes de contact avec l'acide hypoazotique, et que les huiles de pavot et de faîne restent toujours liquides, il en résulte que quand une huile d'olive sera mélangée d'une de ces huiles, sa solidification sera retardée, et qu'elle le sera d'autant plus qu'il y aura plus d'huile étrangère.

Voici comment on opère :

On introduit dans deux petits flacons de même dimension (flacons à baume opodeldoch) 100 parties d'huile d'olive parfaitement pure et 100 parties de l'huile qu'on soupçonne altérée; on ajoute, dans chaque flacon, un mélange de 3 parties d'acide azotique à 35° et 1 partie d'acide hypoazotique. On note exactement le moment du mélange de l'acide avec l'huile, on agite bien, et on abandonne les flacons dans un lieu où la température reste à + 10° autant que possible, en ayant soin d'observer l'instant où l'huile est assez épaissie pour qu'on puisse renverser les flacons sans altérer le niveau de la surface.

Si l'huile d'olive qu'on essaie est pure, elle se solidifie en même temps que celle qu'on a prise pour point de comparaison.

Elle se solidifie
40 minutes plus tard que l'autre, si elle renferme 1/100e d'huile de pavot,
90 — si elle renferme 1/20e »
Au bout d'un temps beaucoup plus long quand elle en renferme 1/10.

Les expériences de Soubeiran et de M. Blondeau n'ont pas confirmé pleinement les résultats obtenus par M. Boudet. Elles ont montré que le temps nécessaire à la solidification change avec chaque variété d'huile, et que souvent des huiles pures se prennent en masse solide plus tard que certaines huiles adultérées.

Un procédé plus sûr consiste dans l'emploi de l'azotate de mercure que Poutet, de Marseille, a conseillé dès 1819. On prend 6 parties de mer-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cure et 7 parties 1/2 d'acide azotique à 38°. La dissolution se fait spontanément et sans autre chaleur que celle produite par la combinaison. Le produit est un mélange d'acide azotique, d'acide hypoazotique, de protoazotate, de deutoazotate, et sans doute d'azotite de mercure.

On mêle dans un flacon 8 gram. de ce réactif et 96 gram. d'huile ; on secoue fortement le mélange de dix minutes en dix minutes pendant deux heures et demie, et on laisse en repos. Il est bon d'opérer dans une cave à une température constante. — Si l'huile d'olive est pure, elle se concrète en trois ou quatre heures en hiver, et en six ou sept heures en été; sa surface est lisse et blanche. On reconnaît que l'huile d'olive est falsifiée, lorsqu'après six à sept heures d'attente, le mélange n'est pas congelé ou que la congélation n'est que partielle : 5 centièmes d'huile de graines font prendre à la surface congelée une configuration en choux-fleurs; 10 centièmes, une consistance de miel ou d'huile figée. Au delà de cette proportion, une portion d'huile surnage le mélange, et est d'autant plus abondante que l'huile d'olive contenait plus d'huile étrangère. — Il est convenable d'attendre vingt-quatre heures, avant de se prononcer définitivement.

Le seul inconvénient de ce moyen d'essai est d'exiger que la dissolution mercurielle ait été récemment préparée ; faute d'observer cette précaution, la constitution du réactif change, sans même qu'il y ait cristallisation ; dès lors, les résultats qu'il donne sont incertains. Lorsque l'azotate de mercure cristallise peu de moments après la dissolution du mercure, il faut recommencer, et n'employer jamais que le réactif liquide.

Les derniers agents que nous ayons à mettre en contact avec les corps gras, ce sont les oxydes métalliques, dont les réactions servent de base à deux industries considérables : une déjà ancienne, c'est la fabrication des *savons ;* l'autre, toute récente, c'est la fabrication des *bougies stéariques*. L'importance de ces produits, d'un usage presque universel, m'impose l'obligation de vous en parler avec quelques détails.

1° DES SAVONS.

Les bases métalliques puissantes, mais surtout les alcalis, communiquent par l'ébullition, ou par un contact suffisamment prolongé, aux huiles et aux graisses de nouvelles propriétés, et forment avec elles des composés salins qu'on désigne sous le nom générique de SAVONS. L'acte dans lequel ces composés sont produits s'appelle SAPONIFICATION.

Trois sortes de corps sont nécessaires à la saponification : 1° une base salifiable puissante, comme la potasse, la soude, la chaux, l'oxyde de plomb, l'oxyde de zinc, etc.; 2° de l'eau; 3° un principe gras de la nature de la stéarine, de la margarine et de l'oléine.

Les corps gras qui se saponifient le mieux sont : 1° les huiles d'olive, d'amandes, d'arachide, de sésame, de coco, de palme; 2° les graisses animales (suif, axonge, beurre, huile de cheval);

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° les huiles de graines, c'est-à-dire les huiles de colza, de navette, d'œillette, de chènevis ; 4° enfin, les huiles de poisson.

On peut partager les savons en deux grandes classes : les *savons solubles* dans l'eau, qui sont produits par la potasse et la soude; et les *savons insolubles,* qui sont formés par les autres oxydes métalliques. Les savons à base d'oxyde de plomb sont connus sous le nom spécial d'*emplâtres*.

Les savons solubles, qui sont les seuls employés dans l'industrie et l'économie domestique, sont tantôt *durs* et tantôt *mous*. Les premiers sont obtenus avec la soude et les huiles d'olive, d'amandes, d'arachide, de palme, de coco, le suif et les autres graisses. En France, en Italie, en Espagne, on se sert surtout d'huile d'olive de qualité inférieure; en Angleterre et dans le nord de l'Europe, où cette huile manque, on la remplace par le suif ou la graisse. — Quant aux *savons mous*, ils sont préparés avec la potasse et les graisses, ou les huiles de graines.

Dans le commerce français, il y a maintenant deux sortes de savons durs : les *savons à l'huile d'olive, façon de Marseille,* et les *savons unicolores* fabriqués avec les huiles de palme, de coco, l'acide oléique, etc. Occupons-nous d'abord des premiers, dont la préparation est plus difficile.

A. *Savons de Marseille.* — Les huiles qu'on traite sont celles qu'on désigne sous le nom de *recenses*. Les lessives caustiques avec lesquelles on les fait cuire pour les saponifier sont préparées avec la soude brute artificielle que l'on caustifie à froid par le moyen de la chaux vive. Voici comment on procède à cette première opération :

La soude, réduite en poudre grossière, est incorporée avec le tiers environ de son poids de chaux éteinte, contenant 30 p. 100 d'eau. Le mélange est déposé, sur un lit de paille, dans des cuviers en bois ou en fonte à double fond percé de plusieurs trous, et recouvert d'eau de manière que celle-ci s'élève à 10 centimètres au-dessus. Après quelques heures de contact, on laisse couler la lessive par le robinet placé sous le faux-fond. Cette première lessive est très-concentrée ; elle marque ordinairement de 18 à 25° à l'aréomètre. On fait un second lessivage du marc avec autant d'eau que la première fois, et après un temps suffisant de macération, on recueille à part cette seconde lessive qui porte de 10 à 15°. Un troisième lavage fournit une lessive ne marquant plus que de 4 à 8°. Enfin, pour épuiser totalement le résidu, on ajoute encore une fois de l'eau, mais celle-ci est mise de côté pour servir au premier traitement d'un nouveau mélange.

La saponification de l'huile comprend deux époques distinctes, la première désignée sous le nom d'*empâtage,* la deuxième sous celui de *coction* ou *cuite*.

La chaudière dans laquelle on opère a la forme d'un tronc de cône ren-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

versé terminé par un fond hémisphérique à sa partie inférieure (*fig.* 404). Cette partie qui est seule en contact avec le feu, est en fonte ou en forte tôle, et porte dans son centre un tuyau à robinet, nommée *épine*, qui permet d'en faire sortir les liquides; la partie conique supérieure est le plus souvent en douves de bois cerclées et est enclavée dans une maçonnerie solide. Cette chaudière peut contenir jusqu'à 12,000 kil. de savon.

On y introduit d'abord 31 hectol. 1/2 de lessive à 10°; on porte à l'ébullition, et on y verse en plusieurs fois 6,000 kil. d'huile en soutenant l'action de la chaleur ; bientôt l'huile perd sa transparence et forme avec le liquide alcalin une sorte d'émulsion blanche, qui, peu à peu, acquiert de la consistance et de l'homogénéité. Lorsque cet *empâtage* est complet, on procède au *relargage* qui a pour effet d'enlever au mélange la trop grande quantité d'eau qu'il renferme; on y arrive, en ajoutant en plusieurs fois de la lessive forte, et en dernier lieu une lessive chargée de sel marin. On a soin de brasser continuellement au moyen d'un *redable*, planche en bois de noyer traversée par un manche de 5 à 6 mètres de long (*fig.* 404). L'émulsion savonneuse avec excès d'huile, qui s'était formée, ne peut se dissoudre dans la lessive salée; elle lui cède la plus grande partie de son eau, et se rassemble à la surface sous la forme d'une pâte consistante colorée. On laisse alors tomber le feu, et, après quelque temps de repos, on ouvre l'*épine* pour laisser écouler trois fois plus de liquide qu'on n'en a ajouté pour le relargage.

On pratique alors la *coction* en faisant bouillir le savon imparfait avec de nouvelles lessives douces et concentrées, mélangées vers la fin avec des lessives salées. La saponification s'achève; le sel marin contribue à contracter la pâte et à la réduire en grumeaux. Pour les doses indiquées ci-dessus, on consomme ordinairement, pour effectuer la cuite, 3,500 kil. de soude douce et de soude salée ou *bourde*. — On reconnaît que le savon est parfaitement saturé à ce qu'il se dissout complétement dans l'eau chaude, sans laisser d'*yeux* à sa surface, et que la pâte, comprimée entre le pouce et l'index, résiste à la pression et forme une plaque solide.

On remet alors le savon à sec en *épinant* ; il est d'un bleu foncé, tirant sur le noir ; il ne contient que 16 p. 100 d'eau. Sa couleur est due à l'interposition dans sa masse d'un savon à base d'alumine et de protoxyde de fer, mêlé de sulfure de fer, qui proviennent de la soude employée.

Pour convertir ce savon en *savon blanc*, on le délaie peu à peu avec des lessives faibles, à une douce chaleur. C'est là un travail pénible, de longue durée, à cause de l'état épais de la pâte; on le connaît sous le nom de *liquéfaction* ; on l'exécute en brassant continuellement la masse avec le redable, en même temps qu'on y incorpore de petites quantités de lessive à la fois. C'est un ouvrier, pieds nus et debout sur le milieu d'une forte planche placée en travers sur la chaudière (*fig.* 404), qui fait mouvoir le redable, en l'enfonçant jusqu'au fond et relevant jusqu'à la surface la planche qui en garnit l'extrémité (1). Lorsque la pâte est devenue homogène, on la maintient fluide par un peu de feu sous la chau-

(1) Le travail de la *liquéfaction* du savon est aussi pénible que dangereux et a causé la mort de bien des ouvriers. Ceux-ci, placés sur un madrier assez étroit,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dière, qu'on couvre, et on laisse reposer. Le savon alumino-ferrugineux noirâtre, n'étant pas soluble dans le savon à cette température, s'en sépare et tombe au fond de la chaudière. On puise alors la pâte du sa-

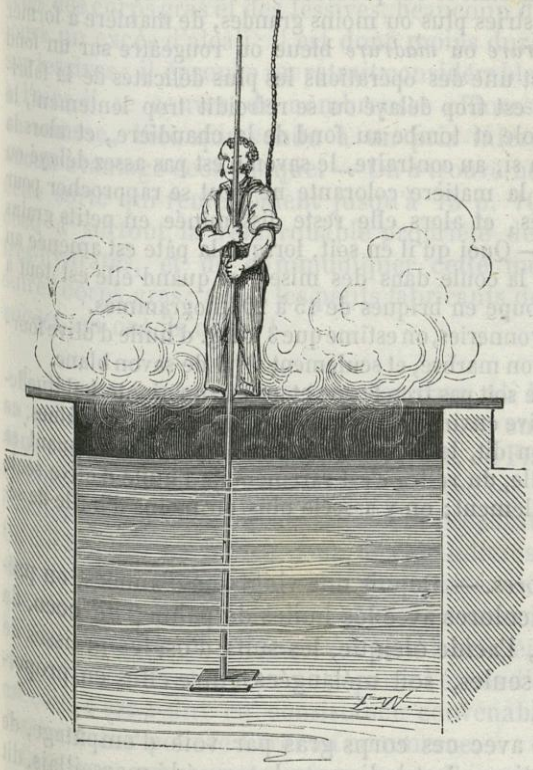


Fig. 404.

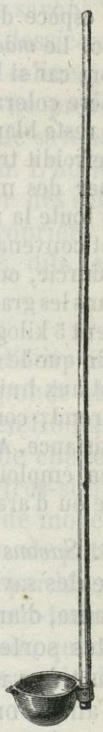


Fig. 405.

von, qui est devenue parfaitement blanche, avec des poches en cuivre nommées *poidou* (*fig.* 405), et on la coule dans des moules ou *mises* en bois ou en pierre, de très-grandes dimensions ; elle s'y prend en masses solides par le refroidissement. On la découpe ensuite en pains rectangulaires de 20 à 25 kilog., qu'on nomme *savon en table*.

Pour transformer le savon bleu-noir, non en savon blanc, mais en

---

au-dessus d'une chaudière de 5 mètres, contenant jusqu'à 12,000 kil. de savon presque bouillant, ont beaucoup d'efforts à faire pour mouvoir le redable, et se maintenir en équilibre sur une surface rendue glissante par la lessive et le savon qui s'y trouvent projetés. La moindre négligence peut les faire tomber dans la chaudière. D'Arcet avait proposé un appareil de sauvetage bien simple ; c'est une ceinture garnie d'un crochet à ressort dans lequel passe une corde dont l'autre bout est attaché à un crochet en fer très-solide pouvant glisser, au moyen d'un galet de cuivre, sur une barre de fer transversale fixée au plafond de l'atelier. Cet appareil, qui ne gêne en rien les mouvements et peut prévenir tous les accidents, n'a pas encore été adopté dans les savonneries, tant sont grands l'insouciance et le manque habituel de précautions qui caractérisent la classe ouvrière !

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

savon *marbré* ou *madré*, on incorpore dans la masse savonneuse, au moyen du redable et sans le secours de la chaleur, assez de lessive de force moyenne pour que le savon ferrugineux, au lieu de se précipiter complétement, comme dans le cas précédent, se distribue au milieu de la pâte, en veines ou stries plus ou moins grandes, de manière à former une espèce de *marbrure* ou *madrure* bleue ou rougeâtre sur un fond blanc. Le *madrage* est une des opérations les plus délicates de la fabrication, car si le savon est trop délayé ou se refroidit trop lentement, la matière colorante s'isole et tombe au fond de la chaudière, et alors la pâte reste blanche, ou si, au contraire, le savon n'est pas assez délayé ou se refroidit trop vite, la matière colorante ne peut se rapprocher pour former des marbrures, et alors elle reste disséminée en petits grains dans toute la masse. — Quoi qu'il en soit, lorsque la pâte est amenée au point convenable, on la coule dans des mises, et quand elle est tout à fait durcie, on la découpe en briques de 15 à 20 kilogrammes.

Dans les grandes savonneries, on estime que 3 kilog. d'huile d'olive fournissent 5 kilog. de savon marbré, et seulement $4^{kil},5$ de savon blanc.

Afin que le savon ne soit pas trop ferme et grenu, on ajoute habituellement aux huiles d'olive environ 1/10 ou même 1/5 d'huile de graines, ce qui rend, comme l'on dit, la coupe du savon *douce*, en diminuant sa consistance. A Marseille, du reste, c'est rarement de l'huile d'olive seule qu'on emploie actuellement; on y associe plus ou moins d'huile de sésame ou d'arachide.

B. *Savons unicolores.* — Depuis une vingtaine d'années, on prépare des savons unicolores avec les huiles de palme, de coco, de sésame, d'arachide, l'acide oléique, les suifs d'os, les graisses de toutes sortes, soit seules, soit mélangées entre elles en proportions très-variables.

Tantôt, on opère avec ces corps gras par voie d'empâtage, de relargage et de coction, c'est-à-dire par le procédé marseillais, dit *procédé de la grande chaudière ;* dans ce cas, les produits obtenus diffèrent peu, sous le rapport de la composition, des savons précédents, mais ils s'en distinguent par la couleur et l'odeur. Les bonnes qualités d'Elbeuf et de Rouen sont très-dures et renferment moins d'eau que les savons marbrés. Elles ont sur ceux-ci l'avantage de se dissoudre bien plus facilement dans l'eau; leur emploi est donc plus commode et plus économique.

Tantôt, et plus souvent même, on suit un mode qu'on appelle *procédé par empâtage* ou *à froid*, parce que la saponification a lieu à une température moins élevée, et aussi *procédé de petite chaudière*, parce qu'en général on opère dans des vases de dimensions comparativement peu considérables. Ici, on ne fait plus usage de soudes brutes, mais bien de *sel de soude*, pour faire les lessives; on concentre celles-ci pour que, par le refroidissement, le sel marin et le sulfate de soude s'en séparent en cristallisant; la solution alcaline décantée est alors très-pure.

On fait fondre à part un poids déterminé des corps gras, et on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

y ajoute en une seule fois la quantité de lessive chaude nécessaire à la saponification ; on cuit plus ou moins et on coule en mises. Le savon, solidifié par le refroidissement, retient toutes les impuretés des corps gras et des lessives, beaucoup d'eau et presque toujours un excès d'alcali ; il est donc moins dur que les savons faits sur lessives ; il éprouve un retrait considérable par la dessiccation à l'air ; il se couvre de nombreuses efflorescences salines, et, en somme, bien que vendu à un prix inférieur, il ne présente aucun avantage économique. — On a trouvé nombre de savons de cette sorte qui renfermaient jusqu'à 75 p. 100 d'eau. L'huile de coco a surtout la remarquable propriété de former des savons très-hydratés, et de communiquer cette même propriété aux autres corps gras ; aussi les petits fabricants de savons, dits *économiques*, en ont-ils abusé !

C. *Savons mous.* — Dans tous les pays où l'huile d'olive est à un prix élevé, et où la potasse se trouve en plus grande abondance que la soude, comme en Picardie, en Flandre, en Hollande, on fabrique beaucoup de *savons mous* avec les huiles de chènevis, d'œillette, de colza et de navette. Leur préparation est très-simple. On fait bouillir les huiles dans des chaudières en fer de moyenne capacité, à fond conique, avec des lessives caustiques de potasse que l'on y introduit à trois reprises, en commençant par les plus faibles. Lorsque le mélange est bien homogène et demi-transparent, on le concentre pour en séparer l'excès d'eau ; puis, quand il est cuit, c'est-à-dire en consistance convenable, on le coule dans des tonneaux pour le livrer au commerce.

Ces savons mous sont *verts* ou *noirs*. Ils sont *verts* quand on les fait avec des huiles jaunes, et qu'on y a ajouté, vers la fin de la cuisson, un peu de dissolution d'indigo. Ils sont *noirs* quand on emploie l'huile de chènevis, ou qu'on les colore artificiellement, soit avec un peu de sulfate de cuivre, soit avec du sulfate de fer, de la noix de galle et du campêche. Dans tous les cas, ces savons mous renferment toujours plus d'alcali qu'il n'en faut pour la saturation de l'huile, et de plus, ils retiennent toutes les impuretés des corps gras, toutes celles qu'a apportées l'alcali, ainsi que la *glycérine*, l'un des produits de la saponification des huiles et des graisses, ainsi que je vous l'exposerai dans un instant.

Les savons mous sont transparents ou translucides ; mais on les rend opaques en ajoutant seulement 10 p. 100 de graisse à l'huile qui sert à leur fabrication.

En Angleterre, le savon mou est fait avec la potasse, le suif et l'huile de baleine.

En Normandie, à Elbeuf, à Louviers, à Rouen, on fait des savons mous qu'on durcit en y introduisant une certaine quantité de ré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sine. On en consomme aussi beaucoup en Angleterre, mais on y emploie surtout l'huile de palme. Enfin, on prépare un savon de qualité inférieure, mais très-bon pour le dégraissage des laines et des draps, avec des matières grasses de rebut, telles que le flambart (graisse qui se rassemble à la surface de l'eau des chaudières où les charcutiers font cuire leurs viandes), le suif d'os, les cretons de suif, les débris de matières animales (draps, laines, etc.), les marcs d'huile, etc. Ce savon, d'odeur désagréable, est plus ou moins pâteux.

D. *Savons à froid.* — Quelquefois la saponification s'opère sans l'intervention de la chaleur; c'est ce qui a lieu surtout pour certains savons de toilette et pour le savon employé en médecine sous le nom de *savon médicinal*.

On prépare ce dernier avec 10 parties de lessive de soude à 36° et 21 parties d'huile d'amande douce filtrée. On incorpore peu à peu la lessive dans l'huile par l'agitation qu'on continue jusqu'à ce que toute la masse soit parfaitement homogène. Lorsqu'elle a pris la consistance du beurre mou, on la coule dans des moules en faïence où on la laisse durcir pendant un mois environ. Ce savon est très-blanc et non caustique.

Les savons de toilette sont à base de soude ou à base de potasse; ils exigent des soins particuliers et la plus grande pureté dans les matières employées. Ceux à base de soude sont fabriqués avec les huiles d'amandes douces ou amères, de noisette et de palme, avec le saindoux, le suif ou le beurre. Ceux à base de potasse ne sont faits qu'avec le suif et les graisses. Ces savons doivent être, autant que possible, dégagés d'alcali; on y incorpore souvent des matières mucilagineuses. On brasse aussi un peu plus vivement les matières, vers la fin de l'opération, et cette manœuvre leur fait acquérir de la blancheur et une plus grande légèreté. On les aromatise toujours, soit en y incorporant des poudres odorantes, soit en y ajoutant des essences.

Le *savon d'amandes amères* est surtout très-recherché à cause de son odeur, et parce qu'on se figure généralement qu'il entre dans sa composition de la pâte d'amandes, et, par cela même, qu'il doit être plus doux à la peau que les autres savons parfumés. C'est une erreur; il ne diffère en rien par sa fabrication; c'est du beau savon blanc aromatisé avec de l'essence d'amandes amères. Le *savon de Windsor*, qui jouit aussi d'une si grande renommée, est un savon de suif de mouton aromatisé et coloré. On le prépare actuellement en France aussi bien qu'en Angleterre, et, pour lui donner un cachet étranger, on y met tout simplement une étiquette anglaise.

La poudre de savon pour la barbe n'est autre chose qu'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mélange, à parties égales, de belle farine de blé et de savon blanc desséché et pulvérisé, qu'on aromatise ensuite avec une huile essentielle ou une poudre odorante quelconque. Les compositions que l'on vend sous les noms de *saponine* et de *gantéine*, pour le nettoyage des gants de peau, consistent tout simplement en savon blanc en pâte et aromatisé.

Jusqu'en 1814, époque des beaux travaux de M. Chevreul et de Braconnot sur les huiles et les graisses, on croyait que ces corps gras se combinaient directement et intégralement avec les alcalis pour constituer les savons. Aujourd'hui, on sait qu'il en est tout autrement. Pour vous aider à bien comprendre la théorie de la saponification, je vais d'abord vous faire connaître les produits qui prennent naissance dans cette opération.

La stéarine pure, mise en contact avec les alcalis, dans des conditions convenables, se saponifie, c'est-à-dire se transforme en *acide stéarique* et en *glycérine*.

La margarine, dans les mêmes circonstances, se dédouble en *acide margarique* et en *glycérine*.

L'oléine donne lieu, de son côté, à de l'*acide oléique* et à de la *glycérine*.

1. Les acides *stéarique* et *margarique* sont solides, blancs, en petites aiguilles brillantes et entrelacées; ils sont insolubles dans l'eau, mais très-solubles dans l'alcool bouillant; ils rougissent à peine le tournesol; ils forment avec la plupart des bases des sels solides, neutres ou acides; ils ont la combustibilité des corps gras et fondent :

L'acide margarique à..... + 60°
L'acide stéarique..... + 70°

L'*acide oléique* a l'aspect d'une huile incolore ; à quelques degrés au-dessous de 0, il se prend en une masse blanche formée d'aiguilles. Il a les autres caractères des acides gras précédents, mais les sels qu'il forme avec la potasse et la soude sont plus solubles dans l'eau que les stéarates et margarates des mêmes bases.

Ces acides sont représentés dans leur composition par les formules suivantes :

	En combinaison avec les bases.	A l'état de liberté, c'est-à-dire hydratés.
Acide margarique..	$C^{34}H^{33}O^3$	$C^{34}H^{34}O^4 = C^{34}H^{33}O^3,HO$,
— stéarique....	$C^{68}H^{66}O^5$	$C^{68}H^{68}O^7 = C^{68}H^{66}O^5,2HO$,
— oléique.....	$C^{36}H^{33}O^3$	$C^{36}H^{34}O^4 = C^{36}H^{33}O^3,HO$.

Il existe une relation remarquable entre la composition de l'acide stéarique et celle de l'acide margarique. Ce dernier est plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

oxygéné, et on peut les représenter tous deux comme des oxydes différents d'un même radical; ainsi :

1 équivalent de margaryle.. $C^{34}H^{33} + O^3 =$ acide margarique.
2 équivalents de margaryle. $C^{68}H^{66} + O^5 =$ acide stéarique.

Aussi les corps oxydants, l'acide azotique par exemple, changent l'acide stéarique en acide margarique; c'est ce qu'explique l'équation suivante :

Ac. stéarique hydraté. Ac. margarique hydraté.
$$C^{68}H^{68}O^7 + O = 2(C^{34}H^{34}O^4).$$

La chaleur produit également cette transformation, puisqu'en distillant de l'acide stéarique à 300°, on obtient de l'acide margarique, en même temps que quelques autres produits peu importants. Voilà pourquoi, dans les produits de la distillation sèche des corps gras de nature animale, on ne trouve pas plus d'acide stéarique que dans ceux de la distillation des huiles végétales.

2. La *glycérine*, qui se forme toujours en même temps que les acides précédents dans l'acte de la saponification, est un corps neutre, ni gommeux, ni gras, liquide, incristallisable, sans odeur, d'une consistance sirupeuse, et d'une saveur sucrée : voilà pourquoi Schèele, l'auteur de sa découverte (1779), lui donna le nom de *principe doux des huiles*. Elle est très-soluble dans l'eau, dans l'alcool, le vinaigre; elle dissout la plupart des corps que l'eau et les huiles peuvent dissoudre; elle est légèrement hygrométrique; elle se mêle en certaines proportions avec l'axonge et les corps gras; elle n'est pas susceptible de rancir ni de fermenter spontanément. Elle est inflammable sur les charbons presque à la manière des huiles. Elle ne s'évapore point au contact de l'air. Elle mouille les corps, les lubréfie, les assouplit, sans les graisser. Elle est décomposée par la chaleur, et l'un des produits de sa décomposition, est l'*acroléine*. Elle se combine directement avec les acides sulfurique, phosphorique, tartrique, etc., et donne des acides complexes (*sulfoglycérique*, etc.), qui forment avec les bases des sels cristallisables. MM. Pelouze et Berthelot sont parvenus à la combiner à tous les acides gras, avec lesquels elle produit des corps gras neutres identiques à ceux qui constituent les huiles et les graisses; c'est ainsi qu'avec l'acide stéarique, elle reforme de la stéarine ; avec l'acide margarique, de la margarine; avec l'acide oléique, de l'oléine, etc. Mais, au moment où elle s'unit à ces divers acides, elle abandonne un équivalent d'eau.

Libre ou sirupeuse, elle est représentée par la formule... $C^6H^8O^6$,
Anhydre, telle qu'elle est combinée aux acides ..... $C^6H^7O^5$,
d'où il suit que la formule rationnelle de la glycérine libre = $C^6H^7O^5,HO$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Depuis 1852, grâce à MM. Cap et Garot, cette singulière substance, qui jusqu'alors n'avait reçu aucune application sérieuse, s'est présentée comme un excipient précieux qui réunit à la fois la plupart des propriétés qui caractérisent deux véhicules en quelque sorte antagonistes, l'huile et l'eau. Aussi la pharmacie, la vétérinaire, la médecine, la chirurgie, la parfumerie, en font-ils maintenant un fréquent emploi. Comme elle lubréfie et assouplit les tissus organiques, elle s'est montrée favorable dans la plupart des affections de la peau, et on la regarde comme le meilleur des cosmétiques. On la fait entrer dans les savons de toilette. On s'en sert encore pour faciliter le tissage des étoffes, pour maintenir à l'état de souplesse la terre des mouleurs et des sculpteurs, une foule de mordants et de couleurs d'application, pour lubréfier les organes mécaniques, pour rendre la surface du papier suffisamment absorbante afin qu'on puisse y imprimer à sec les couleurs, etc.; applications qui se multiplient chaque jour et qui promettent un avenir presque indéfini à l'emploi de cette curieuse substance.

Munis des connaissances précédentes, nous pouvons aborder maintenant la théorie de la saponification.

Dans cet acte, on a constaté qu'il n'y a ni absorption ni dégagement d'aucun gaz; l'air n'intervient nullement; de sorte que tous les éléments des corps gras se retrouvent en entier dans les produits de la saponification. — Lorsqu'on chauffe le mélange d'huile ou de graisse et d'oxyde métallique, les éléments des corps gras, stéarine, margarine et oléine, éprouvent un changement d'équilibre et se trouvent convertis en acides gras et en glycérine. Les acides, en se combinant à l'oxyde métallique qui a provoqué leur formation, forment le savon, tandis que la glycérine reste en solution dans l'eau.

Mais il y a une autre manière d'interpréter les phénomènes, qui est beaucoup plus simple et qui semble aujourd'hui plus en harmonie avec les vues philosophiques qui prédominent à l'égard de la chimie organique.

Au lieu de regarder la stéarine, la margarine et l'oléine, comme des principes immédiats neutres, comme des éléments organiques simples, on peut les considérer comme de *véritables sels anhydres*, formés d'acides gras et de glycérine anhydre. En effet, la composition des trois principes gras représente des *stéarate*, *margarate* et *oléate de glycérine anhydre*, ainsi que vous pouvez le voir par les équations suivantes :

$$\underset{\text{Stéarine}}{C^{74}H^{73}O^{10}} = \underset{\text{Acide stéarique.}}{C^{68}H^{66}O^{5}} + \underset{\text{Glycérine anhydre.}}{C^{6}H^{7}O^{5}}.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Margarine.... $C^{40}H^{40}O^8 = \underset{\text{Ac. margarique.}}{C^{34}H^{33}O^3} + \underset{\text{Glycérine anhydre.}}{C^6H^7O^5}$

Oléine..... $C^{42}H^{40}O^8 = \underset{\text{Acide oléique.}}{C^{36}H^{33}O^3} + \underset{\text{Glycérine anhydre.}}{C^6H^7O^5}$

Dès lors, pendant la saponification, l'alcali ne fait que détruire la combinaison préexistante des acides gras et de la glycérine, en substituant une base puissante, potasse ou soude, à une base plus faible, la glycérine. Il en résulte des stéarates, margarates, oléates alcalins, tandis que la glycérine anhydre, au moment où elle se sépare, se combine à l'équivalent d'eau pour former la glycérine sirupeuse

$$\underset{\text{Margarine ou margarate de glycérine.}}{(C^{34}H^{33}O^3 + C^6H^7O^5)} + KO,HO = \underset{\text{Margarate de potasse.}}{KO,C^{34}H^{33}O^3} + \underset{\text{Glycérine sirupeuse.}}{C^6H^7O^5,HO}.$$

La glycérine, en devenant libre, fixe une proportion d'eau, de même que dans la décomposition d'un sel métallique par une base, l'oxyde qui se précipite entraîne de l'eau en combinaison et forme un hydrate.

Ce qui prouve qu'il y a de l'eau fixée dans l'opération, c'est que la somme des poids de la glycérine et des acides gras produits est de 4 à 5/100 plus forte que le poids des corps gras qui ont servi à les former. Et, en effet, d'après M. Chevreul, 100 parties de graisse de mouton donnent à la saponification :

Acides gras secs.....	92,978
Glycérine.....	8,000
	100,978

Il résulte donc de ce qui précède, que la saponification ne serait autre chose que la décomposition d'un *sel gras* par une base salifiable qui prendrait la place de la glycérine anhydre. La reproduction synthétique de la stéarine, de la margarine, de l'oléine par la combinaison directe des acides gras et de la glycérine, ainsi que l'a effectuée dans ces derniers temps M. Berthelot, donne à cette théorie si simple de la saponification une consécration nouvelle.

En tous cas, les savons solubles étant des mélanges, en proportions variables, de stéarates, de margarates et d'oléates de potasse ou de soude, il est facile d'expliquer leurs divers degrés de dureté.

Les stéarates, margarates et oléates de soude sont toujours plus consistants et moins attaquables par l'eau que les mêmes genres de sels à base de potasse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les stéarates, margarates de potasse et de soude sont toujours plus durs et moins solubles que les oléates des mêmes bases.

Par conséquent, un savon à base de potasse sera toujours moins dur qu'un savon à base de soude ;

Et un savon de potasse ou de soude sera d'autant plus dur qu'il renfermera plus de stéarate ou de margarate, et moins d'oléate.

QUARANTE-UNIÈME LEÇON.

DES PRINCIPES IMMÉDIATS NEUTRES (SUITE).

SOMMAIRE. — Composition des diverses espèces de savon du commerce. — Propriétés générales. — *Hydrotimétrie*. — Usages de chaque espèce de savons. — DES BOUGIES STÉARIQUES et de leur fabrication. — CORPS GRAS DIFFICILEMENT SAPONIFIABLES. — *Blanc de baleine*. — Des bougies diaphanes. — Des CIRES, et en particulier de la cire des abeilles.

Les savons, dont vous connaissez, Messieurs, la fabrication et la composition générale, renferment tous de l'eau, mais non en égales proportions. Très-souvent les fabricants cherchent à y en introduire la plus grande quantité possible, afin d'augmenter leur poids. Ils réussissent très-bien pour le *savon blanc de Marseille* et les *savons unicolores*, qui peuvent en recevoir des quantités assez considérables ; mais il n'en est pas de même pour le *savon marbré*, qui ne peut en admettre qu'une proportion fixe, au delà de laquelle la marbrure se dépose.

Voici quelles sont les quantités relatives d'acides gras, d'alcali et d'eau contenues habituellement dans les savons du commerce :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DÉSIGNATION DES SAVONS.	ALCALI.	ACIDES GRAS.	EAU.
I. — Savons durs à base de soude.			
Savon de Marseille, marbré, d'après Thenard.....	6	64	30
— de Marseille, marbré, d'après d'Arcet.....	6	60	34
— de Marseille, blanc, d'après Thenard.....	4,6	50,2	45,2
— de Castille, marbré.....	9,0	76,5	14,3
— de suif, marbré.....	8	62	30
— — marbré, anglais....	10,5	75,2	14,3
— — blanc, anglais.....	6	52	42
— blanc ordinaire de Glascow.	6,4	60	33,6
— blanc de toilette superfin...	9	75	16
— — ordinaire..	5	55	40
— de coco anglais.....	4,5	22	73,5
— — français.....	10	30	60
— d'acide oléique.....	7	65	28
— de palme, d'Elbeuf.....	8,7	62,8	28,5
— unicolore, d'Elbeuf.....	7,8	65,77	26,43
— — blanc, des Chartreux (Rouen).....	»	»	31,9
— unicolore, jaune, des Chartreux (Rouen).....	»	»	28,3
— unicolore du pont de Flandres (la Villette).....	»	»	58,5962
— unicolore, d'Amiens.....	»	»	63,9
— — de Calais.....	»	»	51,21
II. — Savons mous à base de potasse.			
Savons verts de Marseille.....	9,5	44,0	46,5
— de Picardie.....	9,2	42,8	48
— de Picardie.....	8,8	39,2	52,0
Savon demi-dur de Verviers (Belg.).	11,5	62	26,5
Savons mous de Londres.....	8,5	45,0	46,5
— de Belgique.....	7	36	57
— d'Ecosse.....	8	47	45
— d'Ecosse.....	9	34	57
Savons d'huile d'olive, d'Ecosse....	10	48	42
— de navette, d'Ecosse..	10	51,67	38,33

Sous le point de vue économique, il est donc préférable d'acheter du *savon marbré*, puisqu'il renferme moins d'eau que le *savon blanc de Marseille*, sous le même poids. Les marchands qui vendent ce dernier avec une surcharge d'eau le conservent dans de l'eau saturée de sel marin. Au bout d'un mois, il éprouve

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une telle augmentation de poids, que 100 parties de savon sec, qui ne devraient retenir que 82,5 d'eau, pèseront 254.

Quelles que soient sa couleur et son odeur, le savon possède les mêmes propriétés, à son degré de force près. Il a toujours une saveur alcaline, mais elle est plus ou moins prononcée. L'air, en se renouvelant à sa surface, le dessèche peu à peu presque entièrement; dans ce cas, le savon marbré perd sa couleur à la surface externe, de telle sorte que bientôt une brique est blanche au dehors et marbrée à l'intérieur.

Le savon de soude ou de potasse se dissout dans l'eau, mais plus facilement à chaud qu'à froid. Cette dissolution a toujours une apparence louche et opaline, parce que le savon, analogue en cela aux sels de bismuth et de protoxyde de mercure, est décomposé partiellement par l'eau et transformé en deux nouveaux sels : l'un avec excès d'acide, qui est insoluble et se précipite; l'autre avec excès de base, qui reste dissous.

Il est bien entendu qu'ici je parle de l'eau pure ou potable, car celle qui tient en dissolution des sels calcaires le décompose en formant un savon calcaire insoluble qui se présente en grumeaux blancs. Voici, dans ce cas, comment les choses se passent.

Sulfate de chaux = acide sulfurique + chaux.
Savon de soude = soude..... + acides gras.

Sulfate de soude + stéar., margar. et oléate de chaux.

La même décomposition se produit lorsqu'on verse dans l'eau de savon des dissolutions métalliques de fer, de cuivre, de plomb, de mercure, etc. Il se fait des savons métalliques insolubles, différemment colorés.

On débarrasse très-bien une eau calcaire des sels qu'elle contient, et on la rend propre au blanchissage du linge, en y dissolvant un peu de savon qui, par sa décomposition, précipite toute la chaux. On laisse reposer et on tire à clair; l'eau décantée peut dissoudre de nouveau du savon sans le décomposer.

Lorsqu'on ajoute à une dissolution concentrée de savon du sel marin, celui-ci en s'y dissolvant enlève au savon toute l'eau qui le maintenait dissous, le rend insoluble et le fait surnager à la partie supérieure du liquide. Ceci explique pourquoi l'eau de mer ne peut servir au savonnage des tissus.

Les acides que l'on verse dans une dissolution de savon s'emparent de l'alcali, et mettent à nu les acides gras qui, restant en suspension dans le liquide, lui donnent l'aspect d'une émulsion; mais bientôt ils se séparent. C'est par ce moyen que les chimistes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se procurent les acides stéarique, margarique et oléique. Ils ont des moyens très-simples de les isoler les uns des autres.

L'esprit-de-vin dissout le savon plus à chaud qu'à froid. L'*essence de savon* des parfumeurs n'est autre chose qu'une dissolution de savon dans ce liquide, aromatisée ensuite avec une huile essentielle quelconque.

La solution alcoolique de savon est devenue depuis 1854, dans les mains de MM. Boutron et Boudet, une excellente liqueur d'épreuve pour mesurer la dureté des eaux de sources et de rivières, ainsi que la proportion des matières incrustantes qu'elles déposent sous l'influence d'une ébullition prolongée.

La méthode que ces chimistes emploient, dans ce cas, et qu'ils ont nommée HYDROTIMÉTRIE (mesure de la valeur de l'eau), est fondée sur la propriété si connue que possède le savon de rendre l'eau pure *mousseuse* et de ne produire de mousse dans les eaux chargées de sels terreux (particulièrement à bases de chaux et de magnésie), qu'autant que ces sels ont été décomposés et neutralisés par une proportion équivalente de savon et qu'il reste un petit excès de celui-ci dans la liqueur.

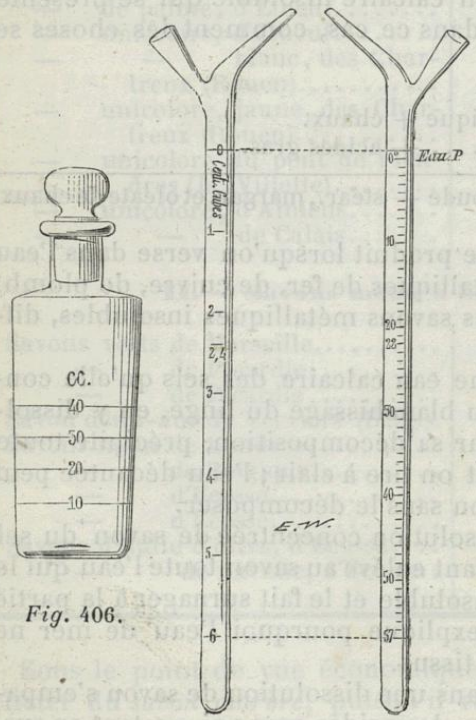


Fig. 407.

Fig. 406.

La dureté d'une eau étant proportionnelle aux sels terreux qu'elle contient, la quantité de solution alcoolique de savon nécessaire pour y produire la mousse, peut donc donner la mesure de sa dureté.

Les *essais hydrotimétriques* s'exécutent au moyen d'un flacon (*fig.* 406) jaugé à 10, 20, 30 et 40 centimètres cubes, et d'une burette graduée (*fig.* 407) qui porte le nom d'*hydrotimètre*. Cette burette est graduée de telle manière que le trait circulaire marqué à son sommet est la limite que la liqueur d'épreuve y doit atteindre pour commencer un essai. La division comprise entre ce trait circulaire et 0°, représente la proportion de liqueur nécessaire pour produire le phénomène de la mousse avec l'eau distillée pure. Les degrés à partir de 0° sont les *degrés hydrotimétriques*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La liqueur d'épreuve est faite avec :

Savon de Marseille	100 grammes.
Alcool à 90° centésimaux.....	1600

On dissout à chaud, et après filtration, on ajoute :

Eau distillée.....	1000
On obtient ainsi.....	2700 grammes

d'une liqueur dont la composition est telle, que chaque degré de l'hydrotimètre représente $0^{gr},1$ de savon neutralisé pour 1 litre d'eau soumise à l'expérience, et correspond, soit à $0^{gr},0114$ de chlorure de calcium, soit à 0,01 de carbonate de chaux pour la même quantité d'eau.

Lorsqu'on veut essayer une eau quelconque, on en mesure dans le flacon d'essai 40 centimètres cubes, et on y ajoute peu à peu la liqueur hydrotimétrique, en essayant de temps en temps si elle produit par l'agitation une mousse légère et persistante. Cette mousse doit former à la surface de l'eau une couche régulière de plus d'un demi-centimètre d'épaisseur, et se maintenir au moins dix minutes sans s'affaisser. Le degré qu'on lit sur l'hydrotimètre, quand on a obtenu cette mousse, est le *degré hydrotimétrique* de l'eau examinée (1).

Soit 20 le degré observé. Il en résulte que 1 litre de cette eau décompose ou neutralise 20 décigrammes ou 2 grammes de savon, et qu'elle renferme $0^{gr},20$ de sels terreux, un degré hydrotimétrique représentant, à très-peu de chose près, 1 centigramme des sels terreux contenus dans 1 litre d'eau.

Une eau, par conséquent, est d'autant plus pure, qu'elle marque moins de degrés à l'hydrotimètre. Voici une échelle hydrotimétrique de quelques eaux de sources et de rivières :

	DEGRÉS HYDROTIMÉTRIQUES.
Eau distillée.....	0°
de neige, recueillie à Paris en décembre 1854...	2°,5
de pluie, id.....	3°,5
de l'Allier, à Moulins.....	3°,5
de la Dordogne, à Libourne.....	4°,5
de la Garonne, à Toulouse.....	5°
de la Loire, à Tours et à Nantes.....	5°,5
du puits de Grenelle à Paris.....	9°
de la Soude et de la Somme-Soude.....	13°,5
de la Somme (département de la Marne).....	14°
du Rhône, de la Saône, de l'Yonne.....	15°

(1) Si l'eau soumise à l'essai donne naissance à des grumeaux, lorsqu'on la mélange avec la liqueur hydrotimétrique, ou si son degré dépasse 25 à 30°, il faut l'étendre de 1, 2 ou 3 fois, etc., son volume d'eau distillée, suivant qu'elle est plus ou moins impure, avant de la titrer définitivement. Cette addition se fait facilement à l'aide du flacon d'essai qui est jaugé de 10 en 10 centim. cubes jusqu'à 40. On multiplie ensuite le degré hydrotimétrique obtenu par le nombre de volumes d'eau distillée employés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	DEGRÉS HYDROTIMÉTRIQUES.
Eau de la Seine, avant Paris	15° à 17°
— après Paris	23°
de la Marne, à Charenton	19° à 23°
de l'Oise, à Pontoise	21°
de l'Escaut, à Valenciennes	24°,5
du canal de l'Ourcq	30°
d'Arcueil	28°
des Prés-Saint-Gervais	72°
de Belleville	128°

Voilà donc, comme vous le voyez, Messieurs, une méthode excessivement commode et rapide d'apprécier la pureté des eaux et d'établir entre elles un choix en vue de leurs usages dans l'économie domestique, dans l'agriculture et dans l'industrie. Au moyen de certaines manipulations, l'hydrotimètre peut même servir à doser isolément dans une même eau les carbonates et les sulfates de chaux et de magnésie, l'acide carbonique, c'est-à-dire les matières dominantes et qui influent le plus sur les qualités des eaux courantes. Je vous renvoie, pour cette nouvelle application de l'hydrotimètre, à l'intéressante brochure publiée par MM. Boutron et Boudet (1).

On peut encore profiter de la solubilité du savon dans l'alcool pour reconnaître la pureté des savons du commerce. Ceux-ci sont souvent altérés par le mélange de substances pulvérulentes de peu de valeur, telles que craie, plâtre, argile, silice, soude lessivée, sel marin, amidon ou corps analogues. Le bon savon blanc doit se dissoudre complétement dans l'esprit-de-vin bouillant ; lorsqu'il laisse un résidu pulvérulent insoluble, c'est qu'il a été sophistiqué. Le bon savon marbré, traité de la même manière, donne un résidu qui n'excède pas 0,05. L'introduction d'argile, de terre à porcelaine, de silice, dans la pâte du savon est très-commune en Angleterre, ainsi que je l'ai fait connaître en 1837 par une note sur le *silica soap* ou *savon de silex* de Londres, dans lequel j'ai trouvé 19 p. 100 de silice. Depuis, on a vendu du *sand-soap* qui renferme 74 p. 100 de sable fin. Cette vicieuse pratique a passé en France, et le fameux *savon-ponce* de Paris n'est encore autre chose qu'un savon fortement additionné de matières siliceuses. Il en renferme de 20 à 27 p. 100. Grand nombre de savons unicolores, vendus sous le nom de *savons économiques*, renferment de 25 à 30 p. 100 de matières terreuses blanches.

La fraude des savons par les matières terreuses est la plus cou-

(1) *Hydrotimétrie. — Nouvelle méthode pour déterminer les proportions des matières en dissolution dans les eaux de sources et de rivières.* — Broch. in-8. — Paris, 1856. — Librairie Victor Masson.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pable de toutes, car ces substances ne tiennent pas seulement la place d'une quantité équivalente de savon, au grand détriment de l'acheteur, elles ont des effets pernicieux dans le blanchiment, attendu qu'elles agissent mécaniquement sur les fibres du tissu qu'elles usent en s'y interposant. Les charlatans et les fraudeurs sont comme les harpies, ils gâtent tout ce qu'ils touchent.

Si le savon est à base de soude et de suif, et qu'on le dissolve, à l'aide de la chaleur, dans l'esprit-de-vin, par le refroidissement, il se déposera, pour la plus grande partie, en une masse jaune et transparente. Si l'on coule ensuite la dissolution encore chaude dans des mises en fer-blanc gravées en creux, on obtiendra, par le refroidissement et la dessiccation, des tablettes de savon transparent et orné de dessins ou de figures. C'est de cette manière que les parfumeurs obtiennent les savons transparents pour la toilette. On les colore ordinairement en rose avec l'orseille, ou en jaune foncé avec le curcuma. Les premiers savons de ce genre qui parurent en France, et qui étaient importés d'Angleterre, surprirent autant les consommateurs que les fabricants, qui furent longtemps encore à découvrir le procédé par lequel on pouvait donner aux savons une transparence aussi parfaite. Nos fabriques de parfumerie en approvisionnent aujourd'hui l'Angleterre et les pays étrangers.

Les savons sont employés généralement pour le blanchissage des tissus. En raison de la viscosité qu'ils communiquent à l'eau, et sans doute aussi par l'alcali en excès qu'ils contiennent, ils rendent miscibles à l'eau les corps gras et autres impuretés qui adhèrent aux [illegible]s ; en d'autres termes, ils mettent ces matières dans un état de division tel, qu'elles demeurent en suspension dans l'eau aussi facilement que l'huile dans une émulsion. Leur action est la même que celle des alcalis, mais elle est beaucoup moins énergique et ne peut altérer la force et la ténacité des étoffes, à moins qu'on n'emploie des savons très-alcalins et qu'on ne répète leur action sur des tissus légers (1).

(1) Il est difficile de déterminer l'époque précise à laquelle eut lieu la découverte du savon ; mais bien certainement ce ne put être qu'à une époque où l'industrie de l'homme avait déjà fait de très-grands progrès. Le mot *savon*, que quelques auteurs font dériver du vieux mot allemand *Seife*, se rencontre pour la première fois dans les ouvrages de Pline et de Galien. Pline rapporte aux Gaulois l'honneur de sa découverte ; ils le préparaient avec des cendres et du suif. Ce qu'il y a de certain, c'est que les Romains connaissaient l'art de le fabriquer, puisqu'on a découvert dans les ruines de l'ancienne ville de Pompéia, qui fut ensevelie sous les cendres du Vésuve, en l'an 79 de l'ère chrétienne, un atelier complet de savonnerie avec ses différents ustensiles et des baquets pleins de savon évidemment formé par la combinaison de l'huile avec un alcali. Ce savon était dans un état parfait de conservation, quoique l'époque de sa préparation dût remonter à plus de dix-sept cents ans. Les petits-maîtres de Rome se servaient de savon fabriqué en Germanie, comme étant le meilleur, pour teindre leurs cheveux en blond. Athénée,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le savon blanc est le plus pur et celui qui convient le mieux au blanchiment du linge fin (mousseline, dentelle, batiste), de la soie, de la laine, etc. Il est beaucoup moins alcalin et moins mordant que le savon marbré. C'est également lui qu'on emploie dans la teinture du coton en rouge des Indes, et pour aviver certaines couleurs.

Le savon marbré sert surtout dans le blanchissage des tissus forts, de chanvre, de lin et de coton. Les savons mous sont principalement usités pour fouler et dégraisser les étoffes de laine, pour le blanchissage du linge commun, pour terminer le blanchiment du fil et du coton. Le savon noir d'huile de chènevis sert particulièrement à dégraisser la laine en *échets* (1).

Les savons insolubles, à base de plomb, de cuivre, de mercure, sont employés en médecine. Le savon de fer est utilisé en Allemagne pour vernir les métaux et les bois, après qu'on l'a fait dissoudre dans l'essence de térébenthine. Les savons à base de chaux jouent actuellement un grand rôle dans l'industrie, puisque c'est avec eux qu'on prépare les acides gras qui servent à la fabrication des bougies stéariques dont je vais vous parler maintenant.

2° Des bougies stéariques.

Voici une industrie toute française, basée sur les beaux travaux de M. Chevreul sur les corps gras, et dont l'idée première appar-

---

qui vivait 193 ans après J. C., est le premier auteur grec dans lequel on trouve le mot *sapon*, savon. Aétius, qui florissait vers la fin du quatrième siècle et qui fut le premier écrivain chrétien sur la médecine, parle d'un savon noir. Les médecins arabes signalent souvent l'emploi du savon en médecine et dans le blanchiment du linge.

Les premières manufactures de savons doux de soude, tels que ceux qu'on emploie généralement aujourd'hui, paraissent avoir été établies à Savone, petite ville d'Italie, qui, au quinzième siècle, avait pour cette fabrication la réputation dont plus tard Gênes et Marseille ont joui. Pendant de longues années, ces dernières villes, et l'Espagne fournirent des savons au monde entier. Mais depuis un demi-siècle, il y a des savonneries dans tous les grands centres industriels. — On évalue à plus d'un million de quintaux la fabrication totale des savons en France; les usines de Marseille produisent, à elles seules, la moitié environ.

(1) Les eaux de savon, provenant du dégraissage des draps et des autres tissus de laine, étaient jadis sans valeur et nuisibles à la salubrité. D'Arcet a eu l'heureuse idée d'en extraire la matière grasse en saturant par l'acide sulfurique l'alcali qu'elles contiennent, pour la faire servir ensuite à l'éclairage et à d'autres usages économiques. Houzeau-Muiron, de Reims, mit en pratique, il y a une trentaine d'années, avec un très-grand succès, l'idée de d'Arcet, et il fonda à Reims, à Sédan, à Réthel, à Épernay des usines à gaz dans lesquelles l'hydrogène bicarboné est produit par la décomposition de l'huile des eaux de savon. Il créa ainsi une valeur annuelle de plus de 100,000 fr. au profit des seuls fabricants de Reims, tout en faisant disparaître une cause puissante d'insalubrité. En 1837, un prix Monthyon fut la récompense de ses efforts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tient à ce savant chimiste, ainsi qu'à Gay-Lussac, qui prirent, le 5 janvier 1825, un brevet d'invention pour l'emploi des acides stéarique et margarique dans l'éclairage. Mais ce n'est qu'en 1831 que le problème assez difficile d'obtenir économiquement en grand ces acides gras concrets a été complétement résolu par MM. de Milly et Motard, qui ont monté la première usine de bougies stéariques, à Paris, dans le voisinage de la barrière de l'Étoile. C'est de cette circonstance que dérive le nom de *bougies de l'Étoile*, connu dans l'Europe entière.

Depuis cette époque, de nombreux perfectionnements, de nouveaux procédés de fabrication ont été découverts et l'industrie stéarique a pris un immense développement en France et dans le monde entier ; chaque grand centre de population a voulu avoir des fabriques de bougies, et l'on en rencontre aujourd'hui même dans les points les plus reculés du globe, en Australie, à Calcutta, à Lima, au fond de la Sibérie.

La bougie stéarique a une très-belle apparence ; elle est lisse, plus blanche, aussi sèche et aussi inodore que la cire d'abeilles. Elle éclaire mieux que celle-ci. Elle brûle toutefois un peu plus vite ; mais, d'un autre côté, elle est moins chère, et, en réalité, son emploi est beaucoup plus économique. Elle chasse peu à peu des appartements les chandelles de suif, qui ont une odeur si forte, une lumière si rouge et si fumeuse.

Il y a plusieurs modes de fabrication. Je n'indiquerai que les deux qui sont exploités le plus généralement.

1° *Procédé par voie humide ou par saponification calcaire.* — C'est le plus ancien, celui qui a été imaginé par MM. de Milly et Motard. Voici comment on opère :

Dans une cuve en bois légèrement conique AA (*fig.* 408), de la contenance de 2300 litres environ, on introduit 500 kilog. de suif de bœuf ou de mouton, avec 1000 litres d'eau ; on chauffe au moyen d'un tube circulaire *e* placé dans le fond de la cuve et qui lance de la vapeur par une multi-

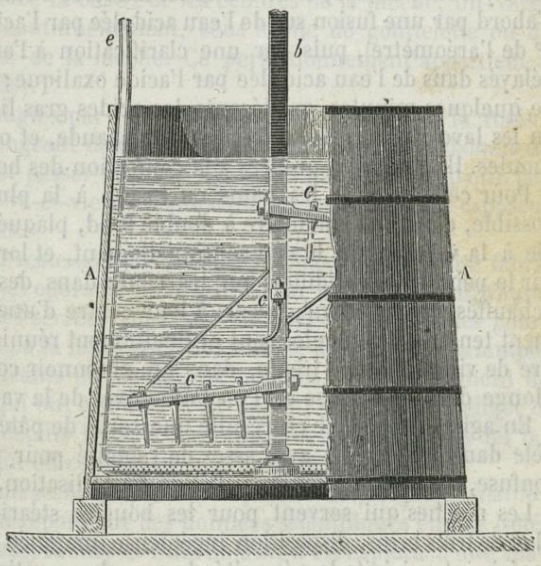


Fig. 408.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tude d'orifices. Quand le suif est fondu, on ajoute peu à peu 75 kilog. de chaux bien délayée, et on laisse à la combinaison le temps de s'effectuer, en ayant soin toutefois d'agiter fortement la masse. Cette agitation est produite par un arbre en fer *b*, portant plusieurs bras *c*,*c*,*c* armés de dents ; il reçoit le mouvement d'un engrenage communiquant avec la machine à vapeur. Au bout de six à huit heures, la saponification est opérée. On soutire la partie liquide qui entraîne en dissolution la glycérine, et on extrait de la cuve les stéarate, margarate et oléate de chaux, sous la forme de savon très-dur.

Après avoir concassé ce savon, on le porte dans une cuve en bois doublée en plomb, contenant 135 à 140 kilog. d'acide sulfurique à 66° étendu de 20 fois son volume d'eau. On fait arriver de la vapeur dans cette cuve ; l'acide sulfurique s'empare de la chaux pour former du sulfate de chaux, et met en liberté les acides gras. Au bout de trois heures, on laisse reposer la masse ; les acides gras viennent surnager le liquide, le sulfate de chaux se précipite au fond de la cuve ; on soutire les premiers au moyen d'un robinet placé au-dessus du dépôt, dans une cuve de bois chauffée à la vapeur, où les dernières traces de chaux sont enlevées à l'aide d'une solution à 20° d'acide sulfurique. On opère un second lavage à l'eau pure, et l'on fait rendre les acides gras ainsi purifiés dans de petites caisses en fer-blanc où, en se refroidissant, ils prennent la forme de pains jaunâtres.

Par une pression lente et graduée dans des sacs de serge, on en expulse la majeure partie de l'acide oléique, et, par une seconde pression entre des plaques de fer creuses dans lesquelles circule de la vapeur d'eau, on les en prive complétement. On obtient en acides margarique et stéarique durs et cassants les 45/100es du suif employé.

On débarrasse ces acides, jaunis par le fer des plaques, de la chaux qui s'y trouve encore, et de toutes les matières étrangères en suspension, d'abord par une fusion sur de l'eau acidulée par l'acide sulfurique (à 7 ou 8° de l'aréomètre), puis par une clarification à l'aide de blancs d'œufs délayés dans de l'eau acidulée par l'acide oxalique ; après une ébullition de quelques minutes, on décante les acides gras limpides et décolorés ; on les lave une ou deux fois à l'eau chaude, et on les coule dans des moules. Ils sont alors propres à la confection des bougies.

Pour cela, on met les pains en fusion à la plus basse température possible, dans une chaudière à double fond, plaquée en argent et chauffée à la vapeur. On brasse continuellement, et lorsque les acides sont sur le point de se solidifier, on les coule dans des moules légèrement échauffés, en fer étamé, garnis à leur centre d'une mèche convenablement tenduè. Ces moules sont ordinairement réunis et rangés, au nombre de vingt-quatre à trente, dans un entonnoir commun (*fig.* 409), qui plonge dans une caisse où l'on fait arriver de la vapeur.

En agissant ainsi, il en résulte une sorte de pâte liquide, qui se congèle dans les moules avec assez de rapidité pour prendre une texture confuse, à grains fins, et sans effet de cristallisation.

Les mèches qui servent pour les bougies stéariques sont tressées à plus de trois brins, disposition ingénieuse imaginée en 1826 par M. Cambacérès, et qui évite la nécessité de moucher continuellement ; car, par suite du tressage, la mèche, au fur et à mesure que la bougie brûle, se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

détourne et se recourbe légèrement du même côté, de sorte que son extrémité se trouvant en contact avec l'air extérieur, il ne peut s'y

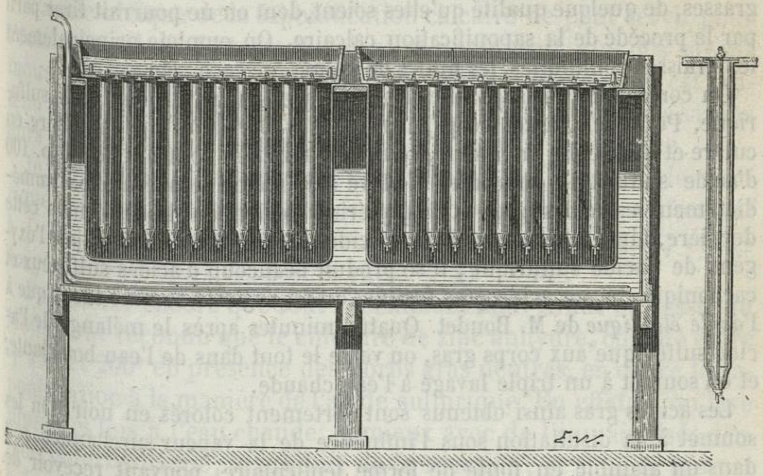


Fig. 409.

former de ces résidus de charbon, qui sont la cause de l'abaissement de la lumière dans les chandelles et bougies ordinaires.

Cette précaution de tresser les mèches ne suffit pas, car les matières minérales, que retiennent les acides gras les mieux lavés, engorgeraient les fils et diminueraient leur capillarité, si l'on ne prenait la précaution de les plonger dans de l'eau renfermant 1/1000e d'acide sulfurique et 1/300e d'acide borique. Celui-ci, au fur et à mesure que la combustion s'accomplit, forme, avec la chaux et les cendres de la mèche, un verre fusible qui se porte continuellement, sous forme de gouttelette ou de perle, vers l'extrémité de la mèche. Ce perfectionnement appartient à M. de Milly (juin 1836).

On blanchit les bougies par l'exposition à la lumière et à la rosée; on les polit en les plongeant dans une dissolution faible de carbonate de soude et en les faisant passer sous des cylindres garnis de drap qui, par leurs mouvements de va-et-vient en tournant sur leurs axes, les exposent à des frictions répétées.

L'acide oléique, qui reste comme produit secondaire dans cette fabrication, est très-coloré et odorant. On le purifie par le repos et la filtration à travers des étoffes très-serrées. On l'emploie à falsifier les huiles pourvues d'une odeur forte, à la fabrication des savons, à alimenter les lampes des orfèvres, des fabricants de plaqué, de boutons, et généralement de tous les industriels qui ont à souder à la lampe; enfin MM. Péligot et Alcan l'ont appliqué, depuis 1839, à l'ensemage de la laine dans les fabriques de draps, ce qui en consomme une énorme quantité.

2° *Procédé par la voie sèche ou par saponification sulfurique et distillation.*—Ce procédé, qui repose sur des données scientifiques émises isolément par MM. Chevreul, Fremy et Dubrunfaut, n'est exploité d'une manière régulière que depuis 1844, époque à laquelle quatre chimistes anglais, notamment M. G. Wilson, puis en France MM. Masse et Tri-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bouillet, ont su en combiner industriellement les différentes phases. Ce qu'il offre d'avantageux, c'est qu'il est applicable à toutes les matières grasses, de quelque qualité qu'elles soient, dont on ne pourrait tirer parti par le procédé de la saponification calcaire. On emploie principalement les graisses communes, les huiles de palme, de coco, etc.

On commence par saponifier les corps gras au moyen de l'acide sulfurique. Pour cela, à ces corps, chauffés à + 90° dans une chaudière en cuivre et à bascule, on ajoute, sous une agitation continuelle, 30 p. 100 d'acide sulfurique concentré et élevé à la même température. Immédiatement les acides gras et la glycérine deviennent libres ; mais cette dernière, ainsi qu'une partie de l'acide oléique, sont détruits par l'oxygène de l'acide sulfurique ; il se produit beaucoup d'acides sulfureux et carbonique, et un acide gras fusible, qu'on regarde comme identique à l'*acide élaïdique* de M. Boudet. Quatre minutes après le mélange de l'acide sulfurique aux corps gras, on verse le tout dans de l'eau bouillante, et on soumet à un triple lavage à l'eau chaude.

Les acides gras ainsi obtenus sont fortement colorés en noir. On les soumet à la distillation sous l'influence de la vapeur surchauffée, soit dans un alambic en fonte de forme lenticulaire, pouvant recevoir de 1000 à 1500 kilog. de matière, soit dans une espèce de cloche de fonte qui plonge dans un bain de plomb maintenu entre 328 à 330, et dans laquelle on laisse couler un filet d'acides gras. — Quelle que soit, au reste, la forme de l'appareil, on fait traverser les acides par un jet abondant de vapeur d'eau surchauffée à 350 ou 380 degrés, qui les vaporise et les entraîne rapidement. L'opération dure douze heures.

Les produits distillés, convenablement refroidis, sont soumis à une pression à froid et à une pression à chaud, quand on veut fabriquer les bougies de première qualité. Celles-ci sont toujours un peu moins solides et plus fusibles que celles provenant de la saponification calcaire. Pour faire certaines bougies, nommées *composites*, on ne soumet à aucune pression les acides gras distillés, surtout quand on a opéré sur l'huile de palme, qui ne fournit que très-peu d'acide gras liquide. En Angleterre, on ajoute aux acides comprimés de la même huile le produit solide obtenu par la compression de l'huile de coco. Ces bougies brûlent sans qu'il soit besoin de les moucher, mais elles sont plus fusibles et moins consistantes que les bougies de première qualité. Quelquefois, on leur donne un aspect plus agréable et un toucher plus sec, en les revêtant d'une mince couche d'acide comprimé d'huile de palme. A cet effet, on emplit les moules de cet acide et on les vide presque aussitôt ; leurs parois se recouvrent ainsi d'acide gras, et c'est dans cette enveloppe que l'on coule la composition pour bougies.

La saponification calcaire du meilleur suif produit, au maximum, 47 p. 100 d'acides concrets. La saponification acide du même suif, fournit en moyenne, 62 p. 100 ; il y a donc une augmentation de produits égale à 15 p. 100. Dans les acides gras, ainsi produits, il n'y a plus d'acide stéarique, comme dans le premier cas ; il n'y a que des acides margarique et élaïdique. Les bougies qu'on en fabrique devraient donc être nommées *bougies*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

margariques. — L'acide solide de l'huile de palme est spécial; on le nomme *palmitique;* il fond à + 58°.

L'acide oléique de la saponification calcaire ne peut servir pour l'éclairage; il est fortement coloré et ne fournit que des savons mous. Distillé sous l'influence de la vapeur, ce produit est obtenu à peu près sans couleur, et il fournit, avec la soude, des savons durs qui offrent beaucoup d'importance pour le commerce.

Je terminerai ces renseignements sur la belle industrie stéarique, en vous apprenant que les bonnes *bougies de l'Étoile* fondent à + 55°,5, que les *bougies palmitiques* fondent à + 51°,3, et les *bougies margariques composites* entre + 40° et 44°.

J'ajouterai encore que tout récemment MM. Krafft et Tessié du Mottay ont reconnu que le chlorure de zinc anhydre, chauffé entre + 150 et 200° en présence des corps gras neutres, en opère la saponification à la manière de l'acide sulfurique. En effet, si on lave plusieurs fois à l'eau chaude, et mieux avec de l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique, le produit de la réaction, et si on le soumet à la distillation sous l'influence de la vapeur d'eau surchauffée, on obtient des acides gras identiques à ceux que fournit la saponification sulfurique. 8 à 12 p. 100 de chlorure de zinc suffisent pour acidifier les corps gras; et comme ce sel reste intact dans les eaux de lavage, il peut servir indéfiniment, pour ainsi dire, à la même transformation. Vous entrevoyez tous les avantages de cette substitution du chlorure de zinc à l'acide sulfurique, dans les pays où ce dernier n'est pas fabriqué et où par conséquent son transport, toujours dangereux, en élève considérablement le prix.

DEUXIÈME CLASSE. — *Corps gras difficilement saponifiables.*

Les corps gras compris dans cette classe sont, comme je l'ai déjà dit, le *blanc de baleine* et la *cire*. Voyons ce qu'il y a d'essentiel à connaître de chacun d'eux.

Du Blanc de baleine.

On connaît depuis fort longtemps, dans le commerce, sous le nom de *blanc de baleine*, de *sperma-céti*, une matière grasse, solide, d'un blanc éclatant, formée par la réunion de petites écailles luisantes, douces et onctueuses au toucher, d'une odeur faible. Cette matière existe en dissolution dans une huile grasse abondante, qui entoure le cerveau du cachalot; elle se trouve aussi, mais en moins grande proportion, dans l'huile des autres poissons.

C'est principalement du cachalot qu'on l'extrait. Ce cétacé, qui parvient à une taille de 22 à 33 mètres, et dont le corps offre une circonférence de 14 à 16 mètres environ, a une tête énorme,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en forme de cube imparfait, qui fait à peu près le tiers de sa longueur, et qui contient quelquefois jusqu'à 20 tonneaux et au delà de blanc de baleine, indépendamment de l'huile fluide dans laquelle cette matière est dissoute.

Cette huile, étant retirée des cavités qui la recèlent, puis abandonnée à l'air pendant quelques jours, laisse déposer une matière blanche cristalline qu'on en sépare en la faisant passer à travers de grands sacs de laine. Ce *blanc de baleine* est ensuite soumis à la presse, qui en isole l'huile encore interposée, puis mis à digérer à chaud avec une faible dissolution de potasse caustique, qui décompose les matières animales étrangères et colorantes ; il y a formation d'écumes savonneuses et noirâtres qu'on enlève ; lorsque le liquide est parfaitement limpide, on le lave à l'eau bouillante, et on le transvase dans des cristallisoirs où l'on obtient, par refroidissement, ces pains d'une blancheur parfaite qu'on trouve dans le commerce. L'huile de cachalot ne donne que 8 à 9 centièmes de son poids de matière concrète propre à l'épuration.

Cette substance grasse, qui fond à + 44°,68, a une composition différente de celle des huiles et des graisses. D'après M. Chevreul, qui en a fait l'étude en 1814, elle se compose de trois principes particuliers : une huile fluide à + 18°, un principe colorant jaunâtre, et une matière grasse, solide, qui en fait la majeure partie, et à laquelle on a donné le nom de *cétine*, du mot grec *ketos*, baleine.

Pour obtenir la *cétine* pure, on traite le blanc de baleine par de l'esprit-de-vin concentré et bouillant, qui le dissout complétement ; par le refroidissement, la cétine se précipite sous forme de lames cristallines, qu'il suffit de dissoudre une seconde fois dans le même véhicule, pour la priver de l'huile fluide qui l'accompagne.

La cétine pure ($C^{64}H^{64}O^4$) fond à + 49° ; elle est volatile et brûle comme la cire quand on la chauffe au contact de l'air. On ne parvient à la saponifier qu'en la fondant avec de la potasse en poudre ; elle se transforme alors en un corps neutre, nommé *éthal*, et en un acide qui reste uni à l'alcali, l'*acide éthalique*, qui paraît identique avec l'*acide palmitique* produit dans la saponification de l'huile de palme.

Le blanc de baleine est principalement employé à l'éclairage. On en fait des bougies diaphanes, dites *bougies de spermacéti*, très-recherchées en Angleterre. Elles sont moulées à la manière ordinaire, mais on y ajoute environ 3 p. 100 de cire pour empêcher la cristallisation. On les colore souvent en rouge ou en rose avec le carmin, en bleu avec le bleu de Prusse, en jaune avec la gomme-gutte ; dans ce dernier cas, on les connaît, en Angleterre, sous le nom de *cire transparente*. Les mèches sont faites avec le coton blanchi et tressé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les *bougies diaphanes* brûlent avec une flamme vive et très-claire, sans répandre de mauvaise odeur. Le seul inconvénient qu'elles offrent, c'est de couler assez rapidement dans les endroits échauffés, et surtout lorsque la flamme est agitée par l'air en mouvement. Il serait difficile de prévenir cet effet, qui résulte de la propriété inhérente au blanc de baleine d'être fusible à une température peu élevée. Les taches qu'il forme sont faciles à enlever par le seul frottement, attendu qu'il ne pénètre pas les étoffes sur lesquelles il tombe lorsqu'il est en fusion.

Cette matière grasse est, pour certains pays, l'objet d'un commerce important. L'Amérique envoie annuellement à la pêche du cachalot 150 navires environ, qui rapportent 135,000 barils d'huile, dont on retire à peu près 750,000 kilogr. de blanc de baleine. En Angleterre, cette pêche occupe 80 à 90 navires, qui rapportent actuellement 3 à 4 millions de kilogr. d'huile, dont on retire 353 à 400,000 kilogr. de blanc de baleine. En France, cette industrie est peu développée; aussi n'importe-t-on chez nous que 20,000 kil. de ce produit, soit à l'état brut, soit filtré ou pressé en tourteaux secs d'un brun jaunâtre ne retenant plus que 25 p. 100 d'huile; il vient des États-Unis d'Amérique, de l'Inde et de l'Angleterre; c'est en France, du reste, qu'on le raffine le mieux.

Il est fâcheux que le prix élevé du blanc de baleine en restreigne beaucoup l'emploi. On le fait entrer dans la préparation de certains apprêts pour les toiles. La pommade en crème pour le teint, que les parfumeurs vendent en grande quantité sous le nom de *Cold-cream*, est faite en dissolvant dans 16 parties d'huile d'amande douce, à une légère chaleur, 3 parties de blanc de baleine et 2 parties de cire blanche, incorporant ensuite, peu à peu, 10 parties d'eau de rose, et battant le mélange avec un fouet d'osier.

Des Cires.

On donne le nom de *Cires* à des corps gras, durs et cassants, d'origine très-diverse, et dont le type est la cire des abeilles. On les trouve assez abondamment répandus dans les végétaux. Ainsi, c'est une espèce de cire qui constitue en grande partie la matière verte ou *chlorophylle* des plantes. Il en existe aussi dans le pollen ou poussière séminale de toutes les fleurs, dans les chatons ou fruits du bouleau, de l'aune, du peuplier, du frêne. — C'est de la cire qui forme le vernis qui brille à la face supérieure des fleurs (1). Il y en a en dissolution dans le suc laiteux de l'arbre

(1) On a cru pendant longtemps que l'enduit blanchâtre qui recouvre les fruits charnus et pulpeux (prunes, cerises, etc), était de la cire. Berthemot a montré que c'est une résine particulière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la vache. — On en voit à la surface du *palmier à cire* des Andes du Pérou, de l'écorce de la canne à sucre violette des colonies, des feuilles du palmier Carnauba, qui croît en abondance dans le nord du Brésil. — C'est encore de la cire qui entoure les *giraumons* récoltés sous les tropiques, les baies du *myristica* de la province de Para et de la Guyane française, d'une espèce de fustet ou *rhus* de la Chine et du Japon, de tous les *myrica* (*fig.* 410), ar-



Fig. 410.

brisseaux de la Louisiane et des régions tempérées de l'Amérique et des Indes. Les baies du Myrica rendent jusqu'à 25 p. 100 de cire, et un arbuste peut produire annuellement de 12 à 15 kil. de fruits. On extrait la cire de ces végétaux, soit en raclant la surface des palmiers et des cannes, soit en brisant les baies et les faisant bouillir dans l'eau, à la surface de laquelle la cire fondue vient se figer.

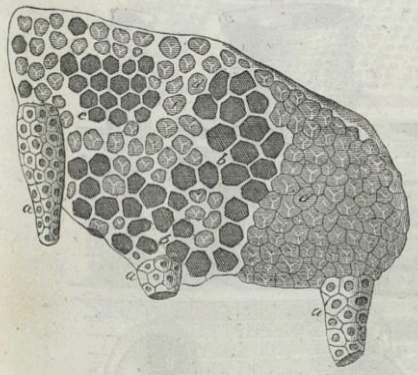
Ces cires végétales, d'un blanc grisâtre ou d'un jaune verdâtre, à l'exception de la cire du Japon, qui a l'aspect et la blancheur du blanc de baleine, sont très-cassantes, moins combustibles et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien moins faciles à blanchir que les cires qui sont produites par quelques insectes de la famille des hyménoptères, notamment par les abeilles; aussi ce sont surtout les cires d'origine animale qui sont le plus employées.

Chez les insectes, la cire est sécrétée sous les anneaux de leur abdomen. C'est avec cette matière que les abeilles construisent les alvéoles hexagonaux ou les *rayons* (*fig.* 411) dans lesquels elles déposent leurs œufs et leur miel.

On a cru pendant longtemps que les abeilles récoltaient la cire



PORTION DE GATEAU D'ABEILLES. — *a* cellules royales; — *b* cellules des mâles; — *c* cellules des ouvrières; — *d* cellules destinées à contenir le miel et les œufs lors de la ponte (couvain).

Fig. 411.

toute formée sur les fleurs. Huber, de Genève, émit l'opinion que c'était un produit d'élaboration animale, et que les insectes pouvaient transformer le sucre de leurs aliments en cire. Cette opinion a été vérifiée, en 1842, par M. Gundlach, en 1843 par MM. Milne Edwards et Dumas. Si l'on nourrit exclusivement les abeilles avec du miel ou du sucre, elles fournissent tout autant de cire que lorsqu'elles ont leur entière liberté.

Voici comment on procède à l'extraction de la cire d'abeilles.

Les rayons étant enlevés des ruches, on les soumet à la presse pour séparer le miel de la cire. Les gâteaux, bien égouttés, sont jetés dans de l'eau bouillante. Le restant du miel se dissout, la cire fond et se rassemble à la surface du liquide, où elle se fige par le refroidissement. On la fond de nouveau, et on la coule dans des vases de terre ou de bois. Quand elle est refroidie, on enlève avec un couteau la partie inférieure de chaque pain, qui est fort impure et qu'on nomme *pied de cire*; c'est alors ce qu'on appelle la *cire brute*, la *cire vierge* ou la *cire jaune*.

Dans cet état, la cire doit sa couleur, son odeur aromatique et une certaine onctuosité, à des corps étrangers et à un peu de miel qu'il est facile de lui enlever. On la purifie et on la blanchit de la manière suivante: on la fait fondre sur des fourneaux A, A dans de grandes chaudières B, B de cuivre étamé (*fig.* 412), en l'agitant avec une spatule de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bois, et y ajoutant, après sa liquéfaction complète, 250 grammes de crème de tartre pulvérisée par quintal. Après un brassage de quelques minutes, on laisse reposer, et quand la cire est suffisamment éclaircie, on la fait couler par les conduits à robinet *r*, *r*, placés au bas des chau-

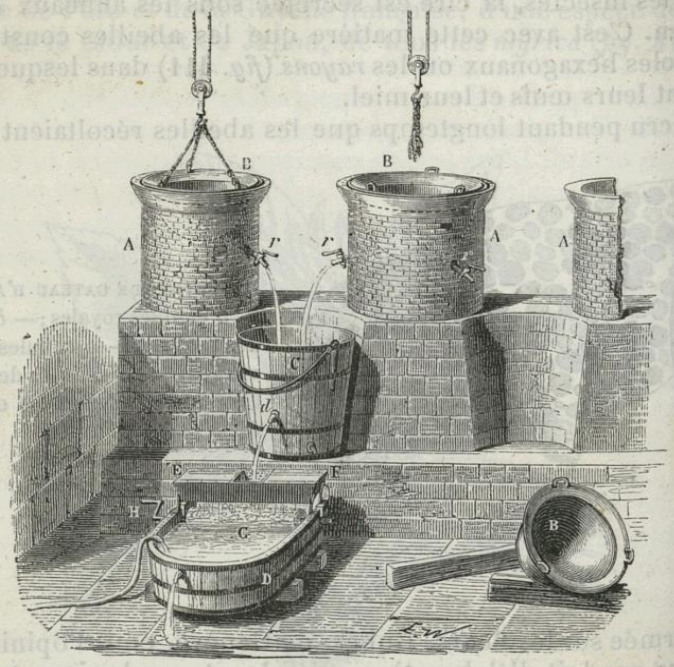


Fig. 412.

dières, mais un peu au-dessus de l'eau, dans une cuve de bois C remplie d'eau au tiers de sa capacité, et entourée de corps mauvais conducteurs. Après un repos suffisant pour qu'elle abandonne un reste d'impuretés, la cire encore fluide est dirigée par le robinet *d* dans une espèce de lingotière EF en cuivre étamé percée à son fond de petits trous disposés sur une même ligne. La cire tombe en filets déliés sur un cylindre de bois G en partie plongé dans l'eau d'une cuve elliptique D, et auquel on imprime un mouvement régulier de rotation au moyen d'une manivelle H; elle est ainsi réduite en nappes, ou rubans minces qui se détachent du cylindre et qui se durcissent, l'eau de la cuve D étant sans cesse rafraîchie à l'aide d'un courant. C'est là ce qu'on appelle, en termes d'atelier, *grêler la cire*; elle est dans un état de division convenable pour le blanchiment.

Les rubans jaunes exposés, pendant plusieurs jours au soleil et à la fraîcheur des nuits, sur des châssis de toile placés à peu de distance de terre, perdent complétement leur couleur. Cependant il est presque impossible d'opérer la décoloration en une seule fois, à cause de l'épaisseur des rubans de cire; on refond alors celle-ci pour la rubanner de nouveau et la soumettre à un second blanchiment. On ne retire la cire de dessus les châssis que par un temps sec, parce que, par un temps humide,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elle conserve une teinte grisâtre et éprouve un déchet considérable.

Après ces opérations, la cire est alors très-sèche et friable; on la fond en y ajoutant un peu de suif pour lui restituer le liant qu'elle a perdu, et on la coule en petites plaques rondes dans des trous circulaires creusés de 12 à 13 millimètres, sur 67 millimètres de diamètre, dans des planches de bois (*fig.* 413), qu'on a soin de mouiller. Ces planches reposent sur un grand châssis de bois posé sur un assemblage de pieds de table sans dessus. On obtient ainsi des petits pains ou plaquettes de 62 grammes environ, qu'on livre au commerce sous le nom de *cire blanche*.

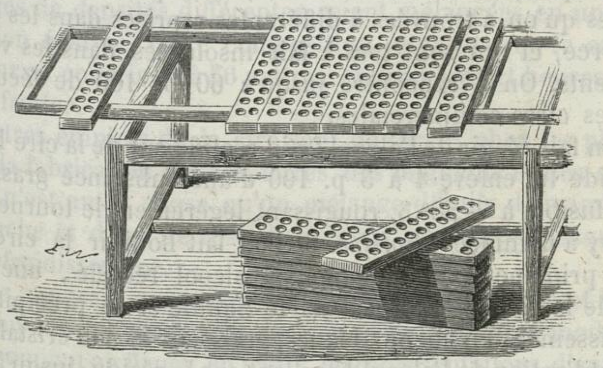


Fig. 413.

Toutes les espèces de cire ne se blanchissent pas avec la même facilité. Celles du Levant et de Barbarie, celles du midi de la France, celles qui proviennent des anciennes provinces de la Saintonge, de l'Angoumois, de la Bretagne, du Gâtinais, de la Beauce, se décolorent avec promptitude. Celles de la Bourgogne, de la Gironde, du Brésil, ne peuvent être blanchies qu'avec beaucoup de difficultés.

La cire blanche n'a ni odeur ni saveur; sa densité est de 0,966. Elle devient molle et ductible à + 35°, et fond entre + 69° et 70°, d'après M. Lepage. La cire jaune fond entre + 64° et 66°.

Elle brûle facilement, au contact de l'air, avec une belle flamme blanche et brillante, sans répandre ni odeur, ni fumée; c'est pour cela qu'elle est si propre à faire des bougies. Elle ne fournit, dans sa distillation sèche, ni *acroléine* ni *acide sébacique*, ce qui offre un moyen très-simple de reconnaître la présence du suif ou de tout autre corps gras, formé d'oléine, de margarine ou de stéarine, dans la cire falsifiée, puisque ces corps gras donnent toujours plus ou moins d'acide sébacique ou sébique et d'acroléine dans les mêmes circonstances. Après la distillation, on lave les produits condensés avec de l'eau; celle-ci, dans le cas où la cire est frauddée par le suif, a l'odeur vive et pénétrante propre à l'acroléine, et donne, en outre, par l'acétate de plomb, un abondant précipité de *sébate de plomb*. Les plus petites quantités de suif peuvent être ainsi reconnues dans la cire, et aussi dans le blanc de baleine,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui ne fournit pas non plus d'acide sébacique et d'acroléine sous l'influence de la chaleur.

Elle est complétement insoluble dans l'eau, mais soluble en toutes proportions dans les huiles et les graisses, ainsi que dans le sulfure de carbone, la benzine et les huiles essentielles. En faisant bouillir la cire jaune ou blanche avec l'un ou l'autre de ces véhicules, on la dissout complétement, et on s'aperçoit bien alors si elle est falsifiée avec de la fleur de soufre, de la fécule, de la farine de pois, de la sciure de bois, de la poudre d'os calcinés, matières qu'on a trouvées à différentes reprises dans les cires du commerce, et qui sont tout à fait insolubles dans les véhicules précédents. On a rencontré jusqu'à 60 p. 100 de fécule dans certaines cires commerciales.

Si l'on fait réagir de l'alcool froid rectifié sur de la cire blanche, ce liquide lui enlève 4 à 5 p. 100 d'une substance grasse, très-molle, fusible à + 28°,5, rougissant légèrement le tournesol, que M. Lewy a nommée *céroléine*. Si l'on fait bouillir la cire, privée de ce principe, dans de nouvel alcool rectifié, une grande partie de la cire se dissout dans le liquide et se précipite par le refroidissement en flocons blancs, graisseux et non cristallins. En répétant l'action de l'alcool bouillant sur le résidu, jusqu'à ce que le volume de celui-ci ne paraisse plus diminuer, on parvient à isoler toute la partie soluble d'une autre substance blanche insoluble, possédant des caractères différents. Le chimiste allemand, John, qui, d'abord, a isolé de la cire ces deux derniers principes immédiats, a donné à celui qui est soluble dans l'esprit-de-vin bouillant le nom de *cérine*, et celui de *myricine* au principe insoluble dans ce véhicule. Sur 100 parties de cire, il y a de 65 à 66 parties de *cérine* et 30 parties de *myricine*. Dans la cire du myrica, il y a 87 p. 100 de *cérine* et 13 p. 100 de *myricine*.

La *cérine*, fusible à + 78°, est représentée par $C^{54}H^{54}O^{4}$;

La *myricine*, fusible à + 72°, est presque entièrement volatile; elle a pour formule $C^{92}H^{92}O^{4}$.

D'après ce qui précède, vous voyez donc bien, Messieurs, que la cire n'est pas plus un principe immédiat unique que les huiles et les graisses. Il y aurait même encore dans ce produit, d'après MM. Boudet, Boissenot, Ettling et Gerhardt, de l'acide margarique et un carbure d'hydrogène solide, nommé *cérotène* ou *paraffine* ($C^{54}H^{54}$).

Sa saponification n'est pas aussi facile que celle des autres corps gras ; on ne peut y parvenir qu'au moyen des solutions alcalines concentrées et bouillantes. La *cire punique*, dont les anciens se servaient pour peindre *à l'encaustique*, est une espèce de savon, composé de 20 parties de cire et de 1 partie de soude, d'après Lorgna. La préparation employée pour enduire les carreaux et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parquets mis en couleur, et les disposer à recevoir la cire qui doit être étendue ensuite par frottement, est encore une espèce de savon de cire imparfait, qui porte le nom d'*encaustique*. Voici comment on le prépare :

On fait dissoudre dans 5 litres d'eau 125 grammes de savon blanc ; on y ajoute 500 grammes de cire jaune coupée en petits morceaux, et l'on fait fondre à chaud. On met alors dans le mélange 60 grammes de cendres gravelées (carbonate de potasse), on agite, on laisse refroidir en remuant de temps à autre, afin que les parties de densités différentes soient mélangées en une sorte d'émulsion épaisse. Cette composition, étendue sur le carreau, suffit pour en couvrir 48 à 56 mètres. Quinze à vingt heures après, on peut frotter.

Les autres emplois de la ciré sont de servir, chez les pharmaciens, à la fabrication des emplâtres, des onguents et des sondes. Le *cérat* n'est autre chose qu'un mélange d'huile d'amandes, de cire blanche et d'eau de rose, battu dans un mortier jusqu'à son entier refroidissement.

Ductile, pouvant recevoir et garder les empreintes et les formes qu'on lui donne, la cire est précieuse pour les modeleurs, qui la façonnent en fleurs, en fruits, en représentations d'animaux. C'est avec elle qu'on prépare les pièces artificielles d'anatomie. Mais c'est comme bougie qu'on en consomme le plus. Elle a, sur le suif, l'avantage de ne point avoir d'odeur désagréable, de ne pas répandre de fumée en brûlant, de moins couler, et de ne pas pénétrer les étoffes sur lesquelles elle tombe. Les taches de cire s'enlèvent aisément par le frottement et un peu d'essence de citron, ou de benzine, ou d'esprit-de-vin bouillant. Les bougies de cire végétale répandent moins de lumière que celles confectionnées avec la cire d'abeilles ; on y ajoute toujours du suif pour pouvoir les mouler, car elles sont très-cassantes.

M. Lewy a fait, en 1844, l'analyse de toutes les cires du commerce. Voici la composition des principales :

	CIRE DES ABEILLES		CIRE				
	JAUNE.	BLANCHE.	DE CHINE.	DE PALMIER.	DE CARNAUBA	DES MYRICA.	DU JAPON.
Carbone....	80,20	79,20	80,66	80,48	80,36	74,23	73,95
Hydrogène..	13,44	13,15	13,30	13,29	13,07	12,07	11,97
Oxygène ...	6,36	7,65	6,04	6,23	6,57	13,70	14,08
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUARANTE-DEUXIÈME LEÇON.

DES PRINCIPES IMMÉDIATS NEUTRES. (Suite.)

SOMMAIRE. — Des HUILES VOLATILES. — Propriétés et nature chimique. — Modes d'extraction. — Du parfum des fleurs. — Production artificielle des huiles volatiles. — Leurs nombreux usages. — Des PRINCIPES RÉSINEUX. — Résines, gommes-résines et baumes. — Des savons de résine, de la cire à cacheter, des vernis et des mastics hydrofuges.

Des Huiles volatiles.

Les huiles volatiles, que les anciens chimistes nommaient *essences, huiles essentielles,* parce qu'ils les regardaient comme constituant à elles seules l'existence ou l'essence des plantes, et *huiles éthérées, esprits, quintessences*, à cause de leur légèreté, de leur inflammabilité ou de la manière dont on les obtenait; les huiles volatiles, dis-je, sont des produits immédiats des végétaux, qu'un ensemble de caractères bien tranchés distingue parfaitement des *huiles fixes* ou *grasses* dont j'ai précédemment fait l'étude.

La plupart des huiles volatiles sont ordinairement liquides à la température ordinaire ; quelques-unes d'entre elles sont solides ou en partie cristallisées (camphre, huile de rose, d'anis, de fenouil, d'aunée, etc.). Aucune, d'ailleurs, n'a le toucher gras et onctueux des huiles fixes, ni cette apparence qu'on considère ordinairement comme huileuse.

Toutes sont odorantes, mais, sous ce rapport, elles offrent tant de variétés, qu'il serait difficile de rendre compte des différences infinies de nuances qu'elles présentent dans ce caractère. Leur odeur rappelle, en général, celle de la plante ou de l'organe dont elles proviennent, mais elle n'est jamais aussi suave.

Leur saveur est âcre, irritante et même caustique. Elles agissent comme de violents poisons sur l'économie animale.

Leur couleur varie autant que leur odeur ; il y en a de jaunes (essence de citron, de cédrat, de menthe, de thym, etc.), de rougeâtres (essence de cannelle, de sassafras, de girofle, de néroli, etc.), de vertes (essence d'absinthe, de valériane, de genièvre, de cajeput), de bleues (essence de camomille) ; mais ces couleurs tiennent évidemment à des corps qui ne sont point indispensables à leur composition, puisqu'on peut les faire disparaître, soit à l'aide du charbon, soit par la simple distillation.

Leur pesanteur spécifique varie aussi, non-seulement dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diverses espèces, mais même à l'égard de la même huile, dans des circonstances différentes. Elles sont presque toutes plus légères que l'eau ; quelques-unes cependant tombent au fond de ce liquide, et il est à remarquer que ce sont principalement celles qu'on retire des substances exotiques, comme de la racine de sassafras, de l'écorce de cannelle, des calices de girofle, etc. Leur densité se trouve comprise dans les limites de 0,835 (densité de l'essence d'écorce d'orange) à 1,173 (densité de l'huile de *Gaultheria*).

Quoiqu'on les appelle *huiles volatiles*, elles ont cependant moins de tension que l'eau, puisqu'elles ne bouillent, en général, qu'entre + 140 et 160°. Elles distillent alors sans altération. Lorsqu'on les chauffe avec de l'eau, elles se volatilisent à 100°. Leur volatilité est ordinairement en raison inverse de leur densité, de telle sorte que les plus denses sont les moins volatiles.

A l'air libre, elles s'enflamment subitement par l'approche d'un corps en combustion, et brûlent avec une flamme intense, en produisant beaucoup de fumée.

Le contact de l'air les altère peu à peu ; elles se foncent en couleur, perdent leur odeur, s'épaississent et finissent par se transformer en une matière solide qui se rapproche des résines. On tire parti, dans les arts, de ces huiles épaissies pour la peinture sur verre et sur porcelaine. Ces changements sont dus à une absorption d'oxygène, ainsi que l'ont reconnu Priestley et Théodore de Saussure.

La plupart s'acidifient dans ce cas ; ainsi, l'huile d'amande amère se change en *acide benzoïque ;* l'huile de cannelle, en *acide cinnamique ;* l'essence de cumin, en *acide cuminique ;* l'essence de valériane, en *acide valérianique*, etc. Dans le cas le plus général, elles donnent naissance à des résines et à de l'acide acétique, et il se produit toujours, en outre, du gaz acide carbonique, ce qui explique les cas d'asphyxie déterminés par le séjour dans des magasins peu aérés, de grandes masses d'essences contenues dans des vases mal bouchés (1).

Comme la lumière active singulièrement l'action de l'air, on a

(1) Thenard n'a plus trouvé d'oxygène dans l'air d'un caveau de droguiste où de l'essence de térébenthine était répandue sur le sol par suite de la rupture du tonneau qui la renfermait ; aussi cet air était asphyxiant au plus haut degré. Mais indépendamment de cette modification chimique que les huiles volatiles exercent sur l'air pour le rendre irrespirable, elles ont par elles-mêmes à l'état de vapeurs une action toxique, comme le démontrent les expériences de MM. Mialhe et Marchal (de Calvi). Les accidents morbides qu'on éprouve par le séjour dans un appartement récemment peint à l'essence doivent être attribués à celle-ci plutôt qu'à la céruse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soin de conserver les essences dans de petits flacons toujours pleins, bien bouchés et tenus dans l'obscurité.

Les huiles volatiles sont très-peu solubles dans l'eau, mais assez pour lui communiquer leur odeur. L'eau qui distille avec ces huiles en est saturée ; elle est alors très-aromatique, mais louche. Ces sortes de dissolutions portent en médecine le nom d'*eaux aromatiques*.

Elles sont, en revanche, très-solubles dans l'esprit-de-vin, et d'autant plus solubles que ce liquide contient moins d'eau et qu'elles sont plus oxygénées. Ces dissolutions, appelées vulgairement *esprits aromatiques*, *eaux spiritueuses*, sont troublées par l'eau qui en sépare l'huile.

Parmi ces dernières compositions, il en est une qui jouit d'une célébrité universelle, sous le nom d'*eau de Cologne*, parce qu'elle fut d'abord préparée dans cette ville. C'est tout simplement une dissolution d'huiles essentielles dans de l'esprit trois-six, et voilà pourquoi, en y ajoutant de l'eau, il en résulte une sorte d'émulsion, par la suspension et la division extrême des huiles au milieu du liquide aqueux. La plus simple de toutes les recettes pour faire l'eau de Cologne, et il y en a autant que de fabricants, consiste à ajouter à 3 kilogram. d'alcool à 36°, 16 gram. d'essence de citron, 10 gram. d'essence de bergamotte, 8 gram. d'essence de cédrat et 250 gram. d'esprit de romarin. L'eau de Cologne n'a aucune des nombreuses et merveilleuses propriétés qu'on lui attribue, et qui en feraient une véritable panacée pour toutes les maladies. Ce n'est, en réalité, qu'une eau de toilette, qu'un parfum agréable.

Les huiles volatiles dissolvent, en toutes proportions, les différents corps gras, la cire, les résines, et, en général, tous les composés organiques riches en carbone et en hydrogène. C'est à cause de cette propriété qu'on les emploie, à chaque instant, pour enlever sur les tissus de soie ou de drap qu'on ne peut savonner, les taches d'huile, de graisse ou de cambouis (1) qui y sont appliquées. On donne le nom d'*essence vestimentale*, dans l'art du dégraisseur, à un mélange de parties égales d'huiles essentielles de citron et de térébenthine récemment distillées, qu'on utilise pour cet objet.

Bien différentes en cela des huiles grasses, les huiles volatiles ne forment point de savons avec les alcalis. Quelques-unes, cepen-

(1) On donne le nom de *cambouis* aux graisses impures, chargées de particules métalliques et d'autres matières étrangères, qui ont servi à lubréfier les axes des machines ou les essieux des voitures et des chariots. Ces graisses, de couleur noirâtre, sont employées dans la médecine vétérinaire, et pour former, avec de l'argile et de l'étoupe, des mastics au moyen desquels on bouche les fissures ou crevasses des conduits, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dant, fonctionnent à la manière des acides (huiles de girofle, de piment de la Jamaïque, etc.), et produisent avec les alcalis de véritables sels à proportions définies, cristallins et solubles dans l'eau.

L'acide azotique concentré, mélangé surtout d'un peu d'acide sulfurique, les attaque avec une telle énergie, que, versé en certaine quantité sur une essence, il en détermine l'inflammation subite.

Toutes les actions oxydantes, déterminées avec certaines précautions, soit par l'acide azotique, soit par le chlore, soit par les alcalis caustiques à + 200 ou 300°, font naître dans ces liquides des acides nouveaux.

Les sels d'or et d'argent sont réduits très-rapidement par les huiles volatiles. En 1844, un ingénieur anglais, M. Drayton, a eu l'idée de les substituer à l'aldéhyde que M. Liebig avait indiqué, dès 1835, pour l'argenture du verre, et il a commencé à mettre en pratique l'étamage des glaces par ce moyen, qui n'a pas tardé à être adopté et perfectionné. Le procédé Drayton s'exécute de la manière suivante :

A 30 grammes d'azotate d'argent dissous dans 60 grammes d'eau distillée, on ajoute 15 grammes d'ammoniaque, puis, 24 heures après, 29 à 30 gouttes d'essence de cassia ou de girofle dissoutes dans 90 grammes d'alcool à 60°. La glace sur laquelle on doit agir, est parfaitement nettoyée, placée dans une position horizontale, entourée d'un rebord de mastic, et recouverte de la liqueur sur une hauteur de 4 à 5 millimètres. L'argent réduit se dépose peu à peu à la surface du verre et y adhère fortement. Au bout d'une heure environ, on fait écouler la liqueur superflue, on lave la surface avec de l'alcool, on sèche à l'étuve, et on recouvre la pellicule d'argent d'une couche de vernis au suif et à la cire.

La glace, argentée ainsi, offre un plus bel aspect et possède un pouvoir réfléchissant plus considérable que la glace étamée par l'ancien procédé. Il y a une économie notable, car chaque mètre carré d'argenture ne prend guère que pour 1 fr. 53 d'argent, tandis que la même surface absorbe environ 183 grammes de mercure et 550 grammes d'étain représentant une valeur totale de 4 fr. 40. Mais ce qu'il y a surtout d'avantageux dans le procédé de Drayton, c'est qu'il n'a aucune influence fâcheuse sur la santé des ouvriers. Il a été importé en France, en 1845, par M. Tourasse. D'après M. Wagner, les huiles de camomille romaine et de rue sont bien préférables aux autres essences, parce qu'elles renferment des aldéhydes dans leur composition (1).

(1) MM. Hale Thomson et Robert Mellish ont modifié, en 1852, la composition de la liqueur à argenter, de la manière suivante : On fait un mélange de 60 gram. d'azotate d'argent, 90 gram. d'eau, 90 gram. d'esprit-de-vin et 30 gram. d'ammoniaque. Lorsque le sel est dissous, on y ajoute 15 gram. de glucose dissous à l'avance dans un demi-litre d'eau et un demi-litre d'esprit-de-vin. L'argenture d'une glace par cette liqueur demande 2 ou 3 jours. — Plus récemment encore

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un dernier caractère qui distingue parfaitement les huiles volatiles des corps gras, c'est qu'elles font sur le papier une tache transparente qui disparaît très-facilement par l'application d'une douce chaleur.

Il n'y a donc, comme vous le voyez, Messieurs, aucune analogie, sous le rapport des propriétés physiques et chimiques, entre les huiles fixes et les huiles volatiles. Il n'y en a pas davantage, sous le rapport de leur composition et de leur manière d'être dans les organes des plantes.

En ayant égard au nombre des éléments qui les constituent, on peut les répartir en trois classes distinctes :

1° Les huiles *hydrocarbonées*, c'est-à-dire uniquement formées d'hydrogène et de carbone; ce sont de véritables *carbures d'hydrogène*, dont beaucoup sont isomères et dans lesquels le carbone et l'hydrogène se trouvent dans le rapport de 5 équivalents du premier et de 4 équivalents du second. Exemples : huiles de citron, d'orange, de cédrat, de bergamotte, de limette, d'élémi, de Tolu, de copahu ($C^{10}H^8$); de cubèbe ($C^{15}H^{12}$); de térébenthine, de sabine, de genièvre, de poivre noir ($C^{20}H^{16}$); de styrax, de rose solide (C^5H^4), etc.

2° Les huiles *oxygénées*, ou formées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. C'est le plus grand nombre. Exemples : huiles de pomme de terre, d'amande amère, de cannelle, de cumin, de valériane, d'anis, d'angélique, de girofle, de piment, d'ulmaire, de gaultheria, d'absinthe, de camomille, de lavande concrète, de rue, de carvi, d'aunée, de menthe concrète, de camphre des lauriers, etc.

3° Les huiles *sulfurées* ternaires, quaternaires ou quinternaires; telles sont celles de moutarde noire, de cochléaria, de raifort, d'alliaire, d'oignon, de lepidium, de houblon, de capucine, d'ail, d'asa-fœtida, etc. Ces deux dernières ne contiennent pas d'azote, par exception.

Dans tous les cas, ces différentes huiles ne sont presque jamais des principes simples, mais des mélanges de plusieurs. Ainsi, outre le principe colorant variable pour chaque espèce, il est rare qu'une huile volatile ne soit pas composée de deux sortes d'huiles distinctes, l'une solide cristallisable dans certaines limites de température, l'autre constamment liquide.

---

en 1857, M. Petit-Jean a remplacé l'huile volatile et le sucre par l'acide tartrique. Pour 300 gram. d'azotate d'argent et 200 gram. d'ammoniaque, dissous dans 1 litre 30 centilitres d'eau distillée, on ajoute 35 gram. d'acide tartrique dissous dans quatre fois son poids d'eau. On étend ensuite la liqueur de 15 à 17 litres d'eau. C'est là ce qu'on appelle la solution n° 1. On en fait une seconde, dite n° 2, qui renferme le double d'acide tartrique. C'est en faisant agir successivement ces deux solutions sur le verre bien nettoyé et poli, pendant 15 à 20 minutes, qu'on argente parfaitement. On lave ensuite à l'eau chaude, on fait sécher et on enduit avec un vernis brun. On obtient de cette manière des glaces et des miroirs beaucoup plus beaux, plus légers et enduits d'une manière plus solide que par le procédé ordinaire. On varie maintenant de mille manières l'argenture du verre. On le dore et on le platinise par des procédés analogues.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce sont surtout les huiles oxygénées qui nous présentent ce fait. Elles sont presque toujours accompagnées d'huiles hydrocarbonées de la formule C^5H^4. La séparation de l'huile hydrocarbonée de l'huile oxygénée est ordinairement assez facile à opérer, le point d'ébullition de cette dernière étant presque toujours de beaucoup supérieur à celui de la première. Gerhardt et M. Cahours ont trouvé un moyen ingénieux de séparer ces deux sortes d'huiles, en chauffant l'huile brute avec de la potasse caustique fondue ; l'huile oxygénée, en décomposant l'eau de l'hydrate alcalin, fixe son oxygène pour produire un acide qui reste uni à la potasse, tandis que l'huile hydrocarbonée, n'éprouvant aucune altération de la part de cet agent, se sépare et passe à la distillation.

Nous avons vu que les huiles fixes se trouvent presque toujours dans les semences des végétaux. Il en est tout autrement des huiles volatiles, qui peuvent exister dans tous les organes des plantes, à l'exception des semences, si ce n'est quelquefois dans leur enveloppe la plus externe. Mais c'est surtout dans les feuilles et les fleurs qu'elles abondent. Le plus habituellement, c'est dans de petites glandes ou utricules, disséminées dans le tissu cellulaire des végétaux, que sont renfermées les huiles volatiles, et elles y sont si bien emprisonnées, que la dessiccation ne les dissipe pas. Mais dans la plupart des fleurs, elles se forment à la surface des pétales, et elles se volatilisent immédiatement après leur formation.

Certaines plantes renferment de l'huile volatile dans tous leurs organes, à l'exception, toutefois, de la substance propre des semences, exemples : angélique, thym, romarin, matricaire, etc. Il arrive quelquefois que les diverses parties d'une même plante contiennent des huiles de différente nature ; ainsi, on retire du citronnier et de l'oranger trois huiles distinctes, selon que l'on traite les fleurs, les feuilles ou le *zeste* du fruit.

Pour les extraire des organes qui les contiennent, on profite, le plus habituellement, de la propriété qu'elles ont de se volatiliser. On introduit donc, dans la cucurbite d'un alambic en cuivre, la racine, l'écorce, les feuilles ou les fleurs dont on veut retirer l'essence ; on y ajoute assez d'eau pour que la matière en soit baignée ; puis, après quelques heures de macération, on procède à la distillation. La vapeur d'eau, chargée de l'huile essentielle, et condensée dans le serpentin, se rend, à l'état d'un liquide trouble et laiteux, dans un récipient en verre (*fig.* 414), qui a la

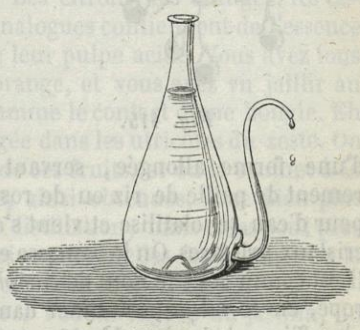


Fig. 414.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forme d'une carafe dont le col va en se rétrécissant vers le sommet; à la base se trouve un bec, qui s'élève le long du corps principal du récipient, mais qui ne monte pas aussi haut que son col. Par cette construction, l'huile, ordinairement plus légère que l'eau, se rassemble dans le col, et l'eau sort par l'extrémité du bec, à mesure que la distillation marche. On appelle ce récipient *récipient florentin*, du nom de la ville où il a été inventé.

Pour l'extraction des huiles peu volatiles (girofle, sassafras, cannelle, etc.), on place dans l'alambic de l'eau saturée de sel marin, dont le point d'ébullition s'élève ainsi à + 110°. On obtient, par ce moyen, une plus grande quantité de produits volatils dans un temps donné.

Généralement, la chaleur et la sécheresse sont favorables à la formation des huiles essentielles dans les organes des plantes; aussi, est-ce dans le midi de la France, en Espagne et en Italie, dans l'Orient, que les végétaux fournissent le plus d'huile par la distillation. Sur les montagnes embaumées de la Provence, on rencontre de petites distilleries nomades, dont les produits sont versés dans les grandes parfumeries de Grasse.



Fig. 415.

C'est aussi par une espèce de distillation, ou mieux de sublimation, qu'on extrait l'huile volatile concrète qui existe en abondance dans presque toutes les espèces d'arbres de la famille des lauriers, et qui porte dans le commerce le nom de *camphre*, du mot arabe *kapur* ou *kampur*. Le *laurier-camphrier* (*fig.* 415), qui croît en Chine, au Japon, et dans les îles de la Sonde, est principalement exploité pour ce produit. En Chine et au Japon, on fait bouillir les racines et les branches de l'arbre coupées par petits morceaux dans des vases de fer sphériques, recouverts par d'autres vases de fer d'une forme allongée, servant de chapiteaux et remplis intérieurement de paille de riz ou de roseaux. Le camphre, entraîné par la vapeur d'eau, se volatilise et vient s'attacher à la paille, sous forme de petits cristaux grisâtres. On le ramasse et on l'expédie dans cet état d'impureté. Il est connu sous le nom de *camphre brut du Japon*. On le raffine en Europe, en le faisant sublimer dans des matras hémisphériques en verre, chauffés au bain de sable (*fig.* 416), après l'avoir mélangé avec 1/50e de chaux vive et autant de charbon animal. Cette opération est longue et difficile, en raison du peu de distance qu'il y a entre le point de fusion (175°), et celui de volatilisation (204°) du camphre. On obtient ainsi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des pains solides, d'un kilogramme environ, concaves d'un côté et convexes de l'autre, avec un petit trou central. C'est le *camphre raffiné* du commerce.

Les Vénitiens ont exercé seuls pendant longtemps le raffinage du

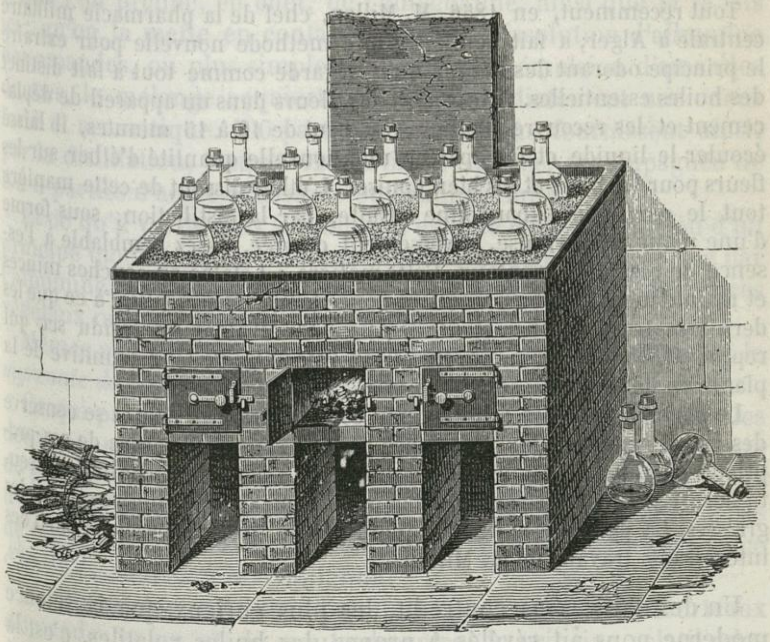


Fig. 416.

camphre. Les Hollandais s'en sont ensuite emparés; mais depuis une quarantaine d'années, il existe en Angleterre, à Copenhague, à Hambourg et même en France, des raffineries de camphre.

On a recours quelquefois à la pression pour obtenir certaines huiles volatiles. C'est lorsqu'elles sont renfermées en abondance dans l'enveloppe extérieure et charnue des fruits. Les citrons, les oranges, les cédrats, les bergamottes et tous les fruits analogues contiennent de l'essence dans l'écorce jaune ou *zeste* qui entoure leur pulpe acide. Vous avez tous pressé entre les doigts la peau d'une orange, et vous avez vu jaillir au dehors un liquide très-odorant, qu'enflamme le contact d'une bougie. Eh bien! c'est l'huile essentielle qui est logée dans les utricules du zeste. On râpe toute la partie jaune superficielle de ces fruits, et on la soumet à la presse dans un sac de crin. Ces huiles, ainsi obtenues, sont bien plus suaves que lorsqu'on les extrait par la distillation; mais elles sont plus susceptibles d'altération; elles sont moins pures, elles font tache sur la soie et ne se dissolvent qu'imparfaitement dans l'esprit-de-vin.

Chez les parfumeurs, pour se procurer l'odeur fugace du jasmin, du lis, de la tubéreuse, de l'iris, de la violette, etc., dont on ne peut obtenir d'huile volatile par la distillation, on interpose des lits de chacune de ces substances entre des draps de laine blanche, imprégnés d'huile de ben ou d'huile d'olive. Au bout de 24 heures, on renouvelle les fleurs, et l'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

continue de cette manière jusqu'à ce que l'huile fixe soit bien chargée de l'odeur. On fait digérer les draps dans de l'esprit-de-vin, et on distille au bain-marie ; ce véhicule enlève l'arome des fleurs à l'huile fixe et se volatilise. C'est alors ce qu'on nomme l'*essence* de *jasmin*, de *lis*, de *violette*, etc.

Tout récemment, en 1856, M. Millon, chef de la pharmacie militaire centrale à Alger, a fait connaître une méthode nouvelle pour extraire le principe odorant des fleurs, qu'il regarde comme tout à fait distinct des huiles essentielles. Il introduit les fleurs dans un appareil de déplacement et les recouvre d'éther ; au bout de 10 à 15 minutes, il laisse écouler le liquide et fait passer une nouvelle quantité d'éther sur les fleurs pour les laver et les bien épuiser. L'éther dissout de cette manière tout le *parfum* et l'abandonne ensuite, par la distillation, sous forme d'une matière butyreuse, diversement colorée, assez semblable à l'essence de rose des Orientaux. Cette matière est étalée en couches minces et maintenue en fusion à une très-douce température, jusqu'à ce que les dernières traces d'éther aient disparu. On a alors un résidu sec qui reproduit, dans toute sa pureté et son intensité, l'odeur primitive de la plante ou de la fleur.

Le *parfum* des fleurs, ainsi obtenu, est inaltérable à l'air et se conserve des années entières dans des tubes ouverts sans rien perdre de ses propriétés spéciales. Il est donc bien différent, à cet égard, des huiles essentielles. Il se dissout parfaitement dans l'alcool, dans les huiles et dans les graisses. La parfumerie ne manquera pas de tirer un précieux parti des intéressants travaux de M. Millon.

Un des faits, sans contredit, les plus curieux que la science moderne nous ait révélés à propos des huiles volatiles, c'est la formation de plusieurs d'entre elles, lorsqu'on vient à distiller avec de l'eau certains organes de plantes qui en sont naturellement dépourvus. Les amandes amères, les semences de moutarde noire ne contiennent que de l'huile grasse et d'autres principes complétement inodores. Eh bien ! si, après les avoir soumises à la presse pour les dépouiller de l'huile fixe, on humecte les tourteaux avec de l'eau, et qu'après quelque temps de macération on procède à la distillation, on obtient une proportion très-notable d'huile essentielle, très-odorante et agréable pour les amandes amères, très-âcre et très-irritante pour la moutarde noire.

D'où vient donc l'huile essentielle qu'on recueille à la distillation? Robiquet et M. Boutron, MM. Woehler et Liebig, Bussy et Fremy nous l'ont appris. C'est le produit d'une métamorphose, d'une réaction chimique qui s'établit, sous l'influence de l'eau, entre l'albumine végétale des graines et l'un des principes inodores qui l'accompagnent. Ce principe, dans les amandes amères, est une substance blanche, cristalline, douceâtre, soluble, qu'on a nommée *amygdaline* (1);

(1) Cette amygdaline, quand elle est cristallisée dans l'eau, est représentée par la formule : $= C^{40}H^{27}AzO^{22}$, 6 HO.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans la moutarde noire, c'est une matière très-amère, cristalline, fixe, qui consiste en une combinaison de potasse avec l'acide particulier que M. Bussy a désigné sous le nom d'*acide myronique*.

Que l'on prenne, en effet, de l'amygdaline, ainsi que je le fais ici; qu'on la mette en contact avec une dissolution d'albumine des amandes, ou plus simplement avec une émulsion d'amandes douces, le mélange acquiert presque immédiatement une odeur forte et aromatique. 100 parties d'amygdaline fournissent ainsi, par la distillation, jusqu'à 42 parties d'essence, accompagnée de 5 à 6 parties d'acide prussique ou cyanhydrique.

Et ce qu'il y a de plus singulier, c'est que cette conversion d'un principe inodore en un principe très-odorant n'est opérée que par l'albumine des amandes amères, et nullement par celle des autres végétaux ni par l'albumine des animaux.

Mêmes phénomènes avec l'albumine de la moutarde noire et le *myronate de potasse* qu'on extrait de ses semences.

Ce qui prouve bien, d'ailleurs, que l'huile essentielle, dans les deux cas, est formée aux dépens de l'amygdaline et du myronate de potasse, c'est que les amandes douces, qui ne renferment pas d'amygdaline, c'est que la moutarde blanche, qui ne contient pas de myronate de potasse, ne fournissent pas la plus légère trace d'huile essentielle à la distillation.

Si l'on employait de l'eau bouillante pour délayer les tourteaux d'amande amère et de moutarde noire, le principe volatil odorant ne se développerait pas, attendu que l'albumine, une fois coagulée, est impropre à provoquer sa formation.

En raison des propriétés toutes spéciales de l'albumine des amandes et de la moutarde noire, qui se rapprochent de la diastase ou du ferment, on a distingué la première par le nom de *synaptase*, et la seconde par celui de *myrosine*.

Ces réactions remarquables peuvent, jusqu'à un certain point, nous faire entrevoir le mode de formation des essences dans l'intérieur des organes des plantes. On doit en tenir compte dans l'emploi si fréquent de la farine de moutarde sous forme de *sinapismes*. Il est évident que, pour la préparation de ces topiques, il faut ne faire usage ni d'eau bouillante, ni de vinaigre, pour délayer la farine, puisqu'en coagulant la *myrosine* on s'opposerait au développement du principe actif ou de l'huile essentielle. C'est de l'eau froide ou de l'eau tiède qu'on doit d'abord employer, et, lorsqu'on veut associer du vinaigre au sinapisme, l'addition ne doit en être faite qu'après un certain temps de macération de la farine dans l'eau, afin que l'huile volatile ait pu se développer.

Qui aurait prévu qu'une des plus vulgaires opérations de la pharmacie et de la thérapeutique se rattachait d'une manière si

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étroite à l'une des plus jolies découvertes de la chimie organique: la formation des huiles volatiles dans les plantes! Ceci n'est-il pas une nouvelle preuve pour vous, Messieurs, qu'en chimie rien n'est à dédaigner, et que les faits en apparence indifférents ou seulement curieux peuvent devenir tout à coup l'occasion d'heureuses applications à l'industrie ou aux actes de la vie commune?

Les huiles volatiles ont une assez grande importance commerciale, en raison de leurs différents usages dans les arts et la médecine. L'essence de térébenthine est celle que l'on consomme en plus grande quantité pour la préparation des vernis à l'essence et des vernis gras; elle a la singulière propriété de communiquer à l'urine une odeur de violette. Marcus Græcus, au VIIIe siècle, décrit la distillation de cette huile qu'il appelle *eau ardente,* ce qui peut faire penser, avec juste raison, que toutes les huiles essentielles portaient primitivement, ainsi que l'alcool, le nom d'*eaux ardentes*. C'est donc à tort qu'on attribue à Arnaud de Villeneuve, le plus savant chimiste du XIIIe siècle, la découverte de l'essence de térébenthine, qu'il a désignée sous le nom d'*huile admirable.* Les essences de citron et de cédrat sont surtout employées pour enlever les taches de graisse et de peinture à l'huile sur les vêtements, et spécialement de dessus les étoffes de laine et de soie.

La médecine utilise la plupart des huiles volatiles comme excitants et caustiques, en variant de toutes les manières leur forme et leur administration. — Le camphre entre dans une infinité de préparations pharmaceutiques, et sa solution dans l'esprit de vin faible, bien connue sous le nom d'*eau-de-vie camphrée,* est très-employée en frictions, pour dissiper les épanchements de sang à la suite de coups ou de chutes. M. Raspail a mis à la mode ses *cigarettes* de camphre comme un prétendu remède universel. — L'essence de girofle est un remède populaire contre les maux de dents. Il en est de même de l'*esprit de cochléaria* et de *raifort*. — L'essence d'amande amère est si vénéneuse que quelques gouttes suffisent pour faire périr des oiseaux, des chats, en moins de quelques secondes (1). — L'huile de cajeput, dont la couleur verte est due à l'oxyde de cuivre, sert à préserver des insectes les collections d'histoire naturelle. Il en est de même du camphre, dont les pelletiers et fourreurs font une grande consommation pour écarter les papillons et autres insectes qui cherchent toujours à déposer leurs œufs dans les étoffes de laine, de soie, dans

(1) L'essence d'orange amère développe chez les ouvrières de Marseille, occupées à peler les oranges à confir et qu'on vend sous le nom de *chinois,* des accidents nerveux multiples et très-graves, ainsi que des éruptions sur les mains et les bras.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les pelleteries. — C'est avec l'huile de genièvre que les distillateurs aromatisent l'eau-de-vie qui prend le nom de *genièvre* ou *gin;* c'est avec l'essence d'anis qu'ils confectionnent les liqueurs de table connues sous les noms d'*anis* et d'*anisette*.

Enfin, dans la parfumerie, on fait un usage considérable de toutes les huiles pourvues d'une agréable odeur pour la préparation des eaux aromatiques, des pommades, des savons parfumés et de tous les autres aromates. Les plus usitées sous ce rapport sont celles de citron, d'orange ou *de Portugal,* d'amande amère, de lavande, de bergamotte, de fleurs d'oranger ou *néroli*, de menthe, de mélisse, mais surtout l'essence de rose. Celle-ci est apportée de Tunis, de Perse et autres parties de l'Asie, dans de très-petits flacons. On raconte qu'elle a été découverte, en 1612, par la femme du grand-mogol Djihanguyr. Quelques auteurs pensent néanmoins qu'elle a dû être connue beaucoup plus tôt, puisque l'eau distillée de rose était très-anciennement usitée; mais les livres orientaux n'en font pas mention avant le commencement du XVIIe siècle.

L'usage des parfums est originaire de Perse, et il était bien plus répandu chez toutes les nations de l'antiquité qu'il ne l'est aujourd'hui. L'amour des aromates était poussé si loin chez les Romains, que les aigles de leurs armées étaient parfumées les jours de réjouissances publiques. Les anciens connaissaient plusieurs huiles essentielles à l'état de pureté, telles que celles de citron, de térébenthine, de laurier, etc.; mais leurs compositions cosmétiques et odoriférantes étaient des solutions d'essences dans les huiles grasses, obtenues par la macération des plantes aromatiques dans l'huile d'olive. Plusieurs villes, telles que Corinthe, Rhodes, Capoue, Préneste, Mendès en Égypte, avaient une grande réputation pour la fabrication des parfums. A notre époque, c'est en France qu'on prépare les meilleurs, aussi en exporte-t-on annuellement pour plus de trente millions de francs.

Des principes résineux.

Naturellement, après l'étude des huiles essentielles, je dois vous parler des matières que les naturalistes désignent sous les noms de *résines*, *gommes-résines* et *baumes*, parce que ces matières paraissent être le produit de l'oxydation des essences elles-mêmes.

Lorsqu'on fait des incisions aux tiges, aux branches ou aux racines de certains végétaux, et surtout aux plantes herbacées et très-aromatiques des pays chauds, il en découle un suc plus ou moins visqueux, quelquefois lactescent, qui se durcit peu à peu au contact de l'air, et finit par devenir tout à fait solide et cassant. Ce suc est renfermé dans des vaisseaux propres, et souvent il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'extravase naturellement lorsque les vaisseaux deviennent trop petits pour le contenir.

Ce suc desséché est un mélange ordinairement assez complexe. On y trouve réunis des huiles essentielles, des acides organiques, quelques sels à bases de chaux et de potasse, souvent de la gomme, de la cire, de l'amidon, et toujours un ou plusieurs principes insolubles dans l'eau, mais très-solubles dans l'alcool bouillant; c'est à ceux-là qu'on donne le nom de *principes résineux* ou de *résines* proprement dites. Lorsque dans le mélange, la gomme est en assez forte proportion pour que le suc soit en partie soluble dans l'eau à laquelle il communique un aspect laiteux et opaque, les naturalistes l'appellent improprement *gomme-résine*. Il prend le nom spécial de *baume*, lorsque la résine est accompagnée d'acide benzoïque ou d'acide cinnamique facile à isoler par une douce chaleur.

On peut raisonnablement considérer les sucs résineux comme des huiles volatiles plus ou moins pures, épaissies par suite de l'action de l'air ou plutôt de l'oxygène. Ce qu'il y a de certain, c'est que, par un contact prolongé avec ce gaz, les huiles volatiles finissent par se concréter et acquérir l'aspect et les principales propriétés des sucs résineux. Ceux-ci paraissent, en général, dériver de carbures d'hydrogène qui, en absorbant l'oxygène, se résinifient. C'est ainsi, par exemple, que l'essence de térébenthine, $C^{20}H^{16}$, se transforme en colophane, $C^{20}H^{16}O^2$, en fixant 2 équivalents d'oxygène.

Au reste, tous les sucs résineux renferment encore beaucoup d'huile essentielle qui paraît les tenir en dissolution dans les vaisseaux des plantes. Qu'on chauffe, en effet, avec de l'eau, dans un appareil distillatoire, une matière résineuse quelconque, on en extraira de l'huile volatile en plus ou moins grande quantité, et le résidu sera dur, sec et très-friable. C'est ce qu'on exécute sous vos yeux, en ce moment, en agissant sur la résine connue dans le commerce sous le nom de *térébenthine;* voici une certaine quantité d'essence qu'on vient d'en obtenir par la distillation. A Mont-de-Marsan (Landes), à Bordeaux, on distille la térébenthine dans de très-grands alambics de cuivre; elle fournit ainsi près de 15 p. 100 de son poids d'essence (1). Le résidu est

(1) Depuis un certain nombre d'années, on a remplacé dans plusieurs usines, élevées au centre des forêts de la Teste et d'Arcachon, entre autres à la Hume, l'ancienne méthode de distillation à feu nu par la distillation au moyen de la vapeur surchauffée. L'appareil distillatoire est en cuivre; c'est un cylindre avec une double enveloppe en tôle dans laquelle circule un courant de vapeur surchauffée. Ce procédé, imaginé par M. H. Violette, directeur de la salpêtrerie de Lille, fournit de premier jet une essence très-pure, qui n'a pas besoin d'être rectifiée parce qu'elle n'est plus souillée de ces huiles empyreumatiques colorées que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce qu'on appelle *brai sec*, *arcanson*, *colophane ou colophone* (1).

C'est à la forte proportion d'huile volatile qu'ils renferment encore, que la *térébenthine*, le *baume de copahu*, le *baume de la Mecque*, le *baume du Pérou*, le *styrax* doivent leur mollesse ou leur liquidité.

En faisant agir successivement sur le même suc résineux divers agents, comme l'eau, l'alcool faible ou fort, froid ou bouillant, puis l'éther et les solutions alcalines, on parvient à isoler les uns des autres les différents principes qui y sont à l'état de simple mélange.

Lorsque les résines n'exsudent pas d'elles-mêmes des végétaux, on met les parties végétales qui en sont les plus riches en digestion avec de l'alcool, qui s'en charge. Si l'on ajoute de l'eau à la solution et qu'on la chauffe pour éloigner l'alcool, la résine vient surnager à l'état fondu.

Les principes résineux ont une série de caractères communs qui les lient à un même type.

Presque tous sont durs, cassants et très-friables, transparents ou translucides, à cassure vitreuse. Ils s'offrent en masses amorphes, en larmes, ou en grains détachés.

Ils sont souvent colorés en brun ou en rouge, mais il est

---

la distillation à feu nu produit toujours vers la fin des opérations. Il donne, en outre, 3 p. 100 de plus d'essence, et offre surtout cet immense avantage qu'il met à l'abri des incendies qui arrivent si fréquemment par l'ancien système. Il y a donc là un progrès réel.

C'est à Colbert qu'on doit le développement qu'a pris dans les Landes la culture du pin maritime. Il fit venir, en 1638, des ouvriers suédois qui enseignèrent aux habitants la construction des fours à goudron, ainsi que les secrets de la fabrication des résines d'après les procédés connus dans le Nord. Aujourd'hui, dans les Landes de Gascogne, plus de 140,000 hectares d'anciennes landes et dunes sont plantés de pins.

Un arbre de 25 ans fournit, en moyenne, 2 kil. de résine brute dans l'année; jusqu'à 70 ans, son rendement augmente et monte à 6 ou 8 kilogr. On appelle *gomme* ou *résine molle*, la térébenthine qui coule des incisions et se réunit au pied de l'arbre; la récolte se fait de mars à septembre. On nomme *galipot*, la résine presque solide qui forme des sortes de stalactites le long de l'arbre, par suite de l'évaporation d'une partie de l'essence. On désigne sous le nom de *barral*, les galipots tout à fait secs, adhérant à l'arbre et qu'il faut arracher avec un instrument en fer. Enfin les *crottas* sont les mélanges de térébenthine et de galipot, recueillis en septembre et en octobre, au pied des arbres, et qui sont souillés de sable et de feuilles. La récolte des barrals et des galipots se fait en octobre, novembre et décembre; ils entrent pour un tiers dans le produit total du rendement.

(1) Les deux derniers noms de cette matière résineuse viennent de Colophon, ville d'Ionie, d'où les anciens la tiraient presque exclusivement. C'est avec elle que les musiciens frottent le crin de leurs archets, afin qu'étant ainsi poissé, il fasse mieux vibrer les cordes des violons et autres instruments analogues. On la leur vend, pour cet usage, en petits cylindres coulés dans des étuis en papier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

probable que, dans l'état de pureté, ils sont incolores; on est parvenu à décolorer complétement, au moyen du charbon, les résines de scammonée et de jalap.

Leur saveur est presque toujours forte, âcre ou amère, chaude et brûlante. Leur odeur est généralement très-développée, parfois douce et suave (*baume de benjoin, de Tolu, de la Mecque, élémi, mastic*, etc.), mais très-souvent aussi désagréable (*térébenthine, copahu, sagapenum, galbanum, asa-fœtida*, etc.). L'*asa-fœtida* exhale une odeur alliacée si fétide, que les anciens l'avaient nommée *fiente du diable :* et cependant les Orientaux l'emploient à l'assaisonnement de leurs mets (1). L'odeur si agréable du citron était bien en exécration chez la plupart des peuples anciens! Jamais dicton populaire ne fut plus sensé que celui qui dit qu'il ne faut pas disputer des goûts et des couleurs.

Les sucs résineux étant, comme les huiles volatiles, fort riches en hydrogène et en carbone, sont, par cela même, très-combustibles. Ils s'enflamment par l'approche d'une bougie et brûlent avec une flamme forte et jaune, en répandant beaucoup de fumée. C'est en conduisant cette fumée dans des chambres ou dans des sacs, qu'on obtient le noir de fumée, comme je vous l'ai dit dans la première partie du cours.

Les résines donnent, par la distillation sèche, des produits très-complexes. Il apparaît d'abord des gaz carburés qui brûlent avec une flamme brillante, et dont on s'est servi, dans quelques localités, comme gaz d'éclairage. Entre + 108° et 150°, il se volatilise des huiles, dites *vive essence,* qui sont principalement formées de deux carbures d'hydrogène, nommés *rétinaphte* ($C^{14}H^{8}$) et *rétinyle* ($C^{18}H^{12}$). A partir de + 280°, il passe à la distillation, une huile, dite *huile fixe* ou *lourde,* qui est un autre carbure d'hydrogène, appelé *rétinole* ($C^{32}H^{16}$). A + 350°, il se fige dans les récipients une matière d'un brun noirâtre ou bleuâtre, qu'on nomme dans les ateliers *matière grasse*, et dans les laboratoires *rétistérine* ou *métanaphtaline* ($C^{20}H^{8}$). Enfin, il reste dans la cornue ou la cucurbite un charbon brillant. Dans les usines, on retire moyennement de la colophane, 3,75 p. 100 de *vive essence,* 34 p. 100 d'*huile lourde* et 70 p. 100 de matière grasse et goudron.

La *vive essence* remplace l'essence de térébenthine dans quelques-unes de ses applications. L'*huile lourde*, décolorée et clarifiée par le

(1) Dans l'Amérique du Nord, les chasseurs ont reconnu depuis longtemps que l'odeur de l'asa-fœtida produit sur les renards une espèce de paralysie qui leur ôte l'usage de toutes leurs facultés. Lorsque les chasseurs font une battue, ils sont armés de brandons de résine dans laquelle on a fait dissoudre de l'asa-fœtida. La fumée qui s'exhale de leurs torches, fortement imprégnée de l'odeur de cette substance, suffit pour ôter aux renards jusqu'à la volonté de s'enfuir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contact d'une lessive de soude à 41°, sert dans la peinture en bâtiments, pour certaines encres d'imprimerie, et pour fabriquer des mélanges ou *graisses noires* qui remplacent avec économie les corps gras ordinaires pour lubréfier les roues de voiture, les engrenages de métiers et de machines, etc.

M. Krafft obtient une huile volatile incolore, très-propre à l'éclairage, non congelable, sans action sur les métaux, en soumettant la *vive essence* et l'*huile lourde* à une rectification sur 15 p. 100 de chaux éteinte. Le produit distillé est mis en contact pendant une heure, à deux reprises différentes, avec de l'acide sulfurique; on le décante, on le lave à l'eau chaude et on le distille une seconde fois, mais sur du noir animal. Cette nouvelle huile représente 40 p. 100 de la résine employée. Elle est bien supérieure aux huiles de schiste et de houille (1).

En faisant arriver un jet de vapeur surchauffée à la surface de la résine fondue, MM. Hunt et Pochin en effectuent la distillation intégrale, sans qu'il se forme aucun des produits dont il a été question précédemment. La résine, ainsi distillée, est à peu près incolore, presque inodore, et elle est bien supérieure à la résine ordinaire pour la fabrication des savons et des vernis.

Les résines sont toutes solubles dans l'alcool bouillant. Leurs dissolutions sont connues, depuis longtemps, sous le nom de *teintures*. L'eau en précipite sur-le-champ les principes résineux et leur donne l'apparence du lait, parce que ces principes se séparent en flocons blancs et opaques, qui restent longtemps en suspension. La teinture alcoolique du benjoin ou du baume de Tolu, mélangée avec l'eau, forme le *lait virginal* des parfumeurs, auquel ils attribuent la propriété de nettoyer et d'adoucir la peau.

Il est quelques résines, entre autres le *copal*, qui ne se dissolvent pas dans l'alcool froid. Leurs meilleurs dissolvants sont l'esprit de bois, la benzine, l'éther, le chloroforme, le sulfure de carbone, les huiles grasses et volatiles, les acides acétique et chlorhydrique.

Les solutions alcooliques ou éthérées d'un grand nombre de résines rougissent le papier de tournesol.

L'acide sulfurique, et surtout l'acide azotique, attaquent les sucs résineux avec énergie, et les convertissent en une substance

(1) En opérant avec les mêmes agents, mais employés en sens inverse, sur l'essence de térébenthine, M. Mathieu, de Marseille, est parvenu à la purifier et à la désinfecter. Ainsi, il l'agite avec 2 p. 100 d'acide sulfurique à 66° et, après une heure de repos, il décante la partie limpide qu'il distille sur un peu de carbonate de chaux. La nouvelle essence est limpide, très-fluide et ne conserve qu'une légère odeur empyreumatique qui disparaît par une seconde distillation sur une huile grasse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

particulière qu'on appelle *tannin artificiel*, à cause de certains rapports de propriétés qu'elle offre avec le tannin des végétaux.

A part quelques résines qui refusent de se combiner aux alcalis, toutes les autres se dissolvent facilement, surtout à l'aide de la chaleur, dans les lessives caustiques ou même carbonatées, et donnent naissance à de véritables sels, dans lesquels l'alcali est quelquefois complétement neutralisé. Les *résinates* de potasse et de soude moussent avec l'eau et peuvent être employés comme les savons ordinaires. De là, est venu l'usage, d'abord en Amérique, puis en Angleterre et en France, d'introduire dans certains savons communs, notamment dans les savons de suif, une certaine proportion de résine, 18,20 et même 30 p. 100, en sus du poids du corps gras, afin d'avoir des produits moins chers.

Les savons de résine ne sont pas précipités par le sel marin, comme les savons formés uniquement par les corps gras, aussi sont-ils employés de préférence à ces derniers à bord des navires. Voici comment on les fabrique le plus généralement :

On introduit dans une chaudière autoclave :

Suif	350 kil.
Résine sèche ou arcanson	150
Huile de palme	150
Lessive caustique (contenant 115 gr. de soude par kil.).	600

On chauffe soit directement à feu nu, soit à l'aide d'une double enveloppe recevant la vapeur d'un générateur ; on porte rapidement la température à +150°, et on la maintient à ce terme pendant une heure. La saponification est alors complète ; on fait couler le savon dans des moules.

Le savon de résine bien préparé a la composition suivante :

Soude	9
Acides gras	48
Résine	13
Eau	30
	100

En France, dans ces dernières années, on a tellement abusé de la résine et fabriqué si mal les savons dits *économiques*, que ces derniers sont tombés dans le plus grand discrédit.

En ayant égard à leur manière de se comporter avec les alcalis et le tournesol, on peut donc partager les résines en deux classes :

1. Les résines *acides* ou *négatives* (Ex. : térébenthine, sandaraque, copal de l'Inde, gomme-gutte, oliban, baume de Tolu, etc.);
2. Les résines *neutres* ou *positives* (Ex. : galbanum, opopanax, asa-fœtida, euphorbe, sagapenum, élémi, bdellium, scammonée, jalap, etc.).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résines sont très-employées en médecine. Plusieurs servent de matières colorantes aux peintres et aux teinturiers, telles que la *gomme-gutte* et la résine dite improprement *gomme-laque*. — La *sandaraque*, réduite en poudre fine, est d'un usage général pour donner du corps au papier qui a été aminci ou déchiré par le grattoir, et pour l'empêcher de boire l'encre.

Les résines aromatiques, et notamment les *baumes* de *benjoin*, de *Tolu*, du *Pérou*, etc., servent à composer différents aromates et des pastilles odorantes pour parfumer l'air. Les *clous fumants*, que vous voyez vendre sur les places publiques, sont un mélange de benjoin, de baume de Tolu, de santal citrin, de charbon et d'azotate de potasse, qu'on moule en pastilles au moyen d'un mucilage de gomme. Le *baume de la Mecque*, qu'on récolte dans l'Arabie Heureuse et l'Egypte, au moyen d'incisions qu'on pratique à la tige d'un petit arbre appelé *Amyris opobalsamum*, est si estimé chez les Turcs, comme parfum, que le Grand-Seigneur l'envoie en cadeau aux souverains. Chez les Orientaux, les femmes font un continuel usage de la résine dite *mastic*, qu'elles mâchent pour se fortifier les gencives et communiquer à leur haleine une odeur agréable. L'*oliban* ou l'*encens*, gomme-résine apportée, de tout temps, de l'Arabie, servait, dès l'antiquité la plus reculée, à parfumer les temples, coutume que l'Église catholique a adoptée. C'était la nécessité de masquer l'odeur désagréable qu'exhalaient les animaux sacrifiés dans les temples, qui fit naître l'usage de brûler de l'encens, car alors on ne connaissait pas d'autre moyen de purifier l'air et de le désinfecter.

Mais les usages industriels les plus étendus des résines, c'est la fabrication des savons, la préparation des *cires à cacheter* et des *vernis*. Disons quelques mots de ces deux dernières applications.

1. *Cires à cacheter*. — Les matières résineuses spécialement employées pour faire les cires à cacheter sont la résine-laque et la térébenthine ; on remplace une partie de la première, dans les cires communes, par de la colophane. On fond les matières à une douce chaleur, on y incorpore la substance colorante, qui est ordinairement une poudre minérale, puis on coule la masse dans des moules de fer-blanc dont l'intérieur est enduit d'huile ; après le refroidissement, on donne le poli aux bâtons en les passant rapidement à travers la flamme d'un fourneau ou d'une lampe à alcool.

On emploie comme colorant les poudres suivantes :

Pour le rouge..... cinabre ou vermillon ;
le noir..... noir de fumée ;
le jaune..... jaune royal ou oxychlorure de plomb ;
le brun ..... ocre rouge ;
le bleu..... bleu minéral, outremer ;
le vert..... vert-de-gris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On aromatise les belles cires avec le benjoin, le Tolu, le baume de Pérou.

Voici la recette d'une bonne cire à cacheter de couleur rouge :

Résine-laque en écailles.....	48	parties.
Térébenthine de Venise.....	12	—
Baume du Pérou.....	1	—
Vermillon.....	36	—

Les Indiens, qui récoltent dans leur pays la résine-laque, furent les inventeurs de la cire à cacheter. Les premiers échantillons de cette cire qui parvinrent en Europe furent portés à Venise, de là en Portugal, et enfin en Espagne. Ce dernier peuple en fit un grand commerce; voilà pourquoi cette composition porte encore le nom de *cire d'Espagne*. Ce n'est que sous le règne de Louis XIII que cette matière adhésive est devenue d'un usage un peu général. C'est en France qu'on prépare actuellement la meilleure cire à cacheter.

La *cire à sceller*, bien différente de la précédente, puisqu'elle s'applique à froid sur le papier, les tissus, le bois, qu'on veut recouvrir d'un cachet, est préparée avec 4 parties de cire blanche et 1 partie de térébenthine de Venise, qu'on fond ensemble et qu'on colore avec du vermillon. Avant d'appliquer cette matière plastique, on la ramollit en la malaxant.

2. *Vernis.* — Quant aux *vernis*, ce sont des liquides qui, étendus en couches minces sur les corps solides, donnent à leur surface un aspect brillant et agréable, tout en les préservant de l'action de l'humidité et de l'air qui pourraient les altérer.

Ces vernis sont des dissolutions de résines, de gommes-résines ou de baumes dans l'alcool, l'essence de térébenthine ou l'huile de lin cuite. Voici les différentes matières qui servent à les préparer :

LIQUIDES DISSOLVANTS.	SUCS RÉSINEUX SOLIDES.	COLORANTS.
Huile d'œillette.	Copal.	Gomme-gutte.
— de lin.	Succin.	Sang-dragon.
Essence de térében-thine.	Mastic.	Aloës.
	Sandaraque.	Safran.
— de romarin.	Laque.	Orcanette.
Alcool.	Élémi.	Cochenille.
Ether.	Benjoin.	Carthame.
Esprit de bois.	Colophane.	Curcuma.
Acétone.	Animé.	Rocou.
	Caoutchouc.	Vert-de-gris.
	Térébenthine.	

On peut partager les vernis en trois grandes classes, suivant la nature du dissolvant : *vernis à l'alcool, vernis à l'essence, vernis gras.* Je donnerai seulement quelques exemples de chacun d'eux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

II. — Vernis à l'alcool.

VERNIS POUR MEUBLES.

Copal tendre	90
Sandaraque	180
Mastic choisi	90
Térébenthine claire	75
Alcool pur	1000

VERNIS POUR INSTRUM. A CORDES.

Sandaraque	120
Laque en grains	60
Mastic	30
Benjoin en larmes	30
Térébenthine	120
Alcool pur	1000

VERNIS POUR LAITON.

Laque en grains	180
Succin fondu	60
Gomme-gutte	6
Extr. de santal rouge	1
Sang-dragon	35
Safran	2
Alcool pur	1000

VERNIS POUR ÉTIQUETTES.

Sandaraque	60
Mastic	180
Térébenthine	90
Alcool rectifié	1000

II. — Vernis à l'essence.

VERNIS POUR TABLEAUX RÉCENTS.

Mastic	360
Térébenthine	45
Camphre	15
Essence de térébenth.	1000

VERNIS MUTATIF POUR MÉTAUX ET BOIS.

Laque en grains	120
Sandaraq. ou mastic	120
Sang-dragon	15
Curcuma	2
Gomme-gutte	2
Térébenthine	60
Essence de térébenth.	980

VERNIS POUR LE BOIS DORÉ ET LES MÉTAUX.

Colophane	15
Succin	60
Elémi	30
Essence de térébenth.	375

VERNIS POUR LE FER.

Colophane	120
Sandaraque	180
Laque	60
Essence de térébenth.	120
Alcool rectifié	180

III. — Vernis gras.

BEAU VERNIS POUR LES PEINTRES.

Sandaraque	120
Mastic	30
Térébenthine	6
Huile de lin cuite	750
Essence de térébenth.	90

VERNIS POUR BOIS ET MÉTAUX.

Succin	500
Huile de lin	60
Huile de lin cuite	750

VERNIS JAUNE.

Résine blanche	60
Sandaraque	60
Aloës	30
Huile de lin cuite	500
Essence de térébenth.	q. s.

VERNIS DE COPAL.

Copal fondu	600
Mastic	18
Oliban	30
Huile d'aspic	23
Huile de lin cuite	1000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On désigne sous les noms de *vernis*, de *mastics*, *d'enduits hydrofuges*, des mélanges de cire, de résines, de corps gras, d'huile de lin cuite, qu'on utilise dans toutes les circonstances où l'on veut rendre imperméable l'intérieur des magasins, des caves, des appartements, préserver les murs de l'humidité. Ces mélanges empêchent ainsi la détérioration des peintures sur pierre et sur plâtre, et arrêtent la formation du salpêtre qui, comme on le sait, détruit très-promptement les murs, même les plus épais, et, en apparence, les plus solides.

Ces sortes de compositions ont été imaginées par Thenard et d'Arcet, en 1813. On les fait pénétrer dans les murs ou dans les plâtres au moyen d'une chaleur très-intense. Une belle application en a été faite à la coupole du Panthéon de Paris, et depuis 50 ans que cette coupole a été pénétrée du *mastic hydrofuge*, les belles peintures de Gros n'ont pas éprouvé la moindre altération (1).

Voici plusieurs recettes de ces sortes d'enduits :

N° 1. — On fait fondre 100 de cire jaune dans 300 d'huile de lin cuite avec 30 de litharge. — L'enduit, pénétrant dans la pierre à la profondeur de 12 millimètres, revient à 4 fr. par mètre carré.

N° 2. — 100 de savon de suif et de chaux dissous dans 400 d'huile de lin cuite avec 1/10 de son poids de litharge. — Cet enduit revient à 2 fr. 50 par mètre carré.

N° 3. — 100 de résine dissous dans 100 d'huile de lin cuite avec 10 de litharge. — Cet enduit ne revient qu'à 1 fr. 50 par mètre carré.

N° 4. — 300 de savon de suif et de chaux dissous dans 400 d'acide oléique. — Cet enduit coûte 2 fr. 25 par mètre carré.

N° 5. — Oléate de chaux, fait avec 100 d'acide oléique et 8 de chaux. — Cet enduit ne revient qu'à 1 fr. 74 par mètre carré.

On peut varier, du reste, à l'infini, la composition de ces mastics hydrofuges. La base essentielle consiste toujours en matières résineuses ou en corps gras, plus ou moins siccatifs (2).

Le *mastic de Dihl*, excellent pour remplir les joints des caisses des jardiniers fleuristes, réparer les fentes des murs, des revêtements extérieurs, pour rejointer les dallages dans les lieux humides, est préparé avec un mélange d'huile de lin cuite, de litharge et de ciment de terre à porce-

---

(1) Voici un nouvel exemple des avantages qu'on peut retirer de ces sortes de compositions. Pour mettre les fondements et la base de la tour du phare de Holyhead, sur les côtes d'Irlande, ou ce qu'on appelle le *south stack*, à l'abri de l'humidité et des dégradations qu'entraînait le contact continuel des vagues qui viennent en battre le pied, on imagina, après des essais infructueux, de suivre les conseils d'un vieux peintre en bâtiments, et d'enduire la base de la tour de deux couches de peinture à l'huile, mêlée de sable fin et de mine de plomb. Depuis lors, pas une goutte d'eau n'a traversé la muraille et n'a endommagé l'édifice. Ainsi naissent la plupart des industries, ainsi se développent presque toutes les expériences : par le hasard.

(2) Voir pour la composition et l'emploi des mastics hydrofuges les *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XXXII, p. 24 (1826) ; *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1826, p. 287 ; le *Recueil industriel de Moléon*, janvier 1844, p. 59, et juillet 1846, p. 55 ; le *Technologiste*, 1852, t. XIII, p. 193 ; les *Annales de l'Agriculture française*, octobre 1851, p. 160.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laine en poudre fine; on forme du tout une pâte un peu dure que l'on applique à la truelle en la comprimant. Cette pâte, délayée dans de l'huile de lin siccative et de l'essence de térébenthine, peut servir à peindre les bois qui doivent être exposés à l'air, mais il ne faut pas l'appliquer sur de grandes surfaces, car ce mastic se fendille fortement. Il faut aussi que les matières sur lesquelles on l'étale soient préalablement bien nettoyées et séchées, autrement il n'y aurait aucune adhérence.

QUARANTE-TROISIÈME LEÇON.

DES PRINCIPES RÉSINEUX (Suite). — CAOUTCHOUC.

SOMMAIRE. — Acides des baumes. — *Acide benzoïque* — De la *benzine* et de la *nitrobenzine*. — Du CAOUTCHOUC. — Propriétés curieuses de ce principe et ses nombreux usages. — Caoutchouc volcanisé et durci. — Glu marine. — De la GUTTA PERCHA et des services qu'elle rend. — PRINCIPES IMMÉDIATS COLORANTS OU MATIÈRES COLORANTES. — Explication de la couleur des corps. — Ce qu'on entend par *matières colorantes*. — Comment elles existent dans les substances organiques. — Liste de celles qui ont été isolées.

Acides des baumes. — Acide benzoïque.

Les résines aromatiques, qui sont connues vulgairement sous le nom de *baumes*, sont essentiellement caractérisées par la présence d'un ou de deux acides volatils, qu'on désigne sous les noms d'*acide benzoïque* et d'*acide cinnamique*.

Le premier existe seul dans le benjoin; le second, dans le styrax et dans le baume du Pérou liquide; les deux se trouvent réunis dans le baume de Tolu et dans le baume du Pérou solide.

L'acide benzoïque cristallisé a pour formule. $C^{14}H^{5}O^{3},HO$.
L'acide cinnamique ..... $C^{18}H^{7}O^{3},HO$.

Je dois vous dire quelques mots du premier.

C'est Blaise de Vigenère qui, le premier, reconnut, dans le courant du XVIe siècle, qu'en chauffant le *benjoin*, il se sublime des aiguilles odorantes et âcres, qu'il nomma *moelle* ou *aiguilles blanches*, *fleurs de benjoin*. On a retrouvé le même acide dans la sauge, la vanille, l'écorce de calamus aromatique, l'écorce du bouleau, les fleurs de mélilot, la flouve des champs, plusieurs champignons, le pois chiche, le bois de gaïac, le castoréum. On sait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aujourd'hui qu'il se forme par l'oxydation de l'huile volatile d'amande amère, par la réaction de l'acide azotique sur l'amygdaline et sur l'acide cinnamique, et dans plusieurs autres circonstances.

On peut se procurer très-facilement l'acide benzoïque, en soumettant le benjoin pulvérisé à l'action d'une douce chaleur dans une terrine vernissée, qu'on recouvre d'une feuille de papier buvard d'un tissu peu serré dont on colle les bords sur les parois extérieures et supérieures du vase. On place au-dessus un cône en carton, absolument comme pour la préparation de l'acide pyrogallique (*fig.* 417), et on entretient pendant trois à quatre heures un feu modéré sous la terrine. Pour mieux répartir la chaleur, il est préférable de poser sur le fourneau une plaque métallique qu'on recouvre de sable, et c'est sur ce bain qu'on met la terrine. L'acide benzoïque contenu dans la résine se réduit en vapeurs, qui passent à travers la feuille de papier et se condensent dans le cône, sous forme de belles aiguilles blanches et satinées, qui répandent une odeur agréable de vanille ou d'encens. Toutefois, cette odeur lui est étrangère, puisqu'en le faisant chauffer avec de l'acide azotique, qui ne l'altère pas, on parvient à le rendre complétement inodore.

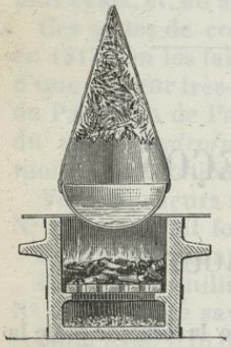


Fig. 417.

L'acide odorant est employé par les médecins. L'acide inodore et pur, neutralisé par la soude, sert à précipiter le peroxyde de fer de ses dissolutions, en raison de l'insolubilité parfaite du benzoate de peroxyde de fer. Mais c'est surtout par ses curieuses métamorphoses qu'il offre de l'intérêt. Ne pouvant vous les signaler toutes, je choisirai celles qui ont donné lieu à d'utiles applications.

De la benzine.

Lorsqu'on fait passer l'acide benzoïque en vapeur sur de la pierre ponce chauffée au rouge, ou lorsqu'on chauffe modérément dans une cornue le même acide mêlé à trois fois son poids de chaux éteinte, il se dédouble, d'une manière très-nette, en deux produits : acide carbonique et carbure d'hydrogène liquide, ainsi que l'équation suivante l'explique :

$$\underset{\text{Acide benzoïque cristallisé.}}{C^{14}H^5O^3,HO} = 2CO^2 + C^{12}H^6.$$

Ce carbure d'hydrogène, analogue aux essences hydro-carbonées, est ce qu'on appelle *benzine*, *benzol*, *benzène*, *phène*, *hydrure*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de phényle. M. Faraday qui l'a découvert, en 1825, dans les produits de la distillation de la houille, lui avait donné le nom de *bicarbure d'hydrogène*. C'est M. Mitscherlich qui, en 1833, lui a imposé le nom de BENZINE, qui a été généralement adopté.

Cette substance se produit aussi dans la distillation sèche d'un grand nombre de matières végétales, principalement dans celle des huiles grasses, des résines, de la houille; elle existe en proportions notables dans le goudron des usines à gaz, et c'est actuellement de cette matière qu'on l'extrait pour les besoins de l'industrie. Pour cela, on soumet ce goudron à la distillation, en fractionnant les produits. Les parties les plus volatiles, qu'on désigne sous le nom d'*huile de goudron légère*, renferment, outre la benzine, trois autres carbures d'hydrogène, dont les points d'ébullition sont plus élevés. En exposant ce mélange à une nouvelle distillation, effectuée à la température de 100°, on parvient à isoler la benzine, qui distille à + 86°. Mais comme elle est encore impure, on la met en contact, pendant quelques heures, avec de l'acide sulfurique à 66°, en l'agitant vivement, et en renouvelant l'acide jusqu'à ce qu'il ne se produise plus de coloration; on lave l'huile décantée avec de l'eau pure, puis avec une lessive alcaline faible, enfin on la distille, en recueillant à part tout ce qui passe au-dessous de + 86°.

Lorsque la benzine se colore rapidement en brun par le contact de l'air ou de la lumière, c'est une preuve qu'elle renferme encore des matières étrangères. On la soumet à de nouveaux lavages avec l'acide sulfurique, l'eau et les alcalis, et quand elle est sans action sur le tournesol, on la filtre au papier, ou mieux encore, on la distille au bain-marie.

La benzine est liquide, incolore, d'une saveur sucrée, d'une odeur agréable et éthérée; celle du commerce, toujours impure, a une odeur de goudron. Lorsqu'on l'expose à un froid de 0°, elle se prend en masse cristalline, quelquefois en lames disposées en feuilles de fougère.

Sa densité est de 0,85. Son point d'ébullition est entre + 80 et 86°. Elle est à peine soluble dans l'eau, mais un peu plus dans l'alcool, l'esprit de bois et l'éther.

Elle dissout le soufre, le phosphore, surtout à l'aide de la chaleur. Elle dissout aussi très-bien l'iode, mais non le brôme; aussi M. Moride, de Nantes, l'a-t-il proposée comme un moyen de séparer ces deux corps, et même, pour doser l'iode.

Elle dissout parfaitement bien les corps gras, la cire, les résines, les goudrons, mastics et peintures, et comme elle ne se résinifie pas, qu'elle ne laisse aucune trace apparente sur l'objet qui en a été imprégné, on l'emploie maintenant avec succès à la place des essences, dans l'art du dégraisseur. Elle offre l'avantage de pouvoir être appliquée sur toutes les étoffes, quelque précieuses qu'elles soient, sans nuire au lustre ni aux couleurs, même les plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tendres. Les dames l'ont adoptée pour le nettoyage des gants.

Comme elle est très-inflammable et qu'elle brûle avec une flamme brillante, on avait pensé à l'utiliser pour l'éclairage; mais, seule, elle répand trop de fumée; son mélange avec le double de son volume d'alcool rectifié peut servir à l'alimentation des lampes et donne une bonne lumière non fuligineuse; c'est là, toutefois, un éclairage trop coûteux. Le gaz hydrogène, si peu éclairant par lui-même, donne une flamme éclatante, lorsqu'avant de le faire arriver dans l'air où on l'allume, il a traversé une couche de benzine. C'est ce que vous allez voir au moyen du petit appareil ci-contre (*fig.* 418). Le gaz produit par le zinc, l'acide sulfurique et l'eau, dans le flacon F, arrive au fond de l'éprouvette E, qui renferme une certaine quantité de benzine; il s'en sature et lorsqu'il brûle à l'extrémité du tube effilé T, il émet une grande clarté. Pour cette application, il n'est pas nécessaire que la benzine soit pure; l'huile de goudron légère, comme tout autre carbure d'hydrogène liquide, l'essence de térébenthine, peuvent très-bien la remplacer.

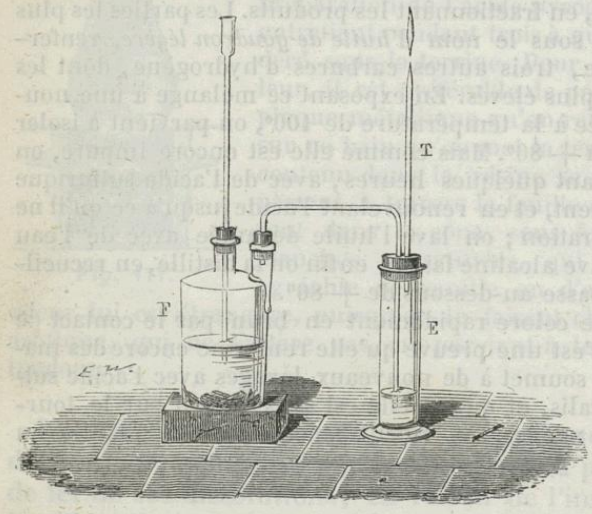


Fig. 418.

La benzine a la composition suivante :

Carbone	92,30	ou 12	équivalents.
Hydrogène.....	7,70	6	—
	100,00	1	équivalent.

Sa formule est donc $C^{12}H^{6}$.

Elle est susceptible d'un grand nombre de transformations curieuses; il n'en est, cependant, qu'une seule sur laquelle j'arrêterai un instant votre attention.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De la nitrobenzine.

Quand on traite la benzine par l'acide azotique fumant, et, qu'au bout de quelque temps, on ajoute de l'eau au mélange, il s'en sépare un liquide jaunâtre, d'une densité de 1,2090, bouillant à + 213°, et se solidifiant à 0° en aiguilles cristallines. C'est un produit nitré, à odeur très-agréable, rappelant celle de l'essence d'amande amère ; il a reçu le nom de *nitrobenzine*. Sa formation s'explique par l'équation suivante :

$$\underset{\text{Benzine.}}{C^{12}H^{6}} + AzO^{5},HO = \underset{\text{Nitrobenzine.}}{C^{12}H^{5}(AzO^{4})} + 2HO.$$

La nitrobenzine est donc de la benzine dans laquelle un des équivalents d'hydrogène est remplacé par 1 équivalent d'acide hypoazotique (AzO^{4}) ; il s'est formé 1 équivalent d'eau.

La nitrobenzine a été obtenue, pour la première fois, en 1834, par M. Mitscherlich. Plus tard, Laurent signala le même produit dans la réaction de l'acide azotique sur les huiles légères de houille. Dans le courant de 1848, M. Colas, pharmacien de Paris, se mit à la fabriquer en grand avec ces huiles bien rectifiées, afin de la substituer à l'essence d'amande amère, dont le prix est toujours fort élevé, et il la livra au commerce sous le nom d'*essence de mirbane*. Son usage a été adopté dans la parfumerie; on en fait aujourd'hui une énorme consommation pour aromatiser les savons, les pommades dites à l'*amande amère*, et même les bonbons. Quand cette essence artificielle a été rectifiée avec soin, de manière à l'avoir limpide et incolore, elle possède une odeur suave et qui se confond parfaitement avec celle de l'essence naturelle d'amande amère.

Je vais produire sous vos yeux, en moins d'une demi-heure, ce dérivé intéressant de la benzine, en faisant passer d'une manière continue un courant de gaz d'éclairage, fabriqué soit avec la houille, soit avec la résine, à travers de l'acide hypoazotique. Cet acide ne tarde pas à s'échauffer fortement, tandis que le gaz qui s'en échappe et qu'on enflamme ne brûle plus avec le même éclat qu'auparavant. C'est qu'il a été entièrement dépouillé par ce traitement de toute la benzine qu'il renfermait, et dont la quantité très-considérable dans le gaz de résine contribue singulièrement à l'intensité de la lumière de la flamme. Si, après vingt-cinq à trente minutes, j'étends l'acide d'une grande quantité d'eau, vous verrez au fond du vase se réunir une couche assez épaisse d'une huile, qui, lavée à grande eau et avec une solution de carbonate de soude, vous offrira l'odeur suave et tous les caractères de l'*essence de mirbane*. C'est, en effet, de la nitrobenzine. Ce procédé rapide et commode pour la démonstration, a été indiqué, en 1855, par le chimiste allemand Bœttger.

A la suite des essences et des résines, je place deux substances

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui s'en rapprochent considérablement sous les rapports de l'origine, de la composition chimique et des propriétés. Ce sont le *caoutchouc* et la *gutta-percha*.

Du caoutchouc.

En 1736, La Condamine, envoyé au Pérou par le gouvernement français pour la mesure d'un degré du méridien, vit à Cayenne et au Brésil une singulière substance dans les mains des indigènes qui en faisaient des flambeaux, des chaussures, des tissus imperméables, des bouteilles, et même des seringues. Le savant mathématicien envoya cette substance en France sous le nom de *gomme élastique*, et bientôt les dessinateurs en adoptèrent l'usage pour enlever les traces de crayon sur le papier et le parchemin, de même que les enfants s'en servirent pour faire des pelotes ou balles élastiques. Cette prétendue gomme est ce que nous appelons aujourd'hui le *caoutchouc*, dont les arts tirent un si merveilleux parti.

Cette matière existe en dissolution dans la sève d'un grand nombre de plantes de l'Amérique méridionale, des Indes orientales et de l'Afrique. Au Mexique, dans la province de Para au Brésil, à la Guyane, on la retire principalement de l'arbre désigné par les botanistes sous le nom de *Siphonia elastica* ou *cahuchu* (*fig.* 419). Dans les Indes orientales, notam-



Fig. 419.

ment à Java, à Singapore, à Assam, à Penang, on l'extrait de différents figuiers très-grands (*ficus indica, ficus elastica*) qui forment d'immenses forêts.

En pratiquant sur le tronc de ces arbres des incisions transversales depuis la base jusqu'aux branches les plus élevées, il en découle un suc laiteux qui tient en suspension 31 pour 100 de caoutchouc. Dans les régions

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

équatoriales de l'Amérique, on l'applique couche par couche sur des moules de terre de diverses formes; on fait sécher chaque couche au soleil ou à la fumée avant d'en ajouter une autre, et lorsque l'épaisseur est suffisante, on brise le moule, en faisant sortir les débris par une ouverture laissée au vase ou à l'objet fabriqué. Au Para, c'est sur une pelle de bois, trempée dans le suc laiteux, qu'on fait sécher les couches qu'on superpose, et, en coupant à ses deux extrémités latérales l'espèce de fourreau ainsi produit, on a des lames ou feuilles d'une teinte uniforme brunâtre qui valent, dans le pays, depuis 2 jusqu'à 4 fr. le kilogramme.

Le caoutchouc du Para et de la Guyane est le plus estimé; celui de Java renferme habituellement jusqu'à 20 pour 100 de terre, sable et débris végétaux; celui du Gabon est encore moins bon; il a une consistance glutineuse. On importe actuellement des uns et des autres, en France, pour plusieurs millions de francs. L'Angleterre et surtout les États-Unis en consomment des quantités bien plus considérables.

Les caoutchoucs trop impurs pour pouvoir être réduits directement en fils ou en feuilles, sont soumis à une purification, imaginée par Nickel, en 1837. Elle consiste à les exposer à l'action de cylindres, munis de dents tournant en sens inverse avec une vitesse inégale et qui leur font éprouver une espèce de mastication. Pendant ce temps, on fait arriver dans ces appareils un petit filet d'eau, qui entraîne peu à peu les matières étrangères écrasées par le laminoir, tandis que les morceaux de caoutchouc purifié se soudent les uns aux autres. En exposant ensuite ces masses informes à une nouvelle mastication, mais faite cette fois à sec, elles se ramollissent par la chaleur développée par la compression, et ne forment plus bientôt qu'une matière homogène; on introduit celle-ci dans des moules de fonte où on la comprime fortement au moyen de presses hydrauliques très-puissantes, jusqu'à ce que le refroidissement soit complet. On obtient ainsi des blocs rectangulaires que l'on travaille ensuite mécaniquement pour en faire des fils de diverses grosseurs, des plaques ou feuilles de plus en plus minces et légères.

Le caoutchouc pur est un principe spécial, formé uniquement de carbone et d'hydrogène, dans les rapports suivants :

Carbone.....	87,5	ce qui correspond à C^8H^7.
Hydrogène.....	12,5	
	100,0	

Il est incolore et transparent, sans odeur ni saveur; sa densité varie de 0,919 à 0,942. Il est inaltérable à l'air (1). Il est mou, flexible et tellement élastique qu'un fil de cette substance peut

(1) A la longue, et surtout lorsque la température de l'air est élevée, le caoutchouc éprouve des altérations spontanées dont M. Payen a constaté plusieurs effets; la substance exhale une odeur piquante, très-sensible en vases clos; en même temps, elle devient plus molle, moins résistante, quelquefois même facile à rompre. Cette altération semble avoir de l'analogie avec celle des corps gras qui deviennent *rances*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

être allongé, à la température ordinaire, de sept fois sa longueur sans se rompre.

Il prend feu promptement au contact d'une flamme, brûle avec rapidité, en répandant une fumée très-épaisse, dont l'odeur n'est pas désagréable.

Il entre en fusion à + 235° et peut alors supporter, sans se décomposer, une température bien plus élevée. Après le refroidissement, il est onctueux, gluant et demi-liquide comme la térébenthine ; il conserve cet état pendant des années, à moins qu'il ne soit exposé à l'air sous forme de pellicules minces ; il se dessèche et alors devient dur. Il en résulte que le caoutchouc fondu peut servir avec un succès complet à remplacer le suif et les corps gras pour suifer les robinets. Un bouchon de liége enduit de caoutchouc fondu devient tout à fait imperméable.

A la distillation sèche, le caoutchouc fournit 88 à 92 pour 100 d'une huile empyreumatique, mélange de divers carbures d'hydrogène solides et liquides, qui dissout parfaitement cette même substance ; mais son prix élevé n'a pas permis d'en tirer parti.

Le caoutchouc est insoluble dans l'eau froide ou chaude. Il ne fait que se ramollir dans cette dernière. Dans cet état de ramollissement, si on le coupe et qu'on en rapproche les deux sections, elles se collent et contractent une adhérence telle, qu'on déchirerait plutôt qu'on ne séparerait les portions réunies.

C'est par ce moyen qu'on a préparé pendant longtemps les sondes élastiques pour la chirurgie, et les tubes à gaz des laboratoires. Ces derniers sont précieux, parce qu'ils ne sont nullement attaqués par les gaz acides et alcalins, par le chlore qui les traversent ; mais la vapeur d'eau les ramollit et en diminue beaucoup la ténacité. Par les mêmes raisons, les ballons ou vessies en caoutchouc sont très-convenables pour conserver les gaz. On les obtient en ramollissant d'abord une poire dans l'éther, ou simplement dans l'eau bouillante, y soufflant ensuite de l'air avec précaution, et laissant sécher lorsque la poire a acquis l'extension convenable. On fabrique aujourd'hui à Paris une grande quantité de ces ballons, qu'on gonfle par l'hydrogène, pour l'amusement des enfants ; on les entoure d'un réseau ou on les recouvre d'un vernis rouge à la dextrine.

Insoluble dans l'esprit-de-vin, à peine soluble dans les huiles grasses, le caoutchouc se dissout très-bien dans l'éther, quand il a été auparavant ramolli par l'eau bouillante. Toutes les essences anhydres, la benzine, le sulfure de carbone additionné de 6 à 8 pour 100 d'alcool absolu, le chloroforme, et les huiles rectifiées qu'on obtient par la distillation du bois, du goudron, des résines, de la houille, sont aussi de très-bons dissolvants ; ces dernières, les moins chères, lui communiquent malheureusement une forte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

odeur et la propriété d'adhérer. Hérissant paraît être le premier chimiste qui ait indiqué le moyen de dissoudre le caoutchouc, en 1763.

C'est avec des dissolutions de caoutchouc dans l'essence de térébenthine anhydre ou dans l'huile de houille, que pendant longtemps on a imperméabilisé les différents tissus pour en faire des manteaux, des habits, des coiffes de chapeaux, des tabliers de nourrice, etc. Le procédé consistait à interposer une couche de dissolution pâteuse entre deux pièces d'étoffe de mêmes dimensions, qu'on comprimait, qu'on exposait à un courant de vapeur d'eau, et qu'on séchait ensuite ; mais on n'obtenait ainsi que des vêtements lourds, d'une odeur désagréable, et d'un prix assez élevé. Aujourd'hui, on emploie des étoffes légères, qu'on double avec des feuilles de caoutchouc excessivement minces. Quoi qu'il en soit, ces tissus imperméables ont le grave inconvénient d'empêcher la transpiration du corps de s'échapper (1).

Le caoutchouc perd son élasticité par le froid, et il devient tellement dur qu'on ne peut plus s'en servir. D'un autre côté, par une chaleur de 25 à 30 degrés, il s'amollit, devient trop extensible et adhésif; de sorte que, dans les pays chauds, on ne peut pas plus tirer parti de ses merveilleuses propriétés élastiques que dans les pays froids.

M. Charles Goodyear, de New-York, un peu avant 1842, et, peu de temps après, M. Thomas Hancok, de Newington près de Londres, découvrirent les moyens de rendre permanente à toutes les températures l'élasticité naturelle du caoutchouc. Ces moyens consistent à l'imprégner d'une petite quantité de soufre, et à l'exposer ensuite à une température de + 150°. On en fait alors ce qu'on désigne par le nom fort impropre de *caoutchouc volcanisé*.

On arrive à ce résultat par divers moyens.

1. Le premier procédé de Hancok consiste à tremper dans du soufre fondu le caoutchouc que l'on veut modifier. Il absorbe, en raison de sa porosité, les 15 centièmes de son poids de soufre ; au bout de 15 à 16 minutes on l'expose à une température de 150 à 160°, et dès lors il acquiert des propriétés nouvelles : ainsi, il n'est plus soluble dans les véhicules qui dissolvent le caoutchouc ordinaire; il s'en imprègne seulement et se gonfle par leur contact comme une membrane animale que l'on humecte d'eau; il ne se soude plus avec lui-même ; il résiste, sans éprouver

(1) Il paraît que déjà, en 1793, un nommé Besson fabriquait en France ces sortes de tissus. Un sieur Champion s'en occupa également en 1811 ; mais ce n'est qu'entre les mains de Mackintosh et Hancok, de Glasgow, que cette industrie a pris, depuis une quarantaine d'années, un développement remarquable. MM. Rattier et Guibal ont importé leurs procédés en France. C'est aux Indiens qu'est due l'invention des tissus imperméables au moyen du caoutchouc ; ceux qu'ils fabriquent sont au moins égaux aux nôtres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'altération, à la température qui aurait transformé le caoutchouc ordinaire en une matière poisseuse ; le froid ne le durcit plus ; en un mot, c'est, pour ainsi dire, une substance nouvelle.

2. Un procédé de volcanisation, plus employé, consiste à mêler le caoutchouc en feuilles, avec 10 à 12 p. 100 de son poids de soufre fondu, à + 120° et à le pétrir dans les appareils masticateurs dont je vous ai parlé précédemment; on façonne ensuite la pâte, on la moule, ou on l'étend en feuilles, sur ou entre des tissus, et on soumet le tout à une température de + 150 à 160° pour produire la volcanisation.

3. Il est plus commode et plus prompt d'immerger les objets confectionnés, ainsi que Parkes l'a enseigné en 1846, dans du sulfure de carbone contenant 1/40 de chlorure de soufre ; au bout d'une minute, on sèche à + 22 ou 25°, puis on plonge une seconde fois les objets dans les mêmes liquides pendant une minute 1/2 ; on les fait sécher de nouveau, on les lave avec une faible solution alcaline, puis dans de l'eau pure.

Le bromure de soufre est préférable au chlorure, en ce qu'il ne rend pas, comme ce dernier, le caoutchouc dur et cassant, ni susceptible de s'émietter au bout de quelques mois.

4. On a constaté, plus récemment, qu'on obtient encore de meilleurs résultats par l'emploi d'une dissolution de polysulfure de potassium à 25°, dans laquelle on fait plonger le caoutchouc et que l'on élève, dans un vase clos et résistant, à la température de + 150° maintenue pendant 3 heures. Les produits sont ensuite lavés dans une eau alcaline ou dans l'eau pure, et l'on parvient ainsi à éviter les inconvénients qu'entraîne une sulfuration trop abondante de la matière organique.

Si les applications du caoutchouc ordinaire sont très-nombreuses, celles du caoutchouc volcanisé le sont encore davantage : cela est dû à son imperméabilité absolue, à sa souplesse, à son inaltérabilité, et à sa facilité à prendre toutes les formes. On en fait des tubes de toutes grosseurs pour les gaz et les liquides, des lanières pour communication de mouvements, des appareils chirurgicaux, des coussins élastiques, des ressorts, des rondelles d'ajustage, qui remplacent le plomb, le papier, le carton, le mastic, et une foule d'autres objets.

Dans ces dernières années, M. Goodyear a encore agrandi le champ des applications, en convertissant le caoutchouc volcanisé, si extensible et si mou, en un produit dur et rigide comme le marbre, pouvant acquérir un beau poli, et se prêter à toutes les formes qu'on donne habituellement au buffle et à l'ébène. Son procédé est fort simple, puisqu'il consiste uniquement à combiner au caoutchouc, réduit en pâte par une chaleur de + 150°, le cinquième environ de son poids de soufre. Le mélange acquiert ainsi une dureté telle, qu'on peut en faire des crosses de fusil, des manches de couteau, des meubles, des instruments de musique, des candélabres, des molettes à imprimer, des mesures métriques, des bobines et navettes, des peignes à tisser, des planches pour doubler les navires, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il serait, au reste, trop long de vous énumérer les nombreux services que nous rend le caoutchouc sous ses divers états. D'ailleurs, vous les connaissez presque tous, et vous en profitez journellement. Mais ce qui a augmenté l'utilité de cette substance, c'est la possibilité d'en composer des vernis, des peintures inaltérables, et des mastics très-adhésifs. On rend toutes les peintures à l'huile brillantes et inaccessibles aux intempéries de l'air, en ajoutant à chaque kilogramme de couleur prête à être employée 12 grammes d'une dissolution de caoutchouc dans l'huile de pétrole blanche. Cette dissolution se prépare au bain-marie, dans une chaudière close, avec 1 kilog. de caoutchouc pour 10 litres d'huile. C'est M. Martiny, de la Madeleine, près Lille, qui a indiqué ce moyen très-simple de prolonger la durée des peintures.

En 1842, M. Jeffery a fait connaître, sous les noms de *colle navale* et de *glu marine*, une composition très-adhésive, élastique, insoluble dans l'eau, destinée à faire joindre ou adhérer les bois de constructions maritimes, et qu'on peut appliquer, du reste, à tous les cas où il s'agit d'opérer un rapprochement intime entre des bois, des pierres, des tissus. Cette colle est préparée en dissolvant 2 à 4 parties de caoutchouc dans 34 parties d'huile de houille, et ajoutant au caoutchouc pâteux 62 à 64 parties de résine laque pulvérisée. On chauffe le tout jusqu'à fusion complète et mélange intime, puis on coule en plaques. Pour faire usage de cette colle, on la porte dans un vase de fer à la température de + 120°, et on l'applique chaude, à l'aide d'une brosse, sur les parties qu'on veut réunir.

De la gutta-percha.

Il vient de Singapore et de la Chine, depuis 1843, une substance qui a beaucoup de rapport avec le caoutchouc, qui en a même la composition élémentaire, C^8H^7, d'après Soubeiran : c'est ce qu'on appelle la *gomme de Sumatra*, la *gomme Gettania*, ou la *gutta-percha*.

Cette matière existe dans la séve descendante d'un grand arbre, l'*isonandra percha*, qui croît dans toute l'Asie équatoriale, notamment à Singapore, à Bornéo et dans les autres îles malaises. Pour l'extraire, on abat l'arbre, on place sous son tronc soulevé des feuilles de bananier, pour recevoir le suc laiteux qui s'écoule des incisions pratiquées dans l'intérieur de l'écorce ; on fait évaporer ce suc à l'air en couches minces qu'on réunit ensuite en les superposant pour en former des masses irrégulières plus ou moins épaisses, de couleur rouge ou grisâtre. Un arbre abattu peut donner, dit-on, 18 kilogrammes de gutta-percha brute.

Cette substance arrive en Europe sous la forme de poires ou de pains, du poids de 1 à 5 kilogrammes, qui paraissent composés de feuilles enroulées ou superposées, dures, coriaces, mais plus ou moins friables,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

circonstance due à la présence de l'eau, dont la quantité s'élève parfois jusqu'à 30 pour 100. On y trouve aussi interposés de la terre, des pierres et des débris ligneux. On les épure, en coupant les masses brutes en tranches au moyen d'une puissante machine, divisant celles-ci par une sorte de râpage dans l'eau froide, puis pétrissant et malaxant la matière sous un mince filet d'eau, qui entraîne et délaye la terre et les pierres écrasées, en même temps qu'elle dissout les matières organiques et les sels solubles. On achève l'épuration à l'eau tiède dans plusieurs bassins, on dessèche ensuite et l'on agglomère le produit en masse pâteuse, en le chauffant à + 110° environ, dans une chaudière à double enveloppe, chauffée par la vapeur.

La gutta-percha, ainsi préparée, devient assez molle pour être adhésive et facile à souder. Laminée en feuilles ou en plaques de toute épaisseur, étirée en tubes de différents diamètres, moulée sous toutes sortes de formes, elle acquiert, après s'être lentement refroidie, une solidité et une ténacité très-grandes. Toutefois il importe de savoir qu'une petite quantité d'eau interposée suffit pour empêcher l'adhérence entre ses parties ou compromettre la résistance de ses soudures.

La gutta-percha, complétement débarrassée de toutes les matières accessoires qui l'accompagnent, se compose, suivant M. Payen, de trois principes immédiats nettement caractérisés : une substance spéciale reproduisant les principaux caractères de la gutta-percha commerciale, formant plus des 3/4 de la masse totale, et deux résines indifférentes, l'une en cristaux blancs, nommée *albane* (14 à 16 pour 100), l'autre amorphe, jaune et très-fusible, nommée *fluavile* (4 à 6 pour 100).

Comme le caoutchouc, la gutta-percha est insensible à l'action de l'air, de l'humidité, de l'eau froide, de même qu'aux diverses influences qui excitent les fermentations; mais elle peut être amollie, éprouver une sorte de fusion pâteuse, superficielle, par les rayons solaires de l'été.

Aux températures ordinaires de notre climat, de 0° à + 25°, elle est douée d'une ténacité aussi forte, à peu près, que celle des gros cuirs, et d'une flexibilité un peu moindre. Elle s'amollit et devient sensiblement pâteuse vers + 48°, quoique très-consistante encore. Sa ductilité est telle, aux températures de + 45 à 60°, qu'on peut aisément la laminer en feuilles minces, l'étirer en fils ou en tubes. Sa souplesse et sa ductilité diminuent à mesure que la température s'abaisse. Dans l'eau bouillante, elle devient presque fluide, si bien qu'on peut lui faire prendre la forme que l'on veut, la mouler, et, lorsqu'on la retire de l'eau, elle perd ses propriétés, tout en conservant, sans altération, les formes qu'on lui a données, et elle devient alors plus dure que la corne et le bois. Son moulage, facilité par la température et la pression, peut reproduire les plus fins détails et le poli des moules ; aussi est-ce principalement avec elle que les galvanoplastes prennent en creux les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

empreintes des médailles et autres objets qu'ils veulent reproduire en métal.

Elle ne possède, du reste, à aucune température, cette extensibilité élastique qui caractérise le caoutchouc.

La gutta est à peine attaquée par les huiles, l'alcool et l'éther.

Les huiles volatiles, l'huile de houille, la benzine, la dissolvent partiellement à froid, mais presque en totalité à chaud. Le sulfure de carbone et le chloroforme la dissolvent facilement à froid, et à chaud ils en prennent des proportions notables.

L'acide azotique concentré l'attaque très-vivement; les acides sulfurique et chlorhydrique ont aussi sur elle une certaine action et la rendent cassante. Les alcalis concentrés sont sans action.

C'est en 1842 que la découverte de cette singulière substance fut faite par un Anglais, le docteur Montgommerie, qui vit à Singapore différents ustensiles fabriqués avec elle par les indigènes; il s'en procura une certaine quantité, et en reconnut les principales propriétés.

Les Indiens l'appliquent à la préparation des toiles imperméables, des chaussures, des manches d'outils, d'instruments divers, et d'une foule d'ustensiles de ménage. Ses propriétés physiques l'appellent à jouer le rôle du cuir, qu'elle surpasse par la faculté de se ramollir dans l'eau chaude, et de reprendre la dureté du bois au-dessous de + 50°. Tous les objets fabriqués en gutta-percha sont résistants, non fragiles, et, lorsqu'ils sont hors de service, il suffit de les tremper dans l'eau chaude pour les raccommoder ou pour les faire servir à une nouvelle fabrication. Un autre avantage, c'est que les objets en gutta-percha ne subissent aucun changement dans les climats chauds et humides, tandis que les objets en caoutchouc deviennent à peu près inutiles dans ces localités.

Il n'en fallait pas tant pour attirer l'attention du commerce anglais; aussi, depuis 1844, s'expédie-t-il de très-grandes quantités de cette substance en Angleterre; l'on craint même déjà que l'exploitation inconsidérée des arbres qui la produisent n'amène prochainement leur extinction totale dans les pays où ils croissent.

Les applications de la gutta-percha sont devenues innombrables en Europe. On en fait des courroies pour les transmissions de mouvements dans les machines; des fils, cordes et lanières pour former des ligatures tenaces qui résistent parfaitement à l'humidité; des tubes et tuyaux de tous calibres pour la conduite des liquides; des feuilles excessivement minces pour interposer entre les doublures des vêtements; des cannes, des fouets, des cravaches, des rouleaux pour l'impression typographique, des vases de toutes formes, des instruments de chirurgie et cent autres objets d'utilité ou d'ornement. On confectionne aussi avec la même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

substance des tubes acoustiques et des tubes servant à soutenir les fils électriques des télégraphes sous-marins, car c'est encore une des remarquables propriétés de la gutta-percha, lorsqu'elle est pure, d'être aussi peu conductrice de l'électricité que la résine ou le verre. MM. Bickford-Davey-Chanu et Cie, des Chartreux, près Rouen, garantissent de toute humidité leurs fusées de mine, en les recouvrant d'une couche mince de gutta-percha, si bien qu'elles peuvent brûler sous l'eau aussi facilement que dans les terrains secs.

Plus récemment, on a eu l'idée de soumettre la gutta-percha à la volcanisation, soit seule, soit mélangée avec deux fois son poids de caoutchouc, et on lui a communiqué plus de fermeté, plus de résistance aux températures élevées, si bien qu'elle est devenue propre à la confection des chaussures, des rondelles de robinets, des obturateurs et soupapes pour les appareils à eaux gazeuses, etc.

La solution de gutta-percha dans le sulfure de carbone, décolorée par le noir animal à une douce chaleur, laisse déposer par son évaporation sur une surface de verre des lames très-minces, homogènes, d'une blancheur qui les fait ressembler à de l'ivoire, et qui présentent l'aspect et la demi-transparence du papier. M. Perrot a pu s'en servir pour tirer des épreuves de gravure et de lithographie. En chauffant ces feuilles au-dessus de + 60°, leur porosité diminue et elles ont alors l'aspect du papier huilé.

Je m'arrête ; j'en ai dit assez pour vous faire comprendre l'importance de cette singulière substance, qui, non moins précieuse que le caoutchouc, est devenue indispensable à l'industrie et à l'économie domestique. L'importation en France de ces deux matières brutes s'est élevée à plus d'un million de kilogrammes. En 1830, on ne recevait encore que 16,483 kilog. de caoutchouc !

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUATRIÈME SECTION.

Principes immédiats colorants ou Matières colorantes.

La nature a répandu avec profusion sur les plantes et les animaux une variété infinie de couleurs qui rivalisent souvent, par leur éclat et leur pureté, avec les nuances de l'arc-en-ciel. Ce phénomène de coloration présenté par les matières organiques a, dans tous les temps, attiré l'attention des observateurs et éveillé leur curiosité sur la cause qui le produit.

Admettant, d'abord, qu'il était dû à une substance particulière créée dans l'intérieur des organes et plus ou moins modifiée par les agents extérieurs, les anciens chimistes reconnurent un *principe colorant unique*, qu'ils ne purent, toutefois, obtenir à l'état de liberté. Mais, en étudiant mieux les caractères de ces couleurs si diverses, en comparant leur manière d'être, et en apprenant à les isoler des cellules organiques où elles sont déposées, leurs successeurs ne tardèrent pas à s'apercevoir qu'il y avait, pour ainsi dire, autant de *principes colorants* que de couleurs distinctes; car on ne saurait confondre sous un même type le rouge vif de la cochenille, le jaune de la gaude et le bleu si intense de l'indigo.

Cette variété de nuances des tissus animaux et végétaux fut, dès lors, attribuée à la différence de constitution chimique des matières colorées ou colorantes qu'ils renferment, et l'on parvint, peu à peu, à l'aide de recherches patientes et laborieuses, à mettre hors de doute l'existence de principes immédiats de nature variable, qu'on réunit dans une seule classe, sous les noms génériques de *matières colorantes* et de *principes colorants*.

Avant d'aller plus loin, il est convenable de vous apprendre, Messieurs, quelle est la véritable cause de la couleur des corps. Ce sujet appartient, il est vrai, à la physique; mais je ne puis me dispenser de vous en parler. Je le ferai, toutefois, très-brièvement.

L'impression que la lumière réfléchie par une surface fait sur l'organe de la vue, est ce qu'on appelle une *couleur*.

Newton, célèbre physicien anglais du XVIIe siècle, reconnut, le premier, qu'en faisant passer un rayon de lumière à travers un prisme triangulaire de verre, ce rayon produit une image ou *spectre* composé de sept rayons différemment colorés et disposés, les uns par rapport aux autres, dans l'ordre suivant : *rouge*, *orangé*, *jaune*, *vert*, *bleu*, *pourpre*, *violet*. Il en tira cette conclusion,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

admise généralement depuis, que la lumière blanche est composée des sept couleurs précédentes.

Parmi les corps de la nature, les uns *absorbent* complétement les sept rayons lumineux qui tombent sur eux, et, dès lors, ils sont *noirs*, tandis que d'autres les *réfléchissent* ou les renvoient de leur surface, et, dans ce cas, ils sont *blancs*. Mais il est des substances qui, comme le prisme, jouissent de la faculté de décomposer la lumière blanche, d'en absorber certains rayons colorés et de réfléchir les autres. C'est là ce qui produit la différence des couleurs que nous remarquons sur les corps. Un corps est *rouge*, lorsque sa surface réfléchit le rayon rouge et absorbe tous les autres ; il est *bleu*, quand c'est le rayon bleu qu'il renvoie à nos yeux, et ainsi de suite. Les combinaisons très-variées des rayons réfléchis donnent lieu aux innombrables nuances des couleurs que nous percevons (1).

Il suit de là que les couleurs offertes par les corps ne leur appartiennent véritablement pas ; que ce n'est autre chose qu'un effet physique qui se produit à leur surface. Mais comme les mêmes corps nous présentent presque toujours les mêmes nuances, il est évident que cette propriété d'absorber certains rayons colorés et d'en réfléchir d'autres dépend de l'état de leurs surfaces et de la nature chimique de quelques-uns de leurs principes constituants. En effet, on a su isoler, des corps organiques colorés, des matières particulières, qui, dans leur état de pureté, sont remarquables par la variété et l'intensité de leurs nuances. On a donc rationnellement regardé ces matières comme celles qui, parmi tous les matériaux constituants des plantes et des animaux, possèdent la faculté d'agir sur la lumière et d'en réfléchir certains rayons à l'exclusion des autres ; et voilà pourquoi on les regarde comme les *principes colorants* ou les *matières colorantes* des corps.

D'après cela, ainsi que le fait observer M. Chevreul, « l'art de la teinture consiste donc évidemment à fixer sur les étoffes, au moyen de l'attraction moléculaire, des matières qui agissent sur la lumière autrement que ne le fait la surface des étoffes. »

Ces matières colorantes sont répandues indistinctement sur tous les organes des êtres vivants, puisqu'on trouve des racines

(1). On lit, dans un ouvrage fort amusant du célèbre Goëthe, que les fabricants de mosaïques, à Rome, emploient 15,000 variétés de couleurs ; chacune de ces variétés a 50 nuances, depuis la plus foncée jusqu'à la plus claire, ce qui fait 750,000 teintes différentes que les artistes distinguent avec la plus grande facilité. On croirait qu'avec un pareil choix de couleurs, il n'est pas de peinture qu'on ne puisse reproduire avec exactitude ; cependant les ouvriers, au milieu d'une si étonnante profusion, manquent souvent de nuances indispensables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(orcanette, curcuma, garance), des tiges (santal, campêche, brésil, quercitron), des feuilles, des fleurs, des fruits ou semences (graines de Perse, d'Avignon), colorés plus ou moins fortement, et qu'on connaît des animaux entiers (cochenille, kermès, etc.), et des liquides circulant dans les différentes parties de leurs corps (sang, bile, etc.), qui présentent des couleurs très-vives.

Mais ces matières colorantes pures sont rarement isolées les unes des autres dans les divers organes qui les renferment, et presque toujours elles sont mêlées, en outre, avec d'autres principes ou produits immédiats. C'est là ce qui rend leur extraction si laborieuse. Aussi, jusqu'à présent, ne connaît-on qu'un très-petit nombre de ces matières dans leur état de pureté absolue.

Ce n'est guère que depuis une quarantaine d'années qu'on a entrepris une étude approfondie des substances tinctoriales, en cherchant surtout à en isoler les principes colorants, pour mieux apprécier l'action des agents chimiques sur eux, et à rendre un compte exact du rôle qu'ils jouent dans les opérations qui ont pour but de les fixer sur les tissus. Cette partie de la science, totalement inconnue des anciens, est une création toute nouvelle, dont l'honneur revient en grande partie à M. Chevreul, qui, par ses travaux, a répandu la plus vive lumière sur ces curieuses réactions chimiques, qui font de l'art de colorer les tissus l'une des applications les plus intéressantes de la chimie. D'utiles services, sous ce rapport, ont été rendus par Robiquet, Pelletier, Heeren, Kane, Schunk, Gœbel, Gaultier de Claubry, Persoz, Runge, Kuhlmann, Erdmann, Daniel Kœchlin, Bolley, Stenhouse, Fremy et Cloëz, Martens, etc.

Des matières colorantes qu'on est parvenu à isoler, les unes sont uniquement formées d'oxygène, d'hydrogène et de carbone, tandis que d'autres contiennent, en outre, de l'azote. L'origine de ces matières n'influe pas toujours sur leur composition élémentaire, puisque plusieurs de celles qui sont exclusivement propres aux végétaux sont azotées aussi bien que celles qui appartiennent au règne animal.

Les couleurs les plus communes dans le règne organique sont les rouges, les jaunes, les bleues et les vertes. Mais les couleurs vertes ne peuvent être obtenues que fort difficilement à l'état de pureté; aussi, dans l'art de la teinture, on a été obligé jusqu'ici, pour produire du vert, ou d'avoir recours à des matières minérales ainsi colorées, ou de composer cette couleur par la réunion du bleu et du jaune. Cependant, depuis quelque temps, on sait fixer la matière verte des tiges et des feuilles, qu'on a nommée *chlorophylle* ou *chromule*, et il nous vient de Chine, sous le nom de *Lo-Kao* ou *indigo vert* une nouvelle substance qui, comme la précédente, peut teindre immédiatement en vert les fibres textiles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est assurément une chose fort remarquable que les couleurs les plus vives et les plus brillantes, qui se montrent dans les fleurs et dans les parties des plantes exposées à la lumière solaire, soient, de toutes, les plus délicates et les plus difficiles à obtenir. Ces organes renferment si peu de principe colorant, et ce principe est si fugace, que, lorsqu'on essaie de l'extraire, il disparaît presque entièrement. Ordinairement, dans les fleurs, ce principe a son siége dans l'épiderme ou le tissu cellulaire des pétales, car le suc obtenu par expression des pétales entiers est presque dépourvu de couleur. Suivant MM. Frémy et Cloëz, toutes les modifications de couleurs présentées par les fleurs ne doivent être rapportées qu'à trois principes distincts, à savoir : la *cyanine* (matière bleue ou rose), la *xanthine* (matière jaune insoluble dans l'eau), et la *xanthéine* (matière jaune soluble). C'est la *cyanine* qui, pure ou modifiée par la présence de sucs acides, donne les nuances bleues, violettes et roses. C'est encore elle qui, par son mélange en proportions variables avec la *xanthine*, communique aux fleurs les colorations orangées, écarlates et rouges. Les différents tons de jaune sont dus à la *xanthine* ou à la *xanthéine* isolée. Dans tous les cas, ces divers principes colorants des fleurs sont très-peu stables (1).

Il en est tout autrement pour les organes qui sont soustraits à la lumière, comme les racines, les écorces et les bois. Ici, les couleurs sont toujours sombres et paraissent peu prononcées à la vue, et cependant, quand on les a séparées des principes étrangers qui les masquent, ce sont celles qui présentent généralement le plus d'intensité, de richesse et de solidité.

Il n'y a point, à proprement parler, de matières colorantes noires dans le règne organique ; les matières brunes proviennent de l'altération des matières colorantes jaunes ; on les rencontre principalement dans les écorces, dans les enveloppes de quelques fruits, dans des sucs laiteux et résineux qui ont absorbé l'oxygène de l'air (cachou, kino, suc d'acacia, opium, résines et gommes-résines, etc.). On peut dire que toutes les nuances offertes par les organes des végétaux ne sont que des modifications ou des mélanges des couleurs jaunes, rouges et bleues.

---

(1) M. Morot et E. Morren donnent à la matière colorante bleue des fleurs le nom d'*anthocyane ;* elle a une réaction alcaline ; ils la regardent comme analogue à la teinture de tournesol. — Ils admettent aussi une matière colorante rouge distincte, qu'ils appellent *érythrophylle ;* elle a une réaction acide. — Ces deux matières colorantes se développeraient dans l'obscurité comme à la lumière ; elles sont indépendantes de la chlorophylle ; elles existent sans elle ou avec elle, mais, en général, elles sont plus abondantes dans les cellules où la chlorophylle l'est moins, ou se développe d'une manière incomplète.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Beaucoup d'observations tendent à faire croire que les principes immédiats qui fournissent, en teinture, de si belles couleurs, sont complétement incolores dans les organes vivants, tant qu'ils n'ont pas éprouvé l'influence de l'oxygène de l'air, et que c'est le contact ou la réaction de cet agent qui les convertit en matières colorantes. Cela est surtout très-visible avec les feuilles fraîches des indigotiers, les racines fraîches de garance, qui, à l'état de vie, ne sont pas colorées, et qui donnent bientôt, au contact de l'air, les premières une couleur bleue, les secondes une couleur rouge. Il en est de même des lichens qui fournissent l'*orseille* et le *tournesol* du commerce; incolores à l'état vivant, ils fournissent de magnifiques couleurs rouges ou bleues, lorsqu'après les avoir arrachés de terre on les place sous la double influence de l'air et des alcalis.

L'influence de l'oxygène de l'air sur la coloration des organes des végétaux ne saurait être mise en doute, lorsqu'on voit que les plantes qui croissent à l'abri de l'air sont faibles et sans couleur, tandis que celles qui végètent sans abri et sans être exposées à une température trop basse sont vigoureuses et très-colorées. Les feuilles, en sortant des bourgeons, sont d'un vert pâle; elles se foncent en couleur, lorsqu'elles sont bien développées dans l'air, puis, à mesure qu'elles avancent près du terme de leur existence, le vert se dégrade peu à peu, et finit par se changer en une couleur fauve ou brune qu'on connaît sous le nom de *feuille morte*. Chez certains arbres, tels entre autres que le bouleau, le poirier, le pommier, l'orme, le frêne, etc., le feuillage, avant de tomber, prend, après une ou plusieurs nuits de gelée, une belle couleur jaune citron. Chez d'autres plantes, telles que le sorbier, le cerisier, le groseillier, l'épine-vinette, la phytolaque, etc., les feuilles acquièrent, à l'automne, une couleur rouge aussi vive que celle qui décore les fruits de ces plantes.

Beaucoup de fleurs éclosent, ou blanches ou roses, puis deviennent bleues à l'air ; d'autres, également sans couleur tant qu'elles sont en bouton, prennent peu à peu une couleur jaune à mesure de leur épanouissement, et finissent, en mourant, par acquérir une teinte brune. Dans toutes les fleurs, la coloration est toujours plus prompte et plus intense à la circonférence qu'au centre, sur les bords qu'à l'onglet des pétales, c'est-à-dire là où l'action de l'air et de la lumière est plus tranchée. Il devient donc vraisemblable, comme le fait observer Virey, que l'oxydation des sucs s'opère vers la circonférence des pétales plutôt qu'au centre des fleurs, et que leur couleur jaune doit être moins oxygénée que les teintes rouges et bleues, ou de toute autre nuance, qui l'entourent.

La plupart des sucs végétaux, la pulpe récente des pommes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

terre et des betteraves, les artichauts, l'enveloppe verte de la noix, les cosses de fèves de marais, la chair des champignons, celle des pommes et des poires, etc., brunissent très-promptement au contact de l'air.

Les bois de campêche et de Brésil sont à peine colorés en jaune à l'état vert, et l'un et l'autre rougissent par l'action de l'air. Vous avez tous observé, Messieurs, que les bois de chêne, de buis, d'érable, de noyer, d'acajou, façonnés en meubles, prennent, avec le temps, une teinte de plus en plus foncée. Les matières jaunes de la gaude, du quercitron, du mûrier des teinturiers, sont également très-sensibles à l'action de l'air et prennent bientôt une teinte rousse. Les décoctions de ces matières rouges et jaunes absorbent encore plus rapidement l'oxygène de l'air et se foncent en couleur ; et, si le contact est assez prolongé, on voit s'y produire des principes colorants cristallins qu'on ne trouve pas dans ces matières à l'état vivant.

Ces faits, que je pourrais multiplier, conduisent donc à admettre, avec Fourcroy, MM. Kuhlmann, Persoz et d'autres chimistes, comme une loi générale, que c'est l'oxygène de l'air qui est le principal agent de coloration; que les couleurs, dont sont pourvues certaines parties des plantes et des animaux, sont dues à l'effet de l'oxygène absorbé ou introduit du dehors sur des principes primitivement incolores.

Et ce qui prouve qu'il en est ainsi, c'est que toutes les fois qu'on enlève de l'oxygène aux matières colorées de nature organique, en les mettant en présence d'agents réducteurs ou désoxydants, tels que le gaz hydrogène, l'acide sulfhydrique, les sulfures alcalins, l'oxyde ferreux, le zinc, etc., on les rend incolores, au moins momentanément, car, dès que l'action désoxygénante a cessé, elles réabsorbent de l'oxygène dans l'air et reprennent leur couleur primitive. En voici la preuve :

L'indigo bleu ne tarde pas à se décolorer et à se dissoudre dans un bain où l'on a mis, en certaines proportions, de la chaux et de la couperose. C'est ainsi qu'on monte les *cuves d'indigo* pour les teinturiers et les imprimeurs sur coton. Et dès que le liquide jaune de la cuve est agité au contact de l'air, il se trouble et laisse déposer de l'indigo bleu régénéré.

J'agite dans un flacon bouché une infusion de tournesol avec un peu d'hydrogène sulfuré. En quelques minutes, la couleur bleue passe au jaune verdâtre. Je verse alors la liqueur dans un vase à large surface, et bientôt la couleur bleue reparaît. Avec une teinture alcoolique d'orseille, une décoction de cochenille, un bain d'indigo, les mêmes phénomènes se produisent.

Nous devons à M. Persoz une très-jolie expérience qui démontre que les racines des plantes sont douées d'une propriété réduisante

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très-prononcée, tandis que les fleurs sont le siége de phénomènes contraires ou d'oxydation. Si l'on plonge des tiges de balsamine, privées de leurs racines, dans une dissolution de sulfate d'indigo, cette dissolution est absorbée en nature, et les tiges colorées en bleu ne tardent pas à périr. Si l'on plonge la plante, garnie de sa racine, dans la même liqueur, elle continue à vivre, en absorbant la dissolution, mais dans un état de désoxydation, c'est-à-dire sans se colorer elle-même, et la dissolution bleue se trouve décolorée par la racine. Si l'on expérimente au contact de l'air, on est témoin de deux effets contraires : la surface de la dissolution indigotique, qui reçoit l'influence de l'air, offre l'aspect d'une zone bleue, tandis que l'intérieur de cette dissolution devient incolore ou d'une nuance légèrement verdâtre par l'action réductrice des racines. C'est sous cet état qu'elle pénètre dans les vaisseaux de la plante; mais, dès qu'elle arrive dans les pétales, elle reprend sa couleur bleue primitive, parce qu'elle se retrouve en présence de l'air, et toutes les fleurs deviennent bleues.

Cette observation peut se vérifier sur toutes les fleurs en végétation; on y voit toujours l'oxydation de la matière colorante, et la coloration est d'autant plus avancée qu'elle s'éloigne davantage des vaisseaux d'aspiration où a lieu le phénomène de désoxydation.

D'après tout ce qui précède, nous sommes donc portés à conclure, Messieurs, que les matières colorantes isolées sont, la plupart, sinon toutes, des résultats de l'oxydation de principes immédiats ou peu colorés ou même tout à fait incolores; que, par conséquent, dans l'intérieur des organes vivants, il n'y a que des matières *colorables*, et que ce n'est que par l'influence de l'oxygène absorbé que celles-ci se changent peu à peu en matières *colorées*.

Il a bien fallu, pour s'entendre, donner des noms spéciaux aux diverses matières colorantes qui ont été isolées à l'état de pureté. En général, ces noms ont été tirés des végétaux et des animaux qui les fournissent. Voici l'indication des principes les mieux connus, avec leur origine et leur composition. J'y réunis quelques-uns de ceux qui ont été obtenus artificiellement dans les laboratoires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS.	ORIGINE.	COMPOSITION.
	I. — Matières colorantes rouges.	
Alizarine	Racines de garance, de chayaver	$C^{30}H^{8}O^{8}$
Anchusine (acide anchusique)	Racine d'orcanette	$C^{35}H^{20}O^{8}$
Rouge de grémil	Racine de grémil (*lithospermum arvense*)	»
Carotine	Racine de carotte	$C^{20}H^{16}$
Hématoxyline (hématine)	Bois de campêche	$C^{16}H^{7}O^{6},3HO$
Hématéine	Action de l'ammoniaque et de l'air sur l'hématoxyline	$C^{16}H^{6}O^{6}$
Brésiline	Bois de Brésil, de Lima, de Sainte-Marthe et autres bois rouges	$C^{36}H^{14}O^{12}$
Brésiléine	Action de l'air et des corps oxydants sur la brésiline	»
Santaline	Bois de santal rouge, suc de sang-dragon	$C^{16}H^{16}O^{32}$
Chica	Feuilles du *bignonia chica*	»
Carthamine (acide carthamique)	Fleurs de carthame ou de safranum	$C^{14}H^{8}O^{7}$
Acide rhéadinique — erratique	Fleurs de coquelicot	»
Erythrophylle	Matière colorante rouge des feuilles et des fleurs	»
Hypéricine	Fleurs et fruits des *hypericum* ou millepertuis	»
Rouge Harmala ou porphyrharmine	Oxydation de l'*harmaline*, alcaloïde incolore des graines du *peganum harmala*	»
Inocarpine	Suc de l'écorce et des péricarpes verts du mapé (*inocarpus edulis*) de Taïti et autres îles de la Société	»
Liguline	Baies de troëne (*ligustrum vulgare*)	»
Rouge de Houque ou purpurholcine	Glumes du sorgho sucré (*holchus saccharatus*)	»
Acide rubinique	Suc de cachou	$C^{18}H^{6}O^{9}$
Érythrolitmine	Tournesol en pains	$C^{26}H^{22}O^{12},HO$
Érythroléine	Id	$C^{26}H^{22}O^{4}$
Spaniolitmine	Id	$C^{18}H^{7}O^{8}$
Acide érythroléique	Orseille des îles	$C^{26}H^{22}O^{8}$
Orcéine	Action de l'ammoniaque sur l'*orcine* de l'orseille de terre	$C^{16}H^{9}O^{7}Az$
Aroérythrine	Orseille des îles	»
Morindone	Action de la chaleur sur la *morindine* du mûrier d'Inde	»
Carmine (acide carminique)	Cochenille	$C^{16}H^{13}O^{10}Az$ ou $C^{28}H^{14}O^{16}$ $C^{44}H^{44}Az^{6}O^{6}Fe$
Hématosine	Sang rouge	»
Pourpre antique	Matière sécrétée par la pourpre et autres mollusques	$C^{12}H^{6}Az^{5}O^{6}$
Murexide	Action de l'ammoniaque sur l'*alloxane*	»
Phloridzéine	Action de l'air et des alcalis sur la *phloridzine*	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS.	ORIGINE.	COMPOSITION.
Rutiline	Action de l'acide sulfurique sur la *salicine* et la *populine*	»
Acide rosolique	Isomère de l'acide phénique, — action des alcalis sur l'huile de goudron de houille	$C^{12}H^{6}O^{4}$
Œnoline	Action des acides sur la matière colorante bleue des vins rouges	$C^{20}H^{10}O^{10}$
Indisine (violet, pourpre d'aniline, alinéine, harmaline)	Oxydation de l'aniline	$C^{30}H^{14}Az^{2}O^{2}$?
Fuschine (rouge d'aniline, azaléine, rubine)	Action des chlorures métalliques anhydres sur l'aniline	$C^{12}H^{5}AzO$?
II. — Matières colorantes jaunes.		
Curcumine	Racine de curcuma	»
Rhéine (acide chrysophanique, rhubarbarine, rumicine, jaune de rhubarbe)	Racines de rhubarbe, de rhapontic, de patience. — Lichen des murailles.	$C^{20}H^{8}O^{8}$
Gentianine	Racine de gentiane	$C^{14}H^{5}O^{5}$
Xanthine	Racine de garance	»
Morindine	Racine du mûrier d'Inde (*morinda citrifolia*)	»
Rhamnoxanthine	Racine de bourdaine (*rhamnus frangula*)	»
Berbérine	Racine de berberis ou d'épine-vinette.	$C^{42}H^{18}AzO^{9}$
Quercitrin (acide quercitrique)	Écorce du chêne quercitron	$C^{36}H^{20}O^{21}$
Quercitréine (quercetin)	Action des agents oxydants sur le quercitrin	$C^{24}H^{10}O^{11}$
Morin blanc (acide morique)	Bois jaune ou mûrier des teinturiers.	$C^{36}H^{13}O^{17},3HO$
Morin jaune (moréine, acide morintannique)	Action des agents oxydants sur le morin blanc	»
Fustine	Bois de fustet	»
Xanthopicrite	Ecorce du clavelier des Antilles	»
Lutéoline	Tiges de gaude	$C^{40}H^{14}O^{16}$
Calluxanthine	Tiges de bruyère	$C^{14}H^{5}O^{7}$
Rhodoxanthine	Tiges du *rhododendron ferrugineum*.	$C^{28}H^{15}O^{17}$
Datiscine	Jeunes tiges et feuilles du datisca	»
Jlixanthine (acide ruténique)	Feuilles de houx, de rue, de sarrazin.	$C^{30}H^{20}O^{20}$
Xanthine	Fleurs jaunes	»
Xanthéine	Fleurs jaunes de dahlia	»
Jaune de carthame	Fleurs de carthame	$C^{16}H^{10}O^{10}$
Spiréine	Fleurs de spirée ou d'ulmaire	$C^{15}H^{8}O^{7}$
Antirrhine	Fleurs de linaire	»
Safranine (polychroïte)	Fleurs de safran	»
Crocine		
Chrysorhamnine	Fruit du *gardenia grandiflora*	»
	Graines vertes de Perse et d'Avignon.	$C^{23}H^{10}O^{11}$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS.	ORIGINE.	COMPOSITION.
Xanthorhamnine...	Graines brunes de Perse et d'Avignon.	$C^{23}H^{12}O^{14}$
Xantholcine (jaune de Houque).....	Glumes du sorgho sucré	»
Bixine	Principe rouge de la pulpe qui entoure les graines du rocouyer.....	»
Orelline.....	Principe jaune de cette pulpe.....	»
Acide lutéogallique.	Noix de galle.....	»
Xanthinocarpine ...	Suc de l'écorce et des fruits verts du mapé de Taïti et des autres îles de la Société.....	»
Jaune de cachou...	Suc de cachou.....	»
Jaune de gomme-gutte	Résine dite gomme-gutte.....	»
Acide purrhéique (acide euxanthique).	Purrhée ou jaune indien.....	$C^{40}H^{16}O^{21}$
Acide picrique	Action de l'acide azotique sur les matières azotées.....	$C^{24}H^{6}Az^{4}O^{14}$
Acide chrysammique (acide polychromatique)...	Action de l'acide azotique sur le suc d'aloès	$C^{15}H^{2}Az^{2}O^{12},HO$
Acide chrysolépique	Id.....	$C^{24}H^{4}Az^{6}O^{13},HO$
Bilifulvine.....	Fiel de bœuf épaissi.....	»
Phylloxanthine	Matière jaune qui existe dans le vert des feuilles d'après M. Fremy.....	»
III. — Matières colorantes bleues.		
Indigotine blanche..	Feuilles des indigotiers, du pastel, etc.	$C^{16}H^{6}Az\,O^{2}$
Indigotine bleue....	Action de l'air et des corps oxydants sur l'indigotine blanche.....	$C^{16}H^{5}Az\,O^{2}$
Saprocyanine (saprochrôme).....	Oscillatoires	»
Cyanine ou anthocyane.....	Bleu des fleurs.....	»
Cyanine.....	Matière bleue du vert de Chine, d'après M. Persoz.....	»
OEnocyanine.....	Pellicule du raisin rouge.....	»
Phyllocyanine	Matière bleue qui existe dans le vert des feuilles, d'après M. Fremy....	»
IV. — Matières colorantes vertes.		
Chlorophylle (chromule, vert des feuilles).....	Feuilles et tiges vertes.....	$C^{18}H^{10}AzO^{3}$
Thallochlore.....	Lichen d'Islande	»
Indigo vert de Chine (Lo Kao)	Ecorce des nerpruns appelés en Chine *Lo-Chou*	»
Biliverdine	Bile des animaux	$C^{16}H^{18}Az^{2}O^{5}$
V. — Matières colorantes brunes.		
Acide japonique....	Suc de cachou.....	$C^{12}H^{4}O^{4},HO$
Phloobaphène.....	Écorces d'arbres	$C^{20}H^{8}O^{8}$
Biliphéine.....	Bile des animaux.....	$C^{32}H^{36}Az^{4}O^{9}$
Azolitmine.....	Tournesol en pains.....	$C^{18}H^{10}AzO^{10}$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUARANTE-QUATRIÈME LEÇON.

DES PRINCIPES COLORANTS. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Propriétés générales, physiques et chimiques des matières colorantes. — De l'*ozone* et de son action sur les couleurs. — Action des agents oxydants. — Théorie du blanchiment. — Action du charbon sur les couleurs. — Dissolvants. — Action des acides et des alcalis sur les couleurs. — Explication du rôle du tournesol. — Action décolorante de l'acide sulfureux. — Fabrication des *laques*. — Couleurs *substantives* et *adjectives*. — Des couleurs *solides* et des couleurs *faux-teint*.

Les matières colorantes possèdent, comme principes immédiats et dans leur état de liberté, un ensemble de caractères communs qu'il est important de vous faire connaître.

Toutes sont solides, inodores et, en général, insipides.

Plusieurs peuvent être obtenues en cristaux réguliers, en petites aiguilles qui sont très-brillantes (*indigotine*, *alizarine*, *lutéoline*, *hématoxyline*, *brésiline*, *chrysorhamnine*, *quercitrine*, etc.). Quelques-unes ont l'aspect des résines (*anchusine*, *santaline*, etc.). Les autres sont sous forme de plaques, d'écailles, ou en parties globuleuses.

Leur couleur, à l'état sec, est souvent très-différente de celle qu'elles acquièrent quand elles sont humectées ou dissoutes dans l'eau. C'est ainsi que la *carthamine* sèche a un aspect cuivré et humide, une couleur rouge très-foncée ; que l'*hématoxyline* est d'un blanc rosé, et que sa dissolution est rouge orangée à chaud, et jaune à froid.

Toutes les matières colorantes, exposées à une chaleur de + 150 à 180°, sont détruites et donnent des produits analogues à ceux qui résultent de la distillation sèche des autres principes immédiats. Celles qui sont azotées fournissent des produits ammoniacaux.

Mais lorsqu'au lieu de les chauffer brusquement, on les soumet à une chaleur ménagée, en s'arrêtant à des températures fixes et inférieures à celles où leur décomposition commence, il en est plusieurs qui se volatilisent; les unes sans éprouver aucune altération (*alizarine*, *lutéoline*, etc.), les autres en fournissant quelques produits empyreumatiques à l'aide desquels la majeure partie de la substance inaltérée se sublime et va déposer des cristaux réguliers dans la partie supérieure des vases : telle est, entre autres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'*indigotine*. Par l'effet d'un courant de vapeur d'eau, plus ou moins surchauffée, on en produit la volatilisation sans qu'aucune partie se décompose.

Les matières colorantes volatiles par elles-mêmes ou par l'intermédiaire des gaz, sont de toutes les plus solides, c'est-à-dire les moins altérables par les agents chimiques.

La lumière solaire agit comme une chaleur élevée sur toutes les matières colorantes, au moins avec le temps. Vous savez que les étoffes colorées, qui reçoivent les rayons lumineux, ne tardent pas à se décolorer graduellement. Les rideaux de soie qui ornent nos fenêtres en fournissent la preuve, et vous avez pu observer que les tissus de nos meubles et de nos vêtements, qui sont teints avec la gaude, les bois de Brésil et de campêche, l'orseille, le carthame, ne gardent pas longtemps la même intensité de couleur. Il est même des matières colorantes qui ne peuvent être frappées une seule fois par une lumière vive sans être détruites instantanément. Tel est, par exemple, le rose du carthame (1, 2), qui ne résiste pas plus de quelques heures à l'action du soleil.



1, 2. *Rose de Carthame.*

Mais l'action de la lumière ne s'exerçant presque jamais sans la présence de l'air, de l'eau et des tissus, il en résulte que le plus souvent les effets d'altération observés sont dus à plusieurs actions opérant simultanément. Ainsi, par exemple, comme l'a constaté M. Chevreul, les matières colorantes du carthame, du rocou, de l'orseille, etc., qui résistent à la lumière dans le vide, qui résistent à l'air dans l'obscurité, sont assez promptement altérées lorsque, placées dans l'air, elles reçoivent en même temps l'action de la lumière.

L'air sec, ou plutôt l'oxygène sec, ne paraît pas avoir d'action sur les principes dont je m'occupe. Humide, il les altère, mais uniquement, toutefois, lorsqu'ils sont sous l'influence de la lumière ou de la chaleur. Je viens de vous citer la décoloration de certaines matières, placées dans l'air, en présence des rayons lumineux ; je vous citerai encore le blanchiment des toiles écrues pendant leur exposition sur le gazon des prairies. Ici l'intervention des trois agents est bien manifeste. La rosée et la neige, qui contiennent en dissolution beaucoup d'air très-riche en oxygène, hâtent singulièrement la décoloration ; mais la toile placée dans un lieu obscur, fût-il humide, ne se blanchit pas plus que celle qui est maintenue dans un lieu éclairé, mais privé de toute trace d'humidité.

La chaleur peut, jusqu'à un certain point, remplacer la lumière. C'est ainsi que le rose de carthame devient d'un blanc sale, en une heure, lorsqu'il est soumis à un courant d'air humide, à une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

température modérée ; que le rouge de Brésil devient également blanc, en deux heures, dans les mêmes conditions ; que la couleur violette du campêche, la couleur orange du curcuma, la couleur jaune de la gaude, se foncent, deviennent rousses et ternes, dans les mêmes circonstances.

Nous pouvons donc formuler ce principe que la destruction des matières colorantes ne peut avoir lieu que par le concours simultané de l'air, de la lumière et de l'eau. L'air intervient par son oxygène ; la lumière provoque et entretient l'action chimique ; l'eau la favorise, sans doute en présentant à la matière colorée l'oxygène dissous, c'est-à-dire dans un grand état de division et comme à l'état naissant.

Une nouvelle manière d'interpréter les choses peut être donnée, si l'on admet l'existence de l'*ozone* (1), ou mieux de cet état particulier, ou, comme l'on dit, de cet état *allotropique* de l'oxygène, signalé dans ces dernières années par M. Schœnbein, et étudié successivement par MM. de Marignac, de la Rive, Fremy et Becquerel, Bineau, Scoutetten, Houzeau, etc.

Permettez-moi de vous donner quelques renseignements à cet égard.

Toutes les fois que l'oxygène gazeux, sec et pur, est traversé par des étincelles électriques ou soumis à l'action d'un courant galvanique ; toutes les fois que le même gaz élémentaire apparaît à l'état naissant par suite de réactions chimiques, telles que la décomposition de l'eau par la pile, celle du bioxyde de baryum par l'acide sulfurique à une basse température, etc., ses propriétés sont exaltées, sans que sa nature réelle soit changée ; il devient apte à contracter des combinaisons et à produire des décompositions qu'il ne saurait opérer sous sa forme ordinaire.

Ainsi, il oxyde à froid le mercure et l'argent ; il acidifie directement l'azote, le chlore, le brôme, l'iode ; il décompose instantanément les iodures ; il détruit très-rapidement les matières colorantes organiques, même les plus stables (l'indigotine, la chlorophylle, etc.). En voici la preuve :

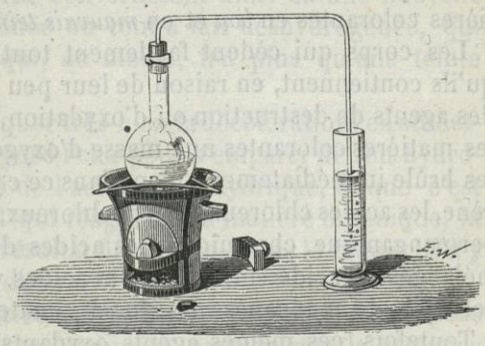


Fig. 420.

Je dirige à travers une dissolution de sulfate d'indigo, ou à travers du jus d'herbe d'une couleur vert foncé, l'oxygène gazeux qui s'échappe d'un petit ballon (*fig.* 420) dans lequel de l'acide sulfurique réagit sur des fragments de bioxyde de baryum ;

(1) *Ozone* vient du mot grec *ozein*, sentir mauvais.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en très-peu d'instants, comme vous le voyez, la couleur bleue ou verte, s'affaiblit, puis disparaît.

Or, si, comme le prétend M. Scoutetten, l'*ozone* se forme :

1° Par l'électrisation de l'oxygène qui s'échappe de l'eau ordinaire aérée;

2° Par l'électrisation de l'oxygène sécrété ou exhalé par les parties vertes des plantes;

3° Par l'électrisation de l'oxygène dégagé dans les actions chimiques;

4° Par des phénomènes électriques réagissant sur l'oxygène de l'air atmosphérique,

Vous concevrez facilement que la destruction des couleurs placées dans l'air, que la décoloration des toiles écrues exposées sur l'herbe des prairies, peuvent être considérées comme des faits qui se rattachent à la formation de l'ozone. Les tiges et les feuilles des herbes qui le sécrètent, l'eau qui le donne en se vaporisant, accumulent l'oxygène électrisé sur les tissus colorés étendus sur le pré, et ce résultat est activé par l'arrosage, lorsque le soleil est ardent.

Quoi qu'il en soit, on peut toujours dire que si l'oxygène est nécessaire, comme vous l'avez vu précédemment, au développement des matières colorantes, il n'en est pas moins vrai que, lorsqu'il se trouve trop accumulé sur elles, il devient alors une cause de destruction. Tout paraît démontrer que lorsque les couleurs se fanent par un long séjour à l'air, c'est l'oxygène principalement qui exerce une action chimique, et que la chaleur, la lumière, l'humidité ne sont que des causes déterminantes ou auxiliaires. Il brûle une partie de leur hydrogène pour former de l'eau, et se substitue à cet élément pour constituer de nouveaux composés plus oxygénés et plus solubles.

La différence de temps qu'il faut pour les détruire, sous l'influence combinée de ces diverses causes, a fait distinguer les matières colorantes en *bon* et en *mauvais teint*.

Les corps qui cèdent facilement tout ou partie de l'oxygène qu'ils contiennent, en raison de leur peu de stabilité, sont encore des agents de destruction ou d'oxydation, parce qu'ils portent sur les matières colorantes une masse d'oxygène, à l'état naissant, qui les brûle immédiatement. Sont dans ce cas : le bi-oxyde d'hydrogène, les acides chloreux et hypochloreux, chlorique, manganique, permanganique, chromique, les acides de l'azote soit seuls, soit mélangés à l'acide sulfurique, les acides végétaux en présence du peroxyde de manganèse ou du chromate de potasse, etc.

Toutefois, ces mêmes agents oxydants, employés convenablement, peuvent servir au développement de certaines couleurs et à leur fixation. C'est ainsi que la plupart des matières colorantes acquièrent de l'intensité et de la solidité par leur traitement au moyen du bichromate de potasse ; cela est surtout évident pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les couleurs obtenues des bois rouges (3, 4) et du cachou (5, 6), comme on le voit par les échantillons suivants :



3, 4. *Bois de Brésil.* 5, 6. *Cachou.*

L'acide chromique du sel les brunit en les oxygénant et en leur donnant de l'oxyde de chrôme qui se fixe sur elles et leur procure ainsi plus de stabilité. Ce sont ces modifications de couleurs, produites après coup sur les tissus, que l'on connaît dans les ateliers sous le nom de *couleurs de conversion*.

Il n'y a aucune matière colorante qui résiste à l'action du chlore, ainsi que je l'ai déjà dit et prouvé ; mais le mode d'action de cet agent énergique paraît être différent, selon qu'il opère sans ou avec le concours de l'eau.

Lorsque le chlore sec se trouve en présence d'une matière colorante également sèche, sous l'influence de la lumière solaire, il lui fait éprouver une véritable combustion ; il lui enlève une partie de son hydrogène pour former de l'acide chlorhydrique, et l'hydrogène enlevé est remplacé par du chlore, en quantité souvent équivalente à celle du premier. Mais, en tous cas, la réaction est toujours assez lente à se produire, et il est rare qu'elle soit complète.

Il n'en est plus de même, en présence de l'eau ; ici la décoloration est, pour ainsi dire, instantanée. Jusqu'ici j'ai expliqué le phénomène en admettant que le chlore s'empare de l'hydrogène de la matière colorée, en la convertissant ainsi en une nouvelle substance moins hydrogénée ou tout à fait déshydrogénée, qui n'a plus de couleur ou qui, du moins, n'a plus qu'une teinte brunâtre.

Mais on peut aussi expliquer très-bien la décoloration, en admettant que le chlore décompose l'eau pour s'emparer de son hydrogène avec lequel il forme de l'acide chlorhydrique, et que c'est l'oxygène à l'état naissant qui réagit sur la matière organique, la modifie ou la détruit. Le résultat final est toujours le même ; il n'y a que l'interprétation qui diffère.

Lorsqu'on se rappelle avec quelle facilité le chlore décompose l'eau, même à la température ordinaire, avec ou sans la présence des rayons solaires ;

Lorsqu'on sait que, dans un très-grand nombre de circonstances, le chlore dissous dans l'eau est un puissant agent d'oxydation en faisant porter sur les corps, en présence desquels il opère, l'oxygène

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

provenant de l'eau décomposée par lui, d'après cette équation :

$$Cl + HO = HCl + O;$$

Qu'ainsi de l'eau de chlore versée sur les hydrates blancs de protoxydes de fer et de manganèse, les convertit subitement en sesquioxydes qui sont rouges ou bruns ;

Que cette même eau de chlore change instantanément l'acide sulfureux en acide sulfurique, l'acide phosphoreux en acide phosphorique, l'acide arsénieux en acide arsénique, etc.,

On est conduit tout naturellement à adopter cette opinion : que ce n'est pas d'une *manière directe* que le chlore effectue la destruction des matières colorantes, c'est-à-dire en leur enlevant de l'hydrogène, mais qu'il agit *indirectement* en présentant à ces matières l'oxygène à l'état naissant de l'eau décomposée par lui.

En tous cas, le résultat final de la réaction du chlore sur les matières colorantes consiste toujours en une matière brune soluble, et les substances décolorées ne reprennent plus leur teinte primitive par l'exposition à l'air.

Les hypochlorites agissent de même que le chlore dissous, mais moins promptement, et encore faut-il que les liqueurs aient le contact de l'air, autrement il n'y a nulle décoloration. Quelques gouttes d'acide remplacent le contact de l'air. — Quand les liqueurs colorées sont acides par elles-mêmes, les hypochlorites agissent subitement ; c'est ce qui a lieu, par exemple, avec la dissolution de l'indigo dans l'acide sulfurique.

Vous devez donc comprendre, Messieurs, que l'air et les acides agissent, dans ce cas, en opérant la décomposition des hypochlorites, et en mettant en liberté l'acide hypochloreux qui détruit alors subitement la matière colorante, en tout ou en partie.

Toutes les fois donc qu'on veut décolorer une liqueur par un hypochlorite, il faut y verser un peu d'acide, n'importe lequel, ou agiter le mélange au contact de l'air, afin que l'acide carbonique de celui-ci puisse produire le même effet. C'est parce que les hypochlorites n'agissent que faiblement avec les décoctions végétales colorées non acides, que dans le blanchiment des toiles par ces sels on fait succéder des bains acides aux bains de chlorure de chaux. C'est ce que je vous avais déjà dit dans la leçon sur le chlore.

Le charbon, comme vous le savez, est aussi un agent puissant de décoloration ; mais son mode d'action est bien différent de celui du chlore, puisqu'il n'altère pas les couleurs et qu'il se borne à les enlever aux liquides qui les tiennent en dissolution. Cette propriété, il l'exerce, non pas en vertu d'une affinité pareille à celle qui détermine l'union de ces matières avec les oxydes métalliques,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais uniquement par un simple effet d'adhérence physique; les couleurs pénètrent dans les pores du charbon, à la manière des gaz, et y restent emprisonnées sans subir aucune altération. Et ce qui le prouve, c'est qu'on peut, par des procédés convenables, les reprendre au charbon et les faire réapparaître avec leurs caractères primitifs.

En effet, qu'on décolore avec du charbon une dissolution légère de *sulfate d'indigo*, et qu'on lave ensuite le charbon avec de l'eau bouillante contenant un peu de carbonate de soude, à l'instant la liqueur passe colorée en bleu, non point d'une teinte faible et incertaine, mais avec une intensité de couleur égale à celle de la première dissolution. L'on peut, en continuant le lavage avec de l'eau alcalisée très-chaude, enlever au charbon la presque totalité de l'indigo qu'il contient.

Le charbon est d'autant plus propre à la décoloration qu'il est dans un plus grand état de porosité et de division; par conséquent toutes les espèces de charbon ne possèdent pas la même force décolorante. Ainsi les charbons durs et luisants (anthracite, graphite, charbons des matières organiques calcinées à une haute température, charbons des cornues à gaz, etc.), sont impropres à décolorer, tandis que les charbons spongieux, légers et ternes jouissent d'un pouvoir décolorant qui est en rapport avec la porosité de leurs particules. Les charbons les plus énergiques, sous ce rapport, sont ceux qu'on obtient des matières animales (sang desséché, poils, cornes, sabots, gélatine, os, etc.) qu'on brûle avec du carbonate de potasse et qu'on laisse ensuite dans l'eau. Cette supériorité provient surtout de la grande porosité qu'ils tiennent de la nature même des substances dont ils font partie, et qui est singulièrement accrue par la calcination avec la potasse dont l'effet, dans cette circonstance, ne se borne pas seulement à augmenter la porosité, par la soustraction des matières étrangères que les charbons contiennent, mais aussi à atténuer les molécules de ces derniers.

Par cette raison, la présence des matières salines ou terreuses dans les charbons contribue à l'augmentation de la force décolorante, en développant davantage la surface des charbons qui sont en contact avec les liquides. Ceci vous expliquera pourquoi le *noir animal* ou charbon d'os, qui renferme 90 p. 100 de substances minérales, a une force décolorante beaucoup plus considérable que le charbon de bois, dans lequel il existe à peine quelques centièmes de cendres.

Une conséquence de ces faits, c'est qu'en interposant des matières inertes dans les substances végétales bien divisées qu'on soumet à la carbonisation, on doit obtenir avec elles un très-bon charbon. L'expérience démontre, en effet, qu'en calcinant du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

phosphate de chaux ou de l'argile avec des substances végétales, on se procure un charbon dont la puissance décolorante équivaut presque à celle du charbon d'os ou du noir d'ivoire.

Le charbon de tourbe jouit de la même propriété que les charbons des matières animales, mais il faut en employer environ 25 p. 100 de plus.

La plupart des matières colorantes sont solubles dans l'eau, et toujours plus à chaud qu'à froid. Leur solubilité semble croître avec leur richesse en oxygène. La *carotine* qui n'en renferme pas, l'*indigotine* qui en contient fort peu, sont complétement insolubles.

Les dissolutions aqueuses, abandonnées à elles-mêmes, s'altèrent assez rapidement au contact de l'air et perdent leurs couleurs, beaucoup plus promptement que les matières colorantes humides placées dans les mêmes circonstances.

Les matières solubles cessent de l'être quand l'eau se charge de certaines matières salines.

L'alcool, l'éther, l'esprit de bois, la benzine, le chloroforme, le sulfure de carbone, les huiles grasses et les essences dissolvent généralement très-bien les matières colorantes, et en quantités d'autant plus grandes qu'elles sont moins solubles dans l'eau.

En ayant égard à la manière dont elles se comportent avec les véhicules précédents, on pourrait, jusqu'à un certain point, les distinguer en matières colorantes *résinoïdes* et en matières colorantes *extractives*. Les premières seraient celles qui sont peu ou point solubles dans l'eau et solubles dans l'alcool, l'éther, les huiles (*curcumine, bixine, hématosine, anchusine, santaline, carthamine, alizarine, indigotine,* etc.); les secondes, celles qui sont solubles dans l'eau.

Quelques-unes de celles qui sont insolubles dans l'eau se dissolvent dans ce liquide à la faveur des acides et des alcalis ; ainsi :

L'*hématosine,* l'*indigotine*, l'*alizarine,* se dissolvent très-bien dans l'acide sulfurique ;

La *santaline*, l'*anchusine*, se dissolvent dans l'acide acétique ;

La *carthamine,* la *santaline*, la *bixine*, se dissolvent très-bien dans les alcalis faibles.

En ajoutant de l'acide chlorhydrique et surtout de l'acide sulfurique à l'alcool ou à l'éther, on obtient une dissolution aussi prompte que facile de toutes les matières colorantes. C'est en mélangeant quatre parties d'acide sulfurique à une partie d'alcool, que M. Persoz est parvenu, en 1832, à extraire la plus grande partie des principes colorants des matières tinctoriales qui les renferment.

Il n'y a guère que les matières colorantes solides qui puissent ainsi se dissoudre dans les acides et les alcalis sans être dénatu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rées. Toutes les autres éprouvent des changements plus ou moins profonds par leur contact avec ces agents, et leur teinte prend alors des nuances très-variées, qui sont caractéristiques pour quelques-unes. C'est ainsi que la couleur bleue de la plupart des fleurs, et notamment celle des violettes, devient rouge par les acides, et verte par les alcalis : de là l'usage qu'en font les chimistes comme réactif. Le suc du chou rouge est dans le même cas. C'est avec ce suc que les charlatans font apparaître dans le même vase, comme par magie, une liqueur bleue, rouge, verte ou incolore. Je vais vous dévoiler leur secret. Ils rincent le verre dans lequel ils doivent verser le suc de chou rouge, avec de l'eau, ou un acide, ou de la lessive, ou avec de l'eau de javelle (hypochlorite de potasse); ou bien, en versant le suc, ils le font couler par-dessus le bout du doigt trempé dans un de ces liquides.

Si l'on fait digérer les fleurs sèches de rose rouge dans l'esprit-de-vin, ces fleurs perdent leur couleur sans colorer sensiblement le liquide. Additionné d'une goutte d'acide sulfurique, il acquiert aussitôt une teinte rouge magnifique; qu'on y verse un peu d'alcali, la couleur passe au vert, puis redevient rouge avec l'acide, et ainsi de suite.

La couleur du tournesol, que les chimistes emploient si fréquemment pour la distinction des acides et des alcalis, éprouve aussi des changements par le contact de ces agents, mais en vertu d'une cause très-différente de celle qui modifie les couleurs bleues des fleurs. Les changements de couleur du tournesol sont dus, en effet, à de véritables combinaisons entre cette matière colorante et l'agent chimique qui réagit sur elle. Le tournesol en pains du commerce est un composé de matière colorante rouge et d'alcali. Lorsqu'on met ce composé bleu en contact avec un acide, celui-ci s'empare de l'alcali et met en liberté la matière colorante du tournesol, qui apparaît dès lors avec sa couleur rouge primitive. Si, sur cette couleur rouge, on verse de la potasse, cet alcali, en s'unissant avec elle, reforme le composé bleu qu'un autre acide peut détruire de nouveau, sans que la matière colorante éprouve d'altération. C'est ainsi qu'il faut comprendre l'action des acides et des alcalis sur la teinture de tournesol.

En général, les acides faibles virent :

Au *jaune orangé*.....	les matières rouges,
Au *rouge*.....	les matières bleues,
Au *jaune plus vif* ou au *vert*.	les matières jaunes ;

Tandis que, sous l'influence des alcalis faibles :

Les matières rouges virent..	au *violet vineux*,
Les matières bleues.....	au *jaune foncé* ou *orangé*, ou au *vert*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les jaunes virent au *rouge orangé*, ou n'éprouvent que de faibles changements.

Il en résulte qu'on peut presque toujours rétablir, par l'intervention d'un alcali faible, une nuance modifiée par un acide, et réciproquement, une nuance altérée par un alcali peut être ramenée au ton primitif par un acide.

Mais tous les acides et les alcalis concentrés décomposent complétement les principes colorants, même les plus solides, à une température variable. Sous l'influence des alcalis caustiques, les couleurs sont modifiées, détruites, même quand on a soin d'éviter le contact de l'air. En présence de celui-ci, il y a absorption d'oxygène, et production d'une matière de couleur brune.

Aucune matière colorante ne résiste à l'action de l'acide azotique et des autres acides de l'azote, pas même l'indigotine, ainsi que je vous l'ai déjà fait voir. Mais c'est surtout ce que M. Guinon, de Lyon, appelle l'*acide azotosulfurique*, c'est-à-dire de l'acide sulfurique concentré qu'on a saturé des vapeurs nitreuses produites pendant la dissolution des métaux ou pendant la préparation artificielle de l'acide oxalique, qui exerce sur les matières colorantes l'action destructive la plus rapide et la plus complète. La cochenille ammoniacale qui résiste à l'action de l'acide sulfurique, à celle de l'acide azotique, est immédiatement décolorée par l'*acide azotosulfurique*, alors même qu'il est très-étendu d'eau. C'est en 1852 que M. Guinon a fait connaître ce puissant agent d'oxydation et de décoloration. Cet habile chimiste-teinturier conseille de se servir de la cochenille ammoniacale pour reconnaître moins de 1/2000 d'acide azoteux ou hypoazotique dans une dissolution, puisqu'il ne faut pas davantage de ces acides pour blanchir le réactif fortement coloré en rouge.

Il est nécessaire de distinguer ici l'action de l'acide sulfureux de celle des autres acides. Cet agent décolore et blanchit, ainsi que je vous l'ai déjà dit, et c'est à cause de cela que, depuis longtemps dans les arts, on s'en sert pour le blanchiment de la soie, de la laine, de la paille, pour faire disparaître les taches de fruits sur les étoffes qu'il n'altère pas.

Certaines couleurs, celle de la cochenille, par exemple, ne sont point attaquées par lui, tandis que beaucoup d'autres, comme celle des bois de Brésil, sont totalement détruites. Au reste, il est ordinaire que les substances qui ont été blanchies par cet agent reprennent leur couleur à l'air, par l'effet de son dégagement.

Les expériences de De la Follie, de M. Kuhlmann, et surtout celles de M. Grothuss semblent démontrer que l'acide sulfureux n'est point un agent décolorant aux mêmes conditions que le chlore ou l'oxygène ; qu'il ne fait que modifier les couleurs en s'y

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

combinant, si bien qu'en l'éliminant du composé blanc produit, la couleur reprend sa nuance primitive.

Que l'on plonge, en effet, une rose rouge dans un flacon plein d'acide sulfureux gazeux, elle deviendra blanche en peu d'instants, et elle conservera cette couleur même à l'air; mais qu'on l'immerge ensuite dans de l'acide sulfurique affaibli, la rose reprendra immédiatement sa couleur naturelle, parce que l'acide sulfurique déplacera l'acide sulfureux. Le même effet se produit en mettant la rose blanchie dans une atmosphère de chlore, parce que, sous l'influence de ce dernier, l'acide sulfureux sera changé en acide sulfurique.

Que l'on plonge des violettes dans une cloche d'acide sulfureux, elles deviendront blanches, et qu'ainsi décolorées on les mette dans une cloche pleine de gaz ammoniac, elles deviendront vertes; preuve que ce dernier gaz, en saturant d'abord l'acide sulfureux, fera réapparaître le bleu primitif de la fleur, pour le verdir ensuite.

Si, comme l'a vu M. Schœnbein, on verse dans la solution sulfurique d'indigo du bisulfite d'ammoniaque, ou tout autre sulfite acide, la couleur bleue passe immédiatement au brun jaune, mais elle reparaît par l'addition d'un acide ou d'un alcali fort, du chlore, de l'hydrogène sulfuré, de l'alcool, de l'esprit de bois, de l'essence d'amande amère; l'eau seule même, en grande masse, suffit pour cela. La chaleur ramène également la couleur bleue, qui disparaît de nouveau par le refroidissement (1).

Ces expériences appuient donc cette manière de voir : que dans la décoloration, l'acide sulfureux n'agit pas en désoxygénant les matières, comme on le supposait d'abord, mais en formant avec elles une espèce de combinaison blanche dans laquelle les couleurs primitives ne sont pas détruites, mais simplement dissimulées.

Les oxydes métalliques se combinent, en général, très-bien avec les principes colorants, et produisent avec eux des composés insolubles dans l'eau, auxquels on donne vulgairement le nom de *Laques*. Mais ce n'est qu'à l'état d'hydrates qu'ils opèrent ainsi, car à l'état anhydre, ils peuvent être chauffés et maintenus indéfiniment en contact avec ces principes sans s'y unir.

Les *laqués* sont de véritables sels dans lesquels les matières colorantes jouent le rôle d'acides, et on ne peut en isoler ces dernières qu'en faisant intervenir des acides plus énergiques.

Le procédé général pour obtenir ces laques consiste à faire une

(1) Lorsque la décoloration a été produite par le sulfite de cuivre, la couleur bleue paraît définitivement détruite, car on ne peut la faire réapparaître par aucun des réactifs ci-dessus indiqués.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

décoction de la substance tinctoriale, à y ajouter une dissolution d'alun ou de perchlorure d'étain, puis à verser dans le mélange un carbonate alcalin, qui, mettant en liberté l'alumine ou l'oxyde d'étain, les présente à la matière colorante dans un grand état de division qui favorise leur combinaison. L'hydrate entraîne donc avec lui dans sa précipitation la matière colorante avec laquelle il semble s'unir en proportions définies. On lave le précipité et on le fait sécher à l'ombre.

C'est par un procédé plus ou moins analogue à celui que j'exécute sous vos yeux, qu'on prépare les *laques de garance*, de *Fernambouc*, la *laque carminée*, le *carmin*, etc., dont les peintres et les fabricants de papiers peints utilisent les belles couleurs.

L'affinité des matières colorantes pour les oxydes est telle qu'elles les enlèvent souvent aux acides, et qu'elles se précipitent avec eux de leur dissolvant commun sur les étoffes.

Nous verrons bientôt qu'en teinture on tire un très-grand parti de cette affinité mutuelle des oxydes métalliques et des matières colorantes, pour fixer plus solidement celles-ci sur les différents tissus, et les rendre moins attaquables par l'air et les autres agents susceptibles de les altérer ou de les détruire.

Les sels métalliques ou autres agissent sur ces mêmes matières, soit par leur acide, soit par leur base. Dans le premier cas, ils avivent ou virent les couleurs ; dans le second cas, qui est le plus général, ils cèdent leurs oxydes au principe colorant, et le composé mixte qui se produit devient insoluble. Si je verse, par exemple, de l'acétate de plomb ou du perchlorure d'étain dans des dissolutions d'hématoxyline, de brésiline, de santaline, etc., il se produit des précipités colorés diversement, qui sont de véritables laques, et les liqueurs surnageantes sont très-acides.

C'est surtout en présence des tissus que cette décomposition des sels s'effectue le plus facilement. Dans ce cas, la laque qui se forme se dépose sur le tissu et s'y fixe, en sorte qu'un tissu teint doit être considéré comme un composé ternaire de tissu, d'oxyde et de principe colorant. C'est là la théorie des *mordants*, nom que l'on donne aux sels et aux autres substances par l'intermédiaire desquels on parvient ainsi à fixer sur les tissus les principes colorants qui ne s'y combineraient pas seuls. Rarement les sels s'unissent intégralement à ces principes.

Certains sels produisent sur les matières colorantes des effets de décoloration ou d'oxydation. Dans le premier cas, ils opèrent par leurs acides : tels sont les hypochlorites, les bichromates, le chlorate de potasse, etc., surtout en présence des acides. Un mélange de prussiate rouge de potasse et d'alcali a la même action sur l'indigo que l'acide chromique. — Dans le second cas, ils opèrent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par leurs bases. C'est ainsi que le chlorhydrate d'ammoniaque mélangé aux sels de cuivre donne naissance à des sels doubles qui ont la propriété d'oxyder les matières colorantes et de leur céder de l'oxyde de cuivre qui se fixe avec elles sur les tissus de coton, ce qui communique à ces matières une plus grande stabilité. Le chlorhydrate d'ammoniaque ne peut être remplacé dans ce cas spécial par aucun autre chlorure; ces faits s'appliquent surtout, d'après MM. Kœchlin et Plessy, aux matières colorantes du cachou, des bois de Campêche et de Lima.

Les sels de mercure, d'argent, d'or et de platine sont réduits par les matières colorantes qui s'oxydent et se dénaturent en absorbant l'oxygène des oxydes de ces sels.

Les matières colorantes ont la propriété de s'unir aux différents tissus et de former des composés plus ou moins stables. En général, ces matières manifestent une plus grande affinité pour les tissus de nature animale, comme la laine et la soie, que pour les tissus végétaux, le coton, le chanvre et le lin, et elles en ont plus pour le coton que pour les deux derniers tissus. Vous avez tous observé, Messieurs, mais peut-être sans y réfléchir, un fait qui démontre bien cette tendance des matières colorantes à s'unir aux tissus. Quand vous laissez tomber par mégarde du vin rouge sur une nappe de fil ou de coton, il se fait aussitôt une tache rouge ou violette assez persistante, et, tout autour de cette tache, la toile se mouille sans se colorer sensiblement. C'est que, dans ce cas, la partie de la toile qui est mise en contact direct avec le vin lui enlève sa matière colorante et la fixe d'une manière durable; tandis que le liquide, ainsi dépouillé de sa couleur, se répand tout autour par un effet capillaire, et humecte le tissu, sans pouvoir le colorer, dans ce cas.

Les matières colorantes n'ont pas toutes une égale affinité pour les tissus. En général, celles d'entre elles qui se rapprochent des résines par leur insolubilité dans l'eau, se fixent plus facilement sur la laine et la soie que sur les autres matières textiles, mais elles ne résistent pas autant à la lumière que les matières colorantes extractives ou solubles dans l'eau.

Parmi toutes les matières colorantes connues, il en est quelques-unes qui se précipitent immédiatement sur les tissus avec lesquels on fait digérer leurs dissolutions, et qui s'y combinent intimement sans aucun intermédiaire. Tels sont l'*indigotine*, la *curcumine*, l'*orcéine*, la *carthamine*, les principes colorants du rocou, du brou de noix, du cachou. Mais toutes les autres ne peuvent s'y attacher d'une manière durable qu'autant qu'on fait intervenir une attraction plus énergique que celle du tissu pour la couleur. Or, on parvient à ce résultat en tirant parti, tout à la fois, et de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande affinité des matières colorantes pour les oxydes métalliques, et de l'affinité de ceux-ci pour les tissus.

Si je fais bouillir, en effet, du coton ou du lin dans un bain de garance, de gaude, ou de bois de Brésil, ce tissu n'acquerra qu'une teinte très-faible, que le moindre lavage à l'eau fera disparaître; mais si, à l'avance, j'imprègne le coton ou le lin d'une dissolution d'alun ou d'acétate de fer, par exemple, et que je le plonge ensuite dans les mêmes bains de teinture, alors il se colorera fortement, en s'unissant aux matières colorantes qu'il enlèvera à ces bains, et les couleurs développées résisteront aux lavages.

Bancroff a divisé les couleurs en *couleurs substantives* et en *couleurs adjectives*, d'après leur affinité pour les tissus. Les premières sont celles qui se combinent avec les étoffes, en vertu de leur propre affinité; les secondes sont celles qui ne s'y fixent que par l'intermédiaire d'une autre substance.

En ayant égard à leur plus ou moins de résistance aux agents physiques et chimiques, on peut partager les matières colorantes en deux grandes classes : *solides* et *faux teint*.

On appelle *couleurs solides*, ou couleurs de *bon* et de *grand teint*, celles qui résistent à l'action décolorante du soleil, à l'influence de l'air, de l'eau, de l'alcool, des acides et des alcalis faibles, des hypochlorites affaiblis et du savon. Telles sont les couleurs de la garance, de l'indigo, du quercitron, de la gaude, du bois jaune, de la cochenille, du cachou, de la noix de galle et des sels de fer.

On appelle, au contraire, *couleurs faux teint*, ou de *petit teint*, celles qui sont promptement détruites par la lumière solaire, l'air humide et chaud, et qui, malgré leur insolubilité dans l'eau, sont enlevées ou altérées par les lessives alcalines, les acides faibles, les hypochlorites et le savon. Tels sont les principes colorants des bois rouges, du campêche, des graines de Perse et d'Avignon, du curcuma, du rocou, du carthame.

Rappelez-vous bien, Messieurs, que, quelle que soit la solidité d'une couleur, elle ne peut, toutefois, supporter l'action répétée du chlore, des acides minéraux concentrés, surtout des acides de l'azote et du chrôme.

M. Chevreul a reconnu que les matières colorantes sont loin d'avoir la même stabilité sur les diverses étoffes, lorsqu'elles sont exposées dans le vide, à l'action d'une certaine température.

Le curcuma qui, dans l'air s'altère si rapidement, n'éprouve pas d'altération à + 160° sur le coton et la soie.

Le brésil, la cochenille, le quercitron, la gaude, l'orseille, fixés par l'alun et le tartre, n'éprouvent, pour ainsi dire, pas de changements dans les mêmes circonstances sur le coton, la laine et la soie.

Le rocou est plus stable dans l'atmosphère que le curcuma.

Le carthame s'affaiblit à + 160° sur le coton et la soie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le campêche, fixé par l'alun et le tartre, éprouve une modification remarquable, en ce que de bleu violet il passe au violet rouge, comme s'il était soumis à l'influence d'un acide.

Enfin le campêche, le brésil et la cochenille, fixés sur les étoffes par la dissolution d'étain, ont plus de tendance à se modifier que lorsqu'ils le sont par l'alun et le tartre.

La nature spéciale de l'étoffe peut avoir aussi de l'influence sur la stabilité d'une même matière colorante fixée par un même mordant, comme elle en exerce une dans le cas où les étoffes teintes sont exposées à la lumière. Par exemple, dans le vide, à + 160°, la soie donne au carthame une stabilité que ne lui donnent ni la laine ni le coton. — Le rocou, dans la même circonstance, est moins stable sur la soie qu'il ne l'est sur le coton.

L'influence de l'étoffe se fait encore sentir dans le cas où l'air agit avec le concours de la chaleur. Ainsi, l'air chaud altère plus l'indigo fixé sur la soie que l'indigo fixé sur le coton.

L'acide sulfo-indigotique à + 160° est peu altérable sur la soie et le coton; il l'est davantage sur la laine. La vapeur d'eau a une certaine tendance à le faire passer au vert, surtout sur la laine et sur la soie.

L'indigo de cuve est non-seulement très-affaibli sur la laine, à + 160° ou 180°, mais il tourne au vert avec une tendance au rouge.

Ainsi que l'indigotine et le sulfate d'indigo, et par les mêmes raisons, c'est-à-dire le pouvoir plus ou moins réducteur des tissus, le bleu de Prusse, stable sur le coton, ne l'est plus sur la laine.

Toutes les expériences du célèbre chimiste dont je viens de résumer les travaux sur ce point si curieux de l'étude des matières colorantes, démontrent que le coton n'exerce qu'une très-faible réduction sur la plupart de ces matières, tandis que la soie, et surtout la laine, jouissent à un haut degré du pouvoir désoxydant.

En terminant ces généralités sur les matières colorantes, je ne puis m'empêcher de vous faire remarquer, Messieurs, que ces principes en raison de la manière dont ils se comportent avec les oxydes et les sels, les acides et les tissus, se distinguent nettement des autres classes de principes immédiats. La connaissance des propriétés essentielles de ces matières colorantes est de la plus haute importance pour le teinturier et l'indienneur, puisque c'est elle qui leur sert de guide, soit pour extraire ces matières des substances organiques qui les contiennent, soit pour les fixer d'une manière durable sur les différents tissus.

Deux industries très-importantes se rattachent à l'étude des matières colorantes : la TEINTURE et l'IMPRESSION DES TISSUS. Je ne vous en parlerai qu'un peu plus tard, parce que certaines connaissances vous manquent encore pour en bien comprendre les principes généraux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUARANTE-CINQUIÈME LEÇON.

DEUXIÈME DIVISION.

COMPOSITION ET PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES ORGANES.

Sommaire. — Classification. — Des organes employés à l'alimentation. — Des végétaux alimentaires : racines, légumes herbacés, fruits servant à la nourriture de l'homme. — De la pomme de terre et de l'extraction de sa fécule. — Du thé. — Du marron d'Inde. — Du cacao. — Du café. — Du café-chicorée. — Du poivre. — Des semences des légumineuses. — Des graines céréales ; leur importance ; leur composition comparée.

Dans les leçons précédentes, j'ai étudié avec vous, Messieurs, les principes et produits immédiats que l'on rencontre dans les différents organes des plantes et des animaux.

Je dois maintenant vous parler de ces organes eux-mêmes, non quant à leurs formes, à leur constitution anatomique ou à leur mode d'accroissement ; ce soin appartient au naturaliste ; mais uniquement sous le rapport de leur composition chimique et des propriétés essentielles qui en dérivent.

Pour rendre cette étude moins aride, je ne la séparerai pas des applications que l'on fait journellement de ces organes. Les uns servent à l'alimentation ; d'autres à la guérison des maladies ; d'autres enfin sont les matières premières d'une foule d'industries. C'est dans cet ordre que je vais procéder à leur examen.

CHAPITRE PREMIER.

DES ORGANES EMPLOYÉS A L'ALIMENTATION.

Au premier rang des matières utiles se placent les *aliments*, tant végétaux qu'animaux. Occupons-nous d'abord des premiers.

§ 1. — Des végétaux alimentaires.

Dans toutes les classes d'organes de plantes, l'homme a découvert des aliments, ou au moins des matières qui peuvent rendre sa nourriture plus agréable ou plus digestible ; celles-ci sont ce qu'on appelle des *condiments*. Mais c'est surtout dans les racines, les feuilles et les fruits qu'il a rencontré le plus de substances propres à remplir l'une ou l'autre de ces conditions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

I. *Racines alimentaires.* — Ordinairement charnues, les racines alimentaires contiennent, outre la fibre ligneuse, dont les proportions dépassent rarement 4 à 5 centièmes, beaucoup d'eau, des sels de potasse et de chaux, presque toujours de l'amidon, de la gomme ou de la pectine, du sucre et de l'albumine. C'est surtout à ces dernières substances qu'elles doivent leurs propriétés alibiles.

On peut les répartir en quatre groupes distincts :

1° Les *salsifis,* les *betteraves,* les *carottes,* les *panais,* les *navets,* que la cuisson dans l'eau rend mucilagineux, et qui renferment de la gomme ou mucilage, de la pectine et du sucre en proportions notables, associés à des principes aromatiques et colorants. Voici leur composition comparée et l'ordre de leur pouvoir alimentaire :

	EAU.	MATIÈRES AZOTÉES	MATIÈRES GRASSES.	AUTRES MATIÈRES organiques NON AZOTÉES.	SELS.	AZOTE SUR 100.
Carottes ordinaires...	87,6	1,9	0,20	9,7	0,6	0,30
Navets jaunes	85,0	1,9	0,20	12,0	0,9	0,30
Panais.....	88,3	1,6	0,20	9,2	0,7	0,25
Betteraves champêtres	87,8	1,3	0,10	10,1	0,7	0,21
Navets blancs.....	92,5	0,8	0,20	6,0	0,5	0,13

Comme vous le voyez, ces racines sont très-aqueuses, peu riches en matières utiles et surtout en principes azotés. On ne les consomme que cuites, rarement seules, ordinairement associées à des viandes. La betterave seule est introduite dans les salades.

2° Les bulbes de l'*ail*, de l'*échalotte,* de l'*oignon,* les bulbes et la partie inférieure des feuilles du *poireau,* ont des propriétés stimulantes fort actives, une âcreté particulière, une odeur pénétrante, qu'ils doivent à une huile volatile contenant de l'azote et du soufre. On y trouve, d'ailleurs, une grande quantité de gomme ou mucilage, de sucre incristallisable, une matière azotée se rapprochant du gluten des céréales, des acides phosphorique et acétique libres, du phosphate et du citrate de chaux. L'oignon frais renferme jusqu'à 1,18 p. 100 d'azote.

3° Les tubercules du *topinambour* ou *poire de terre*, importés du Mexique en Europe, il y a plus de deux siècles, sont riches en sucre (près de 15 p. 100) et en matières azotées (plus de 3 p. 100), et ils offrent ceci de particulier, qu'à la place de la fécule ils renferment une substance neutre qui tient le milieu par ses propriétés et sa composition entre l'amidon et la cellulose ; on l'appelle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inuline, parce que Valentin Rose l'a d'abord trouvée dans la racine de l'INULA ou AUNÉE. On l'a depuis rencontrée dans beaucoup d'autres racines (pyrèthre, angélique, chicorée, pissenlit), les bulbes de colchique, les tubercules de dahlia, et dans plusieurs lichens. Cette matière féculoïde se dissout dans l'eau bouillante, et n'est pas colorée en bleu par l'iode. On la représente par la formule $C^{12}H^{9}O^{9},HO$.

4° D'autres tubercules ou racines contiennent une forte proportion de fécule, ce qui en fait des substances alimentaires d'une importance majeure. Tels sont notamment le *manioc*, l'*arrow-root*, la *batate* ou *patate*, les *ignames*, l'*arracacha*, la *piquotiane*, l'*apios tubéreux*, la *sagittaire*, la *fritillaire*, le *gouet comestible*, mais surtout la *pomme de terre*. Je m'arrêterai un instant sur celle-ci.

La pomme de terre (*solanum tuberosum*) est un des végétaux qui rendent le plus de services à nos sociétés modernes (*fig.* 421),

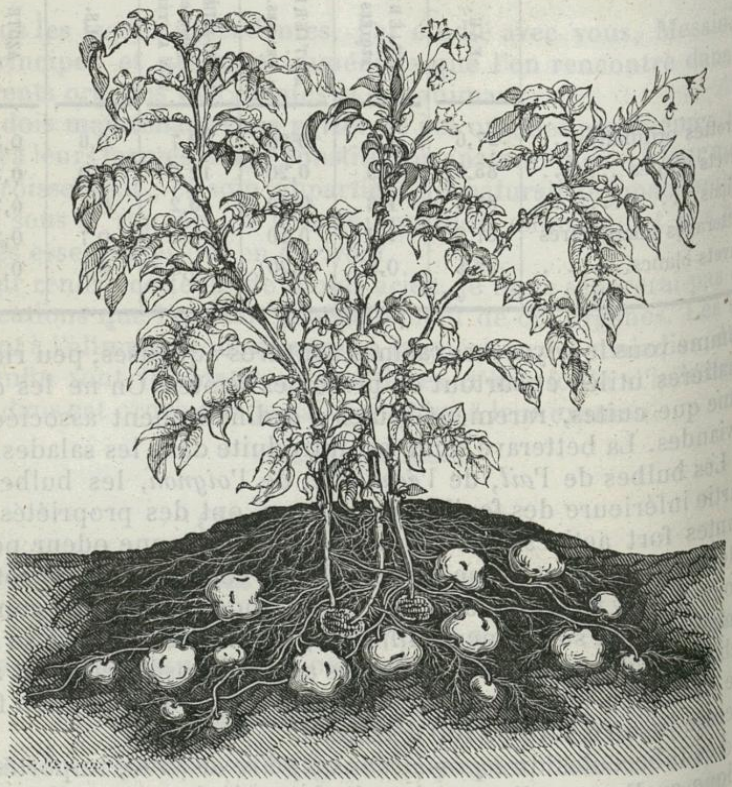


Fig. 421.

puisque indépendamment de la grande consommation qu'on en fait en nature comme aliment journalier, on en confectionne du pain, on en obtient de la gomme, du sucre, de l'eau-de-vie, on en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prépare des pâtes alimentaires de toute espèce, des parements; que, cuite et écrasée entre le linge, elle en opère le blanchissage aussi parfaitement et plus économiquement que le savon; que ses tiges peuvent fournir beaucoup de potasse par l'incinération, etc. On a extrait aussi une couleur jaune brillante de ses fleurs (1).

Bien qu'appartenant à un genre de plantes, les *solanées*, pourvues de propriétés vénéneuses très-prononcées, ce qu'elles doivent à l'alcaloïde nommé *solanine*, la pomme de terre n'a aucune action malfaisante sur l'économie. C'est un préjugé encore répandu, que la pellicule ou l'enveloppe externe de ses tubercules contient un principe délétère qui se communique à l'eau dans laquelle on les cuit; les expériences de Dunal, de Montpellier, ont prouvé le contraire. Mais ce qu'il y a de très-remarquable, c'est que ses tubercules, en état de germination, deviennent un poison narcotique pour les bestiaux; il suffit même de donner aux bêtes

(1) Originaire des Andes de l'Amérique méridionale, dont les habitants la cultivent depuis des siècles sous le nom de *papas*, la pomme de terre a été apportée en Europe par les Espagnols, peu après la conquête du Pérou, et propagée par eux en Italie, dans les Pays-Bas, la Franche-Comté et la Bourgogne, vers le milieu du seizième siècle; sa culture se répandit en Allemagne dès le temps de la domination de Charles-Quint, et elle passa, à peu près à la même époque, de la Galice en Irlande. C'est donc à tort qu'on attribue généralement à Drake l'introduction de ce tubercule en 1586. Lorsque sir Walter Raleigh rapporta cette plante en Angleterre de la Virginie, en 1623, elle était déjà bien connue en Espagne et en Italie, où on la nommait *tartufoli*, truffe de terre. Suivant de Humboldt, elle est cultivée en grand depuis 1684 dans le Lancashire, 1717 en Saxe, 1728 en Écosse, 1738 en Prusse.

C'est seulement sous le règne de Louis XVI qu'elle commença à pénétrer en France, mais elle eut beaucoup de peine à s'y répandre par suite des préjugés, non-seulement des gens de la campagne, qui n'en voulaient donner qu'à leurs animaux, mais aussi des gens plus instruits, qui prétendaient que l'usage de ce tubercule donnait la lèpre et produisait d'autres mauvais effets sur l'économie animale. Parmentier, dont toute la vie n'a été qu'une lutte continuelle contre les préjugés et l'erreur, est un de ceux qui ont le plus contribué à répandre la culture de la pomme de terre. En 1786, il s'avisa de faire garder par des soldats un champ planté de ces tubercules dans la plaine des Sablons, afin de donner l'envie d'en dérober. Ce stratagème ingénieux eut un plein succès. D'un autre côté, Louis XVI, d'après ses conseils, parut un jour devant sa Cour, un bouquet de fleurs de pomme de terre à la main. Il n'en fallait pas davantage pour mettre cette plante en honneur; aussi bientôt tous les courtisans s'empressèrent de la cultiver. Toutefois, au fort de la révolution, les préventions du peuple n'étaient pas encore dissipées; on en jugera par ce fait: Dans une assemblée populaire, on allait au scrutin pour une place à laquelle l'estime publique semblait porter Parmentier. « Ne la lui donnez pas, s'écria un orateur de faubourg, il ne nous ferait manger que des pommes de terre; c'est lui qui les a inventées. »

Aujourd'hui la culture de la *Parmentière* (nom donné par la reconnaissance des peuples au précieux tubercule dont il est ici question) s'étend depuis l'équateur jusqu'en Islande et en Laponie, là où le seigle et l'avoine ne viennent plus. « C'est un spectacle intéressant, dit l'illustre de Humboldt, que de voir une plante descendre des montagnes situées sous l'équateur, s'avancer vers le pôle et résister plus que les graminées à tous les frimas du nord. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à cornes les lavures provenant de pommes de terre germées, pour déterminer la paralysie de leurs extrémités postérieures. C'est que les germes de ces tubercules renferment alors de la *solanine*, comme les chimistes allemands Baup et Otto s'en sont assurés.

Voici la composition immédiate moyenne des pommes de terre, au point de vue de l'alimentation ; les chiffres suivants se rapportent à la variété nommée *patraque jaune*, cultivée en grand :

Eau	74
Fécule	20
Substances azotées	1,60
— sucrées	1,09
— grasses avec huile essentielle	0,11
Cellulose (épiderme et tissu)	1,64
Substances salines (pectates, citrates, phosphates, silicates de chaux, magnésie, potasse et soude, sulfates et chlorures alcalins, alumine et fer)	1,56
	100,00

D'après M. Boussingault, la pomme de terre, à l'état frais, ne contient que 0,36 p. 100 d'azote. C'est donc, en réalité, un aliment très-pauvre quand on le consomme seul.

L'extraction de la fécule de pomme de terre, comme de toutes les autres racines charnues, est très-simple. On râpe les tubercules lavés, on divise la pulpe dans l'eau, et on jette le tout sur des tamis. L'eau entraîne avec elle la fécule. Après un repos suffisant, on décante l'eau surnageante et claire ; on lave la fécule jusqu'à ce qu'elle soit entièrement blanche ; on la fait égoutter sur des toiles ; on la pose ensuite, pendant vingt-quatre heures, sur une aire en plâtre qui absorbe toute l'eau apparente ; puis on la fait sécher, d'abord à l'air libre, enfin dans une étuve à air chaud, dont la température ne dépasse pas + 50 à 55°.

Dans les grandes féculeries modernes, la main-d'œuvre est réduite à fort peu de chose, attendu qu'on fait usage d'appareils continus, dans lesquels le nettoyage, le râpage des tubercules, ainsi que le lavage et l'épuration de la fécule sur les tamis, sont effectués mécaniquement (1). La figure 422 représente un de ces appareils perfectionnés.

(1) Les résidus de pomme de terre, après l'extraction de la fécule, sont maintenant passés dans une touraille qui les dessèche au point qu'ils peuvent être portés au moulin et réduits en farine ; on blute celle-ci et on la classe en 1re, 2e, 3e et 4e, suivant la blancheur. Cette opération, malgré les frais qu'elle exige, paraît plus avantageuse aux fabricants de fécule que l'emploi direct du résidu frais à la nourriture des bestiaux. Ils en trouvent facilement la vente pour l'engraissement des volailles et même pour celui des bestiaux. C'est surtout la boulangerie qui paraît faire un grand usage de cette farine, qu'elle substitue aux recoupes employées pour *l'effleurage* lors de l'enfournement des pains.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 422.

L'appareil se compose de quatre tamis cylindriques et de deux râpes montées sur un même bâti. Une première râpe A mise en mouvement par une poulie à courroie réduit les tubercules en une pulpe qui tombe dans un récipient B à plan incliné. Une pompe aspirante P la monte par le tube C dans le premier tamis DE, où des jets d'eau sortant des tubes *t*, *t'* la délaient et la font tomber sur le plan incliné FG pour se rendre dans le tamis que surmonte la deuxième râpe H. Celle-ci achève la division des morceaux échappés à la première râpe. De là elle passe dans un second tamis IK, où des jets d'eau sortant des tubes *f*, *f'* l'épuisent et d'où elle s'échappe dans un réservoir extérieur. Quant à l'eau chargée de fécule provenant des deux premiers tamis, elle s'écoule par le récepteur LM, dans un premier tamis épurateur NO et se dirige de là vers un récipient Q où une deuxième pompe aspirante P' la remonte au moyen du tube recourbé Z dans le second tamis épurateur TU. La fécule, après ces deux tamisages, est entraînée par l'eau sur le récepteur VXY qui la dirige soit dans de grandes cuves où elle forme dépôt et où l'on opère son dernier lavage, soit sur des plans légèrement inclinés où elle s'arrête tandis que les matières floconneuses grisâtres qui la salissaient disparaissent avec le liquide qui les tient en suspension. La fécule est ensuite bien égouttée, séchée à l'air, puis dans une étuve à air chaud. Le produit est habituellement de 16 à 17 pour 100 de *fécule sèche*, qui retient néanmoins 18 p. 100 d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

II. *Légumes herbacés.* — Dans un certain nombre de plantes herbacées, les feuilles, les jeunes tiges, les graines et gousses vertes, sont pourvues de propriétés comestibles, parce qu'elles renferment, dans un tissu lâche et facile à désagréger, des principes plus ou moins azotés, aisément assimilables.

Les parties herbacées des végétaux ont une composition chimique à peu près identique, si on les envisage d'une manière générale. Ainsi, elles contiennent toujours, avec la cellulose ou fibre ligneuse qui en forme en quelque sorte le squelette, de l'albumine ou un principe azoté analogue, des matières sucrées et gommeuses, de la chlorophylle, de la cire, des substances grasses et résineuses, des acides libres ou combinés, souvent enfin des huiles essentielles en très-petite quantité.

Cependant, à cette constitution que l'on pourrait appeler *normale*, viennent quelquefois s'ajouter des matières particulières qui impriment des propriétés spéciales aux aliments qui les contiennent. Ainsi :

Dans les feuilles de *laitue* et de *chicorée*, il y a un principe amer assez développé;

Dans celles du *cresson*, du *chou*, dans les tiges de *céleri*, des principes âcres, des huiles essentielles sulfurées;

Dans celles du *persil*, du *cerfeuil*, des principes aromatiques très-développés, mais non sulfurés;

Dans celles de l'*oseille*, des jeunes tiges de *rhubarbe*, une abondance de sels acides de potasse;

Dans les réceptacles ou *fonds d'artichaut*, une certaine quantité de tannin, ainsi que dans les gousses vertes des *pois* et des *haricots verts*;

Dans les feuilles d'*épinard*, de *poirée*, de *bette*, de *mâche*, de *raiponce*, dans les tiges des *cardons*, du mucilage visqueux et doux.

Tous les légumes herbacés renferment de 90 à 92 p. 100 d'eau; ils ne contiennent donc que fort peu de matières utiles sous un grand volume. C'est pour cela qu'ils sont peu nourrissants, et qu'il faut toujours concentrer leurs principes par la coction, en les associant d'ailleurs à des aliments plus riches, c'est-à-dire plus azotés, tels que du pain, des viandes, des œufs, etc.

Je rattacherai aux feuilles alimentaires le *thé*, qu'on ne mange pas, mais dont l'infusion chaude et sucrée constitue une des boissons les plus agréables et le plus souvent employées, surtout dans les pays froids et humides. C'est la feuille d'un arbrisseau de la Chine, du Japon et de toute l'Asie orientale (*fig.* 423). Les Hollandais firent connaître le thé en Europe vers le milieu du dix-septième siècle; ils empruntèrent aux Chinois l'usage de boire l'infusion de cette feuille. Le commerce de cette substance est devenu, de nos jours, d'une telle importance, qu'il s'élève à près

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 40 millions de kilogrammes par an. On en consomme annuellement en Angleterre 25 millions de kilogr.; aux États-Unis, 10 millions; en Hollande, au moins 1 million, tandis qu'en France la consommation ne s'élève pas à plus de 300,000 kilogr. (1).

Récent, le thé est âcre et amer, sans odeur. On lui fait subir, en Chine une préparation qui paraît n'être autre chose qu'une légère torréfaction dans des chaudières de fer très-évasées et polies; les feuilles se ramollissent; on en forme des pelotes qu'on exprime entre les mains, ce qui en fait découler un suc verdâtre assez abondant, âcre et légèrement corrosif; les feuilles sont ensuite rapidement desséchées dans les chaudières, où elles se crispent et se roulent, comme on le voit dans le thé du commerce. On les passe ensuite à travers des cribles pour en former diverses qualités commerciales. On prétend que les feuilles des thés de choix sont roulées une à une dans la main, ce qui n'est guère probable.



Fig. 423.

On distingue généralement deux sortes de thés, les *noirs* et les *verts*.

On dit qu'ils sont *perlés* ou *poudre à canon* suivant qu'ils sont roulés en grains plus ou moins gros. Les principales variétés de thé connues dans le commerce sont, dans l'ordre de leur plus grande valeur :

(1) Dès l'an 1636 le thé fut connu à Paris, mais peut-être n'y eût-il obtenu qu'une fortune médiocre, s'il n'avait été accrédité par un homme de la plus haute importance, le chancelier Séguier. L'usage du thé au lait n'a été adopté que sur la fin du même siècle. Madame de Sévigné, dans une lettre de 1680, en parle comme d'une chose particulière que la marquise de la Sablière avait imaginée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les thés verts..	Hyson ou He-chun. Hyson junior. Yu-Tseou. Hyson shoulang. Hyson skin. Poudre à canon (chou-cha) impériale. Tonkay ou Tun-Ke.
Pour les thés noirs..	Pekoe d'Assam. Orange Pekoe. Hung-Muey ou Pekoe noir. Congo (hoong-foo). Pouchong (Paou-Chung). Sou-Chong ou Seaou-Chung. Ning-Yong. Hou-Long. Campoy ou Kien-Poey, etc.

Les *thés verts* ont une saveur astringente et piquante, une odeur forte ; ils sont très-excitants et s'opposent au sommeil. Les *thés noirs* ont moins de force, moins de parfum et sont moins excitants.

Il existe dans nos jardins botaniques et dans nos serres deux variétés bien connues de l'arbuste qui fournit la feuille de thé, l'une appelée *thea viridis*, l'autre *thea bohea;* la première appartenant aux provinces du nord de la Chine, et y vivant en plein air; l'autre, plus sensible, appartenant aux provinces méridionales de ce pays. Comme le *thé vert* vient des provinces du Nord, et le *thé noir* des provinces du Sud, on en a conclu naturellement que le thé vert était fabriqué avec la première variété, et le thé noir avec la seconde. Quelques personnes avaient émis des doutes sur ce point et avaient avancé que l'on pouvait préparer les deux espèces de thé avec la même plante, toute la différence dépendant du procédé de fabrication.

Les recherches entreprises par M. Fortune, délégué de la Société Horticulturale de Londres, et par M. Samuel Bell, inspecteur des thés auprès de la Compagnie des Indes, confirment pleinement cette dernière assertion. On fabrique indifféremment le *thé vert* et le *thé noir* avec le *thea viridis* ou le *thea bohea;* la couleur dépend de la manière plus ou moins rapide avec laquelle on fait sécher les feuilles. Il résulte des observations de M. Bell que l'arome du thé a la plus grande analogie avec celui du café, en ce que, comme celui-ci, il est développé par la chaleur; les feuilles fraîches du thé n'ont aucune espèce d'odeur.

Quelques auteurs prétendent que l'odeur agréable de l'infusion du thé n'est point naturelle à la feuille dont je parle, mais qu'elle provient d'aromates particuliers qu'on ajoute au thé après sa torréfaction, telles que des fleurs de l'*olivier odorant d'Asie*, du *jasmin d'Arabie*, etc. Mais il paraît qu'il n'y a que certaines variétés de thé qu'on aromatise ainsi (1).

(1) D'après M. Chevreul, l'arome du thé ne préexiste pas dans les feuilles fraîches; cet arome se développe plus tard et par suite de l'action des agents extérieurs. Il y a, dans les végétaux, des principes odorants tout formés, tandis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les Chinois teignent, dit-on, tous les thés verts qu'ils expédient avec un mélange de bleu de Prusse et de curcuma, et les saupoudrent de plâtre pour leur donner un aspect efflorescent analogue à celui du duvet des jeunes feuilles. En Angleterre et en France, on remet souvent en vente, sous le nom de thé vert, des feuilles qui ont déjà été infusées et qu'on a colorées avec des mélanges de bleu de Prusse et de chromate de plomb, d'indigo et de curcuma, etc. Un simple lavage fait reconnaître ces colorations frauduleuses.

Le thé, d'après les analyses récentes de M. Péligot, renferme un assez grand nombre de substances, à savoir : du tannin en proportions notables, de l'huile volatile, un acide gras et un acide jaune particulier, des matières colorantes jaune et verte, de la pectine, une matière azotée se rapprochant beaucoup de la *caséine* du lait, des sels, et un principe azoté, cristallisable en jolies aiguilles fines et soyeuses, incolore, analogue aux alcalis végétaux, que M. Oudry a découvert en 1827, et qu'il a nommé *théine*. La proportion de cette substance varie selon les thés ; le *thé poudre à canon* en contient 6,21 p. 100. Il y a jusqu'à 28 p. 100 de *caséine* dans ces feuilles ; et comme cette matière est aussi très-azotée, il en résulte que le thé renferme, dans son infusion et dans ses feuilles épuisées par l'eau, une quantité de matières azotées plus considérable que celle qui a été trouvée dans aucun des végétaux employés à l'alimentation. Généralement, les thés verts sont plus riches en tannin et en principes solubles que les thés noirs.

Ce n'est pas un vain caprice de la mode qui a introduit et propagé l'usage du thé en Chine et au Japon. Les eaux de ces contrées étant généralement malsaines, saumâtres et de mauvaise qualité, le thé est le seul moyen par lequel on parvient à en corriger les défauts.

Cette feuille a quelques autres usages économiques. On emploie les thés défectueux à la teinture en brun ou couleur châtaigne, pour rehausser la couleur du nankin lorsqu'il commence à blanchir, pour nettoyer les dentelles noires qui rougissent, etc.

III. *Fruits alimentaires.* — Les fruits alimentaires, excessivement variés et nombreux, contiennent, dans des proportions diverses, du sucre, de la gomme, de la pectine, de la fécule, des matières azotées, colorantes, grasses, aromatiques, des acides, des sels minéraux, et toujours une assez forte proportion d'eau. La cellulose n'y entre habituellement que pour quelques centièmes.

---

que d'autres principes immédiats ne peuvent donner de l'odeur qu'après certaines réactions plus ou moins lentes. Il en est de même relativement à certains produits animaux; c'est ainsi que, après avoir épuisé d'une manière complète une certaine quantité de musc de tout principe odorant, M. Chevreul remarqua, au bout de vingt ans, que le musc épuisé avait acquis de nouveau une odeur de musc très-prononcée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En ayant égard à celui ou à ceux de leurs principes constitutifs qui prédominent ou influent, d'une manière directe, sur leurs propriétés, on peut les partager en huit groupes distincts :

1° *Fruits charnus ou pulpeux.* — Ces fruits renferment beaucoup de sucre associé à des acides libres (malique, citrique ou tartrique), et à une matière azotée fermentescible : c'est ce qui en fait des aliments sains et agréables, quand ils sont pris à des doses modérées.

Les uns sont consommés crus, sans aucune préparation ; tels sont, notamment : les raisins, les pommes, les poires, les prunes, les pêches, les abricots, les cerises, les groseilles, les fraises, les framboises, les ananas, les tamarins, les grenades, les oranges, les citrons, les melons, etc.

Les autres sont mangés cuits ou confits dans le vinaigre ; tels sont : les courges, les potirons, les citrouilles, les concombres, etc.

Tous les fruits de ce groupe sont susceptibles, lorsqu'ils sont placés dans des circonstances favorables, de passer à la fermentation spiritueuse ; ils fournissent à l'économie domestique des boissons importantes, et celles-ci des liqueurs alcooliques, lorsqu'on les soumet à la distillation. La variété des principes qu'ils contiennent, et surtout l'abondance d'eau de végétation que renferment leurs cellules (de 71 à 93 p. 100), rendent leur conservation difficile, et leur pouvoir nutritif peu développé.

2° *Fruits sucrés non acides.* — Dans d'autres fruits, il n'y a presque pas d'acide libre, et ce qui domine c'est le sucre, comme dans les figues, les bananes, les dattes, les jujubes, la figue d'Inde, le fruit de l'arbre à pain, les goyaves, les caroubes, les cocos, etc.

Ces fruits, beaucoup moins aqueux que les précédents, sont plus nourrissants, plus salubres ; l'abondance de leur sucre rend leur conservation assez facile : on la favorise d'ailleurs par une demi-dessiccation.

3° *Fruits sucrés et féculents.* — Quelquefois le sucre est associé à de la fécule, comme dans les marrons, les châtaignes, les mangots de l'Inde. Ces fruits sont encore plus nourrissants que les précédents, et ils n'ont aucun des inconvénients qu'entraîne l'usage exclusif des fruits charnus et acides.

Le marron d'Inde, dont le principe amer si développé ne permet pas l'utilisation comme aliment, est remarquable cependant par sa richesse en fécule (17 1/2 p. 100, d'après M. Lepage), en glucose, en huile douce saponifiable, en matières azotées. — L'extraction de sa fécule peut être faite avec avantage, car de simples lavages à l'eau pure suffisent pour la priver complétement de son amertume ; elle est alors comparable à la meilleure fécule de pomme de terre, et peut lui être substituée dans tous ses emplois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

—Le principe amer n'est autre chose, d'ailleurs, que la singulière substance neutre trouvée par M. Bussy dans la saponaire d'Égypte, dans l'écorce de quillaia, et qui a reçu des chimistes le nom spécial de *saponine*, communiquant à l'eau toutes les propriétés détersives du savon. On rapporte qu'en Irlande et dans d'autres pays, on fait servir les marrons râpés au blanchissage du linge. C'est surtout pour le nettoyage des tissus revêtus de couleurs délicates, susceptibles d'être détruites ou modifiées par les alcalis, qu'on peut utiliser les marrons d'Inde (1).

4° *Fruits huileux*. — Il y a beaucoup de fruits dont les semences renferment tout à la fois de la *légumine* ou *caséine végétale*, et une huile douce, dont on tire parti pour l'alimentation. Tels sont, entre autres, le cacao, la noix, la noisette, les amandes douces, la pistache, l'arachide, la sésame, la faîne, l'olive, la cornouille, les fruits de certains palmiers, etc.

L'amande du cacaotier (*fig.* 424) ou le *cacao* est la base d'une préparation alimentaire fort nourrissante et suave, qu'on nomme *chocolat*. Cet aliment, mélange de sucre, de cacao légèrement torréfié et broyé, et d'aromates (vanille ou cannelle), est consommé en énormes quantités par les Espagnols et les Américains du Sud. En France, on en fabrique environ 7 millions de kilogr., au prix moyen de 2 fr. le kilogr. ; et, en 1856, on en a exporté près de 268 mille kilogr. (2).



Fig. 424.

(1) M. Lepage a donné un moyen de préparer une liqueur détersive qu'on peut conserver. On épuise 1 kil. de marrons secs décortiqués et réduits en poudre par quantité suffisante d'alcool à 69°,4 centés.; on soumet les liqueurs à la distillation au bain-marie pour en retirer tout l'alcool ; — s'il reste plus d'un litre de résidu, on le réduit à ce volume par la concentration, et lorsqu'il est refroidi, on y ajoute un demi-litre d'alcool à 90° centés. Cette préparation, qui se conserve très-bien, renferme toute la saponine des marrons mélangée de sucre, etc. On l'emploie étendue d'un peu d'eau, et elle réussit parfaitement à enlever les matières grasses de dessus les étoffes de laine, vraisemblablement en les émulsionnant.

(2) Les Espagnols ont trouvé, en 1520, l'usage du cacao et du chocolat établi de temps immémorial au Mexique, et ils l'ont importé en Europe, où il s'est rapidement étendu. Le chocolat fut apporté d'Espagne en France en 1660 ; les personnes de la suite de l'infante Marie-Thérèse, femme de Louis XIV, contribuèrent à le propager parmi nous. En 1661, le parlement de Paris rendit un arrêt qui permit au sieur David Chaillou de vendre et de débiter, dans toute l'étendue du royaume, « *une certaine composition qui se nomme chocolat* ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La composition chimique du cacao est utile à connaître; la voici, d'après M. Payen :

Matière grasse (beurre de cacao)	52
Substances azotées (légumine ou caséine végétale)	20
Amidon	10
Principe cristallisable ou *théine*	2
Cellulose	2
Substances minérales	4
Eau	10
	100

5° *Fruits astringents.* — Quelques fruits sont riches en tannin, et par conséquent âpres et acerbes au goût. Tels sont : les coings, les nèfles, les cornouilles, les cormes, les cynorrhodons, la cerise des Antilles, les semences du caféier, etc. Dans ces dernières, le tannin est associé à de la *légumine* et à des principes aromatiques ; j'en dirai quelques mots.



Fig. 425.

Le *café* est moins un aliment qu'une substance stimulante et digestive. L'importance de cette graine vous est bien connue ; mais ce que vous ne savez peut-être pas, c'est que l'arbre (*fig.* 425) qui la produit, le *caféier* (*coffea arabica*), est originaire des parties les plus chaudes de l'Éthiopie, de l'Arabie, de l'Yémen, d'où il a été transporté dans l'Inde, puis en Europe, et de là, il y a cent trente-trois ans, en Amérique, dans les Antilles, dans la Guyane et à l'île Bourbon, d'où nous viennent la plus grande partie de nos importations (1).

Le fruit du caféier est une baie, du volume et de la couleur d'une cerise, ne renfermant le plus habituellement que deux graines, de consistance et d'apparence cornées. Dans le commerce, on distingue de nombreuses variétés de café, qu'on désigne par les noms des pays de production. Voici les principales, rangées dans l'ordre de valeur : *Moka, Martinique,*

(1) Un pied de caféier, rapporté du jardin des plantes de Paris à la Martinique, en 1726, par le chevalier de Clieu a enrichi l'Amérique d'une production de 300 millions de francs annuellement. — On a évalué à 265 millions de kil. l'importance des récoltes de 1855 pour tous les pays ; c'est actuellement le Brésil qui occupe le premier rang dans la production du café ; viennent ensuite Java, Ceylan, Haïti, Guayra, Cuba et Puerto-Rico.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Guadeloupe, *Santiago de Cuba*, *Havane*, *Bourbon* ou *Réunion*, *Puerto-Rico*, *Jamaïque*, *Guayra* et *Porto-Cabello*, *Brésil*, *Cayenne*, *Haïti*, *Costa-Rica*, *Malabar*, *Java*, *Padang*, *Sumatra*, *Manille*, *Ceylan*, etc.

Le café vert, c'est-à-dire non torréfié, renferme, outre l'eau (12 p. 100 en moyenne), un grand nombre de principes, à savoir : cellulose (34 p. 100); matières grasses (10 à 13 p. 100); matières neutres non azotées, telles que glucose, dextrine, acide caféique et plusieurs dérivés, acide citrique (environ 15 à 16 p. 100); substances azotées, telles que légumine, caféine (17 p. 100); huiles essentielles plus ou moins suaves (des traces); substances minérales (6 à 7 p. 100).

Il y a dans le café le même principe azoté cristallisable que dans le thé et le cacao, c'est-à-dire de la *théine* ou *caféine* ($C^{16}H^{10}Az^4O^4$). Cet alcaloïde, découvert en 1820 par le chimiste allemand Runge, existe aussi dans le thé du Paraguay (*ilex paraguayensis*) et dans le guarana, pâte tonique et astringente, que les Guaranis du Brésil préparent avec les semences d'un arbrisseau grimpant, le *paullinia sorbilis*. Il est assurément très-remarquable de rencontrer la *théine* ou la *caféine* dans des substances alimentaires (thé, café, chocolat, guarana), qu'on peut considérer comme à peu près équivalentes par leurs usages et par leur action sur notre économie. Du reste, cet alcaloïde est en partie libre et en partie combiné dans le café, et c'est la substance organique qui, après l'*urée*, est la plus riche en azote; elle en contient 30 p. 100 de son poids.

Quant à l'acide du café, Berzelius, qui le considérait comme une variété de tannin précipitant en vert les sels de peroxyde de fer, l'avait nommé acide *cafétannique*. M. Payen l'avait appelé *acide chlorogénique*, parce qu'en présence de l'ammoniaque, il donne, avec les sels de cuivre, une magnifique couleur verte. Des travaux récents de deux chimistes hollandais, MM. Mulder et Wlanderen, établissent que l'acide propre au café est incolore et à l'état de sels avec la potasse et la chaux dans les graines, mais que cet acide, nommé *caféique* et représenté par $C^{14}H^8O^7$, produit sous la double influence de l'air et de l'ammoniaque, jusqu'à cinq acides colorés, qui ne sont autre chose que des états différents d'oxydation. Ce sont ces nouveaux principes accidentels qui sont la cause des colorations diverses que présente l'infusion de café cru avec certaines dissolutions métalliques.

Cette infusion est, d'ailleurs, inodore, faiblement astringente, d'un assez beau vert; elle agit sur les nerfs d'une manière marquée, bien qu'elle n'ait aucune des qualités agréables que l'on recherche dans cette substance.

La torréfaction ou le grillage change presque entièrement la nature de la graine, y développe un arome suave, une saveur prononcée et une couleur d'un jaune brun. Pendant cette opéra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion, la partie ligneuse éprouve une décomposition partielle et devient friable ; il se produit un corps brun, amer, soluble dans l'eau, offrant la plus grande analogie avec celui qui prend naissance dans la torréfaction de l'amidon, et qui provient sans doute de l'altération du glucose et de la dextrine contenus dans la fève ; il se forme, en outre, un principe aromatique que MM. Boutron et Fremy ont nommé *caféone*. On peut isoler facilement celui-ci, en distillant avec de l'eau 3 à 4 kilogrammes de café grillé ; l'eau aromatique obtenue, agitée avec de l'éther, lui cède une huile brune, pesante, très-aromatique, dont il ne faut que des traces pour parfumer plus d'un litre d'eau ordinaire. — Dans tous les cas, le principe amer et la caféone dérivent des substances solubles de la graine, car du café vert, préalablement épuisé par l'eau, puis torréfié, ne cède à l'eau bouillante, ni corps aromatique ni principe amer.

La manière dont on procède au grillage du café, influe beaucoup sur les qualités de la boisson qu'on en obtient. Cette opération doit être faite avec soin, d'une manière uniforme, égale et graduée ; le degré le plus convenable de la torréfaction varie suivant l'espèce de café ; on peut déterminer ce degré d'une manière suffisamment exacte par la perte de poids qu'éprouve la graine soumise au grillage.

Pour le *café Martinique*, la perte doit être d'environ 192 à 200 grammes par kilogramme de café cru ; alors le café a une couleur marron légèrement foncée, et une odeur très-agréable.

Le *café Bourbon* demande un degré de torréfaction moindre ; la perte ne doit s'élever qu'à 160 ou 180 grammes par kilogramme. La couleur du grain brûlé à ce point est d'un bronze clair.

Le *café Moka* doit être soumis pendant moins de temps encore à l'action du calorique ; la diminution du poids pour 1 kilogr. ne doit pas s'élever à plus de 140 à 150 grammes. La couleur de la poudre est d'un jaune rougeâtre.

Quand on ne grille pas assez le café, le centre de la graine n'éprouve aucun changement ; le café se moud alors très-difficilement ; l'infusion est d'un jaune verdâtre et peu aromatique. Lorsqu'au contraire la torréfaction a été portée trop loin, le café est noir, luisant à sa surface, amer au goût ; il y a un commencement de carbonisation.

Afin d'éviter que la caramélisation ne se prolonge au delà du terme fixé pour chaque espèce de café, on doit se hâter de verser le café hors de la brûloire, et de le vanner à l'air. En même temps que cette aération produit un refroidissement utile, elle fait dégager une petite quantité d'huile volatile pyrogénée, à odeur désagréable, analogue à celle de la corne brûlée, due à l'altération d'une partie des substances azotées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La température la plus convenable de l'eau pour l'infusion est de + 95° à 100°. Du reste, il ne faut jamais faire bouillir le café. Les cafetières qui permettent de chasser par la vapeur l'eau bouillante au travers du café, et de hâter la filtration en opérant le vide aussitôt, réalisent les conditions les plus favorables. Le principe de ces ingénieux ustensiles a été indiqué d'abord par M. Babinet, de l'Institut.

Plus la poudre de café est fine, plus l'infusion est chargée. Le café pulvérisé grossièrement, comme on le trouve dans le commerce, ne donne que les 2/3 des substances solubles qu'il contient (1).

Dans les dernières années de l'Empire, lorsqu'on rechercha dans les produits de notre sol des succédanées aux matières alimentaires que l'habitude rendait indispensables à la majeure partie de la population, le café ne fut pas oublié. Mais on ne fut pas aussi heureux que pour le sucre ; car si l'on parvint facilement à donner à beaucoup de substances végétales brûlées l'aspect de cette poudre si recherchée, on ne put trouver de matière qui réunît à ses caractères extérieurs l'arome et la saveur délicieuse qui font de l'infusion de la fève d'Arabie un breuvage de prédilection pour toutes les classes de la société. Toutes les substances, tour à tour essayées, ne ressemblent au café que par l'amertume et le goût d'empyreume (2). Une seule est restée cependant en usage, c'est la racine de chicorée, dont les Hollandais adoptèrent, les premiers, l'emploi, il y a plus d'un siècle, pour fabriquer un café factice dont ils conservèrent le monopole jusqu'en 1801. L'usage du *café-chicorée* est très-commun en Hollande, en Belgique, et dans nos départements du Nord ; on en consomme en France plus

(1) L'usage du café chez les Orientaux est très-ancien, puisque, d'après les manuscrits de la bibliothèque impériale, il est positif qu'on le connaissait en Perse dès 875. Les Turcs commencèrent à boire du café en 1553. Des cafés publics s'établirent en Italie, en 1645 ; à Londres, en 1652 ; à Marseille, en 1671 ; et à Paris, en 1672. Les Vénitiens et les Génois procuraient cette graine à l'Europe, et la tiraient de l'Égypte. Ce ne fut que vers 1689 qu'un avocat du barreau de Paris, M. de Barigny, à la suite d'un voyage à Constantinople, prit l'habitude de faire servir du café sur sa table à l'issue du dîner. Soliman Aga, ambassadeur de la Porte auprès de Louis XIV introduisit l'usage de la même boisson à la Cour de France. C'est madame de Sévigné, cette célèbre caillette du grand siècle, qui, en 1690, inventa le *café au lait*, boisson devenue depuis si populaire. Dans l'origine, le kilo de café valait jusqu'à 280 fr. On en consomme aujourd'hui en France près de 25 millions de kil. par an. Les Anglais et les Belges en consomment proportionnellement beaucoup plus que nous.

(2) Il faut en excepter les graines du *petit-houx*, dont l'arome, développé par la torréfaction, est si exactement celui du café, que bien des personnes peuvent s'y méprendre. Il est vrai que leur infusion est beaucoup trop fade, parce que la matière amère y manque totalement; mais, en l'y ajoutant artificiellement, on pourrait obtenir de cette liqueur une boisson agréable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 6 millions de kilogrammes par an, et on en exporte en Algérie, en Espagne, en Suisse, en Piémont et en Angleterre.

Les fabriques où l'on prépare cette poudre sont très-nombreuses dans les départements du Nord, du Pas-de-Calais, des Ardennes. Une seule, à Lille, fournit chaque jour 6,000 kil. de cette matière. La préparation est d'ailleurs peu compliquée.



Fig. 426.



Fig. 427.

La chicorée cultivée pour cet objet n'appartient pas à la variété adoptée pour fourrage. Elle est moins amère; sa racine est plus grosse; sa tige et ses feuilles inférieures sont velues, plus grandes, plus épaisses; les dernières manquent de découpures. La figure 426 représente la plante en fleurs; la figure 427 montre une fleur épanouie et très-amplifiée.

C'est en automne qu'on récolte la racine. On la divise en petits fragments qu'on sèche dans des tourailles; après cette opération, ils prennent le nom de *cossettes*.

On torréfie ces cossettes dans de grands brûloirs à café, placés sous des hottes à fort tirage, et mis en mouvement par des machines à vapeur ou des manéges. Le grillage terminé, on ajoute 2 p. 100 de beurre, pour lustrer les cossettes et leur donner l'aspect du café brûlé, puis, après quelques tours de brûloire, on verse les racines dans de grands vases en tôle où elles se refroidissent. On les écrase ensuite sous des meules verticales en pierre ou entre des cylindres de fonte taillés; on passe la poudre grossière dans des blutoirs métalliques à mailles plus ou moins larges, et on l'enferme dans des barils, des caisses ou des enveloppes de papier de divers poids.

L'infusion du café-chicorée est très-colorée, un peu amère, mais elle ne possède nullement le parfum agréable de la graine d'Arabie. Si tant de personnes ont conservé chez nous l'habitude d'ajouter de la poudre de chicorée au café ordinaire, c'est qu'elles sont persuadées que la première ôte à ce dernier ce qu'il a de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nuisible et le rend rafraîchissant ! Cela est vrai, en ce sens qu'une substance presque inerte remplace alors la moitié ou le tiers d'une autre substance très-active (1).

6° *Fruits aromatiques*. Quelques fruits ou semences renferment des principes âcres ou des huiles volatiles qui leur communiquent une saveur brûlante et aromatique. Ils servent, à cause de cela, comme condiment pour faciliter le travail de la digestion, en excitant légèrement l'estomac. De ce nombre sont : la moutarde noire, la badiane, la muscade, la maniguette, le cardamome, la vanille, l'anis, la coriandre, le cumin, les piments. le poivre, auxquels on peut rattacher les *clous* ou fleurs non développées du giroflier, le macis, le gingembre.

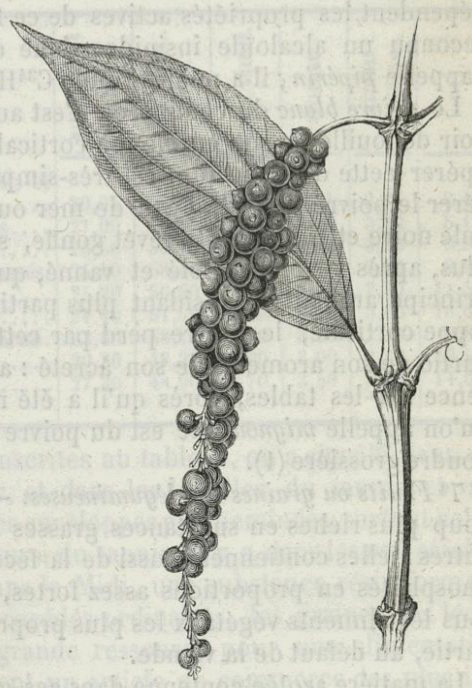


Fig. 428.

Les habitants du Bengale, et surtout les Parias, mangent souvent les fruits du piment tout crus, et ils ne paraissent pas les trouver trop forts; mais, le plus communément, ils en font, avec du riz et de l'eau, une préparation alimentaire à laquelle ils donnent le nom de *Carry*. Vous connaissez tous la saveur piquante et aromatique du *poivre*, dont on fait un si grand

(1) Souvent le café brûlé et moulu des épiciers est additionné d'une plus ou moins grande quantité de chicorée. Il y a un moyen bien simple de reconnaître cette fraude, qui fort heureusement ne peut nuire à la santé. On fait tomber une pincée du café suspect dans un tube à moitié rempli d'eau froide. Si l'eau, après quelques minutes demeure diaphane et incolore, la poudre restant à sa surface, le café pourra être considéré comme bon et pur. Mais si l'eau se colore sensiblement en jaune ou en brun, et que la poudre laisse précipiter des grains rougeâtres qui se dissolvent peu à peu dans le liquide qu'ils traversent, c'est qu'évidemment le café renferme de la chicorée; et il en contiendra d'autant plus que la coloration de l'eau sera plus prononcée. Ce procédé, indiqué par M. Coulier, est fondé sur la texture différente des deux poudres, qui absorbent l'eau dans un espace de temps bien différent. La poudre mouillée, tombée au fond du tube, est molle et n'a pas la consistance du café qui a séjourné dans l'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

usage, surtout dans les pays chauds, pour rehausser la saveur des mets. La plante qui le fournit (*fig.* 428) paraît originaire de l'Inde; mais elle est l'objet d'immenses cultures entre les tropiques, surtout dans l'Inde anglaise, les îles hollandaises (Java, Sumatra, Bornéo), à Cayenne, etc. Outre une huile concrète très-âcre, dont dépendent les propriétés actives de ce fruit, les chimistes y ont reconnu un alcaloïde insipide, doué de vertus fébrifuges; on l'appelle *pipérin;* il a pour formule $C^{34}H^{38}Az^2O^6$.

Le *poivre blanc* du commerce n'est autre chose que du poivre noir dépouillé de son enveloppe corticale noire. Le procédé pour opérer cette décortication est très-simple. Il consiste à faire macérer le poivre dans de l'eau de mer ou de l'eau salée; la pellicule noire et ridée qui le revêt gonfle, se détache, et il ne reste plus, après qu'on a criblé et vanné, qu'une graine blanche. Le principe aromatique résidant plus particulièrement dans l'enveloppe corticale, le poivre perd par cette opération une grande partie de son arome et de son âcreté : aussi le sert-on de préférence sur les tables, après qu'il a été réduit en poudre fine. Ce qu'on appelle *mignonnette* est du poivre noir ou blanc, réduit en poudre grossière (1).

7° *Fruits ou graines des légumineuses.* — Ces graines sont beaucoup plus riches en substances grasses et azotées que toutes les autres; elles contiennent aussi de la fécule et des sels minéraux phosphatés en proportions assez fortes, si bien qu'elles sont de tous les aliments végétaux les plus propres à suppléer, en grande partie, au défaut de la viande.

La matière azotée contenue dans ces graines, est celle que Braconnot a signalée le premier, en 1826, sous le nom de *Légumine*, et que MM. Dumas et Cahours ont retrouvée depuis dans les amandes des fruits à noyau, dans les semences de moutarde blanche. Cette substance, à laquelle les chimistes précédents rapportent la plus grande partie du pouvoir nutritif des légumes, diffère peu de l'albumine par l'ensemble de ses propriétés; mais elle est comparativement plus riche en azote. J'y reviendrai en vous parlant prochainement de l'albumine.

Les graines alimentaires de ce groupe sont :

(1) Si l'usage du poivre est pour ainsi dire indispensable aux habitants des pays chauds, pour contre-balancer, par ses propriétés stimulantes, la débilité des organes digestifs produite par la chaleur excessive du climat, chez nous c'est un assaisonnement de luxe dont on pourrait très-bien se passer. « Quand on songe, dit Méral, que l'Inde a été le théâtre de guerres cruelles pour conquérir ce fruit, et que l'Europe dépense environ 40 millions par an pour s'en pourvoir, on ne peut que déplorer la bizarrerie humaine. » Une substance, si riche en principes âcres, chauds et aromatiques, est regardée par beaucoup de gens comme un rafraîchissant ! C'est encore un de ces préjugés populaires qu'il faut poursuivre avec l'arme du ridicule. C'est comme si le feu, loin de brûler, rafraîchissait nos membres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A. Pour l'homme : les haricots, les fèves de marais, les pois, les lentilles, les doliques, les pois chiches et les gesses.

B. Pour les animaux : les féveroles et les vesces.

Le tableau suivant donne un aperçu de leur composition chimique respective :

	MATIÈRE AZOTÉE OU LÉGUMINE.	AMIDON, DEXTR., SUCRE.	MATIÈR. GRASSES.	CELLULOSE.	MATIÈRES MINÉRALES.	EAU.
Fèves de marais décortiquées et desséchées vertes	29,05	55,85	2,00	1,05	3,65	8,40
Haricots flageolets desséchés	27,00	60,00	2,60	2,00	3,30	5,10
— blancs ordinaires	25,50	55,70	2,80	2,90	3,20	9,90
Pois verts décortiqués et concassés.	25,40	58,50	2,00	1,90	2,50	9,70
Lentilles	25,20	56,00	2,60	2,40	2,30	11,50
Fèves de marais ordinaires	24,40	51,50	1,50	3,00	3,60	16,00
Pois jaunes parvenus à maturité.	23,80	58,70	2,10	3,50	2,10	9,80
Féveroles	30,30	48,30	1,90	3,00	3,50	12,50
Vesces	27,30	48,90	2,70	3,50	3,00	14,60

Outre les substances inscrites au tableau, on a signalé dans ces graines un extrait amer, et dans les lentilles, du tannin et une huile verte visqueuse. Les enveloppes parcheminées, surtout celles des fèves, contiennent aussi du tannin. Il y a dans les *pois chiches*, qu'on ne mange que dans le Midi, une substance résiniforme.

Desséchées par les procédés ordinaires, les graines des légumineuses offrent une grande ressource pour une alimentation économique et constituent un article de commerce des plus importants, mais elles sont toujours un peu dures et coriaces. On devrait, avant de les cuire, les tenir immergées durant une nuit dans de l'eau douce de rivière ou de pluie, tiède ou froide. Il est bien essentiel de ne pas employer pour la cuisson une eau calcaire et surtout séléniteuse, car les sels de chaux attirés par le tissu végétal, incrustent l'enveloppe extérieure et la durcissent tellement que l'eau, même bouillante, ne peut plus la pénétrer et la ramollir. Un procédé certain pour avoir des légumes tendres, même avec des eaux calcaires, c'est d'ajouter à chaque litre d'eau 30 centigrammes environ de cristaux de soude, et d'attendre que le trouble blanc produit par l'addition de ce sel ait disparu. L'eau tirée à clair est alors aussi bonne que la meilleure eau de rivière pour la coction des légumes.

On peut grandement améliorer la qualité des pois secs, et leur donner, à peu de chose près, la saveur des pois verts, en les soumettant à l'opération du *maltage*. Cela consiste tout simplement, après les avoir fait tremper dans de l'eau tiède pendant douze à dix-huit heures, à les égoutter et à les conserver en tas humide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendant vingt-quatre heures. Ils éprouvent ainsi un commencement de germination et ils deviennent très-sucrés. On les fait cuire dès que les germes apparaissent en dehors des enveloppes. Ils sont à la fois plus agréables au goût et plus nourrissants que les pois qui n'ont pas subi cette préparation.

8° *Graines céréales.* — Ce sont, à proprement parler, le blé ou froment, le seigle, l'orge, l'avoine. On peut y réunir : le maïs ou blé de Turquie, le riz, le millet ou *dokn* des nations africaines, le sorgho ou *doura* des Arabes, le sarrasin.

Le nom générique donné à ces diverses graines vient de celui de *Cérès*, déesse de l'agriculture chez les anciens, qui lui attribuaient la connaissance de ces plantes si précieuses et l'art de les cultiver. Leurs graines, après avoir subi l'opération de la mouture, sont habituellement désignées sous le nom de *farines;* toutefois, ce mot, employé seul, s'applique toujours à la poudre du froment. C'est surtout avec cette dernière qu'on prépare, depuis bien des siècles, l'aliment de première nécessité pour la plupart des hommes, c'est-à-dire le PAIN.

Il est curieux, en raison de leurs usages, de connaître la composition chimique des graines des céréales et de leurs farines. On sait, grâce aux travaux de Proust, d'Einhoff, de Davy, de Vauquelin, de Braconnot, de Vogel, de MM. Payen, Boussingault, Millon, Péligot, Reiset, etc., qu'elles renferment :

1° Des substances organiques azotées : *albumine, fibrine, caséine, glutine,* comparables, quant à leur composition, aux tissus des animaux;

2° Des substances organiques non azotées : *amidon, dextrine, glucose, cellulose;*

3° Des substances très-hydrogénées et très-carbonées : *huile grasse fluide, graisse plus consistante, huile essentielle odorante;*

4° Des matières minérales : *phosphates de chaux et de magnésie, sels de potasse et de soude, silice et soufre.*

Voici dans quelles proportions, pour chaque espèce de graines, se trouvent ces différentes substances :

	AMIDON.	MATIÈRES AZOTÉES.	DEXTRINE et MAT. SUCRÉE.	MATIÈRES GRASSES.	CELLULOSE OU TISSU VÉGÉT.	MATIÈRES MINÉRALES.	EAU.
Blé, en moyenne..	59,7	14,60	7,2	1,2	1,7	1,6	14,00
Seigle.....	57,5	9,00	10,0	2,0	3,0	1,9	16,60
Orge d'hiver.....	54,9	13,40	8,8	2,8	2,6	4,5	13,00
Avoine.....	53,6	11,90	7,9	5,5	4,1	3,0	14,00
Maïs.....	58,4	12,80	1,5	7,0	1,5	1,1	17,70
Riz, en moyenne..	77,748	6,435	»	0,427	0,500	0,680	14,410
Millet, id.....	»	11,076	»	2,935	»	3,053	15,866
Sarrasin, id.....	»	6,843	»	1,513	»	1,750	18,000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vous pouvez remarquer, Messieurs, en examinant ce tableau, que parmi toutes ces graines, c'est le blé qui est le plus riche en substances azotées; c'est aussi le plus nourrissant;

Que le maïs et l'avoine sont les plus abondants en substances grasses;

Que le riz et le sarrasin sont les plus pauvres en principes azotés, en matières grasses comme en sels minéraux.

Il en résulte donc que le riz et le sarrasin ne méritent pas, il s'en faut bien, tout l'intérêt que leur usage, à titre de substances alimentaires, inspire à beaucoup de personnes. Ce sont évidemment les moins nutritives de toutes les graines céréales; aussi, quand on les consomme seuls, faut-il en ingérer un énorme volume. Sans doute, le riz et le sarrasin peuvent faire partie d'une bonne alimentation, mais à la condition qu'on leur associera les autres aliments riches en principes alibiles qui leur manquent. Sous ce rapport, ces deux graines se rapprochent des tubercules de pomme de terre, qui ne sont également pourvus en abondance que de principes féculents non azotés.

Je compléterai l'étude des céréales dans la prochaine leçon.

QUARANTE-SIXIÈME LEÇON.

DES ORGANES EMPLOYÉS A L'ALIMENTATION. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Suite des céréales. — Analyse des farines. — Du *gluten*. — Extraction de l'amidon de blé. — Du *gluten granulé*. — Du PAIN. — Composition des farines et du son. — *Panification*. — Des différentes espèces de pains. — Des BOISSONS FERMENTÉES. — Généralités. — Du VIN. — Sa fabrication. — Vins rouges, blancs, de liqueur et mousseux. — Composition des vins. — Leurs falsifications.

La substance animalisée des graines céréales s'extrait assez facilement, aussi la connaît-on depuis fort longtemps. Dans le froment surtout, cette substance s'y trouve sous des états sensiblement différents.

Si l'on malaxe, sous un léger filet d'eau, une pâte faite avec de la farine de blé, jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule à travers les doigts ne soit plus lactescent, l'eau entraîne l'amidon en suspension, en dissolvant seulement l'albumine, le sucre, la dex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trine et les sels, et il ne reste plus dans les mains de l'opérateur qu'une substance membraneuse, molle et collante, très-élastique, d'une odeur toute particulière et d'une teinte d'autant plus grise qu'elle a été mieux lavée. C'est là ce que les chimistes appellent le *gluten*, dont Quercetanus, médecin à la cour d'Henri IV, a parlé le premier, bien qu'on en attribue généralement la découverte à l'Italien Beccaria, qui vivait au milieu du dix-huitième siècle.

Plusieurs savants, M. Raspail entre autres, ont considéré le gluten comme du tissu cellulaire, qu'ils retrouvent plus ou moins modifié dans tous les organes des végétaux; mais la plupart des chimistes actuels le reconnaissent pour un produit immédiat composé de plusieurs principes azotés qu'on ne saurait confondre. Ainsi, en faisant bouillir le gluten brut avec de l'alcool, on finit par obtenir un résidu fibreux, grisâtre, que M. Dumas a nommé *fibrine végétale*. Les liqueurs alcooliques laissent déposer, par le refroidissement, une matière dont les propriétés rappellent le caséum du lait: c'est la *caséine végétale* de M. Dumas. Enfin, si l'on concentre l'alcool froid privé de caséine, il s'en sépare une substance pultacée, qui offre toutes les propriétés de l'albumine, mais qui, par la spécialité de quelques-uns de ses caractères, mérite, d'après MM. Dumas et Cahours, le nom particulier de *glutine*. Avec la glutine se précipite, d'ailleurs, une matière grasse, facile à extraire au moyen de l'éther, et qui se rapproche des matières butyreuses par son point de fusion.

Le gluten brut doit son élasticité à l'eau qui le gonfle; car, lorsqu'il a été desséché à une température de 100°, il est dur, sonore et très-cassant.

Il ne se dissout, en certaines proportions, que dans l'alcool, les alcalis et les acides faibles. Il se putréfie très-rapidement à l'air humide, en exhalant une odeur de vieux fromage. Avant que son altération soit avancée, il s'attache fortement aux corps qu'il touche et peut très-bien servir à coller des fragments de porcelaine; il se dissout mieux aussi dans l'alcool, et sa solution, rapprochée en consistance de sirop, forme un vernis qui s'unit très-bien aux matières colorantes. Ces sortes de peintures sont très-siccatives et nullement odorantes. Le meilleur moyen de fixer sur des étoffes de soie des couleurs qui doivent avoir du brillant, c'est de dissoudre à saturation du gluten dans du vinaigre, de concentrer cette dissolution et de s'en servir pour délayer les couleurs; on applique ensuite celles-ci sur les étoffes, où elles sèchent promptement et où elles se prêtent, sans s'écailler, à tous les replis qu'on leur fait subir.

Très-riche en azote, le gluten est réellement la partie nutritive des farines, et c'est lui qui communique à leur pâte la pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

priété de *lever*, c'est-à-dire de produire un pain léger, savoureux et de facile digestion.

La manipulation au moyen de laquelle on isole le gluten de la pâte de farine de blé, peut, jusqu'à un certain point suffire pour acquérir une connaissance exacte des autres principes constitutifs de cette farine. C'est, en effet, ce que je vais vous démontrer.

L'eau de lavage, après avoir passé sur le tamis, ne tarde pas à s'éclaircir, en laissant déposer la fécule accompagnée de quelques lambeaux de la matière animalisée. Si, après avoir décanté cette liqueur éclaircie, on la fait bouillir, on voit apparaître des écumes blanches, coagulées comme du blanc d'œuf cuit, et offrant d'ailleurs les caractères de l'albumine animale. L'eau dans laquelle cette albumine s'est solidifiée, contient nécessairement toutes les substances solubles de la farine. En l'évaporant, elle laisse de la dextrine, du sucre et quelques traces de sels. On isole le sucre en traitant cet extrait par de l'alcool rectifié; en épuisant le résidu par de l'alcool faible, on sépare la dextrine; restent les matières salines (phosphates terreux, sulfate de potasse, chlorures de potassium et de sodium, silice, soufre).

Le procédé que je viens d'employer pour faire l'analyse grossière de la farine de blé, est passé depuis quelques années dans l'industrie, grâce à M. Émile Martin, pharmacien de Vervins, pour l'extraction de l'amidon dont il se fait une si grande consommation dans les arts.

Avant de vous parler de ce nouveau mode de fabrication, il est bon de vous apprendre comment on opérait auparavant, et comment on agit encore dans beaucoup d'établissements.

On fait subir au grain grossièrement moulu une véritable pourriture qui a pour but de détruire le gluten qui retient l'amidon entre ses cellules. Pour cela, on le met avec quatre à cinq fois son volume d'eau dans de grandes cuves de bois, et, pour activer la fermentation, on y ajoute une certaine quantité d'*eau sure* ou *grasse* provenant d'opérations antérieures (1). Bientôt la masse entre en mouvement. Le sucre contenu dans le grain éprouve la fermentation alcoolique; il se produit ensuite des acides acétique et lactique qui dissolvent la plus grande partie du gluten et les sels minéraux du blé; mais le restant du gluten éprouvant une décomposition putride complète, il se forme de l'ammoniaque, il se dégage de l'hydrogène sulfuré et autres matières infectes, en sorte qu'une odeur intolérable se répand dans le voisinage de l'atelier. Ces phénomènes durent de quinze à trente jours suivant la température ambiante.

(1) Cette eau tient en dissolution, ainsi que Vauquelin s'en est assuré, de l'acide acétique, de l'alcool, de l'acétate d'ammoniaque, du phosphate de chaux et du gluten plus ou moins modifié.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'amidon s'est déposé au fond des cuves, mélangé et recouvert des débris ligneux. Après l'avoir lavé par décantation, on le délaie et on le verse sur un tamis de crin pour isoler le plus gros son. L'amidon est remis en suspension, isolé du petit son, qui le salit encore, par plusieurs lavages à l'eau pure, et mis à égoutter dans des paniers d'osier garnis de toile. Les blocs qu'on obtient ainsi sont renversés sur l'aire en plâtre d'un grenier afin de les raffermir, puis rompus à la main en plusieurs fragments ; on racle ensuite leurs surfaces, on les entoure de papiers et on les fait sécher rapidement dans une étuve à courant d'air chaud. Par suite de retraits inégaux qui ont lieu entre ses parties, l'amidon se divise en baguettes ou prismes irréguliers, qu'on livre au commerce sous le nom d'*amidon en aiguilles*.

Les amidonniers emploient de préférence les grains de blé, d'orge ou de seigle qui ont été altérés ou gâtés par un long séjour dans des magasins humides, et qui sont impropres à la plupart des autres usages, parce qu'ils sont à meilleur marché dans le commerce. Pour l'amidon très-blanc, dit *amidon fin*, on se sert de *recoupettes* ou de *griots* de blé, c'est-à-dire des portions de grains moulus dans lesquels la farine n'a pu être séparée du son.

Depuis 1837, M. Émile Martin a fait adopter un procédé moins long, moins insalubre et plus productif, qui évite la destruction du gluten, dont on peut ensuite tirer parti pour l'alimentation. Ce procédé consiste à convertir la farine du blé en pâte avec de l'eau, et à soumettre celle-ci dans une sorte d'auge allongée, nommée *amidonnière*, à l'action d'un cylindre en bois cannelé tournant sur son axe ; ce cylindre par son frottement sur la pâte et un arrosage continu et réglé à volonté, opère en peu de temps la séparation de l'amidon, qui est entraîné par divers conduits dans des récipients inférieurs disposés exprès. Il ne reste bientôt plus dans l'amidonnière que le gluten *vert* ou humide, formant un corps tendineux et élastique.

Mais comme l'amidon a entraîné avec lui quelques portions de gluten qui occasionneraient des taches dans les apprêts et l'empesage du linge, on soumet le produit recueilli dans les cuves à une légère fermentation au moyen de quelques centièmes d'*eau sure*, pendant six à dix jours suivant la saison, puis on purifie et on dessèche l'amidon comme dans l'ancien procédé. On en retire jusqu'à 50 p. 100 du froment de bonne qualité, tandis que par l'autre mode on ne réalise que 35 à 40 p. 100.

On obtient, en outre, 20 à 25 p. 100 de gluten frais qui sert à préparer un pain sans farine pour les personnes atteintes de la maladie du *diabète*, mais surtout à fabriquer une pâte à potage bien meilleure et plus nourrissante que les vermicelles et macaronis d'Italie. Dans ce dernier cas, on incorpore au gluten frais le double de son poids de farine, on le réduit en petits grains qu'on fait sécher à l'étuve ; c'est alors le *gluten granulé* du commerce dont on consomme actuellement une grande quantité. C'est la maison Véron frères, de Poitiers, qui a créé cette nouvelle industrie. En mêlant ce même gluten frais avec du son, un peu de mélasse et de sel, on en compose un excellent aliment pour les bestiaux.

Le principal emploi des céréales, c'est la fabrication du pain. Il est convenable d'entrer dans quelques détails à cet égard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DU PAIN ET DE LA PANIFICATION.

Le PAIN n'est autre chose qu'une pâte de farine de blé pétrie avec soin, mise à fermenter pendant quelque temps, et cuite au four d'une manière convenable (1).

On appelle *levain* la substance qu'on ajoute à la pâte, avant sa cuisson, pour lui faire éprouver cette fermentation qui en détermine le boursouflement et la légèreté. Tout le monde connaît la différence qui existe entre le pain avec ou sans levain : ce dernier est lourd, compacte, moins agréable au goût.

Le levain est tantôt de la pâte qu'on a laissée aigrir ou fermenter, tantôt de la *levûre de bière*. Ce n'est pas sans peine que l'usage de

---

(1) Le pain est un aliment très-anciennement connu chez les nations orientales, puisque déjà, du temps de Moïse, les Égyptiens employaient du levain à sa préparation. Mais celle-ci, toute simple qu'elle est, a eu, comme les autres arts, des commencements fort grossiers. Dans l'origine, on se contentait de faire griller le blé, de le moudre entre des pierres, puis de le cuire avec de l'eau. Il en résultait une sorte de bouillie alimentaire, mais fort peu agréable. Plus tard on fit, avec de la farine grossière, des galettes ou gâteaux compactes. Enfin on imagina d'y introduire du levain, ce qui donna, dès lors, un pain léger se rapprochant beaucoup du nôtre. Dans les premiers temps, on cuisait le pain sous la cendre. Suidas attribue l'invention des fours à un certain Annus, Égyptien, personnage inconnu dans l'histoire, mais qui mériterait d'y tenir une place distinguée, si ses titres à la découverte dont il s'agit étaient prouvés incontestablement. Ce n'est que vers 580 de la fondation de Rome que des boulangers grecs s'établirent dans cette ville. Mais l'usage du pain resta inconnu pendant un grand nombre de siècles aux nations du Nord. Il est probable que la connaissance du pain fut apportée dans les Gaules par cette colonie de Phocéens qui vint y fonder Marseille, 596 ans avant l'ère chrétienne, et de l'an de Rome 154. Ce sont les Gaulois qui introduisirent les premiers de la levûre de bière dans la pâte; toutefois, pendant bien longtemps, la nation conserva le goût du pain sans levain. Il y en avait un surtout qu'on employait ordinairement, en guise de plat ou d'assiette, pour poser et couper certains aliments ; humecté ainsi par les sauces et par le jus des viandes, on le mangeait ensuite comme un gâteau. L'usage des *tranchoirs* ou pains-assiettes s'est maintenu fort longtemps. Il en est fait mention dans une ordonnance du Dauphin Humbert II rendue en 1336. Froissart les appelle *tailloirs*. Martial, de Paris, auteur des *Vigiles de Charles VII*, en parle. Au sacre de Louis XII et à celui de Charles IX, on présentait aux convives, pour la forme, des tranchoirs en pain bis, qu'on distribuait ensuite aux pauvres.

L'institution des boulangers est fort ancienne. Ceux de la Gaule avaient choisi pour leur patron Mercure-Artaïus, ainsi nommé du grec *artos*, qui signifie *pain*, et ils lui avaient bâti un temple dont Chorier (*Histoire du Dauphiné*) assure qu'on voyait encore des ruines, au dix-septième siècle, dans l'endroit où se trouve aujourd'hui le village d'Artai, à un myriamètre de Grenoble. — Le nom de *boulanger* vient, selon du Cange, de ce que le pain avait dans l'origine la forme de *boules*. Il est question de *bis-cuit*, ou pain cuit deux fois, dans une ancienne chronique du règne de Charlemagne. Abbon en parle aussi dans sa relation du siége de Paris par les Normands. Ce pain était employé sur les vaisseaux, comme de meilleure garde que le pain ordinaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette dernière substance a prévalu dans les boulangeries des villes. La Faculté de Médecine s'opposa même, par un décret du 24 mars 1668, à son emploi, en déclarant que l'usage en était nuisible!..... Il est difficile d'établir à quelle époque on commença à faire entrer du levain dans la pâte destinée à la confection du pain ; cette coutume est fort ancienne. Nous savons seulement que le pain fermenté était connu du temps de Moïse, puisqu'il ordonna aux Hébreux de faire la Pâque avec du pain sans levain (1), ce qui suppose qu'on en faisait avec le ferment. Quelque portion de pâte, oubliée dans le pétrin et incorporée avec l'eau et la farine, a dû être l'origine de cet important perfectionnement.

L'expérience n'a pas tardé à démontrer aux hommes que, de toutes les farines des céréales, celle du blé est la plus propre à faire de bon pain. Mais si ce fait a été constaté par nos premiers pères, la cause en est restée ignorée jusqu'à l'époque où la chimie est venue éclairer ce sujet de ses lumières. Les chimistes modernes qui ont analysé les différentes farines servant à l'alimentation, ont reconnu que toutes renferment du gluten, mais non en égale proportion; qu'elles sont d'autant plus nourrissantes qu'elles en contiennent davantage; que ce principe est beaucoup plus abondant dans les diverses variétés de froment que dans les autres céréales; enfin, qu'une farine de froment est d'autant meilleure qu'elle est plus riche en gluten.

Le tableau suivant, que j'emprunte aux expériences de Vauquelin, confirme ces assertions :

FARINES.	QUANTITÉS MOYENNES D'AMIDON ET DE GLUTEN DANS 100 PARTIES.		
	AMIDON.	GLUTEN HUMIDE.	GLUTEN SEC.
De blé dur d'Odessa.....	56,50	35,11	14,55
De blé tendre d'Odessa	75,42	34,00	12,10
Brute de from. non désigné.	71,49	29,00	11,00
Des hospices, 2e qualité.....	71,20	25,30	10,30
Des boulangers de Paris....	72,80	26,40	10,20
De méteil.....	75,50	25,60	9,80
Des hospices, 3e qualité.....	67,78	21,10	9,02
De service, dite seconde....	72,00	18,00	7,30

(1) Exode, chap. XII, v. 15. — L'usage du pain sans levain, dit *pain azyme*, existe encore chez les juifs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a donc une grande différence entre les quantités de gluten des farines des blés d'Odessa et du blé de notre pays, différence qui va presque à un tiers en sus. Les contrées méridionales produisent généralement des grains durs, cornés ou glacés, de grande densité, dont les farines sont plus riches en gluten que les blés à grains tendres, et que les blés durs des climats tempérés. La qualité de ces blés durs les fait rechercher sur certains marchés pour la confection des pâtes, telles que le macaroni et le vermicelle. M. Boland porte la dose de gluten sec de 10,5 à 11 p. 100 dans les farines de première qualité et de 7,5 à 9 p. 100 dans les farines inférieures.

Si l'orge, le seigle, l'avoine, le maïs, le riz, le millet, le sorgho, le sarrasin ne peuvent donner un pain semblable à celui du blé, c'est que ces différentes substances contiennent beaucoup moins de gluten ou en sont complétement dépourvues. Il en est de même des farines des légumineuses, des châtaignes, de la pomme de terre qui ne fournissent que des galettes lourdes et bien moins substantielles. Chez toutes ces matières, le principe azoté est de l'albumine ou de la légumine qui ne peuvent pas, comme le gluten, se dilater considérablement et se transformer par la fermentation en un tissu spongieux, léger, qui contribue à la légèreté du pain.

Ce qui prouve évidemment que c'est à l'absence du gluten que ces substances doivent leur moindre faculté nutritive et la compacité de leur pâte, c'est qu'en ajoutant à leurs farines une matière analogue au gluten ou du gluten même, ou une substance qui en contient, on obtient un pain qui diffère peu du pain de froment. C'est ainsi que d'Arcet est parvenu à faire un pain très-nourrissant avec la pomme de terre, en introduisant dans cette pâte des matières azotées (1).

---

(1) Le blé n'est pas la seule matière qui serve à faire le pain. Beaucoup d'autres sont employées à sa place, soit dans les pays où le pain se fait habituellement avec le blé, soit dans ceux où cette céréale n'est pas connue. Le seigle et l'orge sont les graines qui servent le plus à l'alimentation, après le froment. Dans beaucoup de localités de France, le pain de seigle est l'aliment du pauvre comme du riche; dans d'autres, la classe aisée seule en mange; le peuple se nourrit de pomme de terre, de sarrasin, etc. Le pain d'orge est inférieur au pain de seigle; il est très-compacte, un peu âcre; cependant il sert d'aliment dans beaucoup de pays, notamment dans quelques parties de l'Allemagne et de l'Espagne. La farine d'avoine est celle des céréales qui donne le pain le moins bon; il est lourd, compacte, noir, sans liaison, d'un goût amer et nauséabond. La mauvaise qualité de ce pain est si bien reconnue depuis longtemps, que les statuts de certains ordres monastiques ordonnaient son usage pour la mortification.

Le maïs, le sarrasin, le sorgho, le millet, le riz et d'autres semences de graminées, servent à préparer, dans bien des localités, des pâtes ou gâteaux plus ou moins nourrissants, plus ou moins agréables, mais qui ne peuvent jamais rem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le blé ordinaire contient 86 à 88 p. 100 de farine blanche, mais par la mouture actuelle, on ne peut obtenir au blutage que 70 à 74 p. 100 de farine pouvant donner du pain blanc ; 14 à 15 p. 100 restent avec les débris ligneux qui portent le nom de *son*. De ce son, on extrait par une nouvelle mouture et un second blutage, une partie de la farine qui sert à faire du pain bis ; le son de remoulage est alors donné comme aliment aux animaux ou employé dans l'industrie. On dit qu'une farine est blutée à 10, à 15, à 20 ou à 25 p. 100, quand on a retiré, par le blutage, de 100 kil. de grains moulus, 10, 15, 20 ou 25 kil. de son.

Le *son* retiré du froment est loin d'être une substance privée de propriétés alimentaires. Son exclusion de la farine contribue peut-être plus à la beauté qu'à la qualité du pain. D'après l'analyse la plus récente faite par M. Poggiale, il y aurait dans le son :

Eau	12,669
Sucre	1,909
Matière soluble non azotée (dextrine ou subst. congénères)	7,709
— azotée (albumine)	5,615
Matières azotées insolubles assimilables	3,867
— — non assimilables	3,516
Matières grasses	2,877
Amidon	21,692
Ligneux	34,575
Matières minérales	5,514
	99,943

La *panification* ou la conversion de la farine en pain consiste en

---

placer le pain des céréales. Toutes ces farines donnent des pains qui ne peuvent lever, mais par leur mélange avec la farine de blé ou de seigle, elles acquièrent de meilleures qualités. A différentes époques de disette, on a aussi employé des farines de graines légumineuses (fèves, vesces, lentilles, pois, haricots, etc.), quoiqu'elles soient peu propres à la panification. Elles ne peuvent entrer que pour un cinquième dans la composition de la pâte.

Enfin, dans certaines contrées peu favorisées du ciel, où la culture des céréales ou des graines précédentes est inconnue, les habitants forment une espèce de pain avec des substances qu'on supposerait peu propres à l'alimentation. C'est ainsi qu'en Zélande, on en fabrique avec la racine d'une fougère ; que, dans certaines parties du nord de l'Europe, on fait usage du lichen d'Islande; qu'aux Indes et dans les parties chaudes de l'Amérique, les naturels se nourrissent avec le *manioc*, racine d'une euphorbiacée vénéneuse, dont la pulpe desséchée et cuite constitue le *pain* de *cassave;* que les Ostiaques et les Kalmouks mangent depuis longtemps les racines du nénuphar blanc. Le chiendent, la châtaigne, le marron d'Inde, la graine de lin, la pomme de terre ont aussi quelquefois été employés à la confection du pain, ou plutôt de galettes. La pomme de terre a souvent été mêlée, dans les temps de disette, et avec succès, dans la pâte du pain ordinaire.

Le premier qui ait fait du pain de pomme de terre est un sieur Faiguet qui, en 1761, présenta à l'Académie des Sciences un pain qu'il avait composé avec par-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux opérations distinctes : la préparation de la pâte, nommée *pétrissage*, et la cuisson de cette pâte quand elle a levé ou fermenté et qu'elle a été mise sous la forme qu'on veut donner au pain.

La première opération consiste à ajouter à une portion de levain la quantité d'eau, 50 à 60 p. 100, nécessaire à la préparation de toute la pâte, à en faire un mélange homogène, dans lequel on introduit ensuite la quantité voulue de farine. La masse est réunie dans le pétrin, où elle est travaillée et retournée de droite à gauche et de gauche à droite; elle est successivement soulevée et abandonnée à son propre poids, afin d'y introduire de l'air. Mais depuis une vingtaine d'années, le pétrissage mécanique tend à se substituer au pétrissage à bras, au grand avantage de la propreté et de la santé des ouvriers. De tous les nombreux pétrins mécaniques successivement proposés, le plus simple et le plus commode, sans contredit, est celui de M. Rolland. En voici une coupe et une vue extérieure (*fig.* 429). C'est

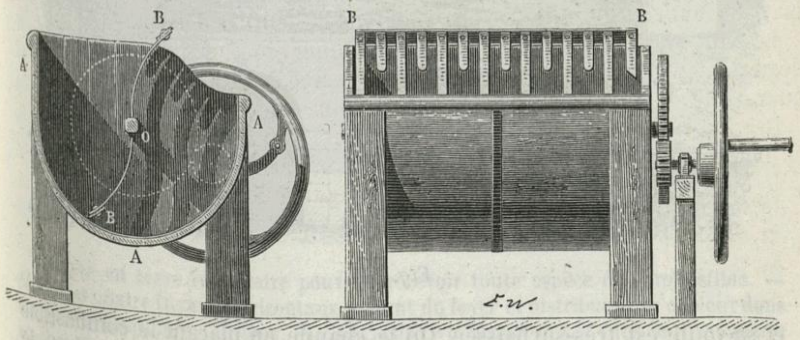


Fig. 429.

une auge demi-cylindrique AAA en bois, garnie en tôle étamée, dans laquelle se meut, par les moyens ordinaires, un axe O sur lequel sont fixés, en sens inverse, deux cadres BBB en forme de S. Dans l'intérieur de ces cadres se trouvent deux systèmes de lames de même courbure, les unes attachées à la fois sur l'axe et la traverse extérieure, les autres, moitié plus courtes, n'adhérant qu'à cette traverse; ces dernières alternent avec les premières, de telle sorte qu'une lame entière d'un côté de l'axe se trouve située en face d'une demi-lame du côté opposé. Le mélange de l'eau, de la farine et du levain, ainsi que l'étirage et le pétrissage de la pâte, sont effectués très-rapidement au moyen de ces lames dont la rotation exige à peine la force d'un homme.

---

ties égales de froment, de seigle et de pomme de terre. Il s'associa ensuite avec Malouin, qui travaillait alors à son *Art du boulanger;* ils firent un pain plus léger et plus blanc en y ajoutant d'autres farines. Parmentier a fait du pain avec la pomme de terre seule. Au mois de novembre 1778, il en fit servir à la table du baron d'Espagnac, un jour que ce gouverneur des Invalides traitait plusieurs ministres. On en présenta plus tard au roi Louis XVI. Aujourd'hui on panifie assez bien la fécule, et on introduit dans le pain ordinaire d'assez fortes proportions de cette substance, sans diminuer sensiblement ses qualités et son bon goût.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque la pâte a été ainsi apprêtée et bien *soufflée*, soit par la main de l'homme, soit par l'agitateur ou le pétrisseur mécanique, on la divise en *pâtons* plus ou moins gros suivant le genre de pain qu'il s'agit de confectionner, et on leur donne la forme voulue en les plaçant dans des corbeilles garnies de toile ou dans des moules de tôle, après, toutefois, les avoir saupoudrés de farine commune ou de farine de maïs, pour les empêcher d'adhérer. Une fermentation très-active se développe, grâce à la température élevée du *fournil*, et lorsque les pâtons sont suffisamment gonflés, on s'empresse de les enfourner et de les cuire.

Le four du boulanger (*fig.* 430) a une forme elliptique; sa sole est plane

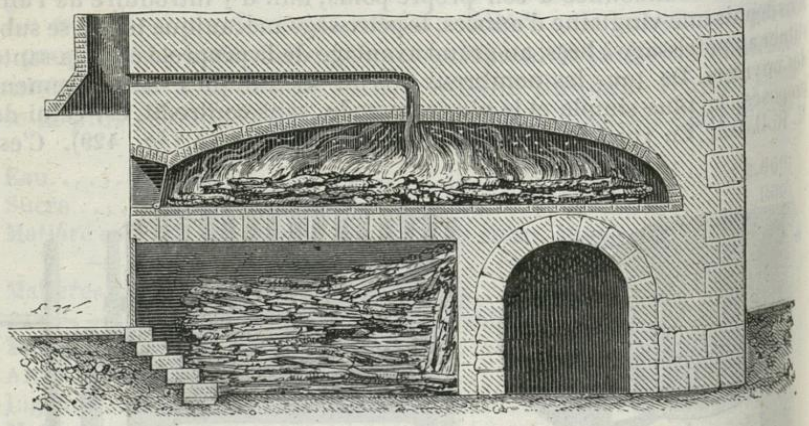


Fig. 430.

et sa voûte est très-surbaissée. On le chauffe en plaçant le combustible (bois légers, de bouleau ou de peuplier) sur la sole même; les produits de la combustion s'échappent par quatre conduits (*ouras*) situés au fond et qui passent au-dessus de la voûte avant de se rendre dans la cheminée. Lorsque la température intérieure du four est entre + 290 et 300°, on enlève la braise, on balaie la sole, et on garnit celle-ci des pâtons, en les disposant par ordre de grosseur. On ferme le four, et on n'en retire les pains que lorsque leur surface extérieure ou *croûte* est durcie et colorée convenablement; cela arrive au bout de 36 à 40 minutes pour les pains de 2 kil. et seulement au bout de 60 minutes pour le pain de 4 kilogr.

On a constaté que la cuisson de la *croûte* s'effectue à la température de + 210°, tandis que celle de la *mie* a lieu à + 100° environ.

Le mode de cuisson du pain a été singulièrement perfectionné depuis une vingtaine d'années. Au vieux four qui offre un si mauvais emploi du combustible et une malpropreté repoussante, on a substitué, sinon partout, au moins dans les grandes villes, des fours à foyer extérieurs au moyen desquels la cuisson est plus régulière, plus économique et plus salubre. Les uns sont échauffés par un courant d'air chaud, aussi les appelle-t-on *fours aérothermes*; les autres ont la même disposition qu'un moufle, autour duquel circulent la flamme et les produits de la combustion. Parmi ces derniers, un des plus ingénieux est celui de M. Rolland:

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il est à sole tournante. En voici une coupe longitudinale (*fig.* 431) et la description.

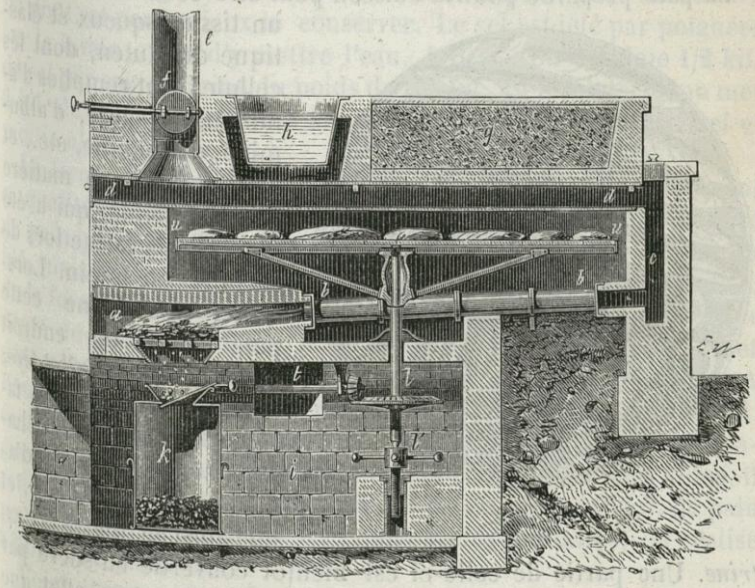


Fig. 431.

a Foyer en terre réfractaire pouvant recevoir toute espèce de combustible. — *bb* Un des quatre tuyaux horizontaux partant du foyer et distribuant la chaleur dans les parties inférieures du four. — *c* Carneaux verticaux noyés dans la maçonnerie et chauffant, par la fumée qui y circule de bas en haut, les parties latérales du four. — *dd* Double plancher horizontal en fer et fonte remplaçant la voûte ou chapelle des anciens fours, et dans l'épaisseur duquel la fumée s'étend et séjourne avant de s'échapper par la cheminée *e*. — *f* Registre à la base de la cheminée réglant le tirage. — *i* Galerie souterraine ou caveau servant de cendrier. — *k* Étouffoir muni d'une bascule pour recevoir la braise. — *l* Axe vertical portant la sole mobile; il tourne dans une crapaudine *l'*. — *uu* Carrelage de la sole reposant sur un disque en forte tôle. — *g* Masse de cendre pour garantir le dessus du four du contact de l'air extérieur. — *h* Chaudière sans foyer particulier, contenant l'eau chaude nécessaire aux diverses opérations de la boulangerie.

Avec ce four, l'enfournement et le défournement sont très-faciles, puisque la sole tournante vient présenter successivement toutes ses parties devant la bouche. C'est l'ouvrier lui-même qui règle le mouvement au moyen d'une manivelle montée sur l'arbre *t* qui supporte un pignon conique et qui transmet le mouvement à la sole. La figure 432 montre la surface de la sole couverte de pains de diverses grosseurs et qualités.

Je me hâte d'arriver à la théorie de la *panification*.

Toutes les opérations pratiquées ont pour but de faire éclater les grains de fécule, et de rendre ainsi cette substance facilement assimilable à nos organes, car elle n'est nutritive pour l'homme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'après l'ébullition ou la coction, qui fait sortir de ses enveloppes tégumentaires la partie soluble de l'amidon.

La pâte préparée pour la cuisson peut être considérée comme un tissu visqueux et élastique de gluten, dont les cellules sont remplies d'amidon, de sucre, d'albumine, de gomme, etc., et entremêlé d'une matière fermentescible, qui a été ajoutée à la farine lors de sa mise en levain. Lorsqu'on abandonne cette pâte dans un endroit chaud pour qu'elle *lève*, le gluten réagit, à la faveur de l'eau et de la chaleur, sur les globules d'amidon, les fait éclater, et met ainsi en liberté la *dextrine*. Une partie de celle-ci est bientôt convertie en sucre par l'influence du gluten, qui, dans ce cas, opère le même effet que la *diastase*. Le sucre, ainsi formé, plus celui qui préexistait dans la farine, se trouvant en présence du levain, éprouve, presque aussitôt, la fermentation alcoolique, c'est-à-dire qu'il est transformé, par la réaction de ses éléments, en acide carbonique et en alcool; puis une partie de ce dernier se change en vinaigre ou acide acétique, tandis que du gluten, en se décomposant spontanément, donne lieu à un dégagement d'acide carbonique, d'hydrogène et d'ammoniaque. La chaleur dilate ou réduit en vapeurs ces produits liquides ou aériformes, ainsi que l'air introduit dans la pâte par l'action du pétrissage. Ces gaz et vapeurs tendent à se dégager; mais retenus par la viscosité du gluten, ils soulèvent la pâte, se logent dans de petites cavités; il y a tuméfaction, c'est-à-dire que la pâte *lève*, en termes de boulanger. Lorsque, par suite de la cuisson, qui chasse la plus grande partie de l'eau interposée, la pâte a été solidifiée, la masse reste criblée de la multitude de petites cavités qui retenaient les gaz, et le pain qui en résulte est rendu léger et blanc, par la division de ses particules.

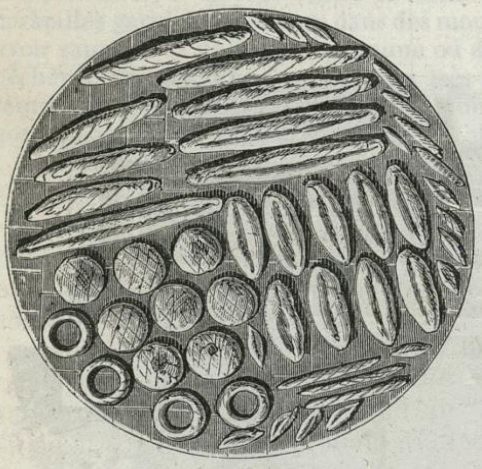


Fig. 432.

D'après cette explication, vous concevez très-bien, Messieurs, que plus une pâte sera riche en gluten, plus elle sera visqueuse et tenace, mieux, par conséquent, elle se tuméfiera en larges cretvasses, et fournira un pain plus blanc, plus léger et mieux cuit. Un parfait mélange du levain avec la pâte contribue singulièrement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la légèreté du pain, qui est indiquée par la quantité d'*œils* qu'il offre dans sa masse.

On introduit généralement du sel dans le pain, pour lui donner du goût, et pour mieux le conserver. Le sel est jeté par poignées sur le levain avant d'y mettre l'eau. A Paris, on emploie 1/2 kil. de sel par sac de farine du poids de 159 kil. En Angleterre, on met 2 kil. de sel par sac de 125 kil., quelquefois on met moitié sel et moitié alun.

La farine d'un bon blé absorbe de 55 à 70 p. 100 d'eau, suivant sa qualité et surtout l'humidité qu'elle renferme déjà. La quantité de pain qu'on en obtient dépend non-seulement de la qualité du blé, mais aussi des manipulations auxquelles la pâte est soumise, de la forme et des dimensions données aux pains, et enfin de leur degré de cuisson. A Paris, pour le pain blanc bien cuit, on admet généralement que 100 kil. de farine donnent 130 kil. de pain. A Rouen, où la pâte est pétrie plus ferme, j'ai constaté que 100 kil. de farine ne produisent que 124^{kil},33 de pain. Dans les campagnes, le pain est habituellement moins cuit que dans les villes, il retient donc plus d'eau, aussi obtient-on de 140 à 146 kil. de pain pour 100 de farine. Dans les boulangeries militaires, on réalise 139 kil. de pain.

Voici, terme moyen, les quantités d'eau que renferme le pain de bonne qualité, sur 100 parties :

		MATIÈRE SÈCHE.	EAU.
Pain blanc	de Rouen à pâte ferme.....	66,75	33,25
	de Paris, fendu, de 2 kilogr..	60,00	40,00
	de Béchelbronn (Alsace).....	57,10	42,90
	de munition, rond.....	57,00	43,00
	de ferme, en Alsace (Roville).	56,00	44,00

On a cru, jusque dans ces derniers temps, que le pain tendre renfermait plus d'eau que le pain rassis, et qu'il était par conséquent moins nourrissant, à poids égal. Les expériences faites, en 1853, par M. Boussingault, ont démontré jusqu'à l'évidence que ce n'est pas par une moindre proportion d'eau que le pain rassis diffère du pain tendre, mais par un état moléculaire particulier qui se manifeste pendant le refroidissement, se développe ensuite, et persiste aussi longtemps que la température ne dépasse pas une certaine limite.

J'ajouterai que le pain bien cuit et rassis est de plus facile digestion que le pain peu cuit et que le pain frais et chaud; que le pain altéré et moisi cause des maladies et même une sorte d'empoisonnement; que souvent, pour en augmenter le poids, tout en lui donnant à la fois plus de blancheur et de légèreté, on le sophistique avec de l'alun, du sulfate de cuivre, des car-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bonates d'ammoniaque et de magnésie, du plâtre, de l'argile, du sable, etc., ce qui produit presque toujours des effets fâcheux. L'introduction dans les farines de blé de farines de haricots, de féveroles, de pois, de millet, de châtaignes, de carottes, etc., ne présente pas autant d'inconvénients; cependant on a vu, dans les années de disette, des épidémies se déclarer par l'usage du pain ainsi mêlé de ces substances, qui empêchent la pâte de bien lever.

Les pains de luxe, dits *pains de gruau*, *à café*, *mollets*, *à soupe*, *régence*, sont faits avec des farines dites de *gruaux sassés*, et par conséquent plus blanches que les farines ordinaires. On fait usage de levûre de bière, et la pâte est bien battue ou soufflée, de manière à être rendue très-légère. Dans les *pains viennois*, on ajoute pour le pétrissage une partie de lait pour 4 parties d'eau; on les vernit à l'aide de blanc d'œuf, ou plus simplement en opérant la cuisson sous l'action d'un courant de vapeur d'eau.

Le pain de munition est fait en France, depuis l'avénement de Napoléon III, avec d'excellente farine de blé blutée à 20 p. 100, aussi est-il comparable pour la nuance au pain de 2e qualité de la boulangerie civile, et est-il bien supérieur à tous les pains des boulangeries militaires des autres nations; c'est ce qui résulte des analyses comparatives faites par M. Poggiale en 1853.

Dans ces derniers temps, M. Mège-Mouriès est parvenu à obtenir du pain blanc et de bonne saveur avec la farine contenant encore du son, et par conséquent à supprimer le pain bis que les consommateurs repoussent. Son procédé repose sur ce fait que la coloration du pain bis est due, non, comme on le croit généralement, à la présence du son très-fin, mais à l'action d'une substance particulière sur les éléments de la farine blanche. Cette substance, que M. Mouriès a nommée *céréaline*, n'existe que sous la partie corticale du blé; dans la mouture ordinaire, elle accompagne le son ou plutôt les *gruaux bis;* la partie interne du grain avec laquelle on obtient la *fleur de farine* n'en contient pas de traces. Si donc on peut détruire ou annihiler ce principe colorant, il ne sera plus nécessaire de mettre à part les gruaux bis, et dès-lors on pourra convertir toute la substance assimilable du grain en pain blanc.

C'est à quoi M. Mège-Mouriès est arrivé au moyen d'un procédé très-simple qui ne change presque rien au travail et aux appareils de la boulangerie. Mais avant de vous l'indiquer, il est convenable de vous donner une idée satisfaisante de la disposition intérieure des différentes parties d'un grain de blé. La coupe ci-jointe (*fig.* 433), que j'emprunte à M. Mège-Mouriès, vous montre un grain de blé, vu au microscope avec un grossissement d'environ 30 fois en diamètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos 1 et 2, *épiderme* ; n° 3, *épicarpe* ; n° 4, *endocarpe*. Ces trois enveloppes inertes, légères, à peine colorées, forment les trois centièmes du blé, et s'enlèvent facilement par la décortication. — N° 5, *testa* ou tégument de la graine, d'un jaune plus ou moins orangé, suivant la variété du blé. — N° 6, *membrane embryonnaire*, incolore, écartée de ses parties contiguës, pour en rendre plus distinctes les insertions. — Les nos 2, 3, 4, 5, 6, mêlés à plus ou moins de farine, constituent le son et les issues.

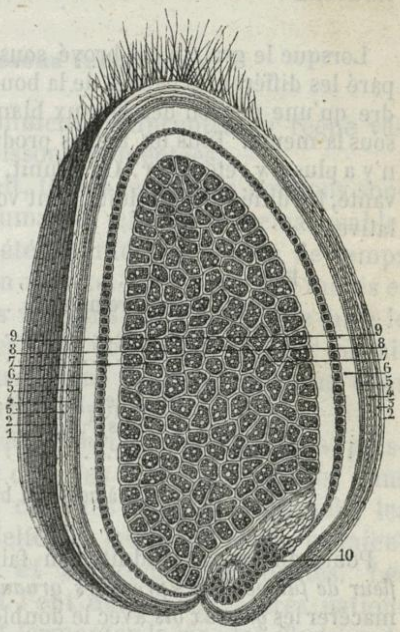


Fig. 433.

Les nos 7, 8, 9 désignent la *masse farineuse* au bas de laquelle se trouve l'*embryon* n° 10. Le centre de cette masse est tendre ; il donne 50 p. 100 de fleur de farine la plus blanche et la moins nutritive : 100 de cette farine donnent 128 de pains ronds de 2 kilogr. — La partie n° 8 qui entoure la partie n° 9 est plus dure, elle donne les *gruaux blancs* qui, remoulus et réunis à la première, produisent la farine à 70 p. 100 ou à pain blanc ordinaire ; 100 de farine de ces gruaux seuls donnent 136 de pain. — La partie n° 7 qui entoure le n° 8 donne 8 p. 100 de gruaux encore plus durs et plus nutritifs ; mais ceux-ci se trouvant mélangés par la meule à une petite quantité de son, on ne fait avec ces gruaux que des farines bises et du pain bis : 100 de cette farine, dépouillée de son, donnent 140 de pain. — La partie externe qui vient après le n° 7 retient une plus grande quantité de son et se trouve réunie aux issues.

Vous voyez donc qu'on rejette de l'alimentation de l'homme la portion la meilleure du grain, qu'on obtient du pain bis avec de la farine de très-bonne qualité, et que l'on fait le pain de première qualité ou le pain blanc avec la partie la moins nutritive.

C'est dans la *membrane* n° 6, sorte de tissu cellulaire blanc, sans gluten, ni amidon, que réside la *céréaline* ; ce tissu appartient à cette classe de matières de structure organisée qui, douées d'une sorte de vie, déterminent le mouvement et la transformation des corps destinés au développement de la plante. C'est donc lui qui décompose l'amidon et liquéfie le gluten ; c'est lui qui produit la coloration du pain bis par la décomposition d'une partie de la farine, et limite à 70 p. 100 l'extraction de la farine à pain blanc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici, maintenant, comment M. Mège-Mouriès prépare son pain nouveau :

Lorsque le grain a été broyé sous la meule et que les bluteries ont séparé les différentes parties de la boulange, le meunier n'a plus à reprendre qu'une portion des gruaux blancs, et les fait repasser une seule fois sous la meule. Tous les autres produits sont obtenus d'un seul jet, et il n'y a plus à y retoucher. On réunit, après la mouture, de la manière suivante, les différents produits, dont voici moyennement les proportions relatives :

Fleur de farine	50 %	70 %
Premiers gruaux remoulus	20 %	
Gruaux blancs		7
Gruaux bis		5
Total des produits panifiables		82 %
Sons (gros et petits)		16,5
Déchet		1,5
Poids égal à celui du blé mis en mouture		100,0

Pour panifier ces produits, on fait du levain avec les 70 pour 100 de *fleur de farine* et des *premiers gruaux remoulus*. D'un autre côté, on fait macérer les *gruaux bis* avec le double d'eau froide pendant une heure en été ou deux heures et demie en hiver ; on y ajoute 15 litres d'eau, on agite fortement et on jette le tout sur un tamis qui retient le son, en laissant passer l'eau et la farine blanche. Ce liquide lactescent, abandonné au repos, laisse déposer la farine ; on rejette la moitié de l'eau un peu jaune qui la recouvre, et la partie farineuse est ajoutée au levain déjà préparé, avec la quantité d'eau convenable. C'est pendant ce dernier pétrissage, qu'au lieu de farine, on introduit les *gruaux blancs* en nature ; on termine la pâte à la manière accoutumée, et toutes les autres opérations s'effectuent comme à l'ordinaire.

Le pain qu'on obtient est commercialement égal au pain de première qualité de Paris. Vous voyez donc, Messieurs, que l'avantage du procédé de M. Mège-Mouriès consiste à faire entrer dans la fabrication du pain une bien plus grande quantité de la substance même du blé, 82 au lieu de 70 pour 100 ; ce qui revient à dire que, pour fournir une même quantité de pain d'une nuance et d'une qualité égales, à une population déterminée, il faudrait, avec le nouveau système, 100 kilogrammes de blé au lieu de 114, ou 87 au lieu de 100.

Par conséquent la mise en pratique du procédé Mouriès, si elle se généralisait, aurait pour effet d'apporter une économie d'un huitième dans la quantité totale du blé employé pendant une année à la fabrication du pain blanc, économie qui correspond à une consommation de 45 jours. Vous apercevez facilement les conséquences que produirait un fait semblable sur la richesse alimentaire du pays.

Vous ne serez donc pas surpris d'apprendre que les perfectionnements proposés par M. Mouriès aient obtenu la haute approbation de l'Académie des sciences, en 1857, et en 1860 celle d'une commission spéciale

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nommée par le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics (1).

§ 2. — Des Boissons fermentées.

Pour compléter l'étude des aliments empruntés au règne végétal, je dois vous parler des boissons fermentées.

A l'exception de l'eau et du lait, toutes les autres boissons sont des produits de l'industrie humaine, et, chose remarquable, toutes ou presque toutes ont été inventées bien peu de temps après la réunion des hommes en société. Les historiens sacrés et profanes placent dans les temps les plus reculés l'art de faire le vin, et ils s'accordent à regarder Noé comme le premier qui ait fait du vin dans l'Illyrie, Saturne dans la Crète, Bacchus dans l'Inde, Osiris dans l'Égypte, le roi Géryon en Espagne.

La découverte de la bière suivit de fort près celle du vin, puisque cette boisson était en usage chez les anciens Égyptiens, dans la Grèce, une partie de l'Italie, chez les anciens Espagnols, les Germains et les Gaulois. Les Celtes et les Scandinaves buvaient une liqueur extraite de l'orge et du froment fermentés. Les Hébreux ont connu le cidre et l'ont donné aux autres nations de l'antiquité. Les Chinois font fermenter le riz, les Tartares le lait de leurs juments, les indigènes de l'Amérique et des Indes la séve de plusieurs plantes sucrées, et telle est la nécessité, surtout chez les peuples méridionaux et intertropicaux, de soutenir par des boissons stimulantes les forces et l'économie du système musculaire, débilité par la chaleur du climat, qu'on voit les naturels de la Polynésie recourir à de singulières pratiques pour se procurer une liqueur enivrante. Là, la racine d'*ava* (*piper methysticum*) est mâchée, imbibée de salive et mise dans de grandes calebasses ; cette espèce de pulpe ne tarde pas à fermenter et à fournir un liquide spiritueux dont les naturels font un continuel usage. C'est ce qu'on appelle le *cava*.

Ce fait de l'existence d'une boisson fermentée spéciale chez les nations les moins civilisées, n'est pas aussi étrange qu'il peut le paraître au premier abord ; car, d'une part, la nature prévoyante a placé partout des fruits plus ou moins sucrés, susceptibles d'éprouver la fermentation spiritueuse, et, d'autre part, la conversion des matières sucrées en liqueurs alcooliques est facile et rapide ; en sorte que le hasard a dû montrer de bonne heure aux hommes les moyens de préparer les diverses boissons artificielles dont l'habitude leur a fait ensuite une impérieuse nécessité.

(1) L'intéressant rapport de cette commission est inséré dans le *Moniteur universel* du 23 décembre 1860.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi toutes ces boissons plus ou moins énivrantes connues, je ne veux examiner en particulier que le vin, le cidre et la bière, car ce sont les seules, pour ainsi dire, qui soient d'un usage général en Europe. Dans ce qui va suivre, je n'ai pas la prétention de vous apprendre en détail les procédés de fabrication adoptés pour chacune d'elles; je me bornerai à vous indiquer les principes sur lesquels repose leur préparation, et à vous signaler les différences qu'elles offrent entre elles sous le point de vue chimique.

DU VIN.

De tous les fruits sucrés dont on peut retirer, par expression, quand ils sont mûrs, une liqueur douce et acidule qui, par la fermentation spontanée, acquiert une saveur spiritueuse et agréable, le raisin est celui qui occupe le premier rang.

La culture de la vigne et la fabrication du vin remontent à la plus haute antiquité; car, ainsi que le dit Chaptal, « les arts les plus simples doivent être présumés les plus anciens, et la simplicité de celui-ci a dû faire concourir de très-bonne heure le hasard et la nature à l'enseigner aux hommes. »

Il existe un nombre infini de variétés de vins, qui diffèrent entre elles par la consistance, la couleur, la saveur.

La France est, sans contredit, le pays où l'on récolte, en proportion de son étendue, la plus grande quantité de bons vins qui méritent à tous égards la préférence pour la consommation journalière. Pour vous donner une idée de l'importance de la vigne et de l'art œnologique en France, je vous dirai qu'on estime à 2,170,000 le nombre d'hectares consacrés à cette culture, et à 70,000,000 le nombre d'hectolitres de vins produits, en moyenne, par les 76 départements qui ont des vignobles. Sur les 86 départements, 10 seulement ne font pas de vin, ce sont : la Seine-Inférieure, le Calvados, l'Orne, la Manche, la Somme, le Nord, le Pas-de-Calais, la Creuse, les Côtes-du-Nord et le Finistère.

Les qualités du raisin, et par suite celles du vin, dépendent de plusieurs circonstances et notamment de la nature du sol, du climat, de l'exposition, du mode de culture, de la variété ou espèce de cépage, et de la marche des saisons aux époques qui ont la plus grande influence sur la formation et la maturité du fruit. La vendange s'effectue du 8 au 20 septembre dans les régions chaudes, du 20 au 30 septembre dans le centre de la France, et dans les premiers jours d'octobre dans les régions plus septentrionales; il est préférable d'attendre que le raisin soit parfaitement mûr, car alors il contient plus de sucre.

De tous les principes immédiats contenus dans le raisin, le plus important, en effet, est le sucre, puisque c'est lui qui, par la fer-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mentation, donne naissance à l'alcool, et procure la force ou la vinosité du jus; les autres substances sont, pour ainsi dire, accessoires et ne font que modifier la saveur des vins. C'est de la manière et des diverses proportions dans lesquelles tous ces principes se trouvent mélangés que proviennent les nombreuses variétés de vins qui sont obtenues dans les différentes contrées où l'on cultive la vigne..

Voici, très en abrégé, la manière la plus générale d'opérer la transformation du jus ou *moût* de raisin en vin.

Les raisins étant cueillis, on les foule avec les pieds dans de grandes cuves de bois ou de pierre. Mais, dans beaucoup de localités (Lyonnais, Bordelais, etc.), et généralement partout où l'on veut avoir des vins fins et d'une qualité supérieure, avant de procéder au foulage, on débarrasse le fruit de son pédoncule ligneux qui porte le nom de *râpe* ou de *rafle*, parce qu'il communique au liquide une trop grande astringence. Cette opération, connue sous le nom d'*égrappage* ou de *dérâpage*, n'a lieu, toutefois, que pour les vins rouges de boisson; elle est inutile pour ceux qui sont destinés à la distillation; elle est nuisible aux vins blancs. On l'effectue avec une fourche à trois dents, que l'ouvrière tourne et agite circulairement dans un petit cuvier nommé *comporte*, *benne* ou *banneau*, où sont déposés les raisins (*fig.* 434). Par ce mouvement rapide, elle détache les grains de la grappe et ramène celle-ci à la surface, d'où elle l'enlève avec la main. Une égrappeuse suffit à dix ou douze vendangeuses. On égrappe encore avec un crible ordinaire, formé de brins d'osier ou de fils de fer espacés de 9 à 14 millimètres; ce crible est posé au-dessus d'un cuvier; en agitant et tournant en tous sens les raisins avec la main, la grappe se dépouille de ses grains qui tombent dans le cuvier. — Un bon ouvrier égrappe ainsi facilement dans sa journée 16 à 18 hectolitres de raisins.



Fig. 434.

Fabroni, chimiste italien, a eu l'ingénieuse idée de disséquer le grain du raisin, et il a vu que le sucre et les matières azotées, que l'on appelle improprement le *ferment*, se trouvent placés chacun dans des organes spéciaux. M. Raspail a confirmé cette observation, en reconnaissant que le sucre existe dans les vaisseaux ligneux qui forment le réseau du fruit, tandis que la pulpe gélatineuse et acide n'en renferme aucune trace.

Il faut donc, pour que le raisin puisse donner une liqueur spiritueuse, qu'il soit écrasé, afin que ses divers matériaux constitutifs soient en contact intime. En effet, il n'y a jamais d'alcool dans le grain de raisin abandonné à lui-même, sans avoir été déchiré; alors il se flétrit, se des-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sèche et se décompose, mais sans éprouver de fermentation alcoolique régulière et complète. Une autre condition non moins nécessaire, c'est que le jus ait le contact de l'air, pour que le ferment puisse y apparaître, s'y développer aux dépens des matières azotées et du sucre et déterminer par suite l'alcoolisation de celui-ci.

Dans les grandes exploitations, on piétine les raisins sur le sol d'une

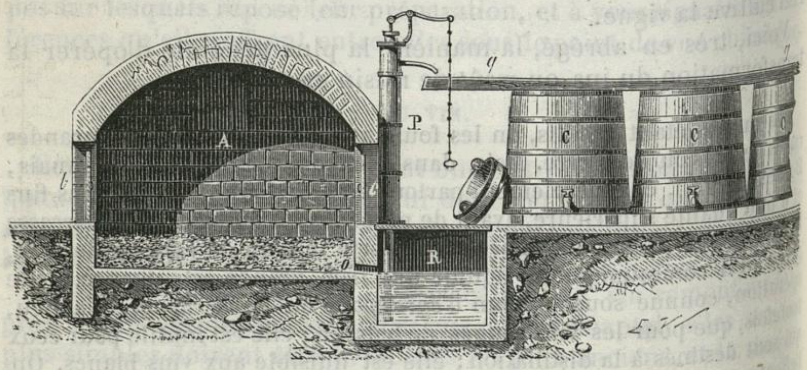


Fig. 435.

cave voûtée A (*fig.* 435) ; les raisins y sont introduits par la porte *b*, et les rafles en sont enlevées par la porte en regard *c*. Le jus s'écoule par

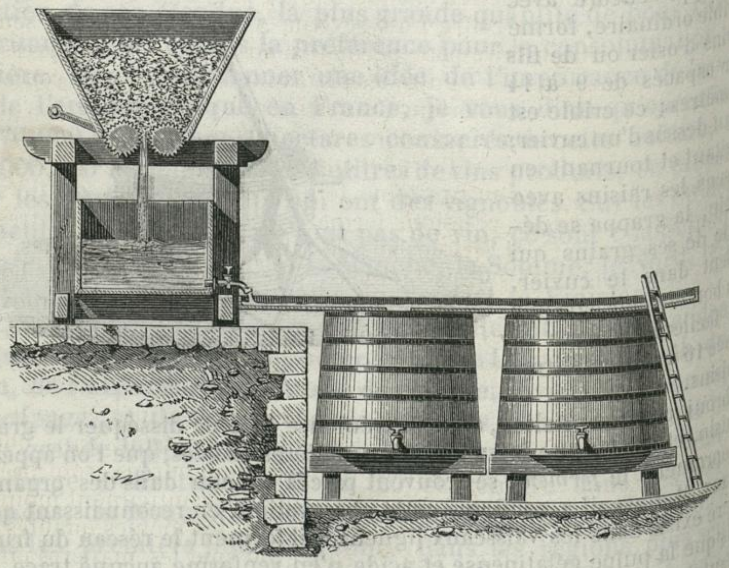


Fig. 436.

l'orifice inférieur *o* et se rend dans un réservoir R, d'où une pompe P l'enlève au fur et à mesure dans la rigole *qq*, d'où il se distribue dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les cuves de fermentation C, C, C, placées les unes à la suite des autres dans le cellier.

On a imaginé diverses machines pour fouler les raisins plus complétement et plus rapidement que par les procédés ordinaires. Presque toutes se ressemblent par l'organe essentiel, qui est composé de deux cylindres tournant l'un contre l'autre (*fig.* 436), et entre lesquels les raisins tombent pour y être écrasés. Les cylindres sont lisses ou cannelés; ils sont surmontés d'une trémie et sont placés sur un bâti de bois au-dessous duquel se trouve un réservoir pour le jus, qui s'écoule de là dans les cuves à fermenter.

Lorsque le moût a été obtenu, et réparti dans les cuves de bois ou de pierre, dont la capacité varie de 30 à 60 et 80 hectolitres, la fermentation s'établit en moins de quelques jours; la masse s'échauffe, des bulles d'acide carbonique se dégagent en si grande quantité, qu'il en résulte une sorte d'ébullition; elles soulèvent les débris solides du fruit et une écume épaisse, composée surtout de ferment altéré; de sorte qu'il se forme peu à peu, à la surface de la liqueur, une croûte hémisphérique qu'on appelle le *chapeau de la vendange*. Mais bientôt l'effervescence se calme et le chapeau s'affaisse. Alors on foule la cuve, c'est-à-dire qu'on brise le *chapeau*, soit avec une perche traversée de bâtons horizontaux, soit en y faisant descendre un homme nu, afin de mêler toutes les matières et de ranimer la fermentation.

Lorsque le liquide de la cuve ne *bout* plus, qu'il a pris une saveur forte et vineuse, qu'il est devenu très-clair, on le soutire dans des tonneaux, et on passe, à plusieurs reprises, au pressoir le marc qui reste, afin d'en extraire le vin dit *de presse*.

La durée de la fermentation tumultueuse, ou plutôt du séjour dans les cuves, varie singulièrement suivant l'espèce de moût qu'on emploie. Les vins de Saint-Besle, de Verzy, de Verzenay et de Mailly (Marne), connus par leur belle couleur, une grande finesse, beaucoup de séve et de bouquet, ne restent que six heures dans la cuve; ceux dits *de première*, en Bourgogne, et que l'on tire particulièrement des vignobles de Pouilly, de Meursault, de Tonnerre et de Chablis, ne peuvent supporter la cuve que six à dix heures. Le vin de Volney, qui est le plus léger, le plus fin et le plus agréable de tous les vins de la côte de Beaune, cuve à peine six heures; tandis qu'il en est d'autres qui ne sont pas encore assez faits après neuf jours de fermentation.

Au sortir de la cuve, le vin est distribué dans des tonneaux placés, autant que possible, dans une cave ni trop sèche ni trop humide, profonde de 16 à 19 mètres et exposée au nord. Le vin est trouble et fermente encore; dès les premiers jours du transvasement, on entend un léger sifflement dû au dégagement continu de l'acide carbonique; il se forme une écume à la surface du liquide qui déverse par la bonde, et on a l'attention de tenir le tonneau toujours plein pour que l'écume sorte et que le vin se dégorge. Il suffit dans les premiers instants d'assujettir une feuille ou une toile sur la bonde. Le mieux serait de faire usage d'une bonde hydraulique, qui peut servir pendant toute la durée du travail dans les tonneaux. La bonde hydraulique la plus simple est celle de M. Sébille-Auger (*fig.* 437); elle consiste en une bonde en bois ordinaire B, percée à son centre d'un trou évasé à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie supérieure, où se loge une soupape en os S; cette soupape est guidée par la bride *mm* en fer étamé, et est maintenue par un ressort, et mieux, comme l'a imaginé M. Maumené, par un bout de tube de caoutchouc *cc*; elle se soulève sous l'effort du gaz carbonique et retombe immédiatement après sa sortie, ce qui ne permet pas la rentrée de l'air extérieur.

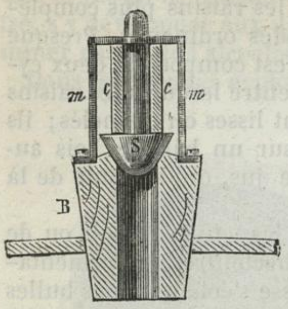


Fig. 437.

A mesure que la fermentation s'affaiblit, le volume du liquide diminue; on verse à mesure du vin dans les tonneaux, de manière à ce qu'ils soient toujours pleins : c'est ce qu'on appelle *ouiller*; on bondonne hermétiquement, en entourant le bondon de filasse ou d'étoupes. Lorsqu'il ne se fait plus de mouvement sensible, que la liqueur paraît être en repos, le vin, quoique encore trouble, peut être considéré comme fait. Peu à peu les matières étrangères en suspension se déposent. Cette précipitation lente produit au fond des tonneaux un dépôt qu'on nomme *lie* (1); c'est un mélange confus des débris de la pulpe, de matière colorante, de ferment devenu insoluble et de sels peu solubles, notamment de tartre ou bitartrate de potasse; ce dernier se sépare en partie et cristallise sur les parois des tonneaux. Comme ce sel a une saveur âpre et désagréable, il en résulte que le vin, qui a subi une bonne fermentation insensible et qui est devenu par ce fait plus riche en alcool, est meilleur et d'un goût plus agréable; c'est ce qui explique pourquoi un vin vieux est préférable à un vin nouveau.

Pour éviter que la lie ne se mêle au vin par l'agitation ou par les changements de température, ce qui pourrait le faire tourner à l'aigre,

---

(1) D'après l'analyse de Braconnot, la lie desséchée renferme, en moyenne :

Bitartrate de potasse	60,75
Tartrate de chaux	5,25
— de magnésie	0,40
Phosphate de chaux	6,00
Sulfate et phosphate de potasse	2,80
Silice mêlée de grains de sable	2,00
Substance azotée de nature particulière	20,70
Chlorophylle	1,60
Matière grasse ayant la consistance de la cire	0,50
Matière gommeuse, matière colorante rouge des raisins et tannin	traces.
	100,00

Cette richesse en crème de tartre explique très-bien l'emploi de la lie pour la fabrication des *cendres gravelées* (Voir la 19e leçon du t. I, p. 480). C'est un usage bien ancien, puisqu'il était pratiqué chez les Romains, ainsi que Pline nous l'apprend (*Hist. nat.*, lib. XIV, 20). Autrefois, c'étaient les vinaigriers qui, chez nous, exploitaient la *lie* et la convertissaient en cendres gravelées. On voit même, par les statuts que Louis XII leur donna en 1514, qu'ils couraient les rues de Paris, en criant et demandant qui voulait leur vendre de la *lie*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on tire le vin à clair au moyen du *soutirage*. Cette opération, fort importante, se pratique à diverses époques pour chaque espèce de vin. Selon les localités, on soutire en décembre lorsque les vins sont bien éclaircis et qu'on veut les transporter ; ou bien on le fait une seule fois par année, aux mois de février et de mars, comme en Champagne. Dans telles contrées, les vins demandent à être soutirés deux fois pendant la première année, les uns au commencement du printemps et à la fin de septembre (Hermitage), les autres vers la fin de décembre, par une belle gelée, et vers la mi-mai. Il y a des vins qui exigent de devancer l'époque du soutirage : ce sont ceux qui sont faibles ; d'autres, qu'on la retarde : ce sont ceux qui sont verts et durs. Les vins généreux peuvent sans inconvénient rester sur lie de trois à quatre ans, et n'être soumis au décuvage que tous les deux ans ; tels sont les vins rouges de la Marne, et surtout ceux du clos Saint-Thierry, près de Reims ; mais, en général, les vins doivent être séparés de leur grosse lie avant l'équinoxe du printemps.

Les vins qui ne sont pas clairs après le soutirage doivent être clarifiés au moyen du *collage*, et soutirés de nouveau dès qu'ils sont éclaircis. On se sert, à cet effet, de colle de poisson, 8 à 16 grammes par hectolitre, ou de gélatine blanche dit *grenétine*, 12 à 20 grammes, ou de 6 à 10 blancs d'œufs, ou de poudres préparées, parmi lesquelles celles de Julien sont les plus avantageuses. Pour la colle de poisson, on la déroule, on la coupe par petits morceaux, on la fait tremper dans un peu de vin, et lorsqu'elle forme une masse gluante, on la verse dans le tonneau. On agite fortement le vin au moyen d'un bâton fendu en quatre, que l'on introduit par la bonde et que l'on fait mouvoir rapidement. Quand on emploie les blancs d'œufs, on les fouette avec un petit balai, pour les mettre en mousse.

Les vins communs et nouveaux perdent de leur âpreté par suite du collage ; les bons vins en acquièrent plus de finesse. Quand les vins sont très-forts, et surtout acerbes ou durs par l'effet du tannin, on les adoucit, tout en les clarifiant, au moyen de sang frais de bœuf ou de mouton ; on en verse un demi-litre tout chaud dans la pièce, on agite vivement et on laisse reposer. Cette forte proportion d'albumine enlève une partie du tannin, qui se précipite à l'état de *tannate d'albumine* insoluble. Il est souvent utile de coller ainsi plusieurs fois de suite.

C'est par ce procédé qu'on prépare les vins ordinaires, rouges ou blancs. Ceux-ci sont faits avec les raisins blancs. On peut cependant se servir aussi de raisins rouges ; mais alors, au lieu de laisser fermenter le moût sur son marc, on le soutire dès que le grain est écrasé. Comme la matière colorante du fruit réside uniquement dans la pellicule extérieure, vous concevez que celle-ci étant séparée du moût, ce dernier ne peut se colorer en rouge. L'art de faire du vin blanc avec des raisins rouges remonte au douzième siècle et appartient aux Poitevins.

Les *vins de liqueur* ou *vins sucrés* se préparent en Italie, en Espagne, dans le midi de la France. Les raisins de ces contrées étant très-riches en sucre, il y a toujours une assez forte proportion de ce principe qui échappe à la fermentation, et qui reste en dissolution dans le liquide spiritueux. Plusieurs de ces vins sont des *vins cuits*, c'est-à-dire que, pour les obtenir, on ajoute au moût, tel qu'il sort du foulage, une certaine quantité du même moût réduit par l'évaporation au quart

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou au cinquième de son volume primitif. Chez les Romains, on employait déjà ce moyen pour bonifier les vins trop acerbes et trop pauvres en sucre (1).

Dans une vaste portion du centre et du nord-est de la France, lorsque les étés ne sont pas très chauds, les vins sont faits avec des raisins sans maturité, qui manquent surtout du principe sucré. On doit au célèbre Chaptal d'avoir éclairé cette question des lumières de la théorie (2).

Dès 1787, il indiquait les meilleurs moyens pour accroître les qualités des vins, et notamment l'addition d'une certaine quantité de sucre ordinaire. Ce dernier précepte est généralement suivi en Bourgogne et en Champagne, et l'on peut dire dans presque tout le centre et le nord-est de la France. Malheureusement, on a adopté le glucose ou sucre de fécule, qui a toujours une saveur plus ou moins désagréable, bien que

---

(1) Plin. *Hist. nat.*, lib. XIV, 19.

(2) Jean-Antoine Chaptal, né en 1756, à Nozaret (Corrèze), fit ses études médicales à Montpellier, et, aussitôt après sa réception, il se rendit à Paris pour étudier la chimie sous Sage, Macquer, et autres hommes célèbres qui préparaient la réforme de cette science. En 1781, il fut appelé, quoique bien jeune encore, à occuper la chaire de chimie que les états du Languedoc venaient d'instituer à Montpellier. Il débuta dans la carrière de l'enseignement avec un très-grand succès. Héritier d'une belle fortune, il voulut joindre la pratique à la théorie, et se fit fabricant de produits chimiques. Dès 1783, il publia le *Tableau analytique* de son cours, et bientôt après, en 1790, il donna ses *Éléments de chimie*, qui furent traduits dans toutes les langues, et dont la quatrième édition parut en 1803. Sa célébrité devint telle, que Washington le sollicita jusqu'à trois reprises différentes de venir se fixer près de lui, et que, à la même époque, le roi d'Espagne lui fit offrir 36,000 francs de pension et un premier don de 200,000 francs s'il voulait venir professer dans ses États. Pendant le régime de la Terreur, en 1793, la reine de Naples lui offrit un asile à sa cour. Mais le patriotisme de Chaptal se refusa à une émigration qui eût été une sorte de désertion, et qui eût dérobé à son pays ses talents et ses services. La patrie les réclama bientôt. Chaptal, appelé dans la capitale par le Comité de Salut Public, fut chargé de diriger les ateliers de Grenelle pour la fabrication du salpêtre et de la poudre. Il réussit à livrer 35 milliers de poudre par jour. A l'époque de la création de l'École Polytechnique, il y fut appelé pour professer la chimie végétale; mais peu de temps après, il fut envoyé à Montpellier pour réorganiser l'École de Médecine, où il occupa la chaire de chimie. L'Institut de France, à sa formation, le compta parmi ses membres les plus actifs. En l'an IX, Bonaparte l'appela au ministère de l'intérieur. Dans ce dernier poste, il rendit d'immenses services à la science et à l'industrie. La place me manque pour signaler tout ce qu'il a fait de grand et d'utile. Malgré ses nombreuses occupations administratives, Chaptal n'en cultivait pas moins sa science favorite. Indépendamment de plus de 80 mémoires qu'il a publiés sur les arts chimiques, on lui doit des ouvrages spéciaux sur les *Salpêtres et goudrons*, sur le *Perfectionnement des arts chimiques en France*, sur le *Blanchiment*, sur la *Culture de la vigne et l'art de faire le vin*, *les eaux-de-vie*, *les esprits et vinaigres*, un *Traité de chimie appliquée aux arts*, l'*Art de la teinture du coton en rouge* et l'*Art du teinturier-dégraisseur*, un grand ouvrage sur l'*Industrie française*, un *Mémoire sur le sucre de betteraves*, et enfin une *Chimie appliquée à l'agriculture*. Chaptal fut successivement sénateur, comte de l'empire, puis pair de France en 1819. Pendant trente années consécutives, la Société d'Encouragement de Paris, dont il était un des fondateurs, le choisit pour son président. Il est mort à Paris, le 30 juillet 1832, d'une hydropisie de poitrine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaptal eût recommandé, en 1819, de ne faire usage que du sucre extrait du raisin même, afin de ne point altérer les qualités des vins (1). Les cassonades de canne en *belle quatrième* sont les seules qui, à défaut de sucre de raisin, devraient être employées. La dose du sucre à introduire dans les moûts varie de 6 à 10 kil. $^1/_2$ par hectolitre.

Quant aux vins blancs mousseux, ils doivent leur cachet spécial à la grande quantité d'acide carbonique dissous, qui provient de ce que la fermentation insensible s'est achevée dans les bouteilles. Ces vins saturés ainsi d'acide carbonique, ont une odeur piquante, une saveur aigrelette fort agréable, et ils moussent fortement par l'agitation ou au contact de l'air.

La Champagne est depuis longtemps en possession de fournir au commerce les meilleurs vins blancs mousseux. La découverte en remonte à cinq siècles au moins, mais ce n'est que dans le XVIIe que des propriétaires amateurs firent des essais pour obtenir régulièrement des vins mousseux. C'est après 1780 que cette industrie s'est peu à peu améliorée et a progressé. Le total des exportations du département de la Marne est de 3 millions de bouteilles ; ce qui est loin de représenter la production, car on n'estime pas à moins d'un tiers la perte qui s'effectue entre le bouchage des bouteilles et leur expédition. Ce n'est que dans les environs de Reims et d'Épernay qu'on trouve les coteaux célèbres qui fournissent les vins fins si estimés des connaisseurs. On évalue à 25 millions de francs le montant des exportations.

Le jus des raisins noirs donne un vin plus aromatique et qui se conserve mieux que celui des raisins blancs; aussi, presque partout, en Champagne, a-t-on une tendance à n'employer que des raisins noirs. Mais comme la fermentation se développe rapidement dans le jus et fait dissoudre la matière colorante, on évite de briser les grains quand on les transporte du clos au pressoir, et on se hâte de séparer le moût du marc et des pellicules pour éviter la coloration.

Le moût est placé dans des tonneaux neufs, soufrés, qu'il remplit entièrement, afin que la fermentation tumultueuse fasse sortir aisément les matières étrangères. Du 15 au 30 décembre, on soutire dans des futailles soufrées ; on colle ensuite; on soutire un mois après et on ajoute au vin de bonne eau-de-vie et un sirop fait avec du sucre candi dissous dans du vin blanc; on emploie de 2 kil. à 2^kil.^,500 de sucre candi pour 100 bouteilles de vin. On laisse reposer jusqu'à la fin de février ; on colle une seconde fois, et vers la fin de mars on met en bouteilles, que l'on ficelle bien, et que l'on couche les unes sur les autres dans d'immenses

(1) Le *sucrage* ou la *chaptalisation*, comme on dit dans les pays vignobles, a soulevé dans ces derniers temps au sein du Congrès des vignerons, notamment à Dijon, de très-vives discussions. On a reproché à cette méthode de dénaturer complétement les vins de Bourgogne, en leur enlevant leur bouquet et leur délicatesse, de les surcharger d'alcool, ce qui les rend très-spiritueux et échauffants, enfin d'y entretenir un principe, une disposition à la fermentation tout à fait contraire à leur bonne conservation. Le Congrès, adoptant ces idées, s'est prononcé pour l'abandon du sucrage et, par suite, de l'égrappage, attendu que le tannin de la grappe est indispensable à la conservation des vins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

caves voûtées, dont le plancher légèrement incliné permet au vin provenant de la casse des bouteilles, de se rendre dans des citernes. Après six semaines ou deux mois, la fermentation s'y développe avec violence; aussi bien des bouteilles ne peuvent y résister; on estime à 12 et 20 0/0 la casse de celles-ci. La pression maximum qu'elles ont à supporter ne surpassant pas 15 atmosphères, on peut préparer des verres convenables en les soumettant à un recuit longtemps prolongé. M. Collardeau a imaginé une ingénieuse machine pour essayer la force de résistance des bouteilles; elle est adoptée par beaucoup de fabricants.

Après un an de séjour dans les bouteilles, le vin y forme un dépôt de ferment et de corps étrangers qu'il est indispensable d'enlever; c'est ce qu'on appelle *faire dégorger le vin*. Pour cela, on tient, pendant quelque temps, les bouteilles le col en bas, et, en les débouchant rapidement, la partie trouble, rassemblée dans le goulot, est lancée vivement au dehors. On remplit les bouteilles dégorgées avec du vin bien clair, ou avec un sirop additionné d'eau-de-vie. On bouche de nouveau avec soin, on ficelle, on goudronne ou on entoure les bouchons de feuilles d'étain.

Le vin, ainsi préparé, peut être consommé cinq ou six mois après le dégorgement. La pression que le gaz exerce dans les bouteilles n'est guère que de 4 atmosphères, souvent même elle est moindre.

Depuis 1820, on fabrique des vins mousseux, façon de Champagne, en Bourgogne, notamment dans les meilleurs crus de Tonnerre et de la Côte-d'Or, en Anjou, en Lorraine, en Gascogne, à Stuttgard dans le Wurtemberg, sur les bords du Rhin; mais ces vins sont loin de valoir ceux qu'ils imitent.

On prépare encore des vins mousseux à Limoux (Aude) sous le nom de *blanquette*, à Saint-Ambroix (Gard), à Arbois (Jura), à Saint-Peray et à Saint-Jean (Ardèche). Ces vins sont consommés dans le pays et moins répandus dans le commerce que ceux de la Champagne.

Les nombreuses espèces de vin ont à peu près la même composition, en ce sens qu'on y trouve généralement les mêmes substances, bien qu'elles n'y soient pas toujours dans les mêmes proportions relatives. Ces substances préexistent dans les raisins, à part quelques-unes qui prennent naissance dans l'acte de la fermentation.

C'est ce que vous allez voir par le tableau suivant :

COMPOSITION GÉNÉR. DU MOUT DE RAISIN.	COMPOSITION GÉNÉRALE DES VINS.
Eau (beaucoup).	Eau (beaucoup).
Sucre interverti (beaucoup).	Sucre interverti (peu).
Gomme, mucilage, pectine.	Gomme, mucilage, pectine.
Albumine végétale et autres matières azotées solubles.	Albumine et autres matières azotées solubles (peu).
Matières grasses.	Matières grasses.
Matière colorante jaune.	Matière colorante jaune.
— — bleue.	— — rouge.
Acides tartrique et malique libres.	Acides tartrique et malique libres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMPOSITION GÉNÉR. DU MOUT DE RAISIN.	COMPOSITION GÉNÉRALE DES VINS.
Bitartrate de potasse.	*Alcool* en proportions variables.
Tartrate de chaux.	*Tannin* (beaucoup).
— de magnésie.	*Aldéhyde.*
— d'alumine.	Acides *acétique, succinique, œnanthique.*
— d'alumine et de potasse.	*Éthers œnanthique* et *acétique.*
Phosphate de chaux.	*Principes inconnus* constituant le *bouquet.*
— d'alumine.	*Glycérine.*
Sulfate de potasse.	Sels végétaux et minér. du moût.
Chlorure de sodium ou de potassium.	*Gaz carbonique* (vins de Champagne).
Oxyde de fer.	

Dix substances distinctes, au moins, sont donc des produits de la fermentation du moût et communiquent au vin les propriétés nouvelles qui le caractérisent.

La couleur des vins rouges est due à la matière colorante bleue (*œnocyanine* de M. Maumené) du moût, que les acides libres ont fait passer au rouge. Cette matière bleue qui réside dans la pellicule du fruit est cristallisable, et elle paraît provenir d'une matière colorante primitivement jaune qui se colore peu à peu sous l'influence de la lumière et de l'air. Les différences de proportions respectives de ces deux principes colorants expliquent très-bien les nuances très-variées qu'on remarque dans les diverses sortes de vins. On exalte, du reste, la couleur de certains d'entre eux, en laissant longtemps cuver le moût sur les pellicules, et en retardant la fermentation par une addition de plâtre. C'est ainsi qu'on agit dans le Roussillon et dans certaines parties du Languedoc, pour obtenir les vins dits *de couleur* ou *vins teinturiers*, qui servent spécialement à colorer les vins de nuance trop pâle, ou les vins blancs qu'on veut changer en vins rouges. Cette pratique de plâtrer les vins pendant le cuvage était connue des anciens ; ils l'employaient pour les vins de l'île de Crète.

M. Glénard a isolé et étudié dernièrement la matière colorante rouge du vin. Séchée en masse, elle paraît presque noire, mais elle devient d'un beau rouge violacé par la pulvérisation. Elle est à peine soluble dans l'eau, mais assez soluble dans l'alcool qu'elle colore en beau rouge cramoisi. Le chimiste de Lyon la nomme *œnoline* et lui assigne la formule $C^{20}H^{10}O^{10}$.

L'*aldéhyde*, l'*acide* et l'*éther acétique* se forment au détriment de l'alcool, et ils sont presque toujours le résultat d'une fermentation trop active et trop prolongée.

L'*acide œnanthique* (1), analogue aux acides gras, provient de

(1) Ce nom est formé de deux mots grecs, *oinos* vin, et *anthos*, fleur, ce qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'oxydation des matières grasses du moût; son action, tant qu'il reste libre, est peu appréciable au goût, mais elle le devient à mesure qu'il se transforme en *éther* par sa réaction sur l'alcool. MM. Pelouze et Liebig, qui l'ont découvert, lui donnent pour formule $C^{14}H^{13}O^2$. Il se présente sous la forme d'une huile grasse cristallisable à + 13°, sans odeur ni saveur.

L'*éther œnanthique*, $C^{14}H^{13}O^2 + C^4H^5O$, est incolore, très-fluide, d'une odeur vineuse qui étourdit quand on le respire de près. Sa saveur est forte et désagréable. Il est fort soluble dans l'alcool, l'éther et même l'alcool faible. Il bout entre + 225 et 230°. C'est lui qui communique au vin, non ce bouquet spécial propre à chaque crû, mais cette odeur vineuse caractéristique, commune à tous les vins à un degré plus ou moins marqué.

Quant au *parfum* ou *bouquet* des vins, si apprécié des gourmets, c'est une matière qui, en raison de sa faible proportion dans chaque sorte de vin, a échappé jusqu'ici à toutes les recherches des chimistes. Ce doit être une matière très-complexe participant de la nature des éthers et des huiles essentielles.

L'*acide succinique*, la *glycérine*, l'*acide carbonique* et l'*alcool* dérivent évidemment du sucre, ainsi que je l'ai établi dans les généralités sur la fermentation alcoolique. On ignore la part que peuvent prendre aux propriétés du vin les deux premières substances. C'est à l'alcool qu'il doit sa force et sa propriété enivrante; plus ce principe alcoolique est abondant, plus le vin est généreux ou chaud.

Le tannin lui donne de l'âpreté, et c'est incontestablement à ce principe qu'il faut rapporter sa plus ou moins longue conservation et la faculté d'être transportable; c'est ainsi que les vins du Doubs, d'Arbois, qui en sont très-peu chargés, s'altèrent par le transport, tandis que ceux de Bordeaux s'améliorent surtout par la navigation maritime. Le tannin provient de la rafle, de la pellicule et des pépins du fruit. Il diffère du tannin de la noix de galle, parce qu'il est insoluble dans l'éther, sans action sur la gélatine et parce qu'il colore les sels de peroxyde de fer en *vert sombre*, sans former de précipité.

L'acide acétique, l'acide malique et la crème de tartre donnent aux vins de la *verdeur*. Comme le tartre se dépose peu à peu dans les tonneaux et les bouteilles, vous concevez que les vins s'améliorent avec le temps. Ils se dépouillent aussi, en vieillissant, de la plus grande partie de leur matière colorante, et ils prennent une teinte qu'on désigne sous le nom de *pelure d'oignon*.

---

veut dire *fleur* ou *bouquet* du vin; nom assez mal choisi, puisque cet acide ne contribue en rien au bouquet spécial de ce liquide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est peu de substances, parmi celles qui servent journellement à l'alimentation de l'homme, qui soient sujettes à autant de fraudes que les vins. On déguise la *verdeur* des vins de mauvais terroirs ; on relève la saveur des *vins plats ;* on aromatise les vins communs, de manière à leur communiquer le *bouquet* des vins de qualités supérieures ; on modifie leur couleur à l'aide de substances tinctoriales ou de sucs végétaux. Souvent même, dans les grandes villes, on fabrique des vins sans raisins, au moyen de mélanges convenables d'eau, de sucre, d'alcool de basse qualité, de vinaigre et de matières colorantes diverses.

Mais la pratique la plus commune consiste à mélanger plusieurs espèces de vins pour faire ce qu'on appelle des *vins de cuvée* destinés au détail. A Paris, on coupe de gros vins d'Auvergne, de Brie, d'Orléans, etc., avec les vins blancs légers de la Basse-Bourgogne, de l'Anjou. A Bercy, à Rouen et autres grandes villes où l'on fabrique de toutes pièces la majeure partie des vins rouges ordinaires dits *de Bordeaux*, on les compose habituellement avec 2/3 ou 3/4 de vin blanc de l'*île de Ré*, ou d'*Entre-deux-mers*, ou *de Grave*, et 1/3 ou 1/4 de gros vins rouges du Roussillon, du Languedoc, du Blaisois, ou *vins teinturiers ;* ce mélange est ensuite additionné d'eau et réchauffé avec du *trois-six* ou alcool à 33° Cartier.

Ce sont surtout les vins liquoreux d'Alicante, de Malaga, de Grenache, de Rivesaltes, les vins secs de Madère, qu'on imite le plus facilement ; on y a si bien réussi, qu'il est quelquefois impossible aux meilleurs connaisseurs de distinguer les vins artificiels des vins naturels. Tous les fabricants se servent, pour base de leurs compositions, d'une liqueur appelée *calabre ;* c'est du moût de raisins très-doux et bien mûrs, additionné d'un tiers au moins d'alcool à 34°. On emploie aussi le Picardan, surtout pour imiter le vin de Madère, parce qu'il est sec. C'est à Cette, Béziers, Lunel et Montpellier (Hérault), qu'on fabrique en grand les différents vins de liqueur. Le commerce de Cette expédie environ 80,000 pièces de ces vins factices par année. On en fait aussi beaucoup en Espagne, en employant, pour tous les vins de mélange, le vin blanc d'Albilla.

La chimie, heureusement, donne les moyens de reconnaître toutes ces fraudes, dont l'habitude remonte à des temps fort reculés (1).

(1) La plus condamnable de toutes les fraudes, mais la plus rarement pratiquée de nos jours, c'est celle qui consiste à *adoucir* les vins, c'est-à-dire à neutraliser l'acide acétique des vins aigres, au moyen de la litharge ou de la céruse. Un litre de vin dissout près de 14 décigrammes de litharge, dans l'espace de quarante-huit heures, et contracte une saveur douceâtre. De l'usage journalier d'un tel vin résulte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUARANTE-SEPTIÈME LEÇON.

DES BOISSONS FERMENTÉES. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Du CIDRE et du POIRÉ. — Leur préparation. — De la BIÈRE et de sa fabrication. — Houblon. — De l'EAU-DE-VIE et des ESPRITS. — Appareil à distillation continue. — Distinctions commerciales établies entre les diverses sortes d'eau-de-vie et d'esprits. — Noms des alcools suivant les pays. — Fabrication de l'alcool avec la betterave, les mélasses, les graines céréales et la pomme de terre.

DU CIDRE.

Parmi les liqueurs fermentées qui remplacent le vin, dans une infinité de localités dont le climat ne permet pas la culture de la vigne, le cidre et le poiré tiennent, sans contredit, le premier rang. La connaissance de ces boissons remonte à une assez haute antiquité (1).

Ce n'est ni aux Navarrois, ni aux Biscayens, ni aux Northmans,

---

la maladie dite *colique des peintres*, qui se termine par la mort. D'après Mœhler, c'est un prêtre de la Forêt-Noire, Martin-le-Bavarois, qui eut le premier l'idée d'adoucir les vins au moyen de la litharge, dont, certainement, il ne connaissait pas les propriétés délétères. Dans le *Traité de Police* de De la Marre, on voit que, dès le XIVe siècle, l'usage de la litharge était pratiqué aux environs de Paris. Des vignerons d'Argenteuil furent condamnés, pour ce fait, à 30 liv. d'amende envers le roi. En 1698, à Eslingen, un individu, convaincu d'avoir empoisonné du vin au moyen du plomb, fut puni de mort; et un siècle après, on lit, dans un ouvrage imprimé à Altona, le passage suivant : *Pour conserver au vin sa saveur, il faut y mettre trois à quatre livres de plomb!*

Rien de plus facile que de reconnaître un vin adouci par le plomb, soit à dessein, soit accidentellement par son séjour dans des vases de ce métal. Il suffit de le décolorer, ainsi que je le fais, par un peu de charbon, et d'ajouter, dans le liquide incolore, quelques gouttes d'une dissolution d'hydrogène sulfuré. Pour peu qu'il y ait un sel de plomb dans le vin, il se produit un précipité noir et floconneux; c'est du sulfure de plomb.

(1) Les Hébreux ont connu cette boisson. Les Égyptiens, les Grecs, les Romains, les Ibériens et surtout les Celtibériens avaient du vin de pommes et de poires, ce qui est la même chose que le cidre et le poiré. Suivant Pline et Diodore de Sicile, les Romains faisaient un grand cas des pommes qui provenaient des Gaules. D'après Bullet, les pommes étaient désignées, chez les anciens Gaulois, sous le nom d'*aval*, que l'on retrouve encore dans le langage bas-breton, et qui dériverait d'*algia*, le pays d'Auge, contrée si fertile en pommiers. Le mot *cidre*, qu'on écrivait d'abord *sidre*, dérive du mot latin *sicera*, qui servait à désigner toutes les liqueurs fermentées autres que le vin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on est redevable de l'introduction de la culture du pommier en France et de l'art de brasser les pommes ; car, ainsi que je l'ai démontré en 1844, les pommiers et les poiriers, indigènes dans les Gaules, ont servi à la fabrication du cidre et du poiré, dès les premiers siècles de l'ère chrétienne ; et si nous devons quelque chose aux Navarrois et aux Biscayens, ce n'est véritablement que la connaissance de quelques variétés de ces arbres, et nullement l'usage même de brasser leurs fruits, ainsi qu'on l'avait admis jusqu'à présent (1). Mais il me paraît également certain que ce n'est qu'à partir du XIIIe au XIVe siècle que l'usage du cidre est devenu général en Normandie, où la bière était la boisson populaire. De cette province, cet usage se répandit dans quelques autres parties de la France, d'où il fut transporté, plus tard, en Angleterre, en Allemagne, en Russie et en Amérique. C'est cependant encore dans quelques *crûs* de la terre normande, qu'on prépare les boissons de ce genre les plus renommées.

La fabrication du cidre est aussi facile et plus prompte que celle du vin. La qualité de cette boisson dépend surtout de la nature des fruits qu'on emploie. Les variétés de pommes sont très-nombreuses, mais il ne m'appartient pas de vous les indiquer. Je dirai seulement :

Que les *pommes acides* rendent beaucoup de jus clair, très-léger, mais donnent un cidre sans force, d'une saveur peu agréable et toujours sujet à se noircir ou à se *tuer*, comme on dit en Normandie ;

Que les *pommes douces* produisent peu de jus sans addition d'eau, et qu'elles fournissent un cidre clair et agréable tant qu'il est sucré, mais qui devient amer et peu alcoolique, lorsque sa fermentation s'avance ;

Que les *pommes amères* et *âcres au goût* donnent un jus très-dense, coloré, qui fermente longuement, et qui produit un cidre généreux, susceptible d'une longue conservation.

En ayant égard à l'époque de leur maturité, on partage aussi les pommes à cidre en trois grandes classes, à savoir :

Les *pommes précoces* ou *de 1re saison*, mûrissant en septembre ;
Les *pommes moyennes* ou *de 2e saison*, mûrissant en octobre ;
Les *pommes tardives* ou *de 3e saison*, mûrissant en novembre.

Les premières donnent un cidre clair, assez agréable, mais peu riche en couleur et en alcool, et qui peut à peine être conservé une année. Les *moyennes* et les *tardives* produisent, au contraire, quand elles sont de bonne espèce, un cidre plus spiritueux et plus durable, puisqu'il se conserve deux, trois et même quatre ans.

Le tableau suivant montre la richesse relative de ces trois classes de pommes :

(1) Voir pour plus de détails mes deux *lettres à M. de Gasparin sur l'ancienneté de l'usage du cidre en Normandie*. — Comptes-rendus de l'Institut, séance du 24 juin 1844, no 26, p. 1194 et *Mélanges d'agriculture, d'économie rurale et publique*, etc. 2e vol., p. 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	DENSITÉ DU JUS A L'ARÉOMÈTRE DE BAUMÉ.	ALCOOL RETIRÉ DU CIDRE PAR LA DISTILLATION	
		Quantité.	Densité à l'aréomèt. de Cartier.
Pommes de 1re classe..	4 à 5°	1/15e	14 à 15°
— de 2e classe...	7°	1/10e	16 à 17°
— de 3e classe...	9 à 12°	1/8e	19 à 20°

La récolte des pommes se fait par un temps sec, en septembre, octobre ou novembre, suivant l'époque de leur maturité ; on secoue les branches des arbres, et l'on frappe les fruits moins mûrs avec de grandes gaules. On réunit ensuite les fruits en tas et on les abandonne, pendant plus ou moins de temps, pour compléter leur maturation, et pour qu'ils donnent un moût plus sucré. Malheureusement on fait les tas beaucoup trop gros, en sorte que la chaleur s'élevant bientôt considérablement dans leur centre, une partie des pommes arrive rapidemment au *blossissement* qui fait disparaître le principe sucré, et même à la pourriture complète, ce qui ne permet plus d'obtenir de ces fruits qu'un liquide plat, trouble et coloré, qui passe très-promptement à l'aigre ou à l'acétification.

La force et la bonté des cidres dépendant entièrement de l'état de maturité des fruits, ou, en d'autres termes, de la proportion de sucre qu'ils contiennent, il faut, autant que possible, employer les fruits ni avant ni après le terme précis de la maturation, puisque dans les deux cas la quantité de sucre n'est pas aussi considérable. En effet, avant la maturité, les pommes conservent encore beaucoup de gomme et de ligneux qui, plus tard, se seraient changés en sucre. Après la maturité, lorsqu'elles sont blettes et, à plus forte raison, lorsqu'elles sont déjà brunes et de consistance pulpeuse, la majeure partie du sucre a disparu, par suite d'un commencement de fermentation vineuse, qui le transforme en alcool et en acide carbonique. Les analyses suivantes démontrent bien que la proportion de sucre varie notablement dans les pommes et dans les poires, comme, d'ailleurs, dans toutes les autres espèces de fruits, aux différentes époques de leur maturité :

	POMMES			POIRES		
	VERTES.	MURES.	BLETTES.	VERTES.	MURES.	BLETTES.
Eau	85,50	83,20	63,55	86,28	83,38	63,73
Sucre	4,90	11,00	7,95	6,45	11,52	8,77
Tissu végétal	5,00	3,00	2,06	3,80	2,19	1,85
Gomme et mucilage	4,01	2,10	2,00	3,17	2,07	2,62
Albumine	0,10	0,20	0,06	0,08	0,21	0,23
Acides malique, pectique, tannique, gallique... Chaux, acétates alcalins, matières grasses, chlorophylle, etc.	0,49	0,50	0,60	0,22	0,13	0,65
	100,00	100,00	76,22	100,00	99,50	77,85

La perte énorme que présentent les pommes et les poires blettes doit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

être attribuée, en très-grande partie, à l'eau qu'elles laissent évaporer à leur surface, et à l'acide carbonique qui résulte de la décomposition spontanée du sucre ; l'expérience démontre que les fruits qui blossissent dégagent du gaz acide carbonique en abondance. La disparition d'une partie du sucre, dans ces fruits, est la cause du goût fade qu'ils présentent alors.

Il ne faut donc brasser les fruits que lorsqu'ils sont parvenus à leur maturité parfaite, et avant qu'ils aient dépassé cette limite. Il faut surtout rejeter avec soin les pommes pourries, car loin d'améliorer la qualité du cidre, ainsi qu'on le croit à tort dans les campagnes, elles fournissent un jus de saveur fade et détestable, qui donne au jus des bons fruits un goût de pourri, qui ne peut disparaître ni par la fermentation, ni par le remiage, ni par le temps ; ce jus de pommes pourries empêche, en outre, le cidre de s'éclaircir, et, agissant comme un levain acide, il en accélère l'acidification. Tout prouve que l'infériorité de beaucoup de cidres des environs de Rouen, du pays d'Auge et d'autres localités, est due en grande partie à l'emploi de fruits gâtés ou pourris.

Généralement, toutes les espèces de pommes d'une même saison sont confondues ensemble, sans avoir égard à leurs qualités et à leurs proportions respectives. C'est là un tort, et il est à regretter qu'on n'attache pas assez d'importance au mélange des fruits de plusieurs *solages*, fait de manière à neutraliser les défauts des uns par les bonnes qualités des autres. Le meilleur cidre, sans contredit, est celui qui provient du mélange, en proportions raisonnées, des pommes amères et des pommes douces. Il faut rejeter de la formation d'un verger toute espèce d'arbres dont les fruits sont aigres ou acides. Quel que soit le sol, les pommes acides donnent toujours une liqueur d'une qualité fort inférieure, et qui gâte le jus des pommes douces et amères.

L'écrasement des fruits pour en obtenir le jus, opération connue sous le nom de *pilage*, est pratiqué presque partout dans une auge circulaire de 18 à 20 mètres de tour, en granite, en bois ou en pierre de taille

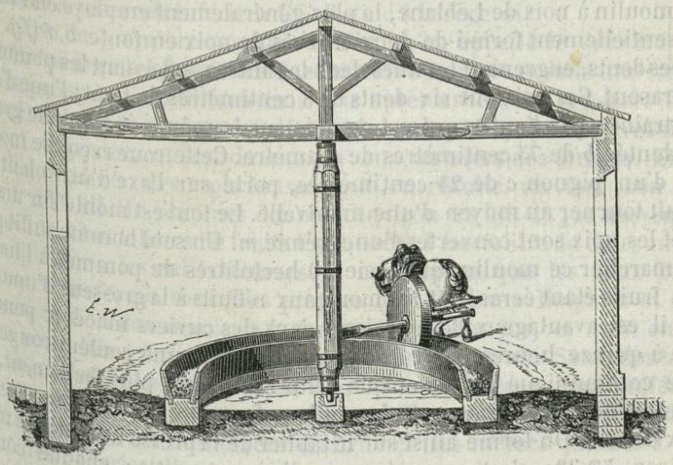


Fig. 438.

(*fig.* 438), ayant une profondeur de 32 centimètres, à bords évasés, et dans laquelle tourne une meule verticale en granite, en bois ou en pierre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

calcaire dure de 1 mètre 62 centimètres de diamètre sur 16 centimètres d'épaisseur. Cette meule est mise en mouvement par un cheval. Les tours en bois sont préférables, parce qu'ils n'écrasent pas autant les pepins que les autres. Ces pepins communiquent au moût un principe amer, une huile d'un goût fort peu agréable, et du mucilage qui tend sans cesse à se détériorer.

Le *tour à piler* qui est une machine défectueuse, encombrante et chère

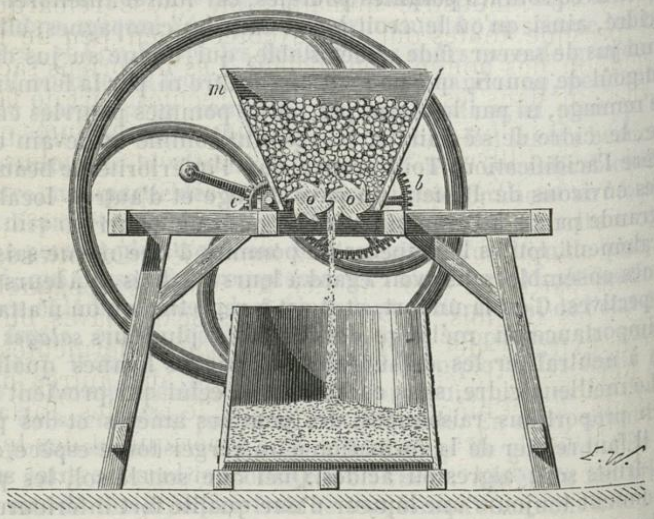


Fig. 439.

à établir, est remplacée dans les petites fermes de la haute-Normandie, de la Picardie, de l'Angleterre, par les moulins à noix ou à cylindres.

Le moulin à noix de Leblanc, le plus généralement employé en France, est essentiellement formé de deux espèces de noix en fonte *o,o* (*fig.* 439) dont les dents, engrenant les unes dans les autres, saisissent les pommes et les écrasent. Ces noix ont six dents de 5 centimètres de haut; l'une d'elles est entraînée par l'autre qui est montée sur le même axe qu'une grande roue dentée *b* de 75 centimètres de diamètre. Cette roue reçoit le mouvement d'un pignon *c* de 24 centimètres, porté sur l'axe d'un volant que l'on fait tourner au moyen d'une manivelle. Le tout est monté sur un fort bâti et les noix sont couvertes d'une trémie *m*. Un seul homme suffit pour faire marcher ce moulin, qui broie 10 hectolitres de pommes à l'heure.

Les fruits étant écrasés et les morceaux réduits à la grosseur d'une noisette, il est avantageux de les laisser dans des cuviers macérer pendant douze à quinze heures, pour que la pulpe prenne une couleur rougeâtre qui se communique au jus et que celui-ci s'écoule plus facilement. On soumet ensuite à la presse, en plaçant la pulpe entre des lits de paille, ou mieux de crin. On forme ainsi sur le tablier de la presse un cube de marc d'environ $5^{m},32$; c'est ce qu'on appelle une *motte*; chaque couche de pulpe, posée sur paille, a une épaisseur de 10 à 13 centimètres.

La presse dont on fait généralement usage en Normandie est un gros et énorme pressoir à vis et à levier qui coûte fort cher à établir, est su-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jet à des réparations fréquentes, très-encombrant et presse mal, puisqu'un hectolitre de pommes ne fournit, en moyenne, que 30 à 35 litres de jus, au lieu de 75 à 80 qu'on pourrait obtenir avec une presse hydraulique. Celle-ci commence à être adoptée dans les grands établissements de Basse-Normandie ; mais comme elle est très-coûteuse, on peut lui substituer la presse horizontale de Révillon, dont les pays vignobles tirent un si bon parti.

Le pressoir dont il s'agit, représenté en coupe verticale dans le sens de sa longueur (*fig.* 440), consiste dans un fort bâti en bois de charpente

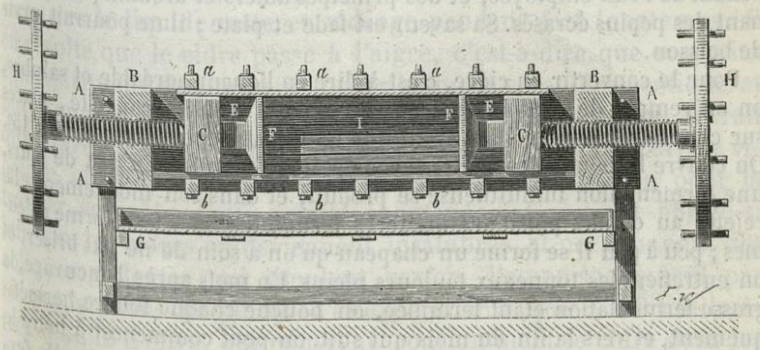


Fig. 440.

AA renfermant un coffre à double fond et fermé aux deux bouts par deux plateaux F, F, qu'on rapproche ou qu'on éloigne l'un de l'autre, au moyen de deux vis de pression et de rappel, traversant chacune un écrou BB, fixé solidement à chaque tête du pressoir. Toute l'étendue des parois intérieures du coffre I est revêtue de liteaux espacés seulement de la quantité nécessaire pour permettre au liquide, que la pression fait jaillir de la pulpe déposée entre les plateaux, de passer et de couler librement dans le réservoir inférieur GG destiné à le recevoir.

Le cidre de première pression est ce qu'on appelle le *gros cidre*. Le marc, broyé avec les deux tiers de son poids d'eau, est soumis une seconde fois à la presse, puis une troisième fois après avoir reçu son tiers d'eau. Le moût de ces deux pressions forme le *petit cidre*, qui est très-faible, ne peut se garder, et sert de boisson aux ouvriers des fermes. En mêlant les produits des trois brassées, il en résulte un fort bon cidre moyen. 100 kil. de pommes donnent environ 68 kil. de jus moyen, ou, en mesure, 3 hectolitres de fruits fournissent 1 hectolitre de cidre moyen.

Presque tous les cultivateurs sont convaincus que les eaux brunes des mares de ferme sont plus propres que les eaux limpides et pures à la macération des marcs, à la fermentation des jus, et qu'il en faut moins pour faire sortir le suc des cloisons du fruit. Sans doute, les eaux de mares, bien entretenues, fréquemment curées, sont préférables aux eaux de sources et de puits, parce qu'elles contiennent moins de sels calcaires ; mais c'est une erreur d'attribuer les mêmes qualités à celles des mares pourries. Il est aisé de concevoir que les matières étrangères organiques, que le *purin* ou jus de fumier qu'elles ont reçus, et qui se corrompent dans leur sein, doivent changer la saveur du cidre, et lui communiquer un goût détestable ; car elles y introduisent, entre autres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

substances odorantes et malsaines, de l'*acide butyrique*, ainsi que M. Pierre, de Caen, l'a reconnu; or, cet acide a une odeur infecte, persistante, qui ne disparaît pas par la fermentation; et si les habitants des pays à cidre ne reconnaissent pas le mauvais goût de leur boisson, il faut l'attribuer à l'habitude qu'ils en ont.

Le jus de pomme est composé de beaucoup d'eau, d'une petite quantité de sucre interverti, de pectine et de mucilage, d'acide malique, de matière azotée soluble, de matière colorante, de traces d'acides pectique et gallique, de malates de potasse et de chaux, outre les sels divers provenant de l'eau employée, et des principes amers et aromatiques provenant des pepins écrasés. Sa saveur est fade et plate ; il ne pourrait servir de boisson.

Pour le convertir en cidre, c'est-à-dire en liqueur agréable et salubre, on en remplit de grands tonneaux de 6 à 700 litres de capacité, placés sur chantier dans un cellier ayant une température modérée de 12 à 15°. On couvre la bonde des *foudres* avec un linge mouillé. En peu de jours, une fermentation tumultueuse se produit, et dans son mouvement elle rejette au dehors plusieurs matières fermentescibles sous forme d'écumes ; peu à peu il se forme un chapeau qu'on a soin de ne pas briser, et on entretient les tonneaux toujours pleins. Un mois après l'encuvage, la grosse fermentation étant terminée, on bouche chaque foudre hermétiquement, et vers la fin du mois qui suit, on peut commencer à boire le cidre ; il est alors très-clair et alcoolique, attendu qu'une nouvelle fermentation plus lente a eu lieu et a transformé le sucre en alcool. Si le cidre doit être expédié au loin, on le soutire des foudres et on le renferme dans des pièces ordinaires de 200 à 250 litres.

Lorsqu'on veut obtenir du cidre délicat, de qualité supérieure et de belle couleur, on le soutire un mois après son pilage et on continue les soutirages de mois en mois jusqu'à ce qu'il soit fait. Pour le cidre mousseux, on ne le laisse fermenter dans les tonneaux que pendant un mois, et on met en bouteilles dès que le liquide est éclairci.

Généralement, le cidre fait pendant l'été est buvable du quatrième au sixième mois ; celui fait en automne, du sixième au dixième, et celui d'hiver du dixième au vingtième. Le meilleur cidre ne se garde pas plus de trois à quatre ans en bon état. A mesure qu'il vieillit, il devient légèrement amer, plus ou moins acide et piquant, et laisse un arrière-goût variable suivant le terroir. A cet état, il constitue ce qu'on appelle le *cidre paré*, que les habitants des pays à cidre préfèrent au cidre doux et sucré.

Lorsque le jus des pommes est trop fade, comme dans les années froides et pluvieuses, il fermente mal et reste souvent trouble ; il ne fournit d'ailleurs qu'un cidre plat et peu agréable. On remédie à ces défauts par une addition de *cidre doux*, c'est-à-dire par du moût bouilli et réduit au sixième, qui donne lieu à une fermentation plus active et plus régulière. Ce serait le cas de faire usage du sirop ou du sucre de fécule, dans la proportion de 5 à 6 kilogrammes par hectolitre de moût, ou, pour plus d'éco-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nomie encore, de jus de poires rapproché en consistance de sirop.

La composition chimique du cidre est notablement différente de celle du vin. On y trouve, en plus des substances propres au jus de la pomme, une matière brune, de l'acide acétique, de l'acide carbonique et 6 p. 0/0 d'alcool en moyenne ; il n'y reste plus que des traces de sucre.

On a la mauvaise habitude, en Normandie, de soutirer journellement à la pièce, au fur et à mesure de la consommation, en sorte que le liquide reste en vidange pendant fort longtemps. Il en résulte que le cidre passe à l'aigre, c'est-à-dire que son principe spiritueux se convertit insensiblement en acides acétique et butyrique ; c'est ce qu'on appelle alors du *cidre paré ;* on devrait dire *cidre gâté*, car le plus souvent ce n'est que de mauvais vinaigre affaibli, et il faut être habitué à cette boisson pour la trouver agréable. Cette acidité spontanée est souvent portée si loin que les cidres en deviennent insalubres et occasionnent des coliques violentes qui simulent parfois l'empoisonnement par les préparations de plomb. J'ai expérimenté que 2 à 3 millimètres d'huile d'olive, qui couvrent constamment le cidre dans les fûts en vidange, empêchent l'acidité de se développer. On verse l'huile par la bonde, aussitôt qu'on entame le tonneau ; la dépense est bien minime.

On appelle *cidre doux* celui qui n'a pas fermenté et qui a un goût mielleux ou sucré ; il agit comme purgatif ; c'est donc aussi une fort mauvaise boisson. Il n'y a de vraiment bon et salubre que le cidre bien fermenté, qu'on conserve en bouteilles ou en tout petits tonneaux.

On a encore la vicieuse habitude, presque partout, d'introduire de la cendre de pommier ou de la craie dans le moût de pomme qui fermente ou *bout* mal, ou, comme on dit aussi, qui est long à *se parer*. Ces additions vont droit à l'opposé du but et retardent la fermentation ; souvent même elles font que le cidre *se tue*. Cette expression s'applique à un cidre qui passe, quelques instants après avoir été tiré, de la couleur blonde à une teinte olivâtre et, pour ainsi dire, noire ; dans cet état, il est plat, sans montant, sans vivacité, et privé de cette saveur aigrelette qui caractérise le bon cidre. Cet inconvénient n'est jamais dû au *crû ;* il provient de l'eau qu'on emploie ou de la malpropreté des barriques. Les eaux calcaires, les eaux de mares rendues ammoniacales par l'urine du bétail, amènent ce résultat. M. Viau, d'Harfleur, a reconnu que le cidre dont je parle présente toujours une réaction alcaline. En y ajoutant de l'acide tartrique, il reprend tout à coup sa belle couleur jaune, et ce remède ne revient pas à plus de 15 ou 20 centimes par hectolitre. L'acide tar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trique fait disparaître l'alcalinité du liquide, et, en y faisant dominer la réaction acide, empêche le retour de l'altération première. La maladie dont il est question provient très-probablement de ce que, sous l'influence des alcalis ou des sels alcalins existant dans le cidre, les matières extractives de celui-ci absorbent rapidement l'oxygène de l'air et se trouvent converties en principe colorant brun. Vous savez bien qu'il y a, en effet, une foule de matières organiques incolores qui se colorent subitement à l'air en présence des alcalis.

On prépare le *poiré* comme le cidre, mais en bien moins grande quantité. On lui attribue généralement une action fâcheuse sur le système nerveux; il est moins nourrissant, plus irritant que le cidre; il est très-capiteux lorsqu'il est vieux, et il enivre promptement ceux qui n'en font pas un usage habituel.

Les poires fournissent presque moitié plus de jus que les pommes, et leur jus est bien plus sucré; voilà pourquoi le poiré est plus alcoolique que le cidre. Le poiré de première qualité ressemble beaucoup aux petits vins blancs de l'Anjou et de la Sologne. Mis en bouteilles, après une bonne préparation, il devient complétement vineux; mousseux, il prend souvent le masque des vins légers de la Champagne. Il est très-propre à couper les vins blancs de médiocre qualité, qu'il rend plus forts et même meilleurs; c'est ce que savent fort bien les marchands de vin de Paris, qui font entrer dans leurs caves une grande partie des poirés de la Normandie et notamment du Bocage. Souvent même, à Paris comme à Rouen, les détaillants vendent le poiré pur comme vin blanc.

La fabrication et l'usage du cidre et du poiré sont connus non-seulement en France, mais aussi en Angleterre, en Espagne, en Allemagne, en Russie, dans quelques régions de l'Afrique et dans l'Amérique du Nord. En France, 13 départements s'occupent sur une grande échelle de la culture des pommiers et poiriers à cidre, à savoir : la Seine-Inférieure, le Calvados, l'Orne, l'Eure, la Manche, l'Oise, les Côtes-du-Nord, l'Ille-et-Vilaine, le Morbihan, la Somme, la Sarthe, l'Aisne et Seine-et-Oise. Il y a encore 23 autres départements où l'on produit du cidre; mais la quantité en est très-peu considérable, comparativement à celle fournie par les précédents; elle représente à peine, dans le plus productif de ces 23 départements, une valeur de 500,000 fr., tandis que dans le moins productif des 13 premiers, la valeur du cidre produit dépasse 1 million de francs. Le seul département du Calvados récolte, dans les années moyennes, 2 millions d'hectolitres de fruits, et dans les années d'abondance, plus de 4 millions. En évaluant l'hectolitre à 3 francs, c'est une valeur de 6 à 12 millions de francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DE LA BIÈRE.

On donne le nom de BIÈRE à une boisson fermentée qu'on fait ordinairement avec l'orge et le houblon. Son usage, comme je l'ai déjà dit, est fort ancien. Les auteurs grecs, qui l'appelaient *vin d'orge*, en attribuaient l'invention aux Égyptiens ; suivant eux, ce serait à Péluse, ville située à l'embouchure du Nil, qu'on l'aurait d'abord préparée (1).

Il y a un très-grand nombre de variétés de cette boisson, surtout dans les pays où, comme en Angleterre, en Belgique, en Hollande, etc., la vigne n'est pas généralement cultivée. L'*ale*, le *porter*, le *faro*, le *ginger-beer*, la *bière blanche*, la *bière rouge*, la *petite bière*, ne diffèrent les unes des autres que par des modifications apportées dans les procédés et dans les proportions relatives d'eau, d'orge et de houblon. La fabrication de ces différentes bières constitue maintenant partout une industrie de la plus haute importance; on a calculé qu'à Paris, on consomme annuellement 30 millions de litres de bière (2), et qu'à Londres on en produit près de 300 millions. L'Allemagne, la Belgique, le Nord de la France en consomment proportionnellement de bien plus grandes quantités.

L'orge (*fig.* 441), comme toutes les autres graines céréales, contient beaucoup d'amidon et presque pas de principe sucré ; aussi, pour qu'il devienne propre à fournir une liqueur sucrée fermentescible, est-il nécessaire de le saccharifier. C'est à quoi l'on parvient en le faisant ramollir et gonfler dans l'eau, puis en l'étendant en couches minces sur le sol du *germoir*, grande pièce où la température reste constamment entre + 14 et 15°. Dans ces conditions, l'orge ne tarde pas à germer. Cette opération, dite *maltage*, a pour but de développer la *diastase* nécessaire à la saccharification de la fécule.

Lorsque le germe a acquis à peu près la longueur du grain (*fig.* 442), ce qui arrive en huit ou dix jours, on arrête la germination en exposant l'orge à une chaleur d'environ + 50°. L'appareil au moyen duquel on opère ce léger grillage, porte le nom de *touraille*. Il se compoe essentiel-

(1) La bière était, au rapport d'Hérodote et des autres historiens grecs et latins, la boisson la plus commune des anciens Égyptiens. Les Espagnols, les Germains, les Gaulois connaissaient de temps immémorial sa préparation. Suivant Pline, les Gaulois appelaient la bière *cerevisia* ou *cervisia* (vin de Cérès), et le grain qu'on y employait *brance*. Cette double expression s'est conservée chez nous d'âge en âge. L'une a formé les mots *brasser* et *brasseur*, qui subsistent toujours, et l'autre celui de *cervoise* qui était encore en usage au XVIe siècle. L'ordre insensé que Domitien donna de faire arracher toutes les vignes dans les Gaules, dut y rendre général l'usage de la bière. Bien des actes démontrent que c'était la boisson populaire en Normandie avant le XIVe siècle. Dans toute l'Europe septentrionale, y compris nos départements du Nord, la bière est restée la boisson habituelle. Il en est de même aux États-Unis d'Amérique.

(2) La progression de la consommation de la bière à Paris ressort des chiffres officiels suivants : En 1815, 79,448 hectolitres ; en 1819, 71,996 ; en 1858, 300,170.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lement (*fig.* 443) d'une plate-forme carrée *ab* en fer treillagé, sur laquelle on étend le grain sous une épaisseur de 6 à 7 centimètres. Cette plate-



Fig. 442.

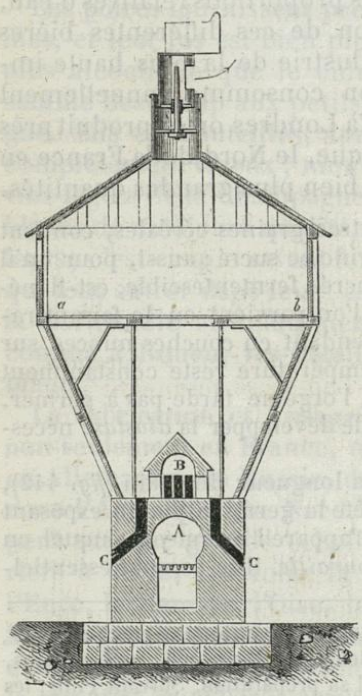


Fig. 443.

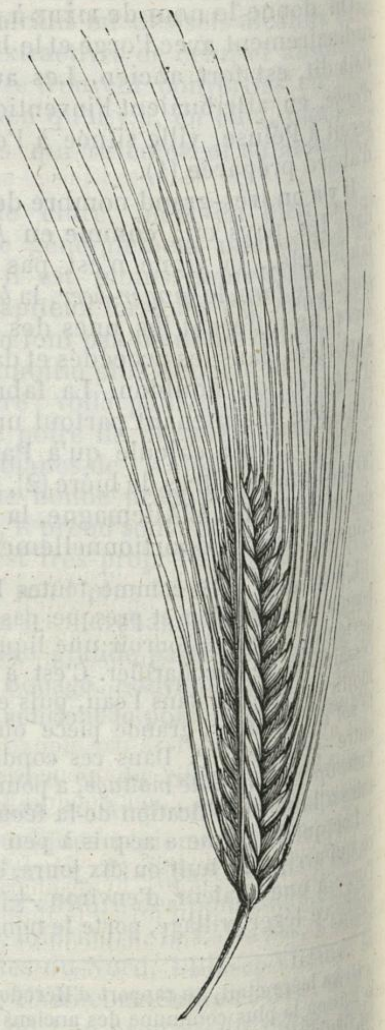


Fig. 441.

forme, de 4 à 5 et même 7 mètres de côté, représente la base d'une pyramide quadrangulaire renversée dont le sommet est tronqué par le foyer du fourneau. La distance du foyer à la plate-forme est de 2 à 3 mètres environ. Le foyer A est recouvert d'une voûte qui, s'échauffant à une température rouge, produit l'effet utile de brûler la fumée que développe la combustion du coke et de la houille de Fresnes qu'on emploie le plus généralement. Cette voûte est surmontée d'une trémie renversée B, en briques, percée d'orifices par lesquels s'échappent les produits de la com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bustion et l'air échauffé, et elle est d'ailleurs recouverte d'une espèce de toit qui est destiné à empêcher les radicelles, qui passent à travers les trous de la plate-forme, de tomber sur la voûte ou dans le feu et de produire de la fumée. Ces radicelles sont renvoyées vers les parties latérales et tombent dans les cavités inférieures *c*, *c* ménagées à cet effet.

L'orge est retourné plusieurs fois pendant qu'il est traversé par le courant d'air chaud, afin de rendre sa dessiccation plus active et plus uniforme. Celle-ci dure ordinairement quarante-huit heures. On détache ensuite les germes ou *touraillons*, en faisant passer l'orge dans un tarare ordinaire. 100 parties d'orge brut se réduisent, terme moyen, à 75 parties de *malt sec* ou *touraillé* (1).

On réduit le malt en farine grossière au moyen de meules horizontales ou de cylindres superposés, puis on le fait tremper pendant trois heures environ dans une grande cuve, dite *cuve-matière*, avec de l'eau chauffée à 50 ou 60° (80° en Angleterre). La *cuve-matière* A (*fig.* 444) que l'on emploie pour *brasser* est légèrement conique, de 3 à 4 mètres de diamètre, de $1^{m},70$ de haut, et munie d'un double fond BC, percé de trous, maintenu à 5 ou 6 centimètres du fond véritable. Les trous du double fond sont coniques, le grand diamètre tourné vers le bas, afin d'éviter l'engorgement. Le malt est placé sur le faux fond en couche de 30 à 40 centimètres, puis l'on fait arriver de l'eau à 60° sous le faux-fond au moyen d'un tube DE qui communique avec une chaudière placée à un étage supérieur. Si l'on met dans la cuve 38 hectolitres de malt, on fait arriver 27 hectolitres d'eau, en agitant vivement à bras d'homme ou au moyen d'agitateurs mécaniques; on laisse le malt se pénétrer d'eau et se gonfler pendant une demi-heure, et alors on fait arriver 20 hectolitres d'eau à 90° par le faux-fond; on brasse fortement jusqu'à ce que le tout soit également fluide; la température du mélange est de 70°; on saupoudre de malt fin la surface du liquide de manière à concentrer la chaleur, et, pour la même raison, on couvre la cuve avec soin. C'est pendant cette infusion que la *diastase* rend l'amidon soluble et le convertit bientôt en sucre. L'eau se charge donc de sucre, de dextrine et des autres principes solubles de la graine. Après une heure et demie à deux heures de repos, on soutire la dissolution au moyen d'un robinet *r* placé entre les deux fonds de la cuve, et on la dirige dans un réservoir de 1000 litres de capacité, dit *cuve-réverdoire*, d'où une pompe l'élève dans un réser-

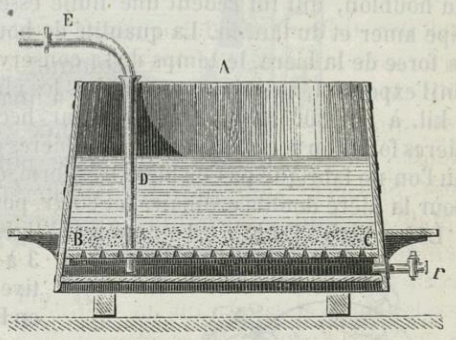


Fig. 444.

(1) Dans le langage vulgaire, on emploie indifféremment les mots *malt* et *dréche* comme synonymes; c'est un tort. Le mot *dréche* ne doit s'appliquer qu'au malt qui a été épuisé de tous ses principes solubles; c'est le résidu de la fabrication, qu'on utilise à la nourriture des chevaux et du bétail.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voir supérieur disposé de manière à pouvoir alimenter à volonté les chaudières de cuite. On retire du premier *brassin* 30 hectolitres de moût; le surplus de l'eau est retenu par le malt.

On fait subir à celui-ci deux nouvelles infusions, la deuxième avec 34 hectolitres d'eau à 90°, la troisième avec 27 hectolitres d'eau portée presque à l'ébullition. Le deuxième brassin est réuni au premier. Le troisième sert à préparer de la petite bière très-faible. Les 38 hectolitres de malt fournissent, à peu près, 494 kilogr. de matière sucrée ou mucilagineuse, répartis dans les 108 hectolitres d'eau que l'on a employés pour les trois brassages ; ces quantités ne donnent, en définitive, que 68 hectolitres de bière ordinaire.

Le moût de bière ne pourrait se conserver ; il éprouverait promptement la fermentation acide ; il renferme encore beaucoup de dextrine, qui a besoin d'être saccharifiée et d'albumine qui doit être isolée. C'est pour obtenir ces différents résultats qu'on le fait cuire avec les fleurs ou cônes du houblon, qui lui cèdent une huile essentielle aromatique, un principe amer et du tannin. La quantité de houblon employée varie suivant la force de la bière, le temps de sa conservation, et le climat du pays où on l'exporte. L'*ale* et le *porter* anglais les plus forts demandent à peu près 1 kil. à 1 kil, 300 de bon houblon par hectolitre de malt employé; les bières fortes en prennent 700 gr., les bières communes 300 gr. En France, où l'on ne fabrique pas de bière très-forte, on en emploie de 450 à 500 gr. pour la bière double ordinaire, et 80 gr. pour la très-petite bière.

Le houblon (*fig.* 445) est une plante à tiges grimpantes et herbacées, de 3 à 5 mètres de haut, qu'on cultive très en grand en Angleterre, en Flandre, en Alsace, à cause de ses fleurs, qui sont la seule partie qu'on utilise pour la fabrication de la bière. Ces fleurs consistent en écailles membraneuses verdâtres, disposées en cône (*fig.* 446). On les récolte à l'automne et on les sèche. Ces cônes sont chargés d'une poussière jaune, odorante, amère, résineuse, à laquelle on rapporte principalement les propriétés du houblon. Cette poussière s'appelle *lupulin* ou *lupuline*. Elle renferme un grand nombre de principes immédiats, notamment une matière amère, une résine, de l'huile essentielle, du soufre, etc. Suivant le docteur Yves,



Fig. 445.



Fig. 446.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

son action est dix fois plus forte que celle du houblon. Par conséquent, les houblons du commerce sont d'autant meilleurs qu'ils sont plus chargés de cette poussière. Les plus riches et les plus estimés sont ceux de Bavière, d'Alsace, de Lorraine; ceux de Belgique sont en dernier ordre (1).

La chaudière de cuite est ordinairement de la contenance de 30 hectolitres; elle est en cuivre et de la forme indiquée par la figure 447.

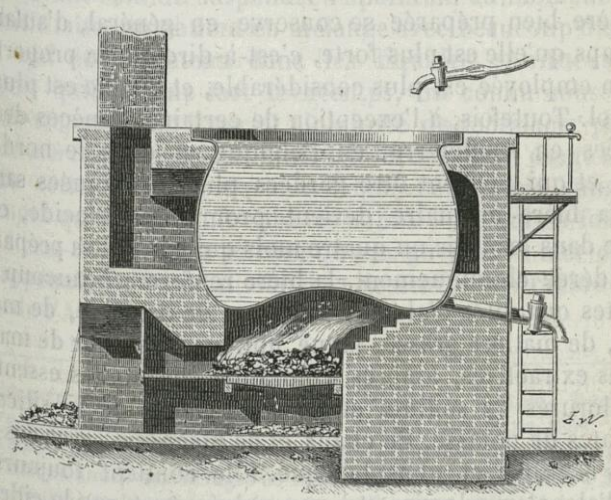


Fig. 447.

Quand les deux premiers brassins sont amenés près du point d'ébullition, on ajoute le houblon et on maintient la coction pendant deux, trois ou quatre heures, suivant la nature de la bière. On soutire ensuite le liquide par un large robinet placé à la partie la plus déclive de la chaudière, et on le conduit dans le bac à repos. C'est une caisse rectangulaire de 4 à 5 mètres de large et de 50 centim. de profondeur, destinée à laisser déposer le houblon et à le séparer du liquide en filtrant celui-ci à travers un clayonnage en métal qui divise le bac en deux compartiments. Après un repos d'une à deux heures, on décante le liquide clair dans de vastes bacs peu profonds, dits *rafraîchissoirs*, où il se refroidit bientôt jusqu'à 15°, température la plus convenable pour la fermentation. Des rafraîchissoirs, le moût passe dans une cuve très-profonde, nommée *cuve guilloire*. On y délaie une petite quantité de levûre de bière ou de ferment provenant d'opérations précédentes, et bientôt la fermentation alcoolique se développe et marche avec une grande activité pendant quelques jours. Dès qu'elle est terminée, on soutire la bière dans de petits tonneaux rangés les uns à côté des autres au-dessus de baquets. La fermentation se ra-

(1) L'emploi du houblon est de date récente; aussi les bières des anciens devaient-elles facilement tourner à l'aigre. Hartig prétend que les Égyptiens employaient des lupins en guise de houblon. Basile Valentin est le premier auteur du moyen âge qui fasse mention de l'usage du houblon dans la fabrication de la bière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nime ; une écume très-épaisse se forme et sort par la bonde ; on remplit les tonneaux avec de la bière claire, et quand il ne se produit plus d'écume ou de levûre, on peut livrer le liquide à la consommation.

On colle la bière comme le vin ; trois jours après, elle est claire et buvable ; si on la met en bouteilles, elle devient mousseuse au bout de huit à dix jours. Pour qu'elle mousse plus vite et plus fortement, on y ajoute un peu de mélasse ou de sirop.

La bière bien préparée se conserve, en général, d'autant plus longtemps qu'elle est plus forte, c'est-à-dire que la proportion de houblon employée est plus considérable, et qu'elle est plus riche en alcool. Toutefois, à l'exception de certaines espèces de bières préparées en Angleterre, en Belgique et dans le nord de la France, et qui peuvent être gardées plusieurs années sans s'altérer, la bière ordinaire devient promptement acide, et doit être bue dans les trois ou quatre mois qui suivent sa préparation.

Considérée chimiquement, la bière renferme beaucoup d'eau, de petites quantités d'alcool, de sucre, de dextrine, de matières azotées, de matière grasse, jaune, huileuse, à odeur de malt, des matières extractives, amères, colorantes, des huiles essentielles, des chlorures de sodium et de potassium, de la silice, des phosphates de potasse, de chaux et de magnésie, avec des traces d'acides acétique et phosphorique. Elle contient toujours bien moins d'alcool que le vin, et à peu près autant que le cidre et le poiré. Elle est plus ou moins riche en acide carbonique libre ; la bière non mousseuse n'en renferme que 2 p. 0/0 en volumes, celle qui mousse en contient depuis 8 jusqu'à 25 et 26 p. 0/0.

La somme des matières solides qu'elle renferme par litre varie beaucoup suivant chaque espèce. En ayant égard aux proportions d'alcool et d'extrait, Lampadius classe les bières de la manière suivante :

	ALCOOL POUR 100.	EXTRAIT POUR 100.
1° Bière double. Ale....	6 à 8	6 à 8
2° — forte.....	3 à 6	4 à 6
3° — moyenne.....	1 1/2 à 3	3 à 4
4° — légère.....	0,8 à 1 1/2	1 à 2

L'usage de la bière est sain ; elle est nourrissante, et engraisse ceux qui en boivent, comme le prouve l'embonpoint des Flamands et des Hollandais. C'est une boisson préférable au vin pour les enfants et pour les personnes maigres et faibles. Il faut éviter les bières fortes, mal préparées, trop chargées de levûre, et ne boire à l'ordinaire que des bières récentes, claires, légères, peu chargées d'acide carbonique (1).

(1) Voir pour plus de détails sur l'importante industrie dont je n'ai pu donner

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De l'Eau-de-vie et des Esprits.

Le vin, le cidre, le poiré, la bière, les moûts d'orge et de pomme de terre, les marcs de raisins, en un mot toutes les boissons fermentées, étant soumises à la distillation, dans un alambic ordinaire, en ayant soin de suspendre l'opération au moment où elle est à moitié faite, on obtient en mélange avec beaucoup d'eau tout l'alcool qui était contenu dans les liquides spiritueux. C'est ce produit qui, depuis fort longtemps, est connu sous le nom d'*Eau-de-vie*, nom qu'il serait plus juste de remplacer par celui d'*Eau-de-mort*, en raison des graves désordres que l'usage trop fréquent de cette liqueur occasionne dans l'économie animale, et des ravages qu'elle produit chez les populations qui en font abus. C'est à l'eau-de-vie, plus encore qu'aux guerres et aux cruautés des Européens, qu'il faut attribuer la destruction si rapide des indigènes de l'Amérique (1).

---

qu'une idée sommaire l'intéressant ouvrage de M. Rohart, intitulé : *Traité théorique et pratique de la fabrication de la bière* — 2 vol. in-8. Paris, 1858.

(1) Des statistiques bien établies prouvent que le nombre des personnes qui succombent chaque année aux ravages de l'alcool s'élève en Angleterre à 50,000, en Russie à 100,000; mais avant de périr ces malheureux paient à leur triste passion un tribut de souffrances qui tourmentent leur misérable vie et en font une mort anticipée.

Les eaux-de-vie excitent puissamment les glandes de la bouche et la muqueuse de l'estomac. La sécrétion devient très-abondante et la sensibilité finit par s'émousser; le goût s'en va avec elle, et cela est si vrai, qu'il n'est pas rare de voir des hommes passer d'une liqueur douce à une liqueur plus forte, et arriver insensiblement à trouver que l'alcool pur et l'absinthe n'ont aucune saveur.

Sous l'influence de ces boissons funestes, les muqueuses s'épaississent, les tissus, le cerveau et le système nerveux, dont les ramifications nombreuses courent dans tout le corps humain, se désorganisent, et l'individu contracte un état morbide qui ne tarde pas à devenir chronique. C'est alors que se manifestent tous les effets de cette maladie : le tremblement des membres, l'affaiblissement de la force vitale, l'impuissance; le corps se courbe, les cheveux blanchissent, et, à quarante ans, l'homme n'est plus qu'un vieillard. « L'alcool, dit M. Liebig, par son action sur les nerfs, est comme une lettre de change tirée sur la santé de l'ouvrier, et qu'il lui faut toujours renouveler faute de ressources pour l'acquitter. Il consomme ainsi inévitablement la banqueroute de son corps. »

Un des résultats les plus fréquents de l'alcoolisme est la paralysie des organes. J'ai lu quelque part qu'un charpentier, parfaitement sain et très-robuste, mais qui avait la triste habitude de boire tous les jours de larges doses d'eau-de-vie, fut frappé, à l'âge de trente-cinq ans, d'une paralysie de la langue : les mots qu'il prononçait étaient inintelligibles. Quelques mois après ce premier accident, il perdit l'usage du bras droit, et finalement il succomba à une paralysie du cerveau.

Telles sont les conséquences de l'abus des liqueurs alcooliques. A celles que nous venons de décrire et qui frappent le corps viennent s'ajouter parallèlement celles qui frappent l'esprit. C'est là qu'on peut voir, et pour ainsi dire toucher du doigt, les rapports intimes qui unissent le corps à l'âme, les organes à l'intelligence. Toutes les facultés de l'individu s'évanouissent l'une après l'autre. La mémoire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est probablement aux Arabes que l'on doit l'art d'extraire du vin et des autres boissons fermentées l'*eau-de-vie* et l'*esprit*. Cette pratique remonte à des temps assez reculés, puisque Marcus Græcus et Rhazès, qui vivaient dans le VIIIe siècle, parlent de l'eau-de-vie sous le nom d'*eau ardente* et indiquent déjà l'eau-de-vie de grains. C'est donc à tort qu'on attribue à Arnauld de Villeneuve, né en 1245 en Languedoc, et le plus savant chimiste du XIIIe siècle, la découverte de l'esprit-de-vin et des teintures alcooliques. Tout cela était connu avant lui; seulement il propagea l'usage de l'eau-de-vie en médecine. Ce que Raymond Lulle et ses successeurs appelaient *quinta-essentia*, d'où dérive le mot *quintessence*, et dont ils faisaient la base de leurs travaux alchimiques, n'est autre chose que de l'esprit rectifié ou distillé plusieurs fois au moyen de la chaleur du fumier. Il serait trop long d'énumérer toutes les maladies contre lesquelles l'eau-de-vie était préconisée comme un remède souverain. C'était une panacée universelle, qui avait la vertu de rajeunir les vieillards et de prolonger la vie; de là son nom *aqua vitæ, eau-de-vie* (1). Au XVe siècle, cette liqueur n'était encore qu'un médicament, et on ne la trouvait que dans l'officine des apothicaires; mais avant la fin du XVIe siècle, c'était déjà une boisson dont l'usage était répandu dans presque tous les pays de l'Europe, surtout dans la classe vulgaire (2). Dans les pays du Nord, où l'eau-de-vie de vin

---

se perd, l'hébétement et bientôt la folie remplacent les qualités intellectuelles que l'homme possédait. La passion du crime, celle du suicide se développent avec une rapidité effrayante, et, ce qu'il y a de plus terrible, c'est que tout ce hideux cortége de l'alcoolisme est héréditaire : les enfants sont punis des fautes paternelles; conséquence fatale et qui devrait donner à réfléchir.

(1) On employait alors l'eau-de-vie de toutes les manières, tant intérieurement qu'extérieurement. Ce fut le remède qu'on ordonna au roi de Navarre, Charles le Mauvais, et qui, en 1387, lui causa la mort par un accident singulier. Pour ranimer dans ce prince, usé de libertinage, la chaleur naturelle qui était éteinte, les médecins le faisaient envelopper dans un drap trempé d'eau-de-vie, que l'on cousait sur son corps. Son valet de chambre, chargé de cet office, manquant un jour de ciseaux pour couper le fil, se servit d'une bougie pour le brûler. Le feu se mit au drap, et un supplice horrible, mais juste, termina enfin une vie souillée de toutes les débauches et de tous les crimes. — Dans le cours du XVIIe siècle, les jésuites d'Italie fabriquaient l'eau-de-vie en grand pour préparer des médicaments aux pauvres, ce qui leur fit donner alors le nom de *I padri dell' acqua vita, les pères de l'eau-de-vie*.

(2) C'est en 1514 que Louis XII, ayant réuni en communauté les vinaigriers, leur accorda la distillation de l'eau-de-vie et de l'esprit-de-vin. Vingt ans après, on divisa cette communauté en plusieurs, et l'on en fit une particulière de *distillateurs*. Cela indique que l'eau-de-vie n'était plus un simple remède, et qu'elle était devenue une boisson usuelle. Dans les principaux carrefours et places publiques de Paris, il s'établit des regrattiers qu'on nomma *placiers*, et dont la profession fut de vendre en détail et à petite mesure de l'eau-de-vie et des fruits confits dans cette liqueur. Ils furent confirmés dans leur état par arrêt du parlement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

était chère, on se mit à en extraire des grains fermentés, et cette fabrication, avant l'année 1618, était une branche d'industrie importante dans le district de Magdebourg et surtout dans la ville de Wernigerode (Hartz), appartenant alors au domaine des comtes de Stollberg.

L'eau-de-vie qu'on obtient par une première distillation est toujours très-faible; elle marque à peine 12 à 15° à l'aréomètre de Cartier. Ce n'est que par une rectification nouvelle qu'on l'amène à un degré plus élevé de spirituosité. Les appareils au moyen desquels on obtient aujourd'hui l'eau-de-vie et les esprits, sont bien différents de ceux qui servaient il y a soixante ans. A la place de l'alambic ordinaire, qui ne donne que des produits très-aqueux, qu'il faut rectifier un grand nombre de fois et qui ont toujours, d'ailleurs, un *goût de feu* ou *d'empyreume*, on opère dans un appareil à marche continue et qui permet d'extraire, d'un seul coup, tous les degrés de spirituosité. La première idée en est due à Édouard Adam, de Rouen (1), mais c'est à Cellier Blumenthal, Derosne et Cail, Laugier, Dubrunfaut, qu'on en doit les perfectionnements. Dans cet appareil, la chaleur n'étant plus appliquée directement au liquide, et l'alcool étant expulsé de celui-ci par les vapeurs hydro-alcooliques qui proviennent d'une petite fraction du liquide chauffé immédiatement, il en résulte qu'on obtient un alcool plus parfait, sans goût de feu, plus rectifié ou plus fort, avec une grande économie dans la main-d'œuvre, le combustible et le feu.

Cet appareil fondamental, plus ou moins modifié dans quelques-unes de ses parties, suivant les localités, est composé de cinq pièces principales (*fig.* 448) :

1° *De deux chaudières à distiller* A et A', placées à des hauteurs différentes sur un fourneau ordinaire. Ces chaudières communiquent entre elles par un tuyau supérieur Z, courbé, destiné à porter les vapeurs de

---

du 20 janvier 1678; mais les limonadiers ayant réclamé contre cet arrêt, un autre arrêt, rendu six mois plus tard, défendit alors aux vendeurs d'eau-de-vie de mêler du sucre ou autre liqueur dans les noix et cerises confites qu'ils débitaient.

(1) Édouard Adam prit un brevet d'invention, le 20 mai 1801, et s'empressa de monter, avec l'aide de capitalistes, vingt *brûleries* ou distilleries dans le Midi. Plus d'un million fut engagé dans cette entreprise gigantesque. Mais bientôt, de tous côtés, s'élevèrent des appareils calqués sur le sien; une suite de procès s'engagea entre Adam et ses contrefacteurs. Ceux-ci gagnèrent leur cause, et le malheureux Adam, après avoir doté le Midi d'une industrie qui devait tant contribuer à la richesse de cette contrée, mourut dans la misère et le dégoût, à la fin de 1807. C'est l'histoire de Lebon, de Leblanc, de Jacquart, et malheureusement de tous les inventeurs; ils sèment, mais il est bien rare que ce soient eux qui récoltent. Voyez, pour plus de détails, ma *Notice biographique sur Édouard Adam*, brochure in-8 avec planches (Rouen, 1836 — 2e édition, Rouen, 1854).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la chaudière inférieure dans la chaudière supérieure, puis inférieurement par un autre tube à robinet R′, destiné à laisser écouler les vinasses

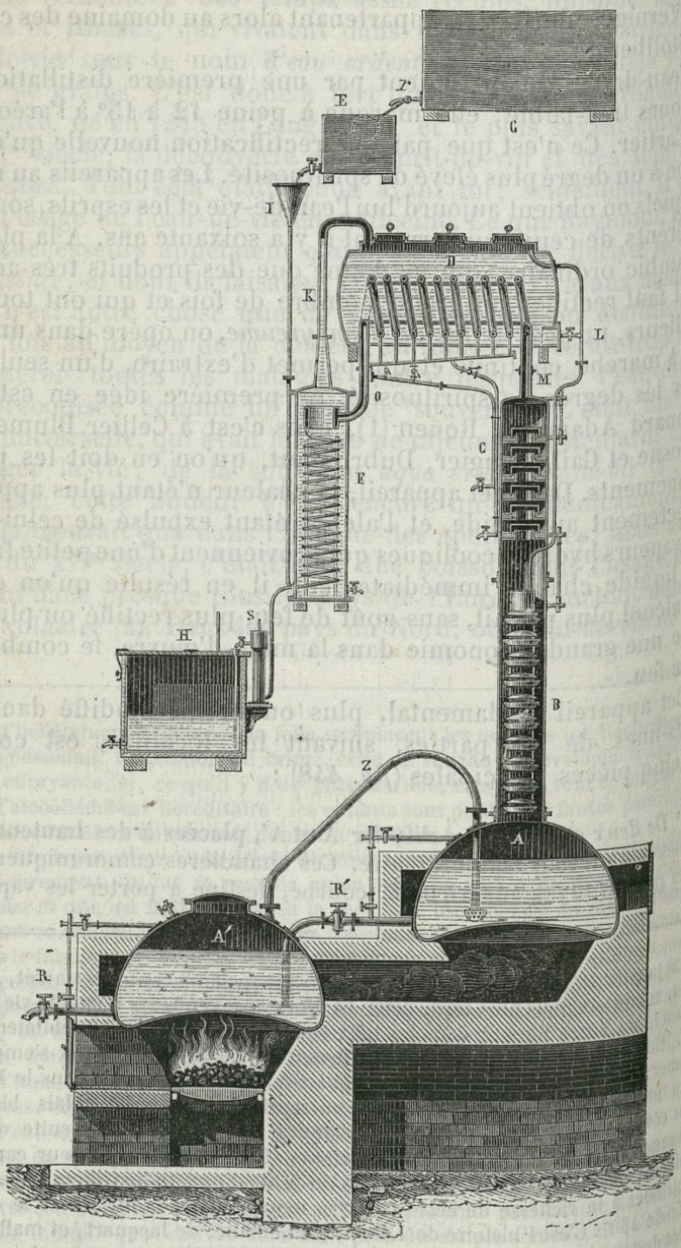


Fig. 448.

de la chaudière supérieure dans la chaudière inférieure. Ces chaudières

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont munies d'indicateurs en verre, pour faire connaître le niveau du liquide dans ces vases.

2° *D'une colonne en cuivre,* placée sur la chaudière supérieure. Cette colonne, dans la première moitié de sa hauteur B, est garnie de plateaux *j, j,* placés les uns sur les autres, et destinés à recevoir chacun une couche de vin d'environ 27 millimètres d'épaisseur. Cette première partie de la colonne porte le nom de *colonne à distiller*. Dans son autre moitié supérieure C, qui prend le nom de *colonne à rectifier*, il n'y a point de plateaux.

3° *D'un condensateur chauffe-vin* D, qui n'est autre chose qu'un serpentin, placé dans un réfrigérant ou seau en cuivre, qu'on tient sans cesse rempli de vin. Le serpentin est muni, dans sa longueur, de plusieurs tubes inférieurs d'écoulement, fermés par des robinets et qui donnent des produits alcooliques à divers degrés de spirituosité.

4° *D'un réfrigérant* F, garni intérieurement d'un serpentin qui conduit le liquide alcoolique distillé dans une éprouvette d'essai S, et de là dans les récipients H ou barriques. Le *réfrigérant* porte à sa partie inférieure un tuyau qui remonte perpendiculairement bien au-dessus du niveau du *chauffe-vin*, et qui se termine par un entonnoir I. Ce tube-entonnoir reçoit le liquide à distiller d'un réservoir supérieur G. Le même *réfrigérant* porte à son centre supérieur un autre tube droit K, qui communique avec le *chauffe-vin*, et qui est destiné à faire passer le vin du *réfrigérant* dans le *chauffe-vin*.

5° *D'un réservoir* G, suffisamment grand, placé supérieurement au-dessus de l'appareil, et destiné à alimenter les pièces précédentes du liquide à distiller. Ce réservoir est muni d'un seau E, qui sert à régulariser l'écoulement du liquide dans le *réfrigérant*.

Ceci étant conçu, on commence par emplir de vin la chaudière inférieure jusqu'à environ les trois quarts de sa hauteur, et, dans la chaudière supérieure, on ne met de vin que seulement à 16 centimètres au-dessus du tuyau de décharge. Avant de faire le feu, on a soin de remplir de vin le *réfrigérant*, le *condensateur chauffe-vin*, puis les plateaux de la *colonne à distiller*. Le tube L sert à conduire le vin du *condensateur* sur les plateaux. On chauffe alors la chaudière inférieure qui, seule, est placée au-dessus du foyer. Bientôt le vin entre en ébullition, et la chaudière supérieure commence à s'échauffer par le courant de chaleur qui s'échappe du foyer de la première. Les vapeurs qui s'élèvent de celle-ci sont transmises dans le liquide de la chaudière supérieure, où elles se condensent en abandonnant toute leur chaleur latente à la masse de vin qu'elle contient. Le liquide ne tarde pas à se mettre en ébullition; alors toutes les vapeurs aqueuses et alcooliques passent dans la *colonne à plateaux*, où, rencontrant le liquide qui descend du réservoir, elles lui abandonnent de la chaleur, en dégageant une quantité proportionnelle d'alcool, tandis que les vapeurs aqueuses se condensent en partie et se précipitent dans la chaudière avec le vin épuisé des plateaux. Les vapeurs, de plus en plus alcooliques, s'élèvent ensuite dans le *condensateur chauffe-vin*, où elles éprouvent une basse température; elles y déposent encore une partie de leur eau, et elles vont enfin, par le tube O, se condenser complétement dans le *réfrigérant* inférieur, d'où elles s'écoulent à l'état d'alcool froid dans le récipient H en un filet dont le volume égale

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celui du vin qui sort du *réservoir* supérieur. De cette manière, la distillation une fois commencée, et le vin dépouillé d'esprit s'échappant sans interruption de la chaudière inférieure par un robinet R, tandis que le vin nouveau arrive incessamment du réservoir supérieur, l'opération pourrait être continue, dans toute l'acception du mot, si l'intérieur des vases ne s'encrassait pas.

Dans le commerce, on donne, depuis longtemps, des noms différents aux divers degrés de spirituosité de l'alcool extrait du vin ou des autres boissons. Les premiers produits de la distillation marquant depuis 16° jusqu'à 20° de l'aréomètre de Cartier, portent le nom d'*eau-de-vie*. On appelle particulièrement *preuve de Hollande* ou *eau-de-vie ordinaire* celle qui marque 19°, et *eau-de-vie forte* celle qui a de 21 à 22°. Au delà de ce degré, les produits alcooliques prennent le nom d'*esprits*, et le plus ou moins d'eau qu'ils contiennent, s'exprime par des nombres qu'on indique sous la forme de fractions. Ces nombres ne sont pas arbitraires, ils font connaître la quantité d'eau qu'il faut ajouter à chaque partie d'esprit pour le ramener à l'état d'eau-de-vie ordinaire, ou à 19°.

Ainsi, on nomme *esprit trois-cinq*, de l'alcool à 29° 1/2, parce qu'en prenant 3 volumes de ce liquide et y ajoutant 2 volumes d'eau, on obtient 5 volumes d'eau-de-vie à 19° ;

Esprit trois-six, de l'alcool à 33°, dont 3 volumes mêlés à 3 volumes d'eau, produisent 6 volumes d'eau-de-vie ;

Esprit trois-sept, de l'alcool à 35°, dont 3 volumes additionnés de 4 volumes d'eau, fournissent 7 volumes d'eau-de-vie ;

Esprit trois-huit, de l'alcool à 37° 1/2, dont 3 volumes mêlés à 5 volumes d'eau, donnent 8 volumes d'eau-de-vie.

L'alcool à 36° s'appelle ordinairement *Esprit rectifié ;* quant à l'alcool tout à fait pur, c'est-à-dire chimiquement dépourvu d'eau, il prend, comme je l'ai dit précédemment, le nom d'*alcool absolu ;* il marque 44° 19.

Suivant les pays et la nature des liqueurs fermentées, on donne au produit spiritueux de la distillation des noms différents. Il est utile de connaître les principaux. Les voici :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS DES ESPRITS.	LIQUEURS FERMENTÉES QUI LES FOURNISSENT.	PAYS OU ON LES FABRIQUE.
Esprit ou eau-de-vie de grains.	Bière et graines céréales fermentées	France, Europe septentrionale.
Genièvre	Bière et graines avec baies de genièvre	
Goldwasser	Bière et graines avec autres aromates	Dantzick.
Whisky	Orge, seigle, pommes de terre, prunelles sauvages.	Écosse, Irlande.
Esprit ou eau-de-vie de fécule ou de pomme de terre.	Fécule, ou pulpe de pomme de terre, ou glucose	Europe, France.
Esprit ou eau-de-vie de betterave.	Jus ou pulpe de betterave	
Esprit ou eau-de-vie de riz.	Riz entier	
Kirschenwasser, et par abréviation *kirsch*.	Cerises sauvages ou merises écrasées et fermentées avec leurs noyaux.	Suisse, Allemagne, Vosges.
Maraschino	Id	Zara (Dalmatie).
Zwetschkenwasser	Variété de prunes, nommées *couètche*.	Allemagne, Pologne, Hongrie, Suisse, Alsace, Vosges.
Holerca	Eau-de-vie de fruits et d'orge	Transylvanie.
Sekis-kayavodka	Lie de vin avec fruits	Scio.
Slivovitza	Prunes mûres fermentées.	Autriche, Bosnie.
Rakia	Marc de raisin et aromates.	Dalmatie.
Troster	— et graminées	Bords du Rhin.
Araka, arza, arki et ariki.	Lait de jument fermenté	Tartarie, Kalmouks.
Bland	Petit-lait fermenté	Iles Orcades et Shetland.
Tafia	Moût de la canne à sucre	Antilles.
Rhum ou Rum	Mélasse et écumes du sirop de canne	
Rum	Séve fermentée de l'érable à sucre	Amérique du Nord.
Agua-ardiente	Séve fermentée de l'agave américain	Mexique.
Rack	Séve fermentée du cacaoyer	Amérique du Sud.
Araki, Rack	Séve fermentée de palmiers	Egypte.
Arrack	Séve fermentée avec écorce d'acacia	Indes.
Arrack-mehwah	Séve fermentée avec addition de fleurs	
Arrack-tuba	Id	Philippines.
Arak	Eau-de-vie d'orge et de millet	Turkestan.
	Eau-de-vie d'orge et de fruits (mûres, pêches, etc.)	
Mahuari	Eau-de-vie de raisins secs	Perse.
	— de dattes	Schiras (Perse).
Statkaiatrava	Bananes, autres fruits et petite graine inconnue	Mozambique (Afrique orientale).
Watky	Herbe sucrée inconnue	Kamtschatka.
Lau, Samshu, Kneip	Eau-de-vie de riz	Siam, Chine, Japon.
Kao-lyang	Id	
Show-choo	Eau-de-vie de sorgho	Chine.
Rack ou arach	Riz bouilli et fermenté ou lie du mandurin	
	Suc de canne avec écorce aromatique	Indostan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Depuis plusieurs années, la maladie de la vigne a singulièrement diminué la production des vins, et, par suite, tous les produits qui en dérivent, mais notamment l'alcool, sont arrivés à des prix excessivement élevés. L'usage malheureusement si répandu de l'eau-de-vie, les nombreux emplois du *trois-six* dans l'industrie, ont souffert de ce renchérissement, et alors, de tous les côtés, on s'est ingénié à découvrir de nouveaux moyens de procréer l'alcool. C'est aux plantes sucrées, puis aux plantes féculentes qu'on a eu naturellement recours, puisque c'est par une suite de transformations chimiques, fort simples du reste, de la fécule en sucre, et du sucre en alcool, qu'on parvient à faire naître ce liquide spiritueux.

On a donc exploité, en Algérie, les dattes, les figues douces, les figues de Barbarie, la racine d'asphodèle; à la Guyane française, les mangues; à l'île de la Réunion, la racine de manioc, les fruits de bibasse et de jamrosa; en Esclavonie, les prunes; en Bohême, les prunes, le maïs et les mélasses; en Prusse, le seigle, le froment, le maïs, le sarrasin, les châtaignes, les pommes de terre; dans le Jura, l'Alsace et en Suisse la racine de gentiane; en Alsace, la racine de garance, ou plutôt les eaux de lavage provenant de la fabrication de la *fleur de garance;* dans l'Hérault, les mûres blanches; dans l'Aisne et ailleurs, les tubercules du topinambour; dans le Var et la Marne, le sorgho à sucre; dans les départements du Nord, la betterave, le riz, la pomme de terre, le dari ou graines de millet, les mélasses de betterave, etc. On a même essayé de tirer parti de la saccharification du bois par les acides pour se procurer des moûts fermentescibles.

Il est nécessaire de vous faire connaître comment on fabrique les esprits de betterave, de mélasse, de pomme de terre et de grains, les seuls qui ont été et qui sont produits sur une grande échelle.

1° *Alcool de betterave.* — Dans les grands établissements industriels du Nord, le travail s'effectue de la manière suivante :

Les betteraves sont lavées, râpées et pressées à l'aide des instruments employés dans les sucreries. Les jus, qui s'élèvent à 80 ou 85 p. 100 du poids des racines, sont réunis dans une chaudière où l'on élève leur température à + 25°, puis conduits dans les cuves à fermentation. On les additionne alors de 1 à 2 kil. 1/2 d'acide sulfurique, par 1000 litres, suivant la richesse du moût et particulièrement suivant la quantité de matières étrangères qu'il contient. Cette addition, en communiquant au liquide une réaction acide, soit directement, soit par suite de la décomposition de sels alcalins et calcaires à acides organiques, s'oppose au développement des ferments visqueux et lactique, et active la fermentation alcoolique en transformant le sucre cristallisable en sucre interverti.

Quoique la betterave renferme un ferment naturel, néanmoins, pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mettre en train la fermentation, on ajoute par hectolitre de jus de 50 à 60 grammes de levûre de bière délayée préalablement dans un peu de moût. La fermentation alcoolique ne tarde pas à se développer ; elle s'annonce par l'apparition de petites bulles d'acide carbonique qui viennent se réunir autour des parois des cuves et qui gagnent peu à peu le centre; elles augmentent bientôt de grosseur et produisent une grande quantité de mousse qui pourrait déborder, si l'on ne parait à cet inconvénient au moyen d'un peu de savon vert, d'huile ou de dégras (*graisse commune*) qu'on dissout dans la masse.

La température s'élève peu à peu jusqu'à 25, 30 et même 35°. On évite, autant que possible, qu'elle ne monte aussi haut, car l'alcool éprouve, dans ce cas, une sorte de combustion d'où résultent de l'aldéhyde et de l'acide acétique. La densité du moût décroît progressivement à mesure que la fermentation avance, de sorte que de 5 à 6° Baumé, elle arrive à 1° ou même à 0° du même aréomètre; en même temps le dégagement de l'acide carbonique diminue et cesse enfin presque complétement. Le liquide est alors envoyé à l'appareil distillatoire.

1,000 kil. de betteraves donnent, en moyenne, 35 litres d'alcool à 95° centésim.

2° *Alcool de mélasse de betterave.* — On charge les cuves avec 1,800 kil de mélasse, ayant environ 40 à 41° Baumé. On ajoute d'abord de l'eau chaude pour la bien délayer, puis de l'eau froide jusqu'à ce que les cuves soient pleines à 10 centimètres de leurs bords. Le liquide doit marquer de 7°,4 à 7°,6 à l'aréomètre et avoir une température de + 24 à 25°. On y ajoute de l'acide sulfurique étendu de sept à huit fois son volume d'eau, jusqu'à ce que le liquide, d'alcalin qu'il était, soit devenu légèrement acide. La meilleure proportion d'acide à employer est de 4 litres pour 1,800 kilogr. de mélasse; c'est environ 4 millièmes.

On introduit alors dans chaque cuve 25 à 30 kilogr. de levûre pressée, délayée à l'avance dans un liquide déjà en fermentation, on brasse le tout avec un râble et on couvre les cuves. Au bout de quelques heures, un chapeau se forme à la surface; s'il est bien blanc, c'est un bon caractère; dès que le liquide est en pleine fermentation, on abat ce chapeau avec un peu de dégras, et on découvre les cuves. L'opération dure de trente à quarante heures. Le liquide alcoolisé ne marque plus que 1°,5 à 2° à l'aréomètre. Par la distillation, on en retire 24 à 25 litres d'alcool absolu par 100 kil. de mélasse.

Dans les grandes villes où il existe des raffineries de sucre, les eaux de lavage de tous les ustensiles, appelées *eaux de bacs*, renferment assez de sucre pour être distillées avec avantage; on les traite comme les mélasses dans des établissements spéciaux.

3° *Alcool de grains.* — Deux modes différents sont suivis : l'un consiste dans l'emploi de la diastase et s'applique principalement à l'orge, au seigle ou au blé; dans l'autre, on opère la saccharification de la matière amylacée des grains par les acides; c'est ainsi qu'on agit pour le riz et le dari.

Dans le premier cas, on opère habituellement avec le seigle seul ou mélangé d'orge. A 100 kilogr. de grain concassé ou réduit en farine, on ajoute 25 kilogr. de malt; on délaie dans 1 hectolitre d'eau à 35 ou 40°; puis, lorsque le mélange est bien homogène, on y fait arriver peu à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu de l'eau bouillante, de manière à porter la masse de 50 à 55°, et on continue d'agiter, pendant au moins cinq minutes; on couvre la cuve et on abandonne ainsi la liqueur pendant deux à quatre heures. On emploie de 2 1/2 à 4 hectolitres d'eau bouillante pour cette macération. La saccharification du grain s'effectue. Lorsqu'elle est terminée, on introduit assez d'eau froide pour abaisser la température du moût jusqu'à 15 ou 20°; puis on met en levain. Quarante-huit heures après, la fermentation alcoolique est terminée, on peut distiller. 100 kilogrammes de grains fournissent 29 litres d'alcool à 95°.

Dans le deuxième cas, le riz entier est introduit dans une cuve pareille à celle qui sert à la fabrication du glucose, avec quatre fois son poids d'eau et 6 p. 100 d'acide sulfurique à 66°, ou 10 p. 100 d'acide chlorhydrique. On porte le tout à l'ébullition au moyen d'un courant de vapeur, et on la maintient pendant quatorze à seize heures, si l'on opère avec l'acide sulfurique, ou pendant neuf à dix heures, si c'est avec l'acide chlorhydrique. Au bout de ce temps, la saccharification est complète. On fait alors écouler le sirop brun obtenu dans un réservoir inférieur, où on le sature avec de la craie; on l'étend ensuite d'eau froide, de manière à ce que le mélange soit ramené à la densité de 1,040 environ, et lorsque la température s'est abaissée à 22 ou 24°, on met en fermentation. — Les riz de bonne qualité fournissent, par 100 kilogr., 35^{lit},3 d'alcool à 95° bon goût.

4° *Alcool de pomme de terre.* — On opère de la même manière sur la fécule de pomme de terre; mais quand on agit avec les tubercules entiers, on se sert de la diastase. Tantôt, on cuit les pommes de terre à la vapeur et on les réduit en bouillie claire. Pour 100 kilogr. de pulpe cuite, on emploie 6 kilogr. 1/4 de malt, et on met en levain avec 250 grammes de bonne levûre de bière. On retire de 50 à 55 litres d'alcool à 50°.

Tantôt les pommes de terre crues sont réduites en pulpe par le râpage, mises dans une cuve à double fond où on les laisse égoutter une demi-heure environ, afin de les priver d'une grande partie de leur eau de végétation; puis on introduit dans la cuve 1,000 à 1,200 litres d'eau bouillante par 1,000 kilogr. de pommes de terre, on ajoute 70 kilogr. de malt et on brasse le tout. Au bout de trois heures, on soutire le liquide clair, on lave le marc à deux reprises différentes avec 500 litres d'eau à chaque fois, on réunit tous les liquides et on les met en fermentation avec 2 kilogr. de levûre sèche.

Ce procédé a l'avantage sur les précédents de donner une grande quantité de marcs, qui sont bons pour la nourriture des bestiaux; on n'a pas à distiller une matière pâteuse et l'alcool est supérieur en qualité.

Je vous dirai, dans la prochaine leçon, quels sont les appareils distillatoires adoptés dans nos usines du Nord pour le traitement de tous ces liquides fermentés, qu'on y désigne, quelle que soit leur nature, sous le nom de *vins*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUARANTE-HUITIÈME LEÇON.

DES BOISSONS FERMENTÉES. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Appareil distillatoire de M. Dubrunfaut. — Cause du mauvais goût des esprits du commerce. — Huile volatile de pomme de terre ou *alcool amylique*. — Rectification des esprits. — *Rectificateur* de M. Dubrunfaut. — De l'eau-de-vie de vin. — Richesse des différentes boissons fermentées en alcool. — Dosage de l'alcool dans les liquides fermentés. — Alambic de Gay-Lussac. — Des moyens d'apprécier la force des esprits. — *Alcoomètre centésimal*. — Titres des alcools du commerce. — DES SUBSTANCES ANIMALES ALIMENTAIRES. — Des œufs et de l'*albumine*.

Beaucoup d'usines, principalement celles du Nord, ont abandonné l'appareil distillatoire de Derosne, pour adopter celui que M. Dubrunfaut a proposé dans ces dernières années. Je dois vous le faire connaître.

Cet appareil se compose :

1° D'une *chaudière* A (*fig.* 449), munie à sa partie inférieure d'une double enveloppe dans laquelle on fait arriver de la vapeur par le tuyau *b*. Un autre tuyau *b'* sert au retour de la vapeur condensée dans les générateurs. A la chaudière sont adaptés plusieurs robinets, qui ont pour emploi : *a'* de laisser sortir l'air, lorsqu'on introduit le liquide dans la chaudière, ou de lâcher un peu de vapeur lorsqu'on veut connaître la marche de l'opération ; *a''*, d'emplir la chaudière au début d'une distillation ; *a'''*, de la vider. Il y a de plus un tube indicateur de niveau *a*.

2° D'une *colonne* à *distiller* BB' contenant dix-huit plateaux et communiquant avec la chaudière par deux tubes : l'un *c*, se terminant à la partie supérieure de celle-ci, amène les vapeurs dans la colonne ; l'autre *ii*, plongeant jusqu'au fond, conduit le liquide de la colonne dans la chaudière.

Les plateaux sont percés de dix trous, dont neuf sont munis d'ajutages recouverts de calottes hémisphériques. Le dixième trou est muni d'un tube en cuivre, qui dirige le liquide au plateau inférieur. Des diaphragmes de cuivre, convenablement disposés, obligent le liquide qui arrive du plateau supérieur à circuler tout autour du plateau avant de tomber sur le plateau inférieur, où il circule encore, mais en sens inverse.

3° De deux *serpentins chauffe-vin* C, D. Les vapeurs alcooliques arrivent de la colonne par le tube *l* dans le serpentin du premier chauffe-vin. Les vapeurs condensées tombent dans un vase E, appelé *vase analyseur* ; là, la partie liquide s'écoule par le tube *m* dans le tube *n*, et la vapeur s'échappe par le tube *o* dans la partie supérieure du serpentin du second chauffe-vin.

La presque totalité des vapeurs alcooliques se condensent dans ce second serpentin et le liquide qui en provient s'écoule par le tube *n'*, où il se réunit à celui qui s'est condensé dans le premier serpentin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un tube J fait communiquer la partie supérieure du second serpentin avec la partie inférieure du premier, et un autre tube *pp* amène dans la colonne à distiller le liquide de la partie supérieure du premier réfrigérant. Enfin, un tube *qq*, partant de la partie supérieure de la calotte du chauffe-vin C, amène les vapeurs qui se dégagent par suite de l'échauffement du vin dans le tube *n*.

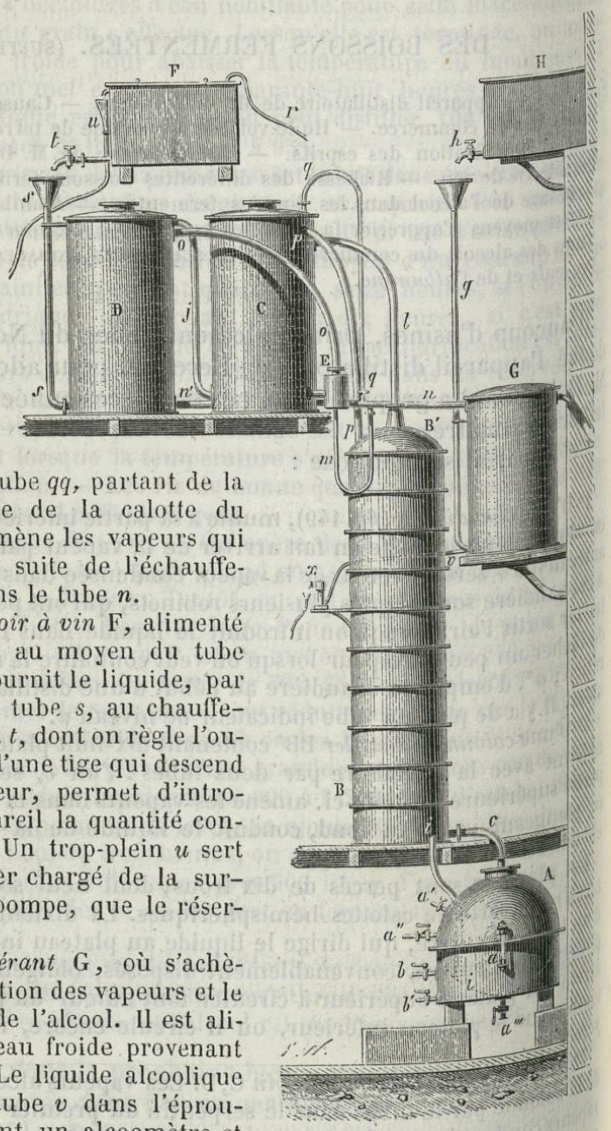


Fig. 449.

4° D'un *réservoir à vin* F, alimenté par une pompe au moyen du tube montant *r*; il fournit le liquide, par l'entonnoir et le tube *s*, au chauffe-vin D. Le robinet *t*, dont on règle l'ouverture à l'aide d'une tige qui descend à l'étage inférieur, permet d'introduire dans l'appareil la quantité convenable de vin. Un trop-plein *u* sert à avertir l'ouvrier chargé de la surveillance de la pompe, que le réservoir est plein.

5° D'un *réfrigérant* G, où s'achèvent la condensation des vapeurs et le refroidissement de l'alcool. Il est alimenté par de l'eau froide provenant du réservoir H. Le liquide alcoolique s'écoule par le tube *v* dans l'éprouvette *x*, contenant un alcoomètre et versant le liquide dans un réservoir spécial.

D'après ce que j'ai dit de la conduite de l'appareil de Derosne, la marche de celui de M. Dubrunfaut se comprend d'elle-même.

A l'aide de cet appareil continu, on peut obtenir du même vin, contenant 10 à 12 p. 100 d'alcool, soit de l'eau-de-vie entre 50 et 55°, soit de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'esprit 3/6 marquant 85 à 90°. Les moûts de betterave et de grains, contenant de 4 à 6 p. 100 d'alcool, donnent des produits distillés marquant entre 49 et 55°.

Les différents *esprits* dont je vous ai parlé jusqu'ici, Messieurs, portent avec eux le cachet de leur origine. Ainsi le *Kirschenwasser*, le *Maraschino* doivent leur arôme particulier à de petites quantités d'acide prussique. Le *Rack*, les eaux-de-vie de marc de raisin, de mélasse, et surtout de mélasse de betterave, de grains, de pomme de terre, de cidre, de bière, sont bien moins agréables que les eaux-de-vie de vin, parce qu'ils renferment des huiles volatiles, âcres, très-fortes, dont le mode de formation n'est pas encore très-bien connu. C'est pour masquer la saveur de ces différents *esprits* que, très-souvent, on les aromatise avec des baies de genièvre et autres matières odorantes communes.

Les peuples du Nord, toutefois, semblent préférer ces sortes d'eau-de-vie. En 1814 et 1815, lors de l'invasion de la France par les troupes russes et allemandes coalisées, les soldats préféraient nos mauvaises eaux-de-vie de marc, de cidre et de grains, à nos plus fines eaux-de-vie, et quand celles-ci furent consommées, les fournisseurs furent obligés de gâter les bonnes eaux-de-vie pour les leur faire recevoir. Dans les localités de la Basse-Normandie, où la fabrication des eaux-de-vie de cidre et de poiré est encore à l'état sauvage, si on la compare à la distillation des vins et des esprits de fécule, l'eau-de-vie qu'on obtient est détestable ; néanmoins, les marins et les gens du peuple la préfèrent à l'eau-de-vie de vin, et telle est la bizarrerie ou l'habitude des Bas-Normands, qu'ils choisissent, comme la meilleure, celle qui a le goût de feu ou d'empyreume le plus prononcé !

On a donné le nom de *Fousel* au goût que possèdent les eaux-de-vie de grains et de pomme de terre, et on le rapporte, ai-je dit, à des huiles particulières, nauséabondes, analogues à l'*huile essentielle du vin* ou *éther œnanthique*. Suivant les uns, elles se produisent, pendant la fermentation des moûts, par l'effet d'une altération de l'albumine ou de tout autre principe azoté. Suivant M. Payen, elles préexistent dans la partie tégumentaire des fécules.

L'huile spéciale qui appartient à l'eau-de-vie de pomme de terre a d'abord été observée par Schèele. Elle est excessivement âcre, et ses vapeurs provoquent la toux, même le vomissement. Elle a été l'objet de travaux intéressants, dans ces dernières années, de la part de MM. Dumas, Stas, Cahours, Balard, Frankland, etc. Sa formule brute $C^{10}H^{12}O^2$, qui correspond à 4 volumes de vapeur, la rapproche tout à fait de l'alcool : aussi l'appelle-t-on dans les laboratoires *amylol* ou *alcool amylique*. On peut aussi la représenter par

$$C^{10}H^{12}O^2 = (C^{10}H^{11})O + HO,$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est-à-dire par l'hydrate d'oxyde d'un radical ($C^{10}H^{11}$), nommé *amyle*, que M. Frankland est parvenu à isoler.

Cette huile ne bout qu'à + 132°. Ce qu'elle offre surtout de curieux, c'est qu'elle se convertit très-facilement, par l'oxydation, en *acide valérianique*, identique à celui qu'on retire par la distillation de la racine de valériane. D'après M. Balard, cet acide est évidemment un produit de l'altération spontanée qu'éprouvent les vinasses au contact de l'air, et il est en grande partie la cause de l'odeur infecte qu'elles exhalent (1).

L'huile de l'eau-de-vie de blé se compose en grande partie d'un acide gras très-voisin de l'acide œnanthique.

L'huile de l'eau-de-vie de marc de raisin est d'une nature très-complexe, puisqu'elle renferme de l'alcool ordinaire, de l'eau, de l'alcool amylique, de l'éther œnanthique et d'autres produits dont la nature n'a pas été déterminée.

D'après M. Dubrunfaut, l'huile de l'eau-de-vie de mélasse de betterave est identique à celle de pomme de terre.

Il est très-difficile de débarrasser complétement les esprits de ces principes huileux, qui leur communiquent un goût si désagréable. M. Dubrunfaut, le premier, a imaginé un mode de rectification qui les élimine en très-grande partie, et qui permet d'obtenir, même avec les esprits les plus infects, des liquides *bon goût*. Son procédé repose sur la différence de volatilité de l'alcool et de ces huiles odorantes qui ne bouillent, en général, qu'à des températures bien supérieures à + 100°.

Voici la figure et la marche du *rectificateur* adopté dans toutes les usines du Nord. Cet appareil se compose des pièces suivantes :

1° Une *chaudière* A (*fig.* 450), de 30, 50 et même de 100 hectolitres (2),

---

(1) Cette huile de pomme de terre, si infecte, est devenue dans les mains des chimistes la base de certains éthers qui, dissous dans l'alcool, reproduisent à s'y méprendre le parfum de certains fruits, si bien que les parfumeurs et les distillateurs anglais s'en sont emparés pour aromatiser, avec plus d'économie, leurs diverses préparations.

Ainsi, en distillant 1 p. d'huile de pomme de terre avec 2 p. d'acétate de potasse et 1 p. d'acide sulfurique, on produit l'*éther amyl-acétique* ou l'*acétate d'oxyde d'amyle* ($C^{10}H^{11},O + C^4H^3O^3$), qui sert à faire l'*essence de poire* ou le *pear-oil* des Anglais. — Avec l'huile de pomme de terre et l'acide valérianique, on donne naissance à l'*éther valéramylique* ou *valérate d'oxyde d'amyle*, qui avec l'alcool constitue l'*essence de pomme* ou l'*apple-oil* des Anglais.

L'*essence de cognac* qui, comme je l'ai déjà dit, sert à cacher la mauvaise odeur des esprits de grains, de betterave, de marc, de sorgho, est une solution alcoolique de divers éthers analogues, parmi lesquels figure l'éther œnanthique.

L'*alcool caprylique* ou l'huile volatile qu'on obtient en chauffant doucement l'huile de ricin avec la moitié de son poids d'hydrate de potasse ou de soude, fournit encore avec l'acide acétique un éther possédant une odeur de fruits très-aromatique.

(2) Les grandes dimensions ont l'avantage de permettre un meilleur fractionnement des produits et la production d'une plus grande quantité d'alcool *bon goût*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

munie d'un tube *a* terminé en pomme d'arrosoir pour l'introduction de la vapeur, d'un tube de vidange *a'*, d'un tube indicateur de niveau *a''*, d'un tube à air *a'''*, enfin d'un tube à robinet *b* communiquant avec le réservoir d'alcool à rectifier et servant à emplir la chaudière.

2° Une *colonne de rectification*, B, se composant de dix-huit plateaux analogues à ceux de la *colonne à distiller*. Elle communique avec la partie supérieure de la chaudière par le tube *c*, qui débouchant de 15 à 20 centimètres de sa paroi, permet l'admission de la vapeur alcoolique. Un autre tube *d* met en communication le fond de la colonne, et le liquide qui s'y condense, avec la partie inférieure de la chaudière.

3° Un *réfrigérant*, dit *chauffe-vin* C, contenant deux serpentins C', D, superposés l'un à l'autre. Le tube *e* fait communiquer le haut de la colonne avec le serpentin supérieur. Les portions les plus aqueuses se condensent dans ce serpentin, qui sort du réfrigérant, et aboutit au *vase analyseur* E. Là, la partie condensée retombe, par le tube *f* terminé en siphon renversé, sur le troisième plateau supérieur; la vapeur passe par le tube *g* dans le second serpentin D. Une seconde analyse s'opère dans le vase F; le liquide repasse sur le premier plateau de la colonne par le tube *h*, et les vapeurs, s'introduisant dans le tube *i*, vont se condenser complétement dans le *réfrigérant* G. L'alcool coule alors dans l'éprouvette *l*, d'où il se rend au réservoir spécial.

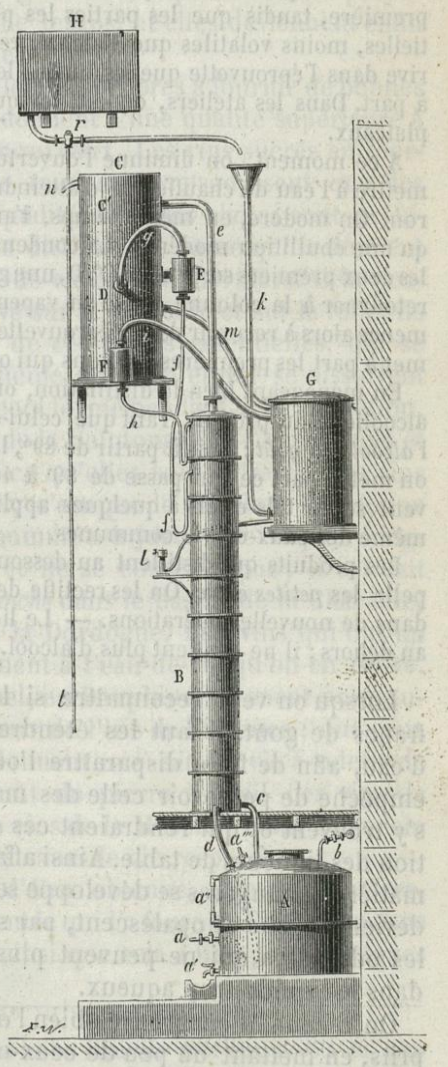


Fig. 450.

4° Un *réservoir d'eau* H alimente, par le tube K, le *réfrigérant* G. On règle l'écoulement de l'eau par le robinet *r*, à l'aide d'une tige *t* qui descend à l'étage inférieur. L'eau passe, de ce réfrigérant, dans le chauffe-vin au moyen du tube *m*, et s'écoule ensuite par le trop-plein *n*.

Voici, maintenant, comment on conduit la rectification. La colonne étant vide, on remplit aux trois quarts la chaudière A d'alcool faible à 49 ou 55°, et l'on fait arriver de la vapeur par le tube *a*. On maintient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un courant d'eau assez fort dans les réfrigérants, de façon à ce qu'elle sorte presque froide par le trop-plein *n*. En continuant ainsi pendant plusieurs heures, les vapeurs alcooliques condensées dans la colonne et dans les serpentins, remplissent les vases formés par les plateaux de la première, tandis que les parties les plus aqueuses et les huiles essentielles, moins volatiles que l'alcool, retournent à la chaudière. Il n'arrive dans l'éprouvette que les huiles les plus volatiles que l'on recueille à part. Dans les ateliers, on dit, lorsqu'on opère ainsi, que l'on fait les plateaux.

A ce moment, on diminue l'ouverture du robinet *r*, de façon à permettre à l'eau du chauffe-vin d'atteindre la température de + 50° environ. On modère, en même temps, l'arrivée de la vapeur pour n'avoir qu'une ébullition modérée. La condensation étant moins complète dans les deux premiers serpentins C', D, une grande partie de l'alcool, au lieu de retourner à la colonne, passe en vapeur dans le réfrigérant G. On commence alors à recevoir dans l'éprouvette *l* de l'alcool à 94° centésimaux. On met à part les premières portions qui ont encore une odeur désagréable.

En ménageant bien la distillation, on soutient plus longtemps le degré alcoolique du produit. Tant que celui-ci marque entre 96 et 90°, c'est de l'*alcool bon goût*; mais à partir de 89°, les principes amyliques distillent; on met à part ce qui passe de 89 à 40°. Les *alcools mauvais goût* peuvent servir tels quels à quelques applications industrielles; ou en faire même des eaux-de-vie communes.

Les produits qui distillent au-dessous de 40° constituent ce qu'on appelle les *petites eaux*. On les rectifie de nouveau, ou on les fait rentrer dans de nouvelles opérations. — Le liquide de la chaudière est évacué au dehors; il ne contient plus d'alcool.

Lorsqu'on veut reconnaître si les esprits du commerce sont francs de goût, il faut les étendre d'une assez forte proportion d'eau, afin de faire disparaître l'odeur fragrante de l'alcool qui empêche de percevoir celle des matières huileuses ou autres qui s'y trouvent et qui rendraient ces esprits impropres à la fabrication des liqueurs de table. Ainsi affaiblie avec de l'eau, l'odeur des matières étrangères se développe seule, et fort souvent le mélange devient louche et opalescent, par suite de l'interposition des huiles odorantes qui ne peuvent plus rester en parfaite dissolution dans le liquide trop aqueux.

On reconnaît encore très-bien l'odeur particulière à certains esprits, en mettant un peu de ceux-ci dans le creux de la main, et en frottant vivement les deux mains l'une contre l'autre, pour faciliter l'évaporation. Les matières odorantes, presque toujours de la nature des huiles volatiles, étant plus fixes que l'alcool, restent à la surface de la peau et manifestent leur présence par leur odeur spéciale (1).

(1) Tout récemment, un chimiste allemand, M. Kletzinsky, a reconnu que les savons durs de soude, aussi exempts que possible d'acides gras fluides, enlèvent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les eaux-de-vie de vin sont d'autant meilleures qu'elles sont plus anciennes ; elles perdent un peu de leur degré dans les tonneaux ; leurs principes se combinent d'une manière plus intime ; elles se dépouillent de ce léger goût de feu que les mieux préparées conservent pendant quelque temps, et elles deviennent enfin plus liquoreuses et plus potables.

Tous les vins ne sont pas également propres à fournir de bonnes eaux-de-vie. Les vins vieux en donnent d'une qualité supérieure à celles qu'on obtient des vins nouveaux. Les vins sucrés en fournissent d'excellentes ; les vins tournés ne produisent que des eaux-de-vie de très-mauvaise qualité. Les vins blancs sont préférables aux vins rouges pour la distillation, parce qu'ils donnent généralement de meilleure eau-de-vie que ces derniers. Cela provient de ce que n'ayant pas cuvé sur la pellicule et sur la rafle, ils contiennent beaucoup moins de ces huiles essentielles, qui se trouvent au-dessous de la pellicule du grain et qui se dissolvent dans le moût à la faveur de l'alcool formé pendant la fermentation. La supériorité des eaux-de-vie de la Saintonge, de l'Angoumois et du Languedoc tient surtout à ce qu'elles sont extraites des vins blancs. Ce qu'il y a de singulier, c'est que le vin blanc qui donne l'eau-de-vie de Cognac, si renommée à juste titre depuis longtemps, n'a rien de distingué et ne se conserve pas ; il est fait avec le cépage nommé *folle blanche* dans le bassin de la Charente, et *enragea* dans la Gironde et la Dordogne. Les vins qui ont un goût de terroir le communiquent à l'eau-de-vie qu'on en retire. C'est ainsi que les vins de Selluel, en Dauphiné, donnent une eau-de-vie qui a l'odeur et la saveur de l'iris de Florence ; que ceux de Saint-Pierre, en Vivarais, donnent une eau-de-vie à odeur de violette ; qu'on retrouve le goût de pierre à fusil des vins de Côte-Rôtie, celui d'ardoise des vins de la Moselle, celui de succin des vins du Holstein, dans leurs eaux-de-vie respectives.

Lorsque l'eau-de-vie vient d'être obtenue, elle est incolore, quelle que soit la boisson fermentée qui l'a fournie. Conservée dans des vases de verre ou de grès, ainsi que cela a lieu pour quelques

---

complétement l'odeur empyreumatique et le mauvais goût aux alcools du commerce. Il suffit d'employer 3kil,957 de savon, par hectolitre d'esprit ; on distille, et toutes les matières odorantes sont retenues par le savon, qui devient amorphe et gélatineux.

M. Breton, de Grenoble, a remis en pratique un ancien mode d'enlever les principes odorants aux liquides qui ne dissolvent pas les huiles grasses, en faisant filtrer les alcools mauvais goût à travers une couche épaisse de pierre ponce pulvérisée et imbibée d'huile d'olive. Lorsque la ponce est saturée d'huiles volatiles et qu'elle n'agit plus, on la fait traverser par un courant de vapeur d'eau qui chasse ces huiles odorantes et remet la ponce en état de fonctionner à nouveau. On a soin de l'imprégner d'une nouvelle quantité d'huile grasse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

espèces, telles, entre autres, que le Kirschenwasser, elle ne prend aucune couleur avec le temps. La couleur jaune-doré qu'elle offre habituellement provient de ce qu'elle attaque et dissout une certaine quantité des matières solubles et surtout de la matière colorante du bois de chêne qui sert à confectionner les tonneaux dans lesquels on la renferme aussitôt qu'on l'a obtenue.

D'après M. Fauré, de Bordeaux, l'eau-de-vie et les esprits enlèvent aux *merrains* de chêne cinq substances distinctes, à savoir : du tannin, de l'acide gallique, de la matière colorante jaune ou quercitrin, de la matière extractive amère et une résine particulière à saveur et odeur balsamiques qu'il nomme *quercine*. Mais tous les *merrains* ne cèdent pas aux liquides spiritueux les mêmes proportions de ces principes ; ceux qui ont le moins d'action sur ces liquides sont ceux d'Amérique ; ceux qui leur communiquent la séve la plus agréable sont ceux de Dantzig, de Stettin, de Riga, et d'Angoulême ; enfin ceux qui leur donnent le plus de couleur sont les bois de Bosnie, de la Dordogne, de l'Angoumois, de Bayonne, de Méaul et de Lubeck.

Pour obtenir plus rapidement et plus complétement la suavité particulière et le goût de *rancio* qu'acquièrent les eaux-de-vie par leur long séjour dans les tonneaux, il faut donc les renfermer dans des futailles du bois le plus propre à les leur donner ; or, les bois les moins chargés de matière extractive amère, contenant le plus de quercine et de quercitrin, doivent être préférés, et ce sont ceux du Nord et de l'Angoumois.

Les débitants des grandes villes fabriquent presque toujours eux-mêmes leurs eaux-de-vie en coupant les *trois-six* avec de l'eau pour les ramener à 50°, parce qu'ils économisent ainsi sur les transports et autres frais ; ils les colorent ensuite avec du caramel, du suc de réglisse ou du cachou, et les aromatisent de diverses manières. Mais ces mélanges n'ont jamais la saveur agréable des eaux-de-vie naturelles, et un palais un peu exercé les distingue facilement.

Toutes les liqueurs fermentées ne contiennent pas la même quantité d'esprit. Le vin est, de toutes, celle qui en renferme le plus ; mais la proportion d'alcool varie singulièrement dans les différentes espèces de vins. Le tableau ci-joint le prouve :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUANTITÉS D'ALCOOL PUR

CONTENUES DANS 100 PARTIES DE LIQUEUR, EN VOLUMES :

Vin de Lissa	23,47	Vin de Bordeaux, rouge, le moins spiritueux	7,5 à 8,00
de Madère	20,48	de Bordeaux, blanc, le moins spiritueux	7 à 8,00
de Porto	20,22	de Bourgogne, rouge	7,66
de Constance, blanc	18,17	de Mâcon, rouge	7,66
du Roussillon	16,67	de Châblis, blanc	7,33
de Collioure	16,10	Poiré de Sauge	8,66
de l'Ermitage, blanc	16,03	de la Seine-Inférieure	8,33
de Grenache	16,00	anglais	6,67
de Malaga	15,87	Cidre de la vallée de la Dive	7,40
de Jurançon, blanc	15,20	— d'Auge	6,50
de Saint-Georges	15,00	d'un an de St-Georges	6,66
de Sauterne, blanc	15,00	de Blangy	4,50
de Chypre	15,00	d'Angleterre	4,79
de Lunel	14,27	d'Amérique	4,41
de Tavel, pelure d'oignon	14,00	de Jersey	4,07
de Jurançon, rouge	13,70	d'Isigny	3,10 à 4,63
de Bergerac, blanc	13,65	d'Alençon	3,90
de Narbonne	13,00	de Lisieux	3 à 3,50
d'Angers	12,90	doux de Jersey	1,17
de Champagne, non mousseux	12,00	Ale de Burton	8,16
de Grave	12,30	d'Édimbourg	5,70
de Frontignan	11,76	de Dorchester	5,11
de Tonnerre, bl.	11,33 à 11,66	Bière moyenne anglaise	6,32
— rouge.	9,33 à 11,66	forte, brune, anglaise	6,25
de Champagne, mousseux	11,60	Porter de Londres	3,88
de Côte-Rôtie	11,45	Petite bière de Londres	1,17
de Cahors, rouge.	10 à 11,00	Bière de Rouen, forte	3 à 8,0
du Rhin	11,11	— ordinaire	2,66
de Bordeaux, rouge, le plus spiritueux	11,00	— pet. bière.	0,8 à 1,0
de Mâcon, blanc	11,00	de Strasbourg, vieille	3,90
de Picardan, blanc	10,00	— nouvelle.	3,00
d'Anjou, blanc	10,00	de Lille, supérieure	4,46
de Tokay	9,08	— rouge	2,90
de Pouilly, blanc	9,00	— blanche	2,90
d'Entre-deux-Mers, blanc	9,00	de Lyon	4,13
		double de Paris	2,50
		Petite bière de Paris	1,00
		Hydromel	6,67

Le meilleur moyen de reconnaître la proportion d'alcool contenu dans un vin ou toute autre boisson spiritueuse, c'est d'en distiller une portion, de noter le volume d'alcool faible obtenu, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de déterminer son degré, à l'aide de l'aréomètre, afin de calculer la quantité d'alcool absolu ou pur qu'il représente. Descroizilles (1) a imaginé, pour ces essais, un petit alambic que Gay-Lussac, et plus récemment MM. Duval et Salleron ont perfectionné.

Cet appareil, dont voici la figure (*fig.* 451) se compose d'une petite cucurbite de cuivre A, surmontée d'un chapiteau B portant à sa partie

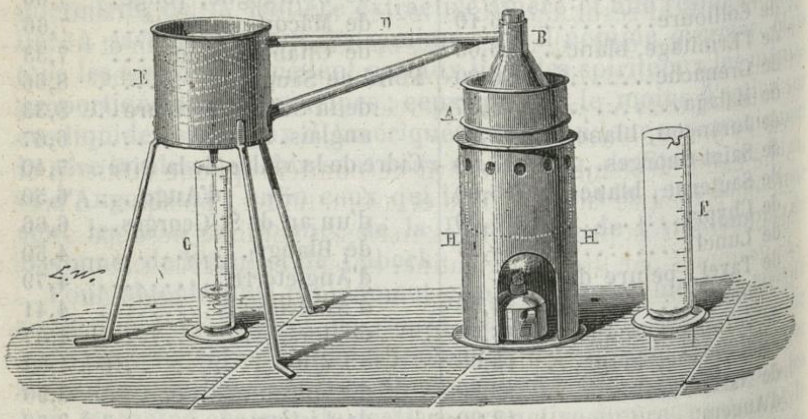


Fig. 451.

supérieure et latérale une ouverture qui est en communication avec l'extrémité d'un tube D, contourné en spirale et placé dans un réfrigérant de cuivre E.

A cet alambic sont jointes deux cloches à pied graduées. La plus grande F porte 300 divisions, qui représentent 150 millilitres. La seconde G est également divisée en millilitres et porte 180 divisions, dont 100 représentent 50 millilitres.

Lorsqu'on veut se servir de cet alambic, on commence par verser du vin dans la grande éprouvette jusqu'à la division 300. On l'introduit dans l'alambic, puis on adapte à celui-ci le réfrigérant, et on place l'alambic

(1) Descroizilles, né à Dieppe, est un des chimistes praticiens qui ont rendu le plus de services à l'industrie, et notamment à celle de la Normandie. Doué d'une vive imagination et d'une activité incroyable, il ne tarda pas, au sortir du laboratoire de Rouelle, à signaler sa présence à Rouen par une foule d'inventions utiles qui ont rendu son nom à jamais célèbre. A peine le procédé de blanchiment par le chlore eut-il été publié par Berthollet, que Descroizilles s'empressa de le mettre en pratique dans son établissement de Lescure-lez-Rouen; il réussit parfaitement, et bientôt même, par les améliorations qu'il sut y apporter, il décida son adoption dans toutes les fabriques. Après avoir perfectionné le procédé de Berthollet pour l'extraction du chlore, il imagina de mettre de la craie en sus-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans un cylindre ou manchon de tôle HH échancré, faisant office de fourneau; le tout est chauffé par une lampe à esprit-de-vin.

On place la petite éprouvette au-dessous du réfrigérant pour recueillir le produit alcoolique. On a soin, pendant la distillation, de tenir de l'eau froide dans le réfrigérant et d'humecter continuellement la toile dont on entoure le tuyau du chapiteau. On arrête la distillation lorsqu'on a recueilli dans l'éprouvette précisément le tiers du vin employé, c'est-à-dire lorsque le liquide s'élève à la division 100. On détermine alors la richesse alcoolique de ce produit au moyen de l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac, et en divisant par 3 le nombre qui la représente, on a celle du vin employé. Supposons, par exemple, qu'en agissant comme je viens de le dire, on ait obtenu 100 parties d'alcool à 24°,5 de l'alcoomètre centésimal, à la température de + 15°, on en conclura que la richesse alcoolique du vin est de

$$\frac{24,50}{3} = 8,166$$

c'est-à-dire qu'il renferme 8,16 p. 100 d'alcool absolu ou complétement pur.

On voit que ce mode d'essai donnant immédiatement la quantité d'alcool absolu contenue dans le vin, il sera facile d'en conclure la quantité d'eau-de-vie à un degré quelconque qu'il pourra fournir, sachant que l'eau-de-vie à 19° contient 50 p. 100 d'eau; celle à 20°, 47,5; celle à 21°, 44,4; et celle à 22°, 41,3 p. 100.

Les aréomètres de Baumé et de Cartier, dont on se sert depuis longtemps pour juger du degré de force ou de concentration de l'eau-de-vie et des esprits, font bien connaître si un liquide spiritueux est plus ou moins dense qu'un autre, et par conséquent s'il contient moins ou plus d'alcool; mais ils n'offrent aucun rapport

---

pension dans l'eau où il recueillait ce gaz, et mit ainsi sur la voie de la découverte importante des chlorures de chaux, de potasse, etc. Il eut l'heureuse idée de construire, d'après le procédé d'analyse des alcalis par Vauquelin, un instrument qui pût être manié facilement par les hommes étrangers à la science. Il imagina l'*alcalimètre*, qu'il fit servir aussi à l'évaluation du titre des vinaigres et de la force des dissolutions de chlore; c'est ce qu'il appela l'*acétimètre* et le *berthollimètre*. C'est encore à Descroizilles qu'on doit le premier instrument et le seul qui puisse donner des indications exactes sur la valeur vénale des vins à distiller..... Membre de l'Académie et de la Société d'Émulation de Rouen, il a composé différents mémoires qui tous attestent sa haute capacité et ses solides connaissances pratiques en chimie. Dans les dernières années de sa vie, il alla habiter Paris, où il était secrétaire du Conseil général des Manufactures. Il y mourut presque octogénaire, le 14 avril 1825. Malgré les immenses services qu'il a rendus à l'industrie normande, aucun de ses compatriotes n'a songé encore à les rappeler au monde savant et industriel par une notice biographique. C'est à peine si les Sociétés savantes dont il fut un des membres les plus instruits, ont consacré quelques lignes à sa mémoire! J'essaierai plus tard de réparer ce regrettable oubli.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simple entre les degrés qu'ils indiquent et la pesanteur spécifique des liquides ou la quantité d'alcool qu'ils renferment.

Gay-Lussac, en 1824, a doté le commerce d'un instrument précieux, connu sous le nom d'*alcoomètre centésimal*, dont les indications, faciles à constater, permettent de déterminer immédiatement la valeur relative des divers mélanges, en faisant connaître les quantités d'alcool auxquelles elles correspondent. C'est, quant à la forme, un aréomètre ordinaire (*fig.* 452). Cet instrument a été gradué à la température de 15° centigrades (12° Réaumur); son échelle est divisée en 100 parties qui constituent les degrés. Ces degrés ne sont point égaux en longueur, mais ils sont tels, que le nombre qui exprime le degré exprime aussi, en centièmes, la quantité d'alcool contenue dans le liquide. Ainsi, le trait le plus bas porte 0°, et correspond à l'eau pure; le trait le plus élevé porte le nombre 100 et correspond à l'alcool absolu. Si l'instrument, plongé dans un liquide spiritueux, s'enfonçait jusqu'au 60me degré, cela indiquerait que ce liquide contient 60 volumes d'alcool pur et 40 d'eau. Il est facile de voir qu'à l'aide de cet instrument on peut savoir immédiatement la quantité d'alcool contenue dans un volume connu d'un liquide spiritueux. En effet, il suffira pour cela de multiplier le nombre qui exprime le volume du mélange par celui qui exprime le degré ou les centièmes d'alcool. Ainsi, 350 litres d'un alcool marquant 60° centésimaux contiendront



Fig. 452.

$$350 \times 0{,}60 = 210 \text{ litres d'alcool absolu.}$$

Cette connaissance s'acquiert immédiatement et, pour ainsi dire, à la seule inspection de l'instrument. On conçoit, d'après cela, l'immense avantage qu'il présente sur les autres pèse-liqueurs. L'Administration des Contributions indirectes et l'Octroi en ont adopté l'emploi. Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'alcoomètre ayant été gradué à la température de 15° centigrades, il y aurait une correction à faire subir aux résultats, si l'on agissait à une température différente; mais une table calculée pour tous les degrés de température depuis 0° jusqu'à 30° fait connaître immédiatement la force réelle d'un alcool quelconque et sa richesse en alcool absolu, telle qu'elle serait à la température de 15°. D'autres tables indiquent aussi le rapport qu'il y a entre les degrés centésimaux et ceux de Cartier (1).

(1) On trouvera ces tables dans le travail que Gay-Lussac a fait imprimer sous le titre de : *Instruction pour l'usage de l'alcoomètre centésimal et des tables qui l'accompagnent* (chez Collardeau, à Paris, faubourg Saint-Martin, n° 56).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici une table qui indique les titres des alcools du commerce :

	ARÉOMÈTRE de CARTIER.	ALCOOMÈTRE CENTÉSIMAL de GAY-LUSSAC.	DENSITÉS.
Eau-de-vie faible	16°,0	37°,9	0,957
	17,0	42,5	0,949
Eau-de-vie ordinaire, preuve de Hollande (1)	18,0	46,5	0,943
	19,0	50,1	0,936
	20,0	53,4	0,930
Eau-de-vie forte	21,0	56,5	0,924
	22,0	59,2	0,918
Esprit trois-cinq	29,0	78,0	0,869
Esprit trois-six ou alcool du commerce	33,0	85,1	0,851
Esprit trois-sept	35,0	88,5	0,840
Esprit rectifié	36,0	90,2	0,835
Esprit trois-huit	37,5	92,5	0,826
Alcool à 40°	40,0	95,9	0,814
Alcool absolu	44,19	100,0	0,794

§ 3. Des substances animales alimentaires.

Les aliments empruntés au règne animal sont surtout : les œufs, le lait et les chairs ou viandes. L'importance de ces matières, d'un usage si général, exige, Messieurs, que je vous apprenne les points les plus essentiels de leur étude chimique.

DES ŒUFS ET DE L'ALBUMINE.

L'œuf est la partie organique qui renferme le germe des animaux nommés, pour cette raison, *ovipares*. L'œuf des oiseaux,

(1) On regardait jadis l'eau-de-vie comme étant de bon aloi et au titre convenable, lorsqu'après l'avoir agitée fortement dans un vase qui n'en était pas entièrement rempli, elle faisait la *perle* ou ce qu'on nommait aussi le *chapelet*, formé par un cercle non interrompu de petites bulles qui venaient se ranger contre la paroi interne du vase, à la surface du liquide. C'était ce qu'on appelait alors la *preuve de Hollande*.

On a encore quelquefois recours, dans le commerce, à l'épreuve de la poudre, qui conduit à des résultats erronés. On place de la poudre à canon dans une cuiller, on la recouvre d'eau-de-vie et on y met le feu. On dit que l'eau-de-vie est de bonne qualité lorsque l'inflammation se communique à la poudre. Mais, avec la même qualité d'eau-de-vie, on peut faire réussir ou manquer cette expérience : en effet, si l'on met trop d'eau-de-vie sur la poudre, celle-ci ne s'enflamme pas, parce qu'elle reste imbibée d'une trop grande quantité d'eau, résidu de la combustion de l'alcool ; si, au contraire, on en met très-peu, il y a combustion immédiate de la poudre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pourvu d'une enveloppe terreuse et dure, est plus souvent employé comme aliment par l'homme, et mieux connu que l'œuf des reptiles et des amphibies, dont l'enveloppe extérieure est formée par une peau tenace. Dans la plus grande partie de l'Europe, c'est l'œuf de la poule qui est en usage, à l'exclusion de presque tous les autres (1). Il se compose d'au moins quatre parties distinctes, savoir :

1° D'une *coquille* formée, d'après Vauquelin, de carbonate de chaux, qui en fait la majeure partie, de phosphate de chaux, de carbonate de magnésie, d'oxyde de fer, et d'une matière animale, probablement de nature albumineuse, qui sert de liant à ces substances terreuses; cette matière organique contient du soufre; c'est là ce qui explique le dégagement d'hydrogène sulfuré quand on traite par les acides les coquilles d'œufs qui ont été calcinées;

2° D'une *membrane* ou *pellicule* collée à la surface intérieure de la coquille, et qui la sépare des autres parties qu'elle renferme. Cette membrane se rapproche par sa composition élémentaire, d'après M. Scheerer, du tissu corné et de la laine. On lui accordait jadis de grandes vertus. On la croyait propre, par exemple, à guérir la fièvre intermittente, surtout lorsqu'elle était appliquée sur le bout du petit doigt, au commencement des accès. Lémery assure sérieusement que cette application détermine une douleur cuisante, et cette opinion extravagante est encore très-répandue dans la société;

3° Du *blanc* formé par des cellules lâches à parois très-minces et transparentes, pleines d'un liquide glaireux, d'un blanc verdâtre et fade, composé, en moyenne, de :

Eau	86,34
Principe azoté, nommé *albumine*	12,50
Membranes avec corpuscules organiques, traces de matière sucrée (glucose et lactine) et de margarine, carbonate, oléate et margarate de soude	0,50
Sels minéraux, notamment chlorure de sodium avec traces de phosphate de chaux	0,66
	100,00

(1) La consommation de Paris, en 1853, a été de 174 millions d'œufs qui, à 17 œufs par kilogramme, représentent un poids de 10,235,294 kilogr. Le mille d'œufs valant en moyenne 50 francs, on voit que la capitale dépense annuellement 8,700,000 fr. pour ce seul article d'alimentation. Comme on est assez d'accord pour évaluer la consommation de Paris, dans ses anciennes limites de 1859, au trentième de la consommation totale de la France, on arrive au chiffre énorme de 5 milliards d'œufs produits par 100 millions de poules, en admettant que chaque poule commune pond, en moyenne, 50 œufs par an pendant cinq années, ce qui paraît être exact. Or, 5 milliards d'œufs à 50 francs le mille représentent une valeur annuelle de 250 millions de francs pour la France entière. Il faut ajouter à ces chiffres, pour avoir une idée approximative de l'importance du commerce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'*albumine* du blanc d'œuf contient du soufre au nombre de ses éléments, comme vous le verrez bientôt. Voilà ce qui explique la couleur noire que prennent les vases d'argent dans lesquels on fait cuire les œufs, et l'odeur d'hydrogène sulfuré qu'ils répandent quand on les garde pendant quelque temps;

4° Du *jaune*, matière de consistance épaisse, d'une saveur douce et huileuse, composée, d'après M. Gobley, de toutes les substances suivantes :

Eau	51,486
Substance azotée, distincte de l'albumine et nommée *vitelline*	15,760
Matières grasses (margarine, oléine, acides oléique et margarique, *cholestérine* ou matière grasse de la bile).	28,968
Autres matières organiques azotées, matières colorantes rouge et jaune	1,253
Acide phosphorique uni à la glycérine	1,200
Sels minéraux (phosphates de chaux et de magnésie, chlorures de sodium et de potassium, sel ammoniac, sulfate de potasse)	1,333
Acide lactique et fer	traces.
	100,000

Ce sont donc surtout les matières grasses qui dominent dans le jaune d'œuf; c'est à leur présence qu'il doit la propriété d'être saponifié par les alcalis; c'est à la *vitelline* qu'il doit celle de se durcir par la chaleur et de former avec l'eau une liqueur émulsive qui peut servir d'intermède pour tenir en suspension dans l'eau le camphre, les huiles et les résines.

Enfin, outre ces parties, on remarque encore dans l'œuf des ligaments appelés *glaires*, et la cicatricule, qui n'ont été l'objet d'aucune recherche.

Un œuf de poule nouvellement pondu pèse entier, en moyenne, 69gr,2 :

La coquille pèse	8,0
Le blanc	41,3
Le jaune	19,9

Vous voyez, Messieurs, par ce qui précède, que l'œuf contenant réunies des matières azotées, grasses et salines, qui sont indispensables à la formation des tissus et du sang, doit être un aliment essentiellement nutritif; c'est ce que l'expérience journalière vous a suffisamment révélé.

---

des œufs, qu'en 1859, on a exporté, principalement en Angleterre, 11,339,784 kil. d'œufs valant 13,040,752 francs, et qu'on en a importé de l'Allemagne, de la Belgique, de la Sardaigne et de la Prusse 2,225,323 kilogr. valant 2,447,855 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De tous les principes constitutifs de l'œuf, le plus intéressant à connaître, c'est celui dont j'ai déjà parlé plusieurs fois sous le nom d'*albumine*. Ce mot dérive d'*albumen*, par lequel les Latins désignaient le liquide glaireux ou *blanc* de l'œuf.

Vous savez déjà, par nos leçons antérieures, que cette matière azotée existe dans les graines des céréales, dans les semences des légumineuses et, en général, dans toutes celles qui, broyées avec de l'eau, rendent le liquide lactescent et produisent des *émulsions*; les graines oléagineuses sont surtout dans ce cas. On la trouve encore dans tous les sucs végétaux où la chaleur détermine un *coagulum*.

Mais c'est principalement dans les diverses parties, solides ou liquides, de l'économie animale, qu'on la rencontre en plus grande quantité. On peut dire qu'il n'y a pas d'organe, pas de produit sécrété et excrété qui n'en renferment.

Nous ne connaissons pas, toutefois, l'albumine pure, car, de quelque substance qu'on la retire, elle est toujours mêlée à des sels ou à d'autres matières étrangères. L'albumine de l'œuf, étant la moins impure, est celle que l'on peut choisir pour faire l'étude de ses propriétés. C'est ce que je vais faire.

L'albumine est plus ou moins visqueuse et filante; elle mousse beaucoup par l'agitation; elle se dissout très-facilement dans l'eau froide, abstraction faite du réseau cellulaire, qu'on peut séparer par le filtre. Cette dissolution, qui conserve une teinte opaline et qui verdit le sirop de violette, à cause de la petite quantité de soude qu'elle contient, est troublée par le chlore, l'esprit-de-vin, les acides forts, le tannin, qui coagulent et précipitent l'albumine. Le précipité produit par l'acide azotique avec cette dernière substance est tellement insoluble, que cet acide détermine un trouble sensible dans une liqueur qui n'en contient que des traces. Les acides acétique et phosphorique sont, pour ainsi dire, les seuls qui ne la précipitent pas.

L'acide chlorhydrique versé en excès sur l'albumine lui fait acquérir, au bout de quelque temps, une teinte bleue très-intense, qui persiste pendant plusieurs mois, mais qui, à la longue, se fonce et noircit. Malheureusement, ce caractère si tranché se retrouve dans d'autres substances azotées, en sorte qu'il ne peut servir, à lui seul, à la distinguer des autres matières animales.

Tous les sels métalliques forment, avec l'albumine, des composés insolubles, dans lesquels elle joue le rôle d'un acide, et voilà pourquoi elle trouble toutes les dissolutions métalliques des quatre dernières sections. Les précipités, dans ce cas, ont des couleurs différentes, mais ils sont floconneux; ce sont des *albuminates*, qu'un léger excès d'albumine ou de potasse caustique redissout. Avec le sulfate de cuivre, l'albumine donne lieu à un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

précipité verdâtre que la potasse redissout en colorant la liqueur en beau violet. C'est alors un véritable sel double, très-stable, qui résiste à l'évaporation, et dont on tirera sans doute parti dans la peinture.

C'est en raison de cette action remarquable qu'on fait usage, avec un grand succès, des blancs d'œufs délayés dans l'eau pour le traitement des empoisonnements produits par les sels métalliques, et spécialement par les sels de cuivre et de mercure, à cause de l'innocuité des composés insolubles qui se forment. C'est à Orfila qu'on doit d'avoir pleinement démontré cette vérité, confirmée, le 25 février 1825, d'une manière éclatante, par l'accident arrivé au célèbre professeur Thenard, qui, ayant bu par méprise une dissolution de *chloride de mercure* (*sublimé corrosif*), dut son prompt rétablissement à des blancs d'œufs qu'il avala aussitôt qu'il eut reconnu sa fatale erreur.

L'albumine est un réactif si sensible pour le chloride de mercure, qu'elle forme un trouble apparent dans un liquide qui ne contient que cinq dix-millièmes de ce composé mercuriel. Mais ce précipité se dissout très-bien dans l'eau salée; aussi, dans le traitement de l'empoisonnement par le sublimé corrosif au moyen du blanc d'œuf délayé dans l'eau, il faut provoquer le vomissement le plus tôt possible, pour éviter qu'une partie du composé, formé par l'antidote, ne reste dissous dans les organes digestifs à la faveur du sel marin contenu dans les aliments habituels.

L'albumine liquide, desséchée spontanément à l'air, à la température ordinaire, devient vitreuse, transparente et jaunâtre. Dans cet état, elle a beaucoup de rapports avec la gomme arabique. Elle se redissout dans l'eau avec facilité et reproduit le même liquide glaireux. Cette dissolution très-rapprochée, étendue en couches minces sur des surfaces, forme un vernis brillant, souvent employé pour lustrer la reliure des livres, les tableaux, les boiseries, etc. Les indienneurs en font aussi un fréquent usage pour faire adhérer aux tissus les couleurs insolubles qu'ils y superposent (1).

(1) L'albumine vitreuse, en petites écailles jaunâtres, est maintenant un produit commercial, qu'on obtient en desséchant le blanc glaireux dans des vases larges et peu profonds au-dessous desquels on fait circuler de la vapeur d'eau, mais de manière que la température ne dépasse pas 50 à 55°. A l'exposition universelle de 1855, il y avait de très-beaux échantillons de ce produit. Les fabriques de toiles peintes d'Alsace en consomment annuellement 125,000 kilogr., qui, à 12 fr. chacun, représentent une valeur de 1,500,000 fr. En raison du prix élevé de cette matière, l'idée est venue de retirer l'albumine du sérum du sang. Il n'est pas très-facile de décolorer ce liquide ; cependant MM. Rohart, Boyer et Pillans, de Londres, y sont parvenus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tandis que, desséchée, l'albumine se conserve indéfiniment en vases clos, liquide, elle se putréfie promptement, et d'autant plus vite qu'elle est plus étendue d'eau; elle répand alors une odeur infecte d'hydrogène sulfuré. C'est l'odeur qu'exhalent les œufs gâtés ou anciennement pondus. M. Mosselman a trouvé le moyen de conserver parfaitement le blanc de l'œuf à l'état glaireux, en y ajoutant 5 p. 100 de son poids de sulfite neutre de soude.

Lorsqu'on l'expose à l'action de la chaleur, elle répand une odeur particulière, et *se coagule*, comme on le dit habituellement, c'est-à-dire qu'elle se prend en une masse solide, blanche et opaque, qui n'est plus soluble dans l'eau. Cet effet, qui se produit à la température de + 60 à 75°, à l'abri comme au contact de l'air, est uniquement dû à la grande cohésion que prennent ses molécules par l'action de la chaleur. Cette coagulation n'a plus lieu quand l'albumine est dissoute dans une grande quantité d'eau, probablement à cause de l'éloignement considérable de ses molécules. Cette circonstance permet d'expliquer pourquoi les œufs conservés depuis quelque temps cuisent plus promptement que les œufs récemment pondus. C'est que, dans les premiers, le *blanc* a perdu, par l'évaporation à travers la coquille, une partie de l'eau qui tient l'albumine en dissolution; et, en effet, on remarque toujours dans ces œufs un vide plus ou moins grand qui n'existe pas dans les œufs frais.

Cette albumine coagulée ne se dissout que dans les liqueurs alcalines. Elle n'a plus aucune des propriétés distinctives de l'albumine liquide. Dans les arts, on met à profit, à chaque instant, la propriété que celle-ci possède de se coaguler, pour clarifier des dissolutions salines ou sucrées, et autres liqueurs troublées par des matières en suspension. En effet, si l'on verse dans ces liquides bouillants une certaine quantité de blanc d'œuf, il forme, en se coagulant, une espèce de réseau qui réunit et entraîne à la surface les particules étrangères sous forme d'une écume qui durcit par le refroidissement. Il sert aussi à froid, et par le même mécanisme, pour clarifier les vins, les vinaigres, les liqueurs de table. C'est alors le tannin, l'alcool ou les acides libres, existant dans ces divers liquides, qui font office de corps coagulant. Ce qu'on nomme *poudre clarifiante pour les vins*, est un mélange de charbon animal et d'albumine desséchée.

Chez les pharmaciens, on se sert aussi de l'albumine fouettée et réduite en mousse, pour donner de la blancheur et de la légèreté aux pâtes de guimauve et de réglisse. Le blanc d'œuf joue aussi un très-grand rôle dans la confection des pâtisseries délicates, des meringues, etc. Il donne du luisant au cirage, et dans les laboratoires on l'emploie pour faire, avec la chaux, un lut très-siccatif.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quelle que soit son origine, l'albumine offre toujours la même composition. C'est ce que vous allez voir en lisant les résultats suivants, dus à MM. Dumas et Cahours :

ALBUMINE.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	AZOTE.	OXYGÈNE avec PHOSPHORE ET SOUFRE.
Du sang de bœuf.....	53,40	7,20	15,70	23,70
— d'homme.....	53,32	7,29	15,70	23,69
Du blanc d'œuf.....	53,37	7,00	15,77	23,76
Du jaune de l'œuf ou *vitelline*.....	51,60	7,22	15,02	26,16
De la farine.....	53,74	7,11	15,66	23,50
Des semences légumineuses ou *légumine*...	50,53	6,91	18,15	24,41
Des amandes douces ou *amandine*.....	50,90	6,72	18,93	23,41

La *légumine* a été longtemps confondue avec l'albumine. Comme celle-ci elle est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et l'éther, coagulable par la chaleur, précipitable par les acides ; elle en diffère parce qu'elle est précipitée par les acides acétique et phosphorique ; le précipité est soluble dans les alcalis et dans un excès d'acide acétique.

QUARANTE-NEUVIÈME LEÇON.

DES ORGANES EMPLOYÉS DANS L'ALIMENTATION. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Du lait. — Étude spéciale du lait de vache. — Sérum ; *sucre de lait* ; *acide lactique*. — Caséine ; crème ; beurre et fromages ; *acide butyrique*. Composition des diverses espèces de lait. — Falsifications du lait dans les grandes villes. — Instruments pour les découvrir. — De la chair des animaux ou des *muscles*. — *Fibrine*. — De la préparation du bouillon et théorie du pot-au-feu.

DU LAIT.

Je passe maintenant à l'étude d'un liquide très-précieux comme aliment. Je veux parler du LAIT, fluide sécrété par les glandes mammaires des femelles des animaux connus sous le nom de *mammifères*. Il est destiné, comme vous le savez, Messieurs, à nourrir leurs petits : aussi sa formation a-t-elle lieu un peu avant leur naissance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Blanc, opaque, d'une légère odeur particulière, d'une saveur sucrée et agréable, un peu plus pesant que l'eau, rougissant presque toujours, mais très-faiblement, les couleurs bleues végétales, le lait offre des différences souvent assez tranchées, non-seulement pour chaque espèce d'animal, mais aussi pour chaque individu, à raison des climats, des saisons, de l'exercice, du genre d'alimentation, et d'une foule d'autres circonstances susceptibles d'exercer quelque influence sur le physique ou le moral de l'animal. On sait que le chagrin, la colère, la peur, le saisissement, en tarissent subitement le cours; que l'odeur âcre des alliacées et des crucifères, l'amertume de l'absinthe, l'âcreté de la tithymale et de la gratiole, le parfum des fleurs passent dans ce liquide; que les gousses de pois verts lui donnent un goût particulier et le rendent moins coagulable; enfin, que certaines matières tinctoriales, telles que la garance, l'indigo, le safran peuvent en modifier la teinte.

C'est surtout le lait de la vache qui a été l'objet du plus grand nombre d'observations de la part des chimistes; aussi est-il mieux connu que les autres. C'est donc lui que je vais examiner d'abord.

Vous n'ignorez pas que le lait, abandonné au repos dans un lieu frais et tranquille, au contact de l'air, se couvre bientôt d'une couche jaunâtre, onctueuse et épaisse, connue vulgairement sous le nom de *crème*. Celle-ci séparée, il reste un liquide d'un blanc bleuâtre, plus dense et moins consistant; c'est ce qu'on appelle le *lait écrémé*.

Si l'on chauffe celui-ci à une température de 40 à 50°, et qu'on y ajoute un peu de *présure*, c'est-à-dire de la membrane interne de l'estomac du veau, ou si on le laisse en repos pendant un certain temps, on verra se produire, au sein du liquide, un coagulum de plus en plus considérable, blanc, opaque et solide, et le liquide restant sera devenu transparent et jaunâtre.

Le coagulum est connu sous les noms de *caillé*, de *caséum*, de *matière caséeuse*, de *caséine;* le liquide jaunâtre porte ceux de *sérum* et de *petit-lait*.

Voici donc trois corps bien distincts : la *crème*, la *caséine* et le *sérum*, qu'on parvient à séparer du même fluide par des moyens presque naturels. Examinons chacun d'eux en particulier, mais dans l'ordre inverse où je viens de les nommer.

Le SÉRUM ou PETIT-LAIT, qui fait environ les 9/10es du lait écrémé, peut être considéré comme de l'eau tenant en dissolution des sels (chlorures de sodium et de potassium, phosphates de potasse, de soude, de chaux, de magnésie, de fer, de manganèse, sulfate de potasse, lactates de potasse et de soude), de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lactine, un peu d'albumine et de caséine soluble, enfin des traces d'acide *lactique*.

Ce liquide est tantôt alcalin, tantôt acide; cette acidité augmente, par son repos au contact de l'air, jusqu'à une certaine époque, et, si on le distille alors, on en retire une quantité très-sensible de vinaigre. Si on l'évapore avec précaution jusqu'en consistance sirupeuse, et qu'on abandonne le résidu à un refroidissement très-lent, il s'en dépose, avec le temps, des cristaux irréguliers d'un jaune brun. Ces cristaux, purifiés et blanchis par plusieurs dissolutions et cristallisations successives, sont des prismes à quatre pans, terminés par des sommets à quatre faces (*fig.* 453). Ils constituent la *lactine* ou *lactose* des chimistes, ou le *sucre de lait* du commerce, $C^{24}H^{24}O^{24}$, dont je vous ai déjà parlé en traitant des sucres. C'est un Italien, Fabricius Bartoletti, qui le premier en fit mention, en 1619, sous le nom de *manne* ou *nitre du sérum de lait*. Il paraît cependant que les brahmanes de l'Inde savaient le préparer bien longtemps avant cette époque, au rapport de Kempfer, cité par Haller. L'extraction de ce principe a lieu en Suisse.

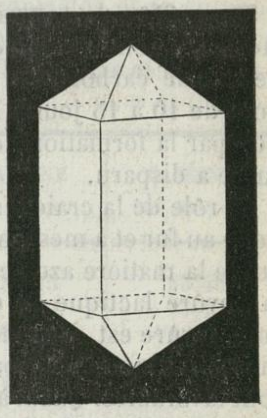


Fig. 453.

Ce qui caractérise la *lactine*, c'est que, comme les gommes, elle fournit de l'*acide mucique* au moyen de l'acide azotique; que les acides minéraux faibles la convertissent, par l'ébullition, en un glucose spécial, nommé *glucose lactique;* et que, sous l'influence des matières albuminoïdes ou des membranes animales, elle se transforme en acide lactique.

C'est avec le sucre de lait que, du temps de Napoléon Ier, on allongeait les cassonnades, alors d'un prix fort élevé. Cette fraude est facile à reconnaître au moyen de l'alcool à 85° bouillant, qui dissout très-bien le sucre de canne, et nullement la lactine.

Quant à l'*acide lactique*, découvert en 1780 par Schèele, et dont la composition est représentée par $C^{12}H^{10}O^{10},2HO$, il existe dans la plupart des liquides animaux (sang, urine, suc gastrique), dans la chair musculaire, dans le jaune de l'œuf. Il se produit avec une extrême facilité par les métamorphoses du sucre, de la gomme, de la dextrine, de l'amidon, de la lactine sous l'influence d'un ferment spécial que M. Pasteur a découvert et qu'il nomme *levûre lactique*. Ce ferment est composé de globules ou d'articles très-courts, isolés ou en amas, beaucoup plus petits que ceux de la levûre de bière; il n'en faut qu'une quantité infinitési-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

male pour transformer un poids considérable de sucre en acide lactique ; mais pour que cette espèce de fermentation, dite *fermentation lactique*, marche bien, il est indispensable que le sucre soit en présence de matières azotées : caséum, gluten, albumine, fibrine, membranes animales, etc., à la température de + 30 à 35° et que le milieu soit constamment neutre.

On réalise facilement cette condition, en opérant de la manière suivante : on dissout 1 kilog. de mélasse dans 4 litres 1/2 d'eau bouillante, on ajoute 500 gram. de craie et une centaine de grammes de caillé de lait déjà un peu ancien, on mélange bien le tout et on abandonne dans une étuve chauffée à 30 ou 35° ; de temps en temps, on agite avec un bâton pour faciliter l'action de la craie sur l'acide lactique qui se produit ; de l'acide carbonique pur ou mêlé d'hydrogène se dégage ; au bout de 10 à 15 jours, la masse devient presque entièrement solide par la formation de lactate de chaux grenu, et toute trace de sucre a disparu.

Le rôle de la craie est fort simple ; c'est de saturer l'acide lactique au fur et à mesure de son apparition ; quant à celui du caillé ou de la matière azotée, c'est de servir d'aliment aux globules de la levûre lactique et de contribuer à leur développement, car cette levûre est, comme la levûre de bière, un véritable végétal microscopique qui apparaît et se propage dans les milieux qui lui sont favorables. Quant à la conversion du sucre interverti en acide lactique, elle est facile à concevoir, puisque ce dernier a la même composition que le sucre, $C^{12}H^{10}O^{10},2HO$, et qu'il n'en diffère que par un autre groupement moléculaire.

Mais la fermentation lactique n'est pas toutefois aussi simple qu'elle le paraît au premier abord, puisqu'il se dégage de l'hydrogène et qu'il y a toujours une production d'acide butyrique ($C^8H^8O^4$), qu'on retrouve à l'état de butyrate mêlé au lactate.

Quoi qu'il en soit, lorsqu'on veut isoler l'acide lactique ainsi procréé, on traite le produit solide de l'opération précédente par l'eau bouillante, à plusieurs reprises ; on dissout le lactate de chaux qu'on fait cristalliser plusieurs fois pour le purifier. En le traitant ensuite par de l'acide sulfurique faible alcoolisé, on rend l'acide lactique libre, en formant du sulfate de chaux insoluble. On filtre et on fait bouillir la liqueur acide avec du carbonate de zinc jusqu'à neutralisation ; le lactate de zinc cristallise par le refroidissement ; on le purifie par une seconde cristallisation, et pour en extraire l'acide lactique, on fait passer dans sa dissolution un courant d'hydrogène sulfuré.

Il se présente sous la forme d'un sirop incolore, inodore, très-sapide, miscible à l'eau et à l'alcool en toutes proportions, et produit en général des sels très-solubles dont beaucoup sont même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

incristallisables. — Le lactate de fer joue, depuis 1840, un rôle important dans le traitement de la chlorose.

La CASÉINE, reconnaissable à son apparence de grumeaux blancs, est, quand elle est tout à fait pure, un principe immédiat qui a beaucoup d'analogie avec l'albumine coagulée. Elle est insipide, inodore, insoluble dans l'eau, mais soluble dans les alcalis et dans les acides faibles. Elle est très-riche en azote, et par conséquent très-altérable au contact de l'air.

On retrouve dans le sang de bœuf et de brebis, dans le sang de quelques individus malades, dans le gluten des céréales, une substance que M. Dumas confond, par ses propriétés et sa composition, avec la caséine du lait. Voici la composition élémentaire des diverses variétés de caséine, d'après MM. Dumas et Cahours :

	CASÉINE DU LAIT DE VACHE	CASÉINE DU SANG	CASÉINE DU GLUTEN
Carbone	53,50	53,75	53,46
Hydrogène	7,05	7,09	7,13
Azote	15,77	15,87	16,04
Oxygène, Soufre, Phosphore	23,68	23,29	23,37
	100,00	100,00	100,00

C'est exactement la composition de l'albumine; aussi les deux substances sont-elles isomériques.

La caséine est une substance très-nutritive, qui fait la base de tous les fromages et qui constitue presque entièrement ceux de qualité inférieure. Les fromages gras et onctueux sont préparés avec le lait non écrémé, qu'on coagule au moyen de la présure, et dont le caillé, mélange de beurre et de caséine plus ou moins imprégné de sérum, est mis à égoutter sur des claies, salé et conservé à la cave jusqu'à ce qu'il ait acquis, par la fermentation, l'odeur et la saveur propres à chaque qualité de fromage.

Les fromages préparés avec le lait écrémé ne renferment presque pas de beurre; on les obtient en comprimant fortement, salant et laissant fermenter, à la cave, la matière caséeuse, qui devient peu à peu jaunâtre, demi-transparente et sèche.

La saveur piquante des fromages est due, en grande partie, à des sels ammoniacaux, et surtout à une huile jaune, très-âcre, qui se produit pendant la fermentation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En vieillissant, il en est beaucoup qui acquièrent des qualités vénéneuses et qui produisent de véritables empoisonnements, à la manière des viandes fumées et corrompues (1).

La caséine formant avec la chaux un composé insoluble et imputrescible, on a mis cette propriété à profit pour employer le lait caillé dans la peinture en détrempe, pour préparer des mastics susceptibles de recevoir toute espèce de peinture ou d'impression, pour remplacer l'albumine dans l'application des couleurs sur les toiles, et pour coller ou souder les feuilles de bois avec lesquelles on fabrique les planches d'impression. — La dissolution de la caséine dans l'eau saturée de borax, possède une force agglutinative supérieure à la gomme, et elle peut remplacer avantageusement la colle-forte pour tous les ouvrages d'ébénisterie. En incorporant à la caséine 6 parties de magnésie calcinée et 1 d'oxyde de zinc, M. Wagner a obtenu, par la dessiccation de ce mélange, une matière d'une éclatante blancheur, fort dure, susceptible d'être taillée et polie, qui imite à s'y méprendre le silicate de magnésie naturel qu'on appelle *écume de mer*. On peut donc fabriquer à bon marché les fameuses pipes orientales.

La CRÈME est une substance de couleur jaune, dont la consistance augmente graduellement par l'exposition à l'air; au bout de quelques jours, elle est si épaisse qu'on peut renverser le vase qui la contient, sans qu'elle se déplace. En moins de huit à dix jours, elle moisit à la surface, perd sa saveur douce et onctueuse et acquiert celle d'un fromage gras. C'est là le procédé très-simple qu'on emploie pour faire les *fromages à la crème*.

La crème est d'autant plus abondante dans le lait que ce liquide est de meilleure qualité. On a remarqué que, par un temps d'orage, elle se sépare du lait en moins de douze heures.

Exposée à une température de 20 à 25°, et soumise à l'agitation dans un vase approprié, dans une *baratte* ou *serène* (*fig.* 454), la crème perd peu à peu de son onctuosité; il s'y forme des grumeaux solides, opaques et jaunâtres qui s'agglomèrent entre eux : c'est le BEURRE. La portion, qui ne se concrète pas, se rapproche, par les caractères extérieurs, du lait écrémé; elle en a

(1) Les fromages étaient un mets très-recherché chez les Romains et les Gaulois; ceux de Nimes et des Alpes étaient particulièrement en faveur; c'est avec le fromage des Alpes que l'empereur Antonin de Pise se donna une indigestion qui lui coûta la vie. Dans les Gaules, on exposait les fromages à la fumée des plantes aromatiques pour leur communiquer un goût particulier. A Rome et en Grèce, on trempait les vieux fromages dans du vinaigre pour leur restituer leur première saveur. (Pline, *Histoire naturelle*, XI, 42.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la fluidité et la demi-transparence; elle consiste en sérum tenant en suspension intime de la caséine et un peu de beurre; on l'appelle lait de *beurre* ou *babeurre*.

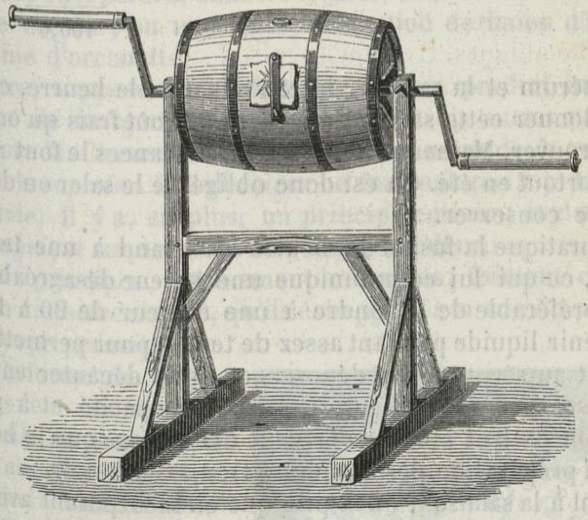


Fig. 454.

Berzelius a trouvé une crème d'une densité de 1,024, composée de :

Beurre	45
Caséine	35
Sérum	920
	1,000

L'analyse a donné pour la composition du *lait de beurre :*

Caséine et sels insolubles	34,1
Beurre	15,8
Lactine et sels solubles	53,4
Eau	896,7
	1000,0

Terme moyen, il faut 28 litres de lait pour obtenir 1 kilogr. de beurre, ce qui fait 35 gr. 1/2 par litre, et une bonne vache donne environ 64 kil. de beurre par an.

Lorsque le beurre est bien formé dans la baratte, on le sépare du lait de beurre qu'il renferme, en le lavant à grande eau et le malaxant jusqu'à ce qu'il ne la blanchisse plus sensiblement. On le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

livre alors au commerce. Il renferme, dans cet état, en moyenne :

Beurre pur	77,5
Caséine	1,6
Sérum	20,9
	100,0

Le sérum et la caséine, interposés dans le beurre, contribuent à lui donner cette saveur délicate et ce goût frais qu'on aime tant à y retrouver. Malheureusement ces substances le font rancir très-vite, surtout en été. On est donc obligé de le saler ou de le fondre pour le conserver.

On pratique la fusion du beurre en grand à une température élevée, ce qui lui communique une saveur désagréable et âcre. Il est préférable de le fondre à une chaleur de 90 à 100°, de le maintenir liquide pendant assez de temps pour permettre à la caséine et au sérum de se déposer, et de le décanter ensuite dans des vases propres et secs, de peu de capacité et à petits orifices. On obtient ainsi un produit aussi bon que le beurre frais pour la préparation des aliments (1).

Quant à la salaison, on la pratique en incorporant avec soin, au moyen du pétrissage, 500 gr. de sel séché au four et finement pulvérisé par 6 ou 10 kil. de beurre ; on renferme ensuite celui-ci dans des pots en terre ou des barriques à douves bien jointes, en recouvrant la surface du beurre d'une couche de sel. Quelquefois on sale le lait ou la crème avant le battage, ainsi que cela se pratique en Bretagne (2).

On peut conserver au beurre toute sa fraîcheur, pendant deux mois au moins, en l'enfermant dans une boîte de fer-blanc avec de l'eau très-légèrement acidulée, soit au moyen de 6 grammes d'acide tartrique et de 6 grammes de bicarbonate de soude par litre, soit avec 3 grammes environ d'acide acétique ou tartrique. Le couvercle du vase est soudé après coup. Ce moyen, pratiqué en grand, est dû à M. Bréon.

---

(1) Presque tout le beurre consommé à Constantinople est apporté de la Crimée et du Kirbay; il n'est pas salé. Les Tartares lui conservent sa douceur en le faisant fondre pendant qu'il est encore frais, et l'écumant avec soin.

(2) Le docteur Anderson a indiqué, en 1705, le moyen suivant de conserver le beurre : aussitôt que cette substance est séparée du lait de beurre, on y mêle intimement, dans la proportion de 1 sur 16, une poudre composée de 2 parties de sel, 1 partie de sucre et 1 partie de nitre ; puis on l'enferme dans le vase où il doit être gardé, en le pétrissant bien, de manière à ne laisser aucun vide. Le beurre ainsi préparé, n'a pas tout de suite un goût agréable ; mais, au bout d'une quinzaine de jours, il acquiert une saveur qu'aucun autre beurre ne présente naturellement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il en est du beurre comme des fromages; il diffère suivant l'animal qui le fournit, et aussi suivant la manière de traiter le lait. Il est naturellement très-peu coloré; mais l'habitude ou le caprice ayant donné une plus grande valeur à celui qui a une teinte jaune, on le colore, dans les fermes, avec des fleurs de souci, du suc de carotte, ou une légère décoction de baies d'asperge ou de racine d'orcanette.

Le beurre, supposé tout à fait pur, est un produit immédiat gras formé de margarine, d'oléine et de trois autres principes liquides que M. Chevreul a désigné sous les noms de *butyrine*, de *caprine* et de *caproïne*. Ces derniers ne forment que 2 p. 100 de la masse totale. Il y a, en plus, un principe colorant et des traces d'*acide butyrique* auquel le beurre doit son odeur.

Tous ces principes, intimement mélangés, forment des globules d'un diamètre si petit, qu'ils échappent à la vue simple; mais le microscope permet d'en constater la forme (*fig.* 455). Maintenus en suspension dans le lait, au moyen du caséum, ces globules sont la cause de la blancheur et de l'opacité du lait; le lait est donc une véritable émulsion analogue à celle qu'on obtient en agitant de l'huile avec de l'eau mucilagineuse. Par l'agitation qu'éprouve la crème dans la baratte, les globules butyreux se réunissent en grand nombre, s'isolent des autres matériaux du lait et constituent dès lors ces masses de beurre dont la formation est, pour ainsi dire, mécanique.

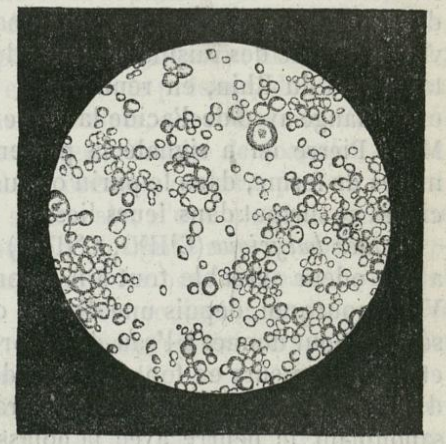


Fig. 455.

Les usages du beurre vous sont assez connus pour que je me dispense d'en parler. C'est un aliment dont l'emploi remonte à une antiquité reculée, puisque les Grecs et les Romains en avaient connaissance. Lorsqu'il est rance ou altéré par le feu, il présente une âcreté souvent nuisible, et la propriété qu'il possède, avec les autres graisses, de faciliter l'oxydation du cuivre et du plomb, dont il dissout rapidement les oxydes, expose journellement à des dangers contre lesquels il faut se mettre en garde. Un moyen bien simple que j'emploie depuis longtemps pour enlever au beurre sa rancidité, c'est de le pétrir avec une eau légèrement alcaline, c'est-à-dire renfermant un peu de bicarbonate de soude,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui dissout parfaitement bien l'acide butyrique et la caséine altérée qui donnent au beurre rance sa saveur détestable. Lorsque celle-ci a disparu par un lavage suffisant, on pétrit le beurre à plusieurs reprises dans de l'eau fraîche, puis on le sale immédiatement (1).

L'*acide butyrique* qui, lorsqu'il est pur, constitue un liquide incolore, très-mobile, d'une saveur très-acide et brûlante, bouillant vers + 164°, très-soluble dans l'eau, est représenté dans sa composition par la formule suivante : $C^8H^7O^3,HO$. En 1844, MM. Pelouze et Gelis ont découvert qu'on peut le produire artificiellement en grande quantité en soumettant la plupart des matières neutres (sucres, lactine, dextrine, amidon, gommes) à l'action prolongée du caséum et autres matières azotées, en présence de l'eau et de la craie. Il prend encore naissance dans l'action de l'acide azotique sur l'acide oléique, et dans d'autres réactions chimiques. Il existe tout formé dans le suc laiteux de l'arbre de la vache, et dans les fruits du caroubier, du tamarinier et de la saponaire. Les vins faits avec des raisins meurtris depuis longtemps, comme certains vins du Rhin, en renferment d'assez grandes proportions, en mélange avec de l'acide lactique (MAUMENÉ). J'ai déjà dit que M. J. Pierre en a signalé la présence dans les eaux brunes des mares de ferme, dans le purin ou jus de fumier, dans les mauvais cidres et surtout dans leurs lies.

L'*éther butyrique* (C^4H^5O, $C^8H^7O^3$) offre ceci de particulier qu'il a une odeur agréable tout à fait comparable à celle de l'ananas. Voilà pourquoi, depuis une dizaine d'années, les distillateurs s'en servent pour donner à l'eau-de-vie ordinaire l'apparence du rhum, et les parfumeurs en font une grande consommation sous le nom d'*essence d'ananas*. On l'obtient en grand, pour ces applications, en saponifiant le beurre avec la potasse caustique, dissolvant le savon produit dans un peu d'alcool pur et bouillant, et traitant la solution par un mélange d'alcool et d'acide sulfurique. Par la distillation, il se volatilise de l'éther butyrique ; on arrête l'opération lorsque le produit distillé cesse d'avoir une odeur agréable.

---

(1) Suivant Beckmann, les Grecs n'ont connu le beurre que fort tard, et ils en furent redevables aux Scythes, aux Thraces ou aux Phrygiens ; ce seraient les Germains qui en auraient fait connaître l'usage aux Romains ; ces derniers ne s'en servaient qu'en remède, pour oindre les enfants, et jamais en aliment. Les Espagnols n'en firent très-longtemps que des topiques pour les plaies. Dans les ordonnances indiennes de Wishnou, écrites douze siècles avant l'ère chrétienne, à ce que conjecture Beckmann, il est question de beurre pour certaines cérémonies religieuses. Il est parlé de beurre dans la Genèse (chap. XVIII, v. 8). Durant les premiers siècles de l'Église, on brûlait du beurre dans les lampes au lieu d'huile ; cette pratique s'observe encore dans l'Abyssinie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Maintenant, Messieurs, que vous connaissez les principes constituants du lait, je vais examiner ce liquide sous le rapport de ses propriétés chimiques et de ses applications.

Vous savez que, lorsqu'on chauffe ce liquide, il se forme à la surface une pellicule qui, s'opposant au libre dégagement de la vapeur aqueuse, détermine bientôt la tuméfaction de la masse, qui tend à se répandre hors du vase. Eh bien ! cette pellicule est principalement formée par la matière caséeuse. Elle se reforme à mesure qu'on l'enlève, jusqu'à ce que toute la caséine soit coagulée. C'est avec ce caillé cuit qu'on prépare l'aliment si recherché sous le nom de *crème de Sotteville*. Si l'on ajoute au lait cuit et concentré, du sucre, des amandes pilées et de l'eau de fleurs d'oranger, on en forme ce qu'on appelle la *frangipane*.

Le lait se mêle à l'eau en toutes proportions ; mais l'esprit-de-vin, les acides, presque tous les sels, en déterminent la coagulation, en précipitant la caséine et la séparant du sérum ou petit-lait. Les fleurs de l'*artichaut*, du *cardon*, de la plupart des *chardons*, de la *grassette*, du *caille-lait*, possèdent également cette propriété ; aussi sont-elles employées, en guise de présure, dans plusieurs localités ; leur effet n'est pas, toutefois, aussi certain. Elles doivent, sans doute, à des acides libres la faculté de coaguler le lait. Quant à la cause de l'action de la présure, on la rapporte à la présence, dans cette membrane stomacale, d'une matière azotée que le chimiste allemand Wasmann a désignée sous le nom de *pepsine*. C'est une espèce particulière de ferment qui paraît présider à la digestion des matières animales, jouissant de la propriété remarquable de les coaguler par une première action et de les redissoudre par une action subséquente.

Les alcalis, loin de produire la coagulation du lait, font disparaître sur-le-champ le coagulum formé par les acides, en raison de l'action dissolvante qu'ils exercent sur la caséine. Pour empêcher le lait de tourner en bouillant, inconvénient qui, pendant les chaleurs de l'été ou par un temps orageux, arrive quelquefois très-promptement, surtout si les vaches qui l'ont fourni ont été nourries avec de la drêche ; pour remédier, dis-je, à cet inconvénient, les marchands des environs des grandes villes sont dans l'usage d'ajouter au lait un peu de bicarbonate de soude. Ce sel alcalin, à la dose de 1/4 de centième, peut retarder d'environ dix à douze heures le moment où, par suite de son altération spontanée, le lait devient susceptible de se coaguler par l'ébullition. Le sel alcalin sature l'acide lactique au fur et à mesure qu'il se forme, s'oppose à sa réaction sur le composé de caséine et d'alcali, et l'empêche, par conséquent, de cailler le lait. Il y a des laitiers qui emploient ce moyen avec un tel succès, qu'ils jouissent de la réputation précieuse, pour leur intérêt, de vendre du lait *qui ne*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tourne jamais. L'addition d'une aussi petite quantité de bicarbonate de soude (2 grammes 1/2 par litre) ne change pas sensiblement sa saveur et n'est en aucune manière contraire à la santé. Lorsque le lait s'est tout à fait caillé pendant les chaleurs ou lorsqu'on le chauffe, on peut donc le rétablir dans son homogénéité première, mais alors il faut lui ajouter une proportion un peu plus forte de bicarbonate de soude.

L'usage de ce sel est bien préférable au moyen des Américains, qui consiste à laisser le lait séjourner dans des vases de zinc. Il faut en proscrire l'emploi, de même que celui des ustensiles de plomb, de cuivre, de laiton, parce que l'acide lactique les attaque assez promptement, et introduit ainsi dans le liquide des sels métalliques, qui le rendent plus ou moins dangereux pour la santé. Il est certain que les vases de zinc facilitent le montage de la crème et retardent la coagulation du lait; mais ils sont dangereux, d'abord, parce que certains zincs du commerce renferment de l'arsenic, et ensuite, parce que ce métal, en s'altérant, donne naissance à des composés salins qui agissent sur les organes digestifs à la manière de l'émétique. La fonte et le fer-blanc sont les seuls métaux qui n'aient aucun inconvénient ; aussi l'usage des vases métalliques de toute autre nature a-t-il été proscrit avec raison, à Paris, par les ordonnances de police. Mieux vaut encore faire usage de la poterie de grès.

Les changements de température hâtent beaucoup l'altération du lait, comme, du reste, de presque toutes les matières organiques. Le lait, au sortir du pis de la vache, est légèrement alcalin, et il ne renferme pas d'acide lactique ; mais, peu de temps après sa traite, cet acide commence à se former, et il se forme d'autant plus vite et en proportion d'autant plus grande, que la température approche davantage de + 18 à 20° ; or, c'est cet acide qui détermine bientôt la séparation des divers éléments du lait, et par suite, sa coagulation. Pendant les grandes chaleurs de l'été, en juin, juillet et août, le lait est naturellement moins bon qu'au printemps et à l'automne. La qualité en est encore diminuée par la détérioration que lui fait éprouver l'agitation qu'il éprouve pendant le transport de la ferme à la ville, et même alors il n'est pas rare de le recevoir déjà caillé ou prêt à le devenir quand on le chauffe, surtout si le temps est orageux. Presque toujours, dans cette saison, son action rougissante sur le tournesol devient très-prononcée; sa saveur est moins douce, et il n'a plus précisément la même odeur que dans son état de fraîcheur. Ce battage, résultat du transport, fait séparer aussi une portion de beurre sous forme de gros flocons; alors, quand on chauffe ce lait, ces flocons de beurre se résolvent en gouttes huileuses, qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

viennent à la surface, ce qui peut faire croire, au premier abord, à quelque falsification.

Le lait, caillé spontanément, abandonné dans un vase profond et clos, à la température de + 25 à 30°, laisse dégager beaucoup d'acide carbonique, acquiert peu à peu une saveur acide et alcoolique tout à la fois, et fournit ensuite à la distillation de l'alcool chargé d'ammoniaque et ayant l'odeur forte de l'acide butyrique (1).

J'ai dit précédemment que le lait, dans les différents animaux, renferme les mêmes principes. Mais ceux-ci ne sont pas toujours, relativement les uns aux autres, dans les mêmes proportions. C'est ce qu'on voit très-bien par le tableau suivant qui indique la composition du lait des animaux domestiques, d'après M. Doyère :

COMPOSITION IMMÉDIATE DES DIFFÉRENTS LAITS, SUR 100 PARTIES EN POIDS.

PRINCIPES DU LAIT.	VACHE.	CHÈVRE.	BREBIS.	ANESSE.	JUMENT.	LAMA.	FEMME.
Caséine	3,00	3,50	4,00	0,60	0,78	3,00	0,34
Albumine	1,20	1,35	1,70	1,55	1,40	0,90	1,30
Beurre	3,20	4,40	7,50	1,50	0,55	3,10	3,80
Lactose	4,30	3,10	4,30	6,40	5,50	5,60	7,00
Sels divers	0,70	0,35	0,90	0,32	0,40	0,80	0,18
Matières solides.	12,40	12,70	18,40	10,37	8,63	13,40	12,62
Eau	87,60	87,30	81,60	89,63	91,37	86,60	87,38
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

(1) Les chimistes ont nié, jusque dans ces derniers temps, la possibilité de la fermentation spiritueuse dans un liquide qui ne paraît pas renfermer de principe sucré. Mais les expériences de Vogel, de Hess, en confirmant celles plus anciennes de Osetskosvky, ont mis hors de doute que, sous l'influence de l'acide lactique, le sucre de lait est converti en sucre interverti; ce dernier s'alcoolise ensuite en présence de la caséine, qui contribue au développement de la levûre lactique ; la levûre de bière ne peut opérer ces phénomènes. On sait, d'ailleurs, depuis longues années, que les Baskirs, les Yakutsks, les Kalmouks et autres peuplades nomades de l'Asie, préparent une boisson enivrante avec le lait de leurs juments. Cette boisson, nommée *kumiz*, *koumys* et *tchighan*, donne, par la distillation, une véritable eau-de-vie appelée *araka*, *arki* et *arza*, lorsqu'elle a été rectifiée. En Sibérie, le cuvier d'écorce de bouleau qui contient la *mère* sur laquelle fermente le lait, passe d'âge en âge des pères aux enfants, et acquiert une valeur proportionnée à son antiquité. D'après sir John Sinclair, on fait, dans les îles Orcades et Shetland, une boisson à peu près semblable au *koumys* des Asiatiques. « On a lieu d'être surpris, dit de Humboldt, de la sagacité de ces peuples nomades, qui, dans l'ab-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit, par là, que les laits peuvent être placés dans l'ordre suivant, eu égard à leur plus grande richesse :

EN MATIÈRES SOLIDES.	EN CASÉINE.	EN BEURRE.	EN LACTINE.
Lait de brebis.	Lait de brebis.	Lait de brebis.	Lait de femme.
de lama.	de chèvre.	de chèvre.	d'ânesse.
de chèvre.	de vache et	de femme.	de lama.
de femme.	lama.	de vache.	de jument.
de vache.	de jument.	de lama.	de vache et
d'ânesse.	d'ânesse.	d'ânesse.	de brebis.
de jument.	de femme.	de jument.	de chèvre.

Dans les grandes villes, où la consommation du lait est très-considérable et bien supérieure à la quantité que fournissent les vaches des campagnes environnantes, on en vend peu qui soit complétement pur. Mais la croyance, généralement admise par les gens du monde, que l'on ajoute une infinité de substances dans le lait, telles entre autres que farine ou fécule, cassonade, gélatine, gomme, eau de son ou de riz, pains-à-chanter, émulsion d'amandes ou de chènevis, cervelle de cheval, de veau ou de mouton, est fort exagérée. Ainsi que l'ont observé MM. Chevallier, Henri et Quevenne, à Paris, ainsi que je l'ai reconnu moi-même, à Rouen, l'emploi de toutes ces substances est excessivement rare. Les marchands de lait se contentent tout simplement de la soustraction de la crème et de l'addition de l'eau au lait écrémé. Quelquefois, mais rarement, ils y ajoutent un peu de jaune d'œuf ou quelques gouttes de caramel, pour lui faire perdre sa teinte bleuâtre et lui redonner son aspect blanc jaunâtre, ou bien encore ils y mélangent un peu de blanc d'œuf pour rendre au lait allongé d'eau la propriété de mousser fortement par l'agitation, comme le fait le lait pur. Il ne faut que des quantités très-minimes de ces matières pour produire l'effet désiré ; ce n'est donc pas là la falsification, mais seulement le moyen employé pour la couvrir; la falsification, c'est l'eau. Rien n'est plus facile, heureusement, que de la découvrir.

Quevenne, ayant reconnu, à la suite de très-nombreuses expériences, que la densité du lait ne varie que dans des limites très-restreintes, a imaginé, en 1841, de tirer parti de ce fait, et il a construit, pour l'essai du lait, un instrument qui offre une très-

---

sence de plantes céréales et bulbeuses, riches en amidon, ou de fruits à jus sucré, au milieu de l'aridité des steppes de l'Asie, ont trouvé, par la distillation de liquides animaux sécrétés par les mamelles des juments, de quoi satisfaire leur passion pour les liqueurs enivrantes. » (*Examen critique de l'histoire de la géographie du Nouveau Continent*, t. II, p. 300-312, note C.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande exactitude dans ses indications. Il lui a donné le nom de *lacto-densimètre* ou *mesureur de la densité du lait ;* c'est, en effet, un véritable densimètre, c'est-à-dire un instrument qui donne, en réalité, le poids d'un litre de lait à la balance, poids qui, en termes de science, est ce qu'on appelle la densité ou poids spécifique.

Le *lacto-densimètre* (*fig.* 456) a la forme d'un aréomètre ordinaire ; il porte sur sa tige une échelle graduée, sur laquelle sont inscrites les densités comprises entre 1014 et 1042. De chaque côté de l'échelle se trouvent deux séries d'accolades, dont l'une est destinée à la pesée du lait non écrémé, et l'autre à celle du lait écrémé. Le côté de l'échelle destiné au lait pur est coloré en jaune ; celui pour le lait écrémé a une teinte bleue.

Les expériences de Quevenne lui ont appris que la densité du lait pur varie entre 1029 et 1033, et que celle du lait écrémé, après vingt-quatre heures de repos, varie entre 1032,5 et 1036,5, ce qui revient à dire que le litre d'eau pesant 1000 gr., le litre de lait pur pèse de 1029 à 1033 gr., et celui du lait écrémé de 1032gr,5 à 1036gr,5. Ces limites de densité pour chaque espèce de lait sont marquées sur l'instrument, mais comme, pour indiquer le poids réel en grammes, cela eût pris trop de place sur la tige, on n'y a marqué que le surplus de 1000 gr., c'est-à-dire qu'on a supprimé deux chiffres à la gauche, ce qui n'a aucun inconvénient, dès qu'on est prévenu.

Dans chaque série d'accolades placées des deux côtés de l'échelle, la première indique si le lait est pur, et les suivantes si le lait a été additionné de 1/10, 2/10, 3/10, 4/10, 5/10 d'eau. Chaque dixième d'eau ajouté diminue la densité du lait pur de 3° environ, et celle du lait écrémé de 3° 1/4. Si nous lisons de chaque côté de l'échelle séparément, voici ce que nous voyons, en commençant par le bas de la tige :



Fig. 456.

DU COTÉ DU LAIT PUR.		DU COTÉ DU LAIT ÉCRÉMÉ.	
De 33 à 29.....	lait pur.	De 36,5 à 32,5...	lait pur.
De 29 à 26.....	lait avec 1/10 d'eau.	De 32,5 à 29 1/4..	lait avec 1/10 d'eau.
De 26 à 23.....	lait avec 2/10 d'eau.	De 29 1/4 à 26....	lait avec 2/10 d'eau.
De 23 à 20.....	lait avec 3/10 d'eau.	De 26 à 22 3/4...	lait avec 3/10 d'eau.
De 20 à 17.....	lait avec 4/10 d'eau.	De 22 3/4 à 19 1/4	lait avec 4/10 d'eau.
De 17 à 14.....	lait avec 5/10 d'eau.	De 19 1/4 à 16 1/4	lait avec 5/10 d'eau.

Il est donc très-facile, comme vous le voyez, Messieurs, de constater immédiatement si le lait qu'on achète a été additionné d'eau, et dans quelles proportions, puisque le *lacto-densimètre* plongé dans ce lait donne exactement sa densité, c'est-à-dire le poids du litre en grammes, poids qui varie avec la proportion d'eau ajoutée. Mais comme l'instrument a été gradué à +15°, il faut ramener toutes les observations à cette température, car le lait a une densité différente suivant qu'il est chaud ou froid ; dans le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

premier cas, il est plus léger, et plus lourd dans le second. Il est donc nécessaire de plonger un petit thermomètre dans ce lait, en même temps qu'on prend sa densité au moyen du *lacto-densimètre*. Si la température est de + 15°, le degré donné par ce dernier instrument est juste, il n'y a rien à y changer; mais si elle est plus ou moins élevée, il faut corriger le chiffre du *lacto-densimètre* d'après cette indication que le lait augmente ou diminue d'un degré de densité par chaque variation de 5° de température. Ainsi, par exemple, un lait pèse au *lacto-densimètre* 28°, degré qui indiquerait 1/10 d'eau, et sa température est de 23°. Pour faire la correction, je dis : de 23 à 15°, il y a 8° de différence; j'ajoute alors au chiffre 28, 1°,5, j'ai ainsi 29°,5 ; ce qui m'apprend que le lait qui marque 28 à + 23° marquerait 29°,5 à la température normale de 15°, et je vois alors que le lait en question ne contient pas d'eau ajoutée, comme je l'avais cru d'abord avant d'avoir fait la correction. — De même, si un lait marque 29° au *lacto-densimètre*, lorsque sa température est de — 3°, je dis : de 15 à — 3°, il y a 18° de différence, qui équivalent approximativement à 3° 1/2 du *lacto-densimètre* et qui, retranchés de 29°, donnent 25°,5 pour la densité réelle du lait essayé; d'où je conclus que le lait, que j'avais cru d'abord pur, ne pèse en réalité que 25,5, et que conséquemment il contient 2/10 d'eau. — On évite ces petits calculs, bien simples toutefois, en faisant usage des tables de correction dressées par Quevenne, et qui accompagnent son *lacto-densimètre*.

Pour reconnaître si le lait est écrémé ou non, on se sert d'un tube gradué, ou mieux d'une éprouvette à pied, qui porte le nom de *crémomètre*, et qui a d'abord été mise en usage en Angleterre par Bank. Cette éprouvette (*fig.* 457), de 38 millim. de diamètre intérieur et de 140 millim. de hauteur, jauge 2 décilitres; elle est divisée, à partir de sa base, en demi-décilitres, au moyen d'un trait circulaire gravé à l'acide fluorhydrique, et elle porte dans le haut une échelle graduée en centièmes de 0° à 50°. On verse dans cette éprouvette et avec précaution le lait à essayer jusqu'à la ligne marquée 0°, et on l'abandonne pendant vingt-quatre heures dans une chambre où la température ne s'écarte pas trop de + 12 à 15°.

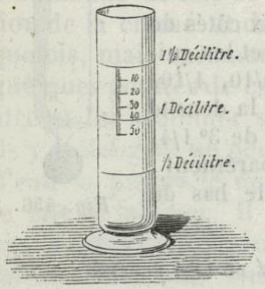


Fig. 457.

La crème monte peu à peu; lorsque son épaisseur est stationnaire, on lit sur l'échelle le nombre de degrés ou centièmes qu'occupe cette partie butyreuse, et cette proportion indique la richesse du lait en crème ou sa valeur vénale. Tout lait pur, acheté dans le commerce, devra laisser monter dans le *crémomètre*, par un repos de vingt-quatre heures, de 10 à 14 degrés ou centièmes de crème. S'il en donne moins, c'est qu'il aura été écrémé. On peut faire monter la crême plus promptement en plongeant le crémomètre dans un bain-marie maintenu à + 30 ou 36°, mais il vaut mieux attendre sa séparation spontanée à la température ordinaire.

Presque toujours le lait du commerce est à moitié écrémé. Comme, dans cet état, il a acquis une plus grande densité, les marchands y introduisent de l'eau qui le ramène à sa densité primitive, et qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

échappe à l'observation, lorsqu'on regarde ce lait comme pur et non écrémé. Toutefois, l'erreur ne peut aller au delà de 1/10. Il est, d'ailleurs, possible de s'en garantir, en pesant le même lait avant et après un repos de vingt-quatre heures dans le crémomètre, la couche de crème étant enlevée avec soin avant la deuxième pesée. Supposons qu'un lait, au moment de sa réception, marque 29° 1/2. Après vingt-quatre heures de repos, le crémomètre n'indique que 6° de crème, et ce même lait, privé de celle-ci, marque seulement 31° au lacto-densimètre, après les corrections d'usage; ce lait contient donc 1/10 d'eau. Si je n'avais eu ici que les deux premières données, j'aurais assurément fait une erreur, et j'aurais dit : Le lait n'ayant fourni que 6/100 de crème, avait été simplement écrémé, de moitié environ; mais il possédait, d'ailleurs, le degré voulu et était pur. Vous voyez qu'au moyen du troisième renseignement, fourni par la pesée du lait écrémé, il est facile de rectifier cette erreur et de connaître très-exactement l'addition de l'eau.

L'usage simultané du *lacto-densimètre* et du *crémomètre* permet donc de constater la nature du lait avec une grande exactitude ; il est adopté dans tous les hôpitaux de Paris depuis plusieurs années. Le service d'inspection du lait, tel que je l'ai établi à Rouen, depuis 1843, à la demande de l'autorité municipale, repose sur l'emploi des deux instruments que je viens de décrire.

M. Marchand, de Fécamp, a fait connaître, en 1854, une autre méthode encore plus prompte pour acquérir des renseignements exacts sur la valeur du lait. Cette méthode repose sur le dosage du beurre qui est, sans contredit, le plus important, au point de vue commercial, de tous les principes immédiats de ce liquide. Ce dosage est effectué, en moins de dix à douze minutes, au moyen d'un instrument que son inventeur a nommé *lacto-butyromètre* (*fig.* 458). C'est un tube en verre fermé par un bout, d'un diamètre intérieur de 10 à 11 millim., divisé en trois capacités égales, de 10 centimètres chacune, correspondantes aux quantités de lait, d'éther et d'alcool qu'on doit employer. La capacité supérieure est divisée dans son dernier dixième en 10 parties ou centièmes qui constituent les degrés de l'instrument. Un certain nombre de ces degrés se trouvent reportés au-dessus du trait supérieur pour faciliter l'observation.



Fig. 458.

Voici comment on opère : On introduit dans le tube d'essai une quantité déterminée de lait jusqu'au trait marqué L. On ajoute une goutte de soude caustique à 36°, afin de maintenir la caséine en dissolution, on agite le mélange, sur lequel on verse ensuite un volume d'éther égal à celui du lait, jusqu'au trait E. On agite de nouveau pour que l'éther puisse bien s'emparer du beurre; enfin on verse de l'alcool à 86 ou 90° jusqu'au trait A. On mélange avec le plus grand soin toute la masse liquide, puis on porte le tube fermé dans un bain-marie chauffé à 40°. On l'y maintient dans une position verticale jusqu'à ce que la couche oléagineuse qui se réunit à la surface n'augmente plus de volume. L'alcool qu'on a ajouté en dernier lieu a pour effet de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

séparer le beurre primitivement dissous par l'éther. Ce beurre, en raison de sa plus grande légèreté spécifique, gagne la partie supérieure et vient y former une couche jaunâtre d'autant plus étendue que sa proportion dans le lait essayé est plus considérable. Il ne reste plus qu'à lire sur l'échelle centimétrique de la partie supérieure du tube le nombre de divisions occupées par cette matière grasse. Au moyen d'un tableau, dressé par M. Marchand, on voit tout de suite à quelle quantité de beurre pur correspond la proportion de matière grasse signalée par l'instrument.

En déduisant la moyenne des quantités accusées par cent vingt-six analyses qu'il a exécutées, M. Marchand fixe à 36^{gr},43 la proportion de beurre contenue ordinairement dans un kilogramme de lait, et le minimum à 30^{gr},55. Ces chiffres sont à très-peu près les mêmes que ceux trouvés antérieurement par MM. Quevenne, Henri et Chevallier. Ceci conduit le chimiste de Fécamp à admettre que tout lait commercial qui renferme moins de 30 grammes de beurre par litre, ne contient pas une proportion normale de crème, et qu'il a subi un écrémage partiel ou qu'il provient de vaches mal nourries ou malades. Le *crémomètre* ne peut fournir ces renseignements qu'après vingt-quatre heures d'attente.

Le lait à 27 grammes de beurre par kilogramme marque 6°,2 au lactobutyromètre, et celui qui en contient 30 grammes accuse 7°,5. Ces chiffres sont les plus faibles qui puissent être admis, et le dernier (7°,5) a constamment servi de base à M. Marchand dans les expertises dont il a été chargé.

L'utilité de l'instrument inventé par ce chimiste, le rendra bientôt d'un usage habituel, non-seulement dans les laboratoires, mais aussi dans toutes les villes où l'inspection du lait est faite d'une manière régulière, ainsi que dans les grandes vacheries et les exploitations agricoles. En effet, dans ce dernier cas, on comprend qu'il permettra au cultivateur ou au marchand de lait de vérifier, à chaque instant, mieux encore qu'avec le *crémomètre*, la qualité du lait de chaque animal, et par conséquent de mettre à la réforme les vaches fournissant des produits inférieurs pour les remplacer avec certitude par des bêtes meilleures laitières (1).

DE LA CHAIR DES ANIMAUX OU DES MUSCLES.

Les muscles, qui donnent aux animaux la faculté de se mouvoir au moyen des contractions qu'ils éprouvent, sont connus, dans le langage ordinaire, sous le nom de *viande* ou *chair*. Très-développés chez les animaux qui ont un cœur, ils sont placés immédiatement au-dessous de la peau, et recouvrent ou entourent les os; ils constituent la plus grande partie de la masse du corps. C'est, comme vous le savez, l'aliment le plus habituel à l'homme.

(1) On trouve les trois instruments dont je viens de parler, ainsi que les instructions et les tables, à Paris, chez M. Charles Chevallier, ingénieur-opticien, galerie de Valois, 163.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a plus d'un siècle qu'on a commencé à s'occuper de la composition chimique des muscles. On sait aujourd'hui, grâce aux travaux de Berzelius, de Thenard, de Braconnot, de MM. Chevreul, Liebig, de Bibra, Payen, Fremy et Valenciennes, Strecker, etc., qu'ils ont pour base une matière azotée, congénère de l'albumine, qui a reçu le nom de *fibrine*, parce qu'elle se montre sous forme de fibres allongées. Cette matière, traversée en tous sens par des nerfs, des tissus adipeux et cellulaires, des vaisseaux lymphatiques et sanguins, est constamment imbibée d'un liquide tenant en dissolution de l'albumine, des matières extractives, de l'acide lactique et différents sels, notamment des phosphates et des sels à base de potasse.

La *fibrine* constitue, pour ainsi dire, la trame de tous les organes, et peut être considérée, sous le rapport du rôle qu'elle joue dans l'économie, comme la *matière ligneuse* des animaux. On la trouve, non-seulement dans les muscles, mais aussi dans le chyle, la lymphe, le sang. Elle forme les fausses membranes qui se développent dans certains cas de maladie ; elle se montre dans quelques concrétions intestinales et dans plusieurs calculs de la vessie qu'on appelle *fibrineux ;* et, ainsi que je l'ai reconnu en 1843, c'est encore elle qui compose la substance de ces *polypes*, quelquefois volumineux, qui prennent naissance dans certaines cavités du corps.

Elle existe aussi dans le règne végétal, puisque, d'après M. Dumas, elle constitue une grande partie du gluten des céréales, et que, d'après M. Boussingault, elle est en suspension dans le suc laiteux de plusieurs arbres des régions tropicales, notamment l'arbre de la vache (*galactodendron dulce*), le *clusia galactodendron*, l'ajuapar (*hura crepitans*), etc.

Cette substance organisée joue un rôle important dans l'économie animale, où elle est exclusivement employée à la nutrition et à la réparation des muscles. C'est une des matières nutritives les plus communes, puisqu'elle fait la base de la chair et du sang des animaux.

En lavant de la chair musculaire à diverses reprises, il reste une matière décolorée, qui est la fibrine. On l'obtient plus pure en battant du sang, au sortir de la veine, avec un balai d'osier ; il s'y attache de longs filaments rougeâtres, qu'on décolore en les malaxant sous un filet d'eau froide. Si l'on enferme dans un linge du sang caillé, et qu'on le presse sous un filet d'eau, jusqu'à ce que le liquide ne soit plus coloré, la fibrine reste dans le linge en petits filaments, qu'on obtient parfaitement blancs par des lavages réitérés.

La fibrine, dans cet état, ne retient plus qu'un peu de graisse qu'on lui enlève au moyen de l'alcool. Elle est alors en fila-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ments opaques et d'un blanc sale, flexibles, élastiques, sans odeur ni saveur. Elle doit sa flexibilité, son élasticité et sa blancheur, à une certaine quantité d'eau, puisque, lorsqu'on la dessèche, elle devient demi-transparente, jaunâtre, raide et cassante, et qu'elle reprend ses caractères primitifs par son immersion dans l'eau.

Les caractères chimiques de la fibrine, son insolubilité dans l'eau froide ou chaude, sa solubilité dans les alcalis, etc., ne permettent point de la distinguer de l'albumine coagulée et de la caséine, aussi la plupart des chimistes regardent-ils ces trois substances comme chimiquement identiques, d'autant plus que leur composition élémentaire est la même ou n'offre au moins que fort peu de différences. C'est ce dont vous serez convaincus en comparant les analyses suivantes à celles de l'albumine et de la caséine, antérieurement données :

FIBRINE :	CARBONE.	HYDROGÈNE	AZOTE.	OXYGÈNE avec PHOSPHORE ET SOUFRE.
Du sang de bœuf.....	52,70	7,00	16,60	23,70
— d'homme.....	52,78	6,96	16,78	23,48
— de mouton....	52,80	7,00	16,50	23,70
De la farine.....	53,23	7,01	16,41	23,35

C'est pour rappeler la communauté de caractères et de composition chimique qu'on a constatée dans la fibrine, l'albumine, la caséine, la glutine, la vitelline, la légumine, qu'on les désigne sous le nom collectif de *matières albuminoïdes*. Toutes se colorent en rouge par le contact d'un mélange d'azotate et d'azotite de mercure, et en bleu par celui de l'acide chlorhydrique concentré.

La chair des différents animaux renferme les mêmes principes, mais non dans les mêmes rapports. C'est ce qu'on voit très-bien dans le tableau suivant :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMPOSITION DE LA CHAIR DES ANIMAUX.

	BŒUF.	VEAU.	COCHON.	PIGEON.	POULET.	CARPE.	TRUITE.
Eau	77,5	79,7	78,2	76,0	77,3	80,1	80,5
Fibre charnue, vaisseaux et nerfs	17,5	15,0	16,8	17,5	16,5	12,0	11,1
Albumine et matière colorante rouge	2,2	3,2	2,4	4,5	3,0	5,2	4,4
Matièr. solubles dans l'eau, non coagulables par l'ébullition	1,3	1,0	0,8	1,5	1,2	1,7	0,2
Matières solubles dans l'alcool	1,5	1,1	1,7	1,0	1,4	1,0	1,6
Phosphate de chaux avec matière animale	0,08	0,1	»	»	0,6	»	2,2
Graisse	»	»	»	»	»	»	»

Parmi les matières solubles dans l'eau et dans l'alcool, on a distingué :

1° Un principe neutre cristallisable ($C^8H^{11}Az^3O^6$), dont on doit la connaissance à M. Chevreul, qui l'a nommé *créatine ;* voici les formes cristallines qu'il affecte (*fig.* 459) ; on le trouve également dans le sang et surtout dans l'urine, mais toujours en petite quantité ;

2° Un alcaloïde ($C^8H^7Az^3O^2$), qui paraît dériver du précédent, puisqu'on peut l'obtenir artificiellement en chauffant ce dernier avec les acides énergiques. M. Liebig a donné le nom de *créatinine* à ce nouveau principe alcalin, remarquable par la beauté de ses cristaux (*fig.* 460) ; on l'a retrouvé depuis dans le sang, dans les eaux de l'amnios et surtout dans l'urine ;

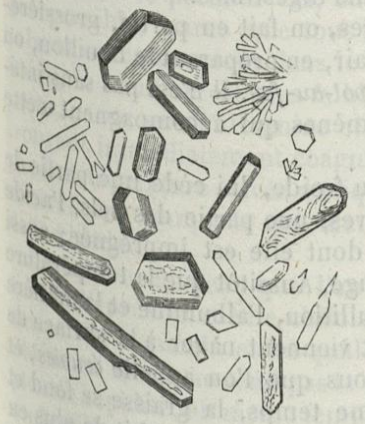


Fig. 459.

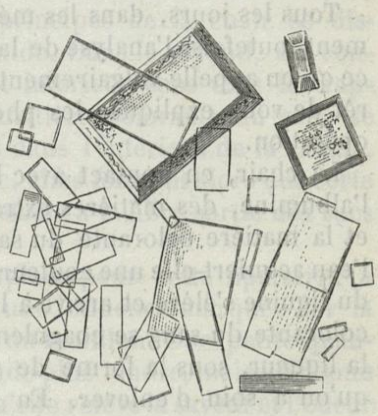


Fig. 460.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Une matière très-sucrée ($C^{12}H^{12}O^{12} + 4HO$), cristallisable, mais non fermentescible, nommée *inosite*, par M. Scheerer, qui l'a découverte;

4° Un acide, en partie libre, en partie combiné, doué d'un goût de bouillon très-agréable, appelé par M. Liebig *acide inosique* ($C^{10}H^{8}Az^{2}O^{12}$).

Comme la fibrine de la chair est entièrement soluble dans l'eau contenant un dixième d'acide chlorhydrique, tandis que la fibrine du sang ne fait que s'y gonfler et se réduire en pulpe molle; comme, d'un autre côté, la première est parfaitement assimilable, tandis que la seconde ne l'est pas; les physiologistes modernes ont admis, avec M. Liebig, que ces deux sortes de fibrine ne sont pas identiques, et ils ont cru devoir donner le nom spécial de *musculine* à la fibrine de la chair.

Indépendamment des nombreuses substances que j'ai signalées dans les différentes viandes, il y a encore, mais en fort petite quantité, des matières susceptibles de développer, pendant la coction, l'*arome* qui caractérise chaque espèce d'animal. Mais ces matières ne sont pas bien connues.

Les chairs *rouges* ou colorées, telles que celles du mouton et du bœuf, qui sont, avec le pain, la nourriture la plus habituelle des Européens; les chairs *noires*, comme celles du lièvre, du daim, du chevreuil et des oiseaux sauvages, sont plus riches en matières extractives, sapides et odorantes, en corpuscules sanguins et en fibrine, que les chairs *blanches* des jeunes animaux, du veau, de l'agneau, du chevreau, du cochon de lait. Ces dernières sont plus aqueuses, plus muqueuses et moins digestibles.

Tous les jours, dans les ménages, on fait en partie, grossièrement toutefois, l'analyse de la chair, en préparant le bouillon, ou ce qu'on appelle vulgairement le *pot-au-feu*. Il n'est pas sans intérêt de vous expliquer les phénomènes qui accompagnent cette opération.

La chair, en contact avec l'eau froide, lui cède une partie de l'albumine, des matières extractives, une partie des sels, l'acide et la matière colorante du sang dont elle est imprégnée; aussi l'eau acquiert-elle une couleur rouge. Aussitôt que la température du liquide s'élève et arrive à l'ébullition, l'albumine et la matière colorante du sang se coagulent et viennent nager à la surface de la liqueur, sous la forme de flocons que l'on appelle *écumes*, et qu'on a soin d'enlever. En même temps, la graisse se fond et forme des *œils* au-dessus du bouillon, qui s'enrichit de plus en plus de principes nutritifs, en dissolvant la gélatine qui provient de l'action de l'eau bouillante sur le tissu cellulaire.

Quand la chair a bouilli pendant six à sept heures, la fibrine ne retient presque plus de substances solubles, mais seulement entre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ses fibres il y a des parties graisseuses, gélatineuses et albumineuses interposées, qui concourent à attendrir la viande cuite ou le *bouilli*, et à la rendre plus nutritive et plus agréable. Sans l'interposition de ces matières, la fibrine, qui éprouve par la cuisson un certain endurcissement, serait trop coriace pour être un aliment recherché.

Le bouillon renferme donc de l'albumine cuite, de la gélatine, un peu d'acide, les matières extractives de la viande, qui contribuent surtout à sa coloration et à sa saveur, des principes volatils peu connus et résultant d'une légère altération de la chair, les sels naturels à cette dernière, et, en outre, le sel marin et les matières sapides et odorantes que fournissent les légumes qu'on ajoute toujours au *pot-au-feu* pour en augmenter la saveur et le rendre plus agréable.

Le bouillon le mieux préparé ne contient qu'une faible quantité de principes alimentaires et aromatiques, puisque, d'après M. Chevreul, la proportion des matières solubles ne dépasse pas 28 grammes par litre. La gélatine, après l'eau, est la substance la plus abondante; aussi, lorsqu'on concentre le bouillon, il se prend en gelée. Cela se remarque surtout avec les bouillons de bœuf, de veau, de poulet et autres jeunes animaux, parce que leurs muscles sont entremêlés d'une plus grande quantité de tendons et de ligaments convertibles en gélatine.

M. Chevreul a reconnu qu'il n'est pas indifférent de mettre la viande dans l'eau froide et d'amener lentement cette dernière à l'ébullition, ou de la plonger immédiatement dans l'eau bouillante. Dans le premier cas, on obtient un bouillon aussi sapide que possible, parce que tous les principes de la chair se dissolvent successivement dans le liquide. Dans le second, au contraire, le bouillon est plus faible et inférieur sous tous les rapports, parce que l'albumine et la matière colorante du sang se trouvant immédiatement coagulées dans l'intérieur de la viande, par la température élevée du liquide, elles forment alors une sorte d'enveloppe compacte qui met obstacle à la libre sortie des sucs de la viande.

La nature de l'eau que l'on emploie pour cette opération a aussi, d'après le même chimiste, une influence marquée sur la cuisson de la viande et les qualités du bouillon. Une petite quantité de sel marin ne rend pas la viande plus tendre, mais lui donne plus de sapidité, en même temps qu'elle relève la saveur et l'odeur du bouillon ; l'action de ce sel est encore plus marquée sur les légumes, qu'il rend plus tendres et plus savoureux. La viande cuite dans l'eau de puits, qui renferme toujours plus ou moins de sulfate et de carbonate de chaux, est plus dure, moins sapide, et le bouillon qu'elle fournit est moins odorant et moins sapide. Les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

légumes durcissent aussi dans ces eaux calcaires, qu'il faut, par conséquent, éviter d'employer.

Enfin, la nature des vases n'est pas non plus sans influence sur la bonté du *pot-au-feu*. L'expérience a démontré que les marmites de terre, adoptées dans les ménages, sont préférables aux marmites métalliques. C'est qu'en raison de leur propriété peu conductrice, les premières sont moins exposées que les secondes aux coups de feu, et qu'elles maintiennent plus régulièrement la température du liquide, qui doit être entretenue, autant que possible, à une chaleur seulement voisine de l'ébullition.

De ce qui précède, il est facile de trouver le procédé le plus avantageux pour préparer en peu de temps un bouillon des plus fortifiants et des plus aromatiques, car les expériences les plus simples démontrent la vérité de l'assertion de Proust, que les matières qui constituent la saveur et les autres propriétés du bouillon préexistent dans la viande et ne sont point un produit de la coction.

Un kilogramme de viande de bœuf maigre, réduit en hachis très-fin, mélangé à froid avec son poids d'eau, et porté lentement à l'ébullition, fournit, au bout de quelques minutes, par l'expression dans un linge, un kilogramme d'un bouillon très-aromatique et d'une force supérieure à celle d'un bouillon obtenu par l'ébullition, même longtemps continuée, d'un morceau de viande de même poids avec la même quantité d'eau.

Par l'addition d'un peu de sel marin et des légumes qui servent à colorer et aromatiser le bouillon, ce dernier, ainsi préparé, est le meilleur qu'il soit possible d'obtenir avec un kilogramme de viande.

Chaque espèce de viande fournit un extrait doué d'un goût particulier qui rappelle l'odeur et la saveur de la même viande rôtie. Si l'on ajoute, par exemple, à du bœuf bouilli et sans saveur ni arome, l'extrait concentré de chevreuil ou de poulet, on ne saurait distinguer le bœuf du chevreuil ou du poulet rôti.

L'odeur et le goût de la viande rôtie proviennent des parties solubles de l'extrait de viande, ayant subi une légère altération de la part de la chaleur. Le baron de Reichenbach rapporte la saveur amère du rôti brûlé et de son jus à la production d'un principe amer, qu'il a nommé *assamare*, et qui apparaît dans la torréfaction de toutes les substances organiques.

C'est sous la forme de *rôti* que la viande est le plus savoureuse et le plus nutritive, car elle n'a, pour ainsi dire, perdu aucun de ses principes utiles. Les analyses de Playfair et de Bœckmann démontrent que la viande ne change pas sensiblement de composition par la cuisson sans eau. Voici, en effet, les nombres con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

paratifs des principes élémentaires de la chair de bœuf, avant et après sa cuisson :

	CHAIR CRUE.	CHAIR ROTIE.
Carbone	51,83	52,590
Hydrogène	7,57	7,886
Azote	15,00	15,214
Oxygène, Sels minéraux	25,60	24,310
	100,00	100,00

Je m'arrête ici. J'ai voulu vous faire comprendre la théorie des opérations culinaires les plus vulgaires, pour vous montrer qu'il n'est si mince sujet que la chimie ne puisse éclairer et rendre intéressant. Plus de détails me feraient empiéter sur le domaine du cuisinier.

CINQUANTIÈME LEÇON.

DES ORGANES NON ALIMENTAIRES.

SOMMAIRE. — Des organes employés en médecine. — Du *Tabac* et de son alcaloïde, la *Nicotine*. — Des organes employés dans l'industrie. — Des bois de chauffage et de travail. — Propriétés chimiques des bois. — De leurs diverses causes d'altération et des moyens de les en préserver. — Distillation des bois. — Fabrication de l'*acide pyroligneux*. — Gaz d'éclairage extrait du bois. — Produits nombreux contenus dans l'acide pyroligneux. — Purification de cet acide.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES ORGANES EMPLOYÉS EN MÉDECINE.

L'étude des matières médicamenteuses rentrant dans le domaine de la pharmacie, de la thérapeutique et de la matière médicale, je crois devoir m'abstenir de vous en parler en particulier (1). Je ferai une exception en faveur du tabac, parce que cette

---

(1) Voir, pour leur étude, l'*Histoire naturelle des drogues simples*, par M. Guibourt (4e édition, Baillière), et le *Traité de pharmacie théorique et pratique* de Soubeiran (5e édition. Victor Masson).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plante est devenue d'un usage général dans la vie commune pour produire, sur les membranes muqueuses de la bouche et du nez, une excitation passagère qui plaît à ceux qui en ont contracté l'habitude.

Le tabac, dont on vend annuellement, en France, pour plus de 180 millions de francs, est la feuille d'une plante (*fig.* 461), le *nicotiana tabacum*, originaire de l'Amérique méridionale, mais qui est actuellement cultivée dans presque tous les pays (1).



Fig. 461.

D'après les nombreuses analyses faites par les chimistes modernes, on sait que les feuilles de tabac, à l'état normal, contiennent :

Un alcaloïde spécial, appelé *nicotine* ($C^{20}H^{14}Az^2$), en combinaison avec l'acide acétique ; une résine jaune et une résine verte ; de la cire ; une matière grasse volatile, nommée *nicotianine ;* des matières azotées albuminoïdes ; des acides malique et citrique libres ; du malate d'ammoniaque ; des malate, citrate, pectate et oxalate de chaux ; de l'acétate et du sulfate de potasse ; du chlorure de potassium ; des azotates alcalins et terreux ; des phosphates de chaux, de magnésie, de fer

(1) C'est vers 1560 que cette plante a été introduite en Espagne et en Portugal par Fernandès, de Tolède. On croit que son nom vient de ce que les premières importations se firent de l'île de Tabago, une des Antilles, peu distante de la côte de Vénézuéla. Longtemps on l'a appelée *nicotiane* et *herbe à la reine*, parce que c'est Nicot, ambassadeur de France à la cour de Portugal, qui l'apporta à Catherine de Médicis, à son retour de Lisbonne. Ce sont les sauvages de l'Amérique qui enseignèrent aux Européens à fumer et à mâcher ou *chiquer* le tabac ; mais l'usage de *priser* la poudre de cette plante est tout européen, et appartient surtout à l'Europe occidentale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et de manganèse ; de la silice ; enfin, de la cellulose, dans la proportion de 6, 50 à 11 p. 100.

Les cendres fournies par le tabac varient de 17 à 24 p. 100.

La *nicotine* est un alcaloïde liquide, âcre et volatil, qui se trouve, non-seulement dans les feuilles, mais encore dans les racines de la plante, dans la proportion de 2 à 8 p. 100. C'est un des poisons les plus violents ; 4 à 5 gouttes suffisent pour tuer un chien. C'est elle qui est la source du montant du tabac préparé, et la cause de son action narcotique et délétère. Le crime de Bocarmé a malheureusement rendu trop célèbre l'incroyable puissance vénéneuse de la nicotine.

Les feuilles de tabac, séchées à la manière ordinaire, n'offrent

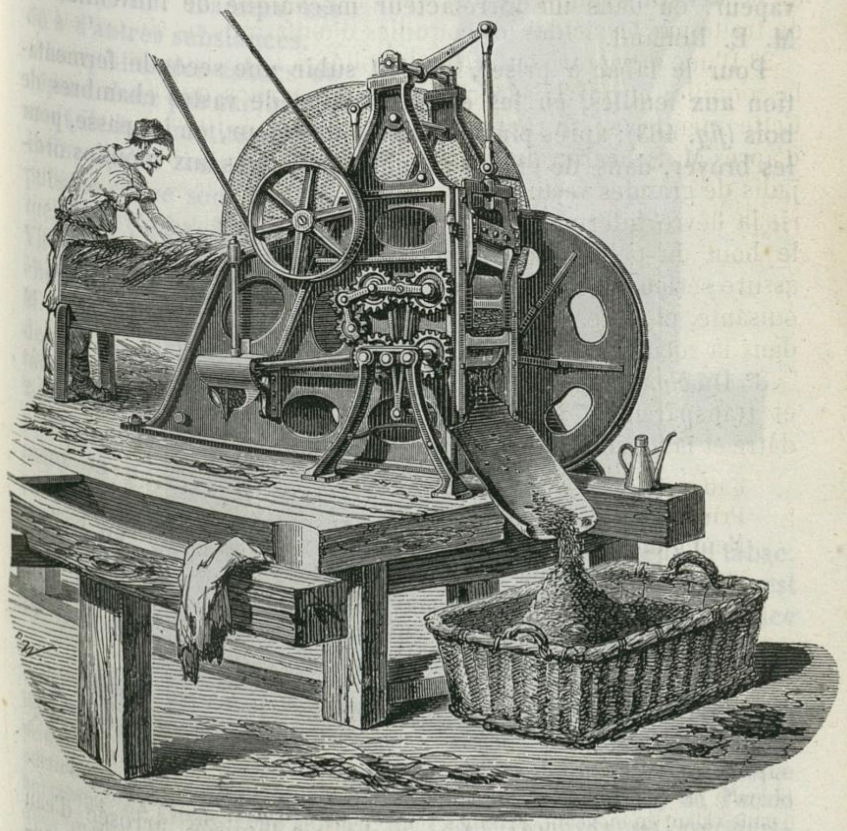


Fig. 462.

jamais ce montant et cette propriété sternutatoire si développés dans le tabac du commerce, parce que la nicotine n'est pas mise

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en liberté. On leur fait acquérir ces qualités en les abandonnant en tas pendant un temps plus ou moins long, après leur dessiccation, et après les avoir arrosées avec une solution de sel marin. La fermentation lente qui se produit dans ces masses de feuilles, paraît avoir pour résultat principal de décomposer la matière azotée et de donner naissance, par là, à de l'ammoniaque. Les premières portions de cet alcali, en s'emparant de l'acide qui neutralise la nicotine, mettent cette dernière en liberté, et l'excédant d'ammoniaque lui sert de véhicule. Dès lors, l'odeur propre au tabac se manifeste. Lorsque la fermentation a été poussée assez loin, on hache le tabac à fumer, au moyen d'une machine spéciale mue par la vapeur (*fig.* 462), et on dessèche les petites lanières qu'on obtient sur des tuyaux de cuivre chauffés à la vapeur, ou dans un torréfacteur mécanique de l'invention de M. E. Rolland.

Pour le tabac à priser, on fait subir une seconde fermentation aux feuilles, en les empilant dans de vastes chambres de bois (*fig.* 463); après plusieurs mois de séjour, on les passe, pour les broyer, dans de grands moulins analogues aux moulins ordi-

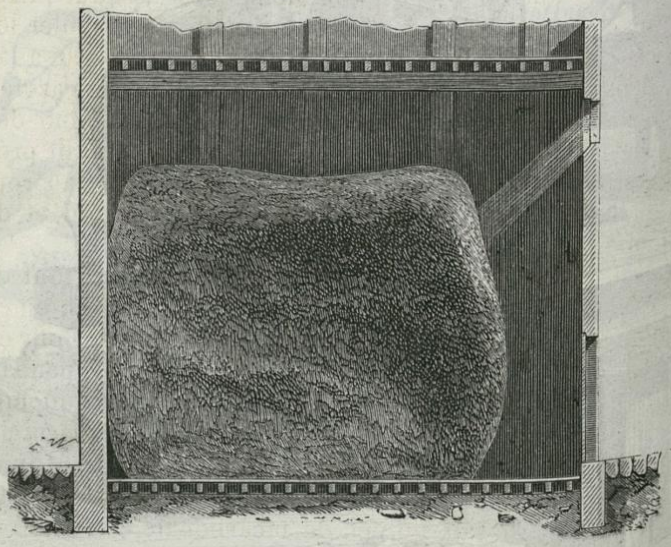


Fig. 463.

naires à café (*fig.* 464). La poudre est tamisée, arrosée d'eau salée, puis abandonnée, dans de vastes cases de bois, à un nouveau degré de fermentation qui exalte davantage l'odeur et produit une coloration noirâtre de toute la masse.

Dans les tabacs en feuilles, la nicotine s'y trouve à l'état de sel acide; dans les tabacs en poudre, elle y est à l'état de sel neutre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou de sous-sel, d'acétate accompagné d'un sel ammoniacal en forte proportion. Ce sont certainement les deux sels d'ammoniaque et de nicotine qui, par leur dissolution, produisent l'excitation de la membrane muqueuse du nez.

Quant à l'odeur piquante de la poudre, elle est due sans doute à du carbonate d'ammoniaque, dont le dégagement entraîne des portions de nicotine libre ou à l'état de sel. L'arome est dû à d'autres substances.

La qualité des tabacs ne dépend donc pas exclusivement de la quantité de nicotine qu'ils contiennent, puisque ce ne sont pas les meilleurs (Cuba, Maryland, Virginie) qui sont plus les riches en ce principe. D'après M. Schlœsing, la moyenne de cet alcaloïde, dans les tabacs de France, est de 2,05. Comme le tabac en poudre renferme ordinairement 33 p. 100 d'eau, la proportion de nicotine se réduit donc à 1,36 p. 100.

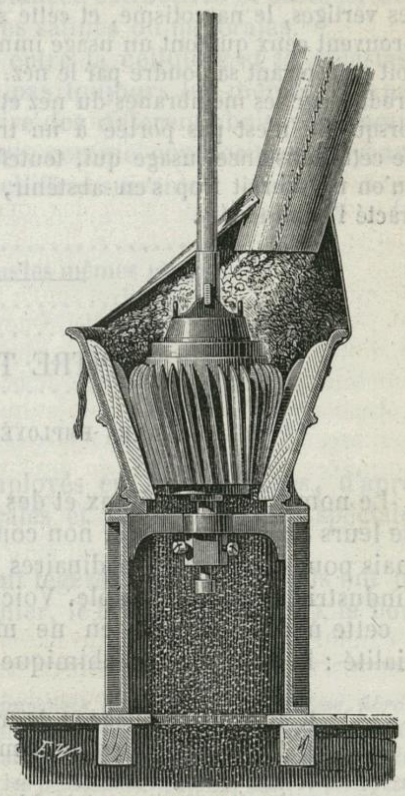


Fig. 464.

C'est véritablement en France qu'on fabrique le mieux le tabac. Cela tient à ce que cette industrie n'est pas libre, qu'elle est exercée par l'État, dont la régie déploie une grande surveillance sur la vente au détail.

Nous savons, grâce aux recherches de MM. Zeise, Melsens, Vogel et Reischauer, que la fumée de tabac renferme un grand nombre de principes énergiques, tels, entre autres, qu'une huile empyreumatique particulière, du carbonate d'ammoniaque, de la nicotine, de l'acide butyrique, de l'hydrogène sulfuré, de l'acide cyanhydrique, avec quelques matières inertes (paraffine et composés résineux). La présence de tant de substances actives explique l'effet de la fumée de tabac sur les personnes qui n'ont pas l'habitude de fumer.

Quand on fait usage de pipes allemandes, il s'accumule au fond des pompes dont elles sont munies un liquide brun, fort âcre, d'une odeur repoussante; ce liquide est mélangé d'un produit huileux, demi-fluide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quelques gouttes de la portion aqueuse versées dans le bec d'un oiseau le frappent d'une mort instantanée.

Tout ce qui précède doit vous expliquer, Messieurs, les maux de tête, les vertiges, le narcotisme, et cette sorte d'hébêtement continuel qu'éprouvent ceux qui font un usage immodéré du tabac, soit en le fumant, soit en aspirant sa poudre par le nez. C'est à l'irritation stimulante qu'il produit sur les membranes du nez et de la bouche, irritation agréable lorsqu'elle n'est pas portée à un trop haut degré, qu'est dû l'usage de cette substance, usage qui, toutefois, présente tant d'inconvénients, qu'on ne saurait trop s'en abstenir, lorsqu'on n'en a pas encore contracté l'habitude (1).

CHAPITRE TROISIÈME.

DES ORGANES EMPLOYÉS DANS L'INDUSTRIE.

Le nombre des végétaux et des animaux, ou plutôt de certains de leurs organes, utilisés, non comme aliments ou médicaments, mais pour les besoins ordinaires de la vie ou les nécessités de l'industrie, est considérable. Voici dans quel ordre je procéderai à cette nouvelle étude, en ne me départissant pas de ma spécialité : le point de vue chimique et industriel.

1. Bois de chauffage et de travail.
2. Matières textiles ou filamenteuses.
3. Matières tinctoriales.
4. Matières servant à la fabrication du cuir.
5. Tissus osseux et corné.

§ I. — Des bois de chauffage et de travail.

Le *bois*, comme vous le savez, Messieurs, est la partie solide du tronc et des branches des arbres. Nous avons vu antérieurement qu'il est essentiellement composé de *cellulose* et de *célastase*, dont la proportion s'élève au moins à 95 ou 96 pour 100 (2) ; mais il

---

(1) En Espagne, et surtout à Séville, les dames et les élégants font usage, comme d'un sternutatoire doux et agréable, de la poudre de tiges de tabac arrosée de bon vinaigre ; c'est là ce qui constitue le *vinagrillo*.

(2) M. Fremy a émis, au commencement de 1859, une opinion toute différente sur la constitution du bois. Au lieu de le considérer comme formé essentiellement d'une matière unique, la *cellulose*, incrustée à la longue par des substances minérales et organiques, il le regarde comme constitué par trois organes distincts : *vaisseaux*, *fibres* et *tissu médullaire* ou *utriculaire*. Il établit que ces or

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

renferme, en outre, diverses substances que la séve tient en suspension ou en dissolution. Ce sont surtout des matières gommeuses ou résineuses, des substances extractives et azotées, des principes colorants, des matières salines ou minérales.

Les rapports de proportions entre la cellulose et la célastase dans les bois parfaits ne sont pas toujours les mêmes, et par suite, la composition élémentaire des différents bois varie notablement; mais on peut admettre, comme composition moyenne des bois séchés à + 140°, les chiffres suivants :

Carbone	50
Oxygène et hydrogène dans les mêmes rapports que dans l'eau	46
Hydrogène libre	1
Azote	1
Matières minérales	2
	100

On peut partager les bois employés en cinq groupes, d'après leurs propriétés les plus générales et les applications spéciales qu'on en fait :

1. Les *bois blancs* ou *mous* sont légers et peu solides; ils ont un tissu blanc; ce sont : le châtaignier, le tilleul, le saule (1), le bou-

---

ganes sont formés par des principes immédiats qu'il nomme : *vasculose*, *fibrose*, *paraxylose*, qui diffèrent entre eux par des caractères très-nets, et qui sont des isomères de la *cellulose* ou *xylose* existant dans les fibres corticales, dans les parois utriculaires de certaines cellules, dans les poils, dans le coton, dans le périsperme du phytéléphas, etc. Pour lui, encore, la membrane externe ou l'épiderme des feuilles, des fleurs et des fruits, la *cuticule* des botanistes, est formée par un principe immédiat spécial, plus hydrogéné et plus carboné que la cellulose, se rapprochant des corps gras; il le nomme *Cutose*. Enfin, de ses expériences, M. Fremy conclut que si la solidité et la dureté du bois augmentent avec l'âge du végétal, cela tient, non pas à ce que des matières incrustantes se déposent dans les cellules ou les fibres, mais à ce que les couches qui, dans le jeune bois, formaient des tissus peu épais, sont devenues avec le temps plus nombreuses et plus denses, sans que leur composition chimique ait éprouvé de modification.

(1) L'écorce des *saules* est employée, depuis longtemps, dans beaucoup de pays, comme amère et fébrifuge. On sait, depuis 1829, grâce à M. Leroux, pharmacien à Vitry-le-Français, que son principe actif est une matière neutre cristalline, blanche, très-amère. On l'a nommée *salicine*. Elle est représentée par la formule $C^{26}H^{18}O^{14}$.

Elle offre ceci de particulier que l'acide sulfurique, concentré et froid, la convertit en une matière colorante d'un très-beau rouge. D'un kilogramme d'écorce de saule, on retire 22 grammes environ de salicine. 1 décigramme de cette substance suffit, en général, pour couper une fièvre. Elle agit donc comme le sulfate de quinine; mais son action ne paraît pas aussi certaine. Braconnot a retrouvé la salicine dans l'écorce de plusieurs espèces de peupliers, notamment dans le tremble, où elle est associée à un autre principe neutre, blanc et cristallin, qui a reçu le nom de *populine*. ($C^{40}H^{22}O^{16}$).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leau, le tremble et autres espèces de peupliers, l'aune, la bourdaine, le fusain.

On les emploie dans les travaux de menuiserie, la confection des caisses, des divers emballages, des boîtes, des voliges des couvertures en ardoises, la préparation des allumettes et des charbons très-combustibles qui peuvent entrer avantageusement dans la composition de la poudre à tirer.

2. Les *bois durs* sont d'une contexture ferme et d'une fibre grosse; ils sont plus ou moins colorés. Ce sont : le chêne, l'orme, le frêne, le hêtre, le charme, l'érable, le noyer, le buis, le merisier, l'alisier, le cormier, l'acacia, le prunier, le poirier, le pommier (1), le néflier, le cornouiller. — On les emploie soit au chauffage, soit à la fabrication du charbon, soit aux constructions, au charronnage, soit à divers ouvrages (2).

3. On désigne par *bois de travail* ceux qui servent à l'ébénisterie et au placage. Ces bois, généralement exotiques, sont durs, et leur beauté tient à ce qu'ils ont un tissu injecté de matières colorantes et incrustantes très-denses ; aussi se coupent-ils facilement en lames minces et prennent-ils un beau poli. Les Antilles, le Brésil, le Japon, les Indes orientales, nous fournissent les bois de travail les plus estimés : acajou, palissandre, ébène, aspalath, etc.

Quelques-uns de ces bois, tels que ceux de rose, d'aloès, de citron (*Amyris balsamifera*), le cédron (*Cedrela odorata*), etc., imprégnés d'huiles essentielles, répandent une odeur agréable qui se conserve longtemps. On les réserve pour la confection de petits meubles, pour garnitures et objets de luxe.

D'autres bois, doués d'une excessive dureté, sont plus particu-

---

(1) Dans l'écorce des racines de poirier, de pommier, de prunier et de cerisier, MM. de Koninck et Stas, de Gand, ont reconnu, en 1835, l'existence d'un principe cristallin, ressemblant beaucoup à la *salicine*, qui constitue la matière astringente et amère de ces écorces fraîches, et qui se retrouve, mais en quantité plus faible, dans toutes les autres parties des mêmes arbres. C'est la *phloridzine*, remarquable par sa belle cristallisation en houppes soyeuses ou en longues aiguilles blanches et nacrées. Elle est représentée par la formule $C^{14}H^{16}O^{14}$.

L'acide sulfurique la colore en rouge; le gaz ammoniac la convertit aussi, au contact de l'air, en une matière colorante rouge azotée qui a reçu le nom de *phlorizéine*. D'un kilogramme d'écorce fraîche de racine de pommier, on retire 50 grammes de phloridzine pure. Les médecins belges regardent cette substance comme un très-bon fébrifuge, plus puissant même que le sulfate de quinine.

(2) Le chêne renferme, dans tous ses organes, du tannin en quantité considérable ; aussi son écorce jeune, séchée et réduite en poudre grossière, est-elle très-employée, sous le nom de *tan*, pour le tannage des peaux. — Le *chêne-liége* n'est pas moins utile, puisque c'est avec son écorce épaisse et fongueuse qu'on fabrique les bouchons, les bondes et les semelles. Il y a bien longtemps que cette écorce est appliquée à la fermeture des vases, puisqu'on a trouvé dans les fouilles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lièrement réservés pour les menus objets faits au tour; ce sont notamment le gaïac, le Sainte-Lucie, l'ébène, le buis, etc.

4. Les *bois de teinture* sont ceux qui, en raison de la forte proportion de matière colorante qu'ils renferment, sont employés spécialement par les teinturiers et les indienneurs, après avoir été réduits en copeaux, parfois même en poudre. Ils sont presque tous exotiques, tels que les bois rouges de Brésil, de Fernambouc, de Sainte-Marthe, de Sapan, de Nicaragua, de Californie, de Campêche, de Santal, les bois jaunes de Cuba et de Tampico, le quercitron, le fustet, etc.

5. Enfin les *bois dits résineux*, tels que le pin, le sapin, le mélèze, le cèdre, le thuya d'Algérie, etc., ont pour caractères distinctifs de résister énergiquement aux agents atmosphériques et de donner, en brûlant, plus de chaleur que les bois blancs. Ils doivent ces deux propriétés à la résine dont ils sont imprégnés. Les bois résineux ont donc le double avantage d'être très-propres aux constructions exposées à l'humidité et d'être de bons combustibles (1).

Ce sont les arbres de la grande famille des *conifères*, notamment les pins, qui fournissent, comme je l'ai déjà dit, la *térébenthine* du commerce. Lorsqu'ils ont acquis un certain âge, 30 à 40 ans, on pratique de petites entailles tout le long de leur tronc. La résine découle de ces incisions et vient se réunir dans un creux fait au pied de chaque arbre. On purifie cette térébenthine brute, en la fondant dans une grande chaudière et la passant à travers des filtres de paille.

La plupart des propriétés physiques et chimiques des bois vous sont déjà connues, car elles sont les mêmes que celles de la cellulose. Je n'aurai à signaler ici que quelques propriétés spéciales et surtout les applications qui en découlent.

La densité des bois varie de 1,46, qui est celle des bois blancs, à 1,53, qui est celle des bois les plus lourds. Leur flottage à la surface de l'eau tient uniquement, vous le comprenez, à la présence de l'air dans leurs pores.

Le bois contient des quantités d'eau différentes suivant le temps depuis lequel il est coupé ; ainsi :

---

de Pompéia des amphores avec leurs bouchons de liége. Un antiquaire, d'ailleurs fort distingué, a pris ces bouchons d'amphores pour des biscuits de mer! mais, parfois, les antiquaires sont sujets à des erreurs plus grossières.

(1) Les bois aromatiques, tels que le bois de rose ou de Rhodes, le cèdre, le cyprès, ont une durée prodigieuse. Les portes de Constantinople, faites de ce dernier bois, au temps de Constantin, étaient encore debout lors du pontificat d'Eugène IV, c'est-à-dire 1100 ans après l'époque où elles furent construites.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	EAU pour 100.
Dans le bois vert, immédiatement après l'abattage, il y a de.	37 à 48
Dans celui de 4 à 5 mois de coupe.....	30 à 35
Dans celui de chauffage, de 8 à 12 mois de coupe	20 à 25

Lors donc qu'on emploie les bois comme combustibles, on voit qu'ils contiennent encore environ 1/4 de leur poids en eau, qui non-seulement ne concourt pas à produire de la chaleur, mais qui en dépense, au contraire, une grande quantité pour passer à l'état de vapeur. Il y a donc un intérêt réel à n'employer pour le chauffage que des bois convenablement séchés; l'avantage en est tellement évident que, dans certaines usines (verreries de verre fin et fabriques de porcelaine), on fait sécher dans des étuves le bois qui a déjà passé plusieurs mois à l'air et qui est destiné à produire une chaleur intense. (Péclet.)

La puissance calorifique des bois dépend uniquement du carbone qu'ils renferment, puisque leur autre élément combustible, l'hydrogène, est associé avec assez d'oxygène pour se changer en eau. Des nombreuses expériences pratiques faites dans ces derniers temps, on peut admettre :

1° Que tous les bois, au même état de dessiccation, produisent sensiblement la même quantité de chaleur;

2° Que pour les bois parfaitement desséchés artificiellement, la puissance calorifique est d'environ 4000 *calories* (1);

3° Que pour les bois, dans l'état ordinaire de dessiccation où ils renferment à peu près 25 à 30 pour 100 d'eau, la puissance calorifique varie de 3000 à 2800 calories.

La combustion du bois présente des phénomènes différents, suivant les circonstances dans lesquelles elle s'accomplit. Généralement il commence à s'altérer entre 150 et 200°. Lorsque la combustion a lieu dans un foyer convenablement alimenté par l'air, les produits gazeux de la décomposition s'enflamment, tout se réduit en eau et en acide carbonique, et il ne reste que quelque centièmes de cendres. — Mais quand il y a insuffisance d'air, le bois noircit, il apparait de la fumée, c'est-à-dire un mélange d'eau, d'acide pyroligneux ou acétique, d'huiles volatiles empyreumatiques et d'une matière analogue au goudron. C'est aux huiles et à l'acide pyroligneux qu'il faut rapporter l'irritation que la fumée développe sur les yeux et sur les membranes du nez.

---

(1) On appelle *unité de chaleur* ou *calorie* la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré centigrade la température d'un kilogramme d'eau, et *puissance calorifique* d'un combustible le nombre de calories qu'un kilogr. de ce corps produit par sa combustion complète. Lors donc qu'on dit que la puissance calorifique des bois desséchés est de 4000 calories, on exprime par là qu'un kilogr. de ces bois peut élever 4000 kilogr. d'eau de 0 à 1° centig., ou de 10 à 11°, ou de 29 à 30°, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le bois se conserve indéfiniment à l'abri de l'air humide, ainsi que les faits suivants le démontrent. La plante qu'on extrait des tourbières, où elle gisait depuis des siècles, conserve encore sa tige, ses feuilles, son tissu, sans altération intime. Dans les cercueils des momies égyptiennes, on retrouve les planches avec leur première dureté et leur premier aspect, quand elles ont été recouvertes d'une couche de couleur protectrice; les tissus de lin qui enveloppent la momie n'ont presque rien perdu de leur souplesse et de leur ténacité. Sous les bandelettes qui emmaillottent la momie, on rencontre parfois des paquets de plantes herbacées dans un parfait état de conservation; et pourtant ces tombeaux remontent souvent à près de trois mille ans! (Raspail.)

Sous l'eau, et à une certaine profondeur, le bois se conserve encore indéfiniment, ainsi que le démontre la durée des pilotis; mais il finit par noircir, et il acquiert une très-grande dureté. Voici des fragments de bois de chêne qui proviennent des débris de l'ancien pont de pierres construit à Rouen, vers l'an 1150, par l'impératrice Mathilde. Ces débris ont été retirés en 1830, au moyen de la cloche à plongeur, des vieilles piles sur lesquelles s'élèvent actuellement les piliers centraux du pont suspendu. Ce bois ressemble, pour ainsi dire, à l'ébène, et peut être tourné et poli. L'analyse chimique m'a démontré, en 1834, que la couleur noire de ce bois est due à du tannate de peroxyde de fer et à de l'acide ulmique.

Lorsque le bois est exposé tout à la fois à l'action de l'air et de l'eau, il devient aussi graduellement noir, perd peu à peu sa cohérence, et se convertit en une masse d'un brun noir ou jaunâtre, friable, qui est phosphorescente à l'état humide, et qu'on appelle *pourri*, *humus*, *terreau*, *ulmine*, *acide ulmique*. Ces changements sont d'autant plus marqués que l'exposition du bois aux influences atmosphériques date de plus loin. Ils proviennent d'une véritable combustion lente, dans laquelle l'oxygène de l'air enlève peu à peu de l'hydrogène au bois, pour former de l'eau qui se dégage, tandis que de l'oxygène et du carbone du ligneux se réunissent et se dissipent sous forme d'acide carbonique. Ainsi, peu à peu, par suite de ces deux effets, la proportion du carbone, propre au bois, devient de plus en plus prédominante par rapport aux autres éléments, jusqu'à ce que tout soit changé en *acide ulmique*, qui est très-riche en charbon.

La cause première de cette altération réside dans la présence de matières azotées albuminoïdes que la séve a déposées, avec les autres principes immédiats qu'elle tient en dissolution, entre les fibres du bois. Ces matières agissent comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un ferment et favorisent la réaction de l'oxygène de l'air (1).

C'est surtout lorsque les bois, placés dans l'obscurité, sont sans cesse au contact d'un air chaud, humide et stagnant, qu'ils se trouvent envahis par des insectes et des champignons microscopiques qui vivent et se reproduisent aux dépens de ces matières azotées dont je viens de parler. Les insectes, en creusant des sillons dans l'intérieur des couches ligneuses, en en dévorant une partie de la substance, leur font perdre leur solidité et les réduisent, pour ainsi dire, à l'état d'un tissu spongieux. Aussi lorsque des pièces de charpente, des solives, des planchers sont attaqués par les insectes et notamment par les termites, ainsi que cela arrive journellement dans l'Amérique méridionale, et que cela s'est présenté dans ces dernières années à la Rochelle et à Rochefort, ils ne tardent pas à s'écrouler.

L'invasion des bois par les petits champignons n'est pas moins redoutable, et produit l'altération désignée sous le nom de *pourriture sèche* (2), qui occasionne des pertes si considérables dans les chantiers de la marine. En voici des preuves. En 1798, on lançait à la mer le *Foudroyant*, vaisseau de 80 canons; la pourriture sèche s'en empara, et dès 1802, il fallut le radouber et le refondre pres-

---

(1) M. Kuhlmann a signalé récemment une cause toute spéciale de la prompte altération du bois; c'est le contact immédiat du fer. Ainsi lorsque des clous traversent une planche, on remarque au bout d'un certain temps que, sur tous les points traversés, la substance du bois est profondément altérée; elle est comme charbonnée et se détache au moindre effort. Ce genre d'effets est bien connu dans les chantiers de construction. Suivant le savant chimiste de Lille, le fer est l'unique cause de cette altération, car elle ne se manifeste que dans les points de contact du métal avec le bois, et ne se montre pas là où le bois est fixé par des chevilles de bois ou de cuivre. Voici, d'après M. Kuhlmann, l'explication des phénomènes: quand le clou de fer s'est oxydé sous l'influence de l'air et de l'eau, le peroxyde qui a pris naissance ne tarde pas à être désoxygéné partiellement par les éléments du bois et à être ramené à l'état de protoxyde; le bois éprouve donc une combustion lente. Mais le protoxyde de fer absorbant peu après l'oxygène atmosphérique reproduit du peroxyde, qui cède de nouveau une partie de son oxygène au bois. Ce double effet se répétant sans cesse, l'altération du bois se poursuit et s'étend de proche en proche. D'après cette ingénieuse théorie, le fer se virait à emprunter de l'oxygène à l'air pour le reporter sur la matière organique, de même que le deutoxyde d'azote des chambres de plomb emprunte de l'oxygène à l'air pour faire passer l'acide sulfureux à l'état d'acide sulfurique. Le peroxyde de fer serait un rouage intermédiaire entre l'oxygène de l'air et le bois pour en opérer la combustion lente. On se mettrait à l'abri de cette cause de destruction, en remplaçant dans les chantiers les clous de fer par des clous de cuivre, ou par des clous de fer galvanisés ou zingués.

(2) Les praticiens ont remarqué que les bois abattus pendant les époques où la séve est en mouvement, sont plus sujets que tous autres à contracter la pourriture sèche. Ce fait est facile à expliquer; c'est que la séve, plus abondante, a introduit au milieu des fibres ligneuses une plus grande quantité de substances azotées albuminoïdes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que en totalité. Le navire anglais le *Benòow* fut construit en 1813 ; la pourriture sèche l'attaqua ; il fallut le réparer, en 1818, à Portsmouth, et, sans avoir jamais été en mer, il avait coûté déjà 1,125,000 fr. de réparations.

Fagot, en 1740, Hales, en 1756, Jackson, en 1767, Pallas, en 1779, tentèrent, mais sans succès, de prévenir les altérations des bois en les plongeant pendant un certain temps dans diverses dissolutions métalliques, notamment dans celles de couperose, d'alun, de sulfate de magnésie, de sel marin, etc. Sir H. Davy, dans les premières années de ce siècle, pensa, pour combattre la pourriture sèche, à utiliser les propriétés conservatrices du sublimé corrosif ou chloride de mercure, et, en 1830, cette idée commença à recevoir, en Angleterre, un commencement d'exécution, par l'initiative d'un nommé Kyan, qui se servait d'une dissolution de ce composé métallique au titre de 2 pour 100. Depuis, un grand nombre d'essais ont été entrepris au moyen de nombreuses substances toxiques qu'on fit pénétrer dans l'intérieur des pièces par voie d'imbibition.

Le procédé de conservation par *imbibition* consiste à immerger simplement le bois dans un liquide antiseptique, en l'y laissant baigner pendant un temps assez long; malheureusement les gaz contenus dans le tissu ligneux s'opposent à la pénétration du liquide au delà de quelques millimètres. Les substances antiseptiques qu'on a essayées de cette manière sont : le chloride de mercure, l'acide arsénieux, le chlorure de zinc, le sulfate et le chlorure de manganèse, les sulfates de fer et de cuivre, le sel marin. Mais ces substances sont trop chères (sublimé), ou elles sont dangereuses dans leur emploi (sublimé, acide arsénieux), ou elles ne préservent que pour un temps trop court, par la raison qu'elles n'imprègnent que très-imparfaitement la substance totale du bois par le vice même du procédé de macération employé pour les faire absorber.

Néanmoins, c'est au moyen d'une dissolution de sulfate de cuivre au titre de 1 1/2 p. 100, et à la température de 70° centigrades, dans laquelle on tenait plongés pendant quelques heures les bois débités, système indiqué par MM. Chauviteau et Knal, qu'on a préparé, pendant ces dernières années, en France et en Allemagne, les traverses des chemins de fer, les échalas pour les vignes, les cercles pour tonneaux, etc. Ce procédé est tout à fait insuffisant pour assurer la conservation du sapin, du pin, et en général des bois d'essences légères qui renferment beaucoup d'aubier, mais il paraît prolonger sensiblement la durée du chêne. Le bois, ainsi préparé, est entouré d'une enveloppe injectée très-mince, qui est imputrescible, inattaquable par les insectes, et qui retarde, par suite, l'altération des parties internes. Celles-ci ne sont, du reste, nullement imprégnées du liquide antiseptique, et elles conservent leurs germes propres de corruption, qui se développent d'autant plus facilement que la surface injectée est en partie enlevée, soit par les frottements ou les chocs, soit par le clouage. L'altération commence aux points ainsi dénu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dés et se propage à l'intérieur. Il est certain que les traverses des chemins de fer de Rouen et du Havre, qui ont été préparées par ce procédé, sont arrivées au bout de peu de temps à un pitoyable état.

La créosote brute, l'un des produits de la distillation du bois, est beaucoup plus efficace, comme le démontrent des expériences faites par MM. Mackensie et Brassay, ingénieurs anglais, sur le chemin de fer de Lyon à Saint-Étienne.

Dans tous les cas, le procédé de pénétration par imbibition ne donne des résultats satisfaisants qu'autant qu'il est appliqué à du bois sec. En effet, lorsque celui-ci est chargé de sucs végétaux, l'imprégnation est à peu près nulle, vous le comprenez facilement, puisqu'il n'y a pas de place vide dans laquelle puisse pénétrer le liquide antiseptique.

Dans ces dernières années, on s'est attaché à faire pénétrer les préservatifs dans les conduits capillaires du bois et jusqu'au centre des pièces les plus épaisses et les plus compactes. Il est évident que le procédé de pénétration est préférable au procédé d'imbibition. La première idée en appartient à Bréant qui, en 1831, construisit une ingénieuse machine pour injecter des solutions métalliques, des liquides huileux ou résineux dans l'intérieur des bois. Il plaçait, après les avoir équarries, les pièces à préparer dans un cylindre métallique, au sein même de la dissolution à injecter; il obtenait ensuite dans ce cylindre une pression de 10 atmosphères, en y introduisant de nouvelles quantités de liquide au moyen d'une pompe foulante. La dissolution était alors refoulée dans l'intérieur de l'arbre, par suite de la réduction du volume des gaz.

Bréant eut des résultats encore plus satisfaisants, en commençant par faire le vide dans le cylindre; il déterminait ainsi une dilatation des gaz contenus dans les pores du bois; ces gaz s'échappaient en partie et étaient remplacés dans les canaux séveux par le liquide qu'y refoulait la pression. Dans certains cas, il chauffait même le cylindre, de manière à obtenir une plus grande dilatation des gaz.

L'appareil de Bréant se compose essentiellement (*fig.* 463) d'un cylindre en fonte A, d'une pompe foulante B, et d'un condensateur C, dans lequel on peut à volonté faire arriver soit de la vapeur, soit de l'eau froide par le tube *p*. On opère de la manière suivante : on enlève l'obturateur, on place la bille de bois dans le cylindre A et on introduit le liquide en quantité telle que l'extrémité supérieure de la bille dépasse un peu son niveau. Le cylindre étant refermé, on fait le vide en C, par l'introduction successive de vapeur et d'eau froide; on ouvre le robinet *r*; l'air passe en partie du cylindre dans le condensateur, et on recommence, s'il est nécessaire, cette opération, jusqu'à ce que la pression dans le cylindre soit inférieure à $0^m,15$. On maintient cet état pendant quelques minutes, afin de laisser sortir les gaz du bois. On ferme ensuite le robinet *r*, et on introduit, au moyen de la pompe foulante, du liquide dans le cylindre jusqu'à ce que la pression soit portée à 10 atmosphères. Cette pression est maintenue pendant un temps variable, suivant la nature du bois et le liquide employé; c'est, en moyenne, pendant six heures. Après ce temps, on laisse rentrer l'air peu à peu, et on fait écouler le liquide par le robinet *o*.

Le pin, le hêtre, le peuplier, le sapin, sont presque complétement injectés par cette méthode; il en est de même de l'aubier du chêne; mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le cœur de celui-ci, l'injection est à peu près nulle. Des planches de sapin imprégnées par Bréant d'un mélange de résine et d'huile siccative ont été employées en 1835, concurremment avec des pièces de chêne,

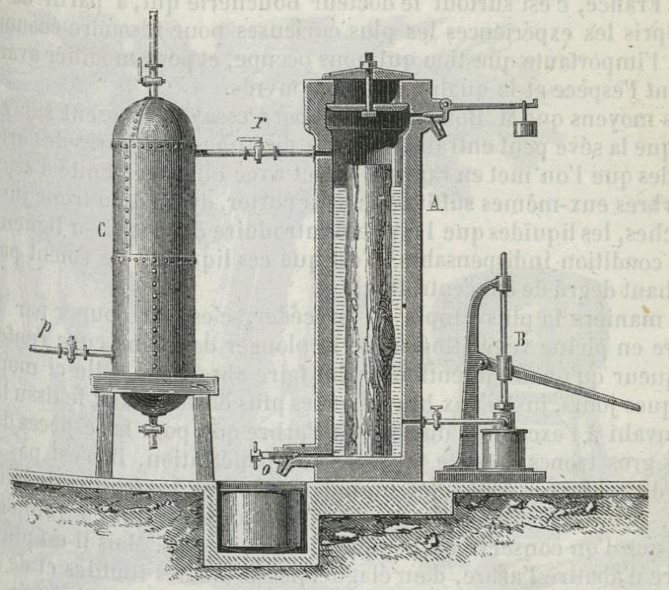


Fig. 465.

à la construction du tablier du pont Louis-Philippe, à Paris; elles furent retrouvées, en 1848, dans le plus parfait état de conservation, tandis que les madriers en chêne, qui avait déjà été remplacés une fois, étaient à peu près complétement désorganisés.

« L'invention de Bréant, dit M. Gauthier-Villars, a subi le sort de tant d'autres découvertes qui, après avoir pris naissance en France, ont été perfectionnées et appliquées industriellement en Angleterre (1). » En 1838, M. Bethel prit à Londres une patente pour un nouveau procédé d'imprégnation, qui n'est en réalité qu'une modification de celui de Bréant. Le liquide adopté est la créosote brute; on en emploie environ 105 kilogr. par mètre cube pour le pin, le sapin, le hêtre, et en général pour les bois d'essences légères. Le chêne ne peut absorber que la moitié à peu près de cette quantité de liquide et, par suite, il se conserve moins longtemps que le sapin créosoté. Quant aux bois destinés aux travaux maritimes, ils doivent renfermer 146 kil. de créosote par mètre cube, pour être préservés de l'attaque des vers et des tarets. Le procédé Bethel est devenu d'un usage général en Angleterre; le mètre cube de hêtre, pin ou sapin, pour traverses de chemins de fer, ne coûte que 15 fr. 60 pour être créosoté. La rareté et le prix élevé de la créosote en

(1) Notice sur la préparation et la conservation des bois au moyen des procédés d'injection, par M. Gauthier-Villars, inspecteur des lignes télégraphiques. (*Annales télégraphiques*, t. II, p. 27 et 257, 1859.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

France n'ont pas permis jusqu'ici d'en tirer parti ; d'ailleurs, l'inflammabilité des bois ainsi préparés, leur odeur désagréable et persistante, les éloigneraient des constructions.

En France, c'est surtout le docteur Boucherie qui, à partir de 1837, a entrepris les expériences les plus curieuses pour résoudre économiquement l'importante question qui nous occupe, et pour modifier avantageusement l'espèce et la qualité des bois ouvrés.

Les moyens que M. Boucherie a d'abord essayés reposent sur ce principe que la séve peut entraîner le long des tubes capillaires des arbres les liquides que l'on met en rapport direct avec elle. La faculté d'aspiration des arbres eux-mêmes suffit donc pour porter, du pied du tronc jusqu'aux branches, les liquides que l'on veut introduire dans le tissu ligneux, et la seule condition indispensable, c'est que ces liquides ne soient pas à un trop haut degré de concentration.

La manière la plus simple de procéder, c'est de couper par le pied l'arbre en pleine végétation et de le plonger dans une cuve renfermant la liqueur qu'on a l'intention de lui faire absorber ; celle-ci monte, en quelques jours, jusqu'aux branches les plus élevées ; tout le tissu ligneux est envahi à l'exception du cœur de l'arbre qui, pour les espèces diverses et les gros troncs, résiste toujours à la pénétration. Il n'est pas nécessaire de conserver toutes les branches et toutes les feuilles de l'arbre; il suffit, pour déterminer l'ascension du liquide destiné à remplacer la séve, que l'on conserve un bouquet à son sommet. Mais il est plus facile encore d'abattre l'arbre, d'en élaguer les branches inutiles et de mettre sa base en contact avec les liqueurs destinées à l'absorption (*fig.* 466);

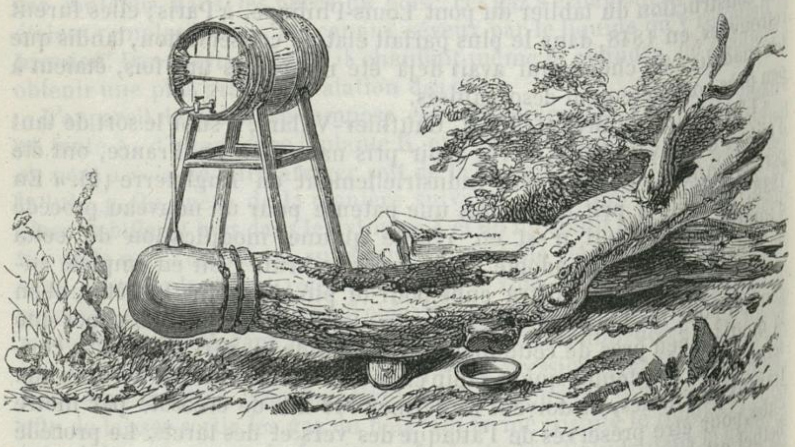


Fig. 466.

celles-ci pénètrent de la même manière dans toutes les parties du végétal. On peut aussi percer à la tarière des cavités au pied d'un arbre encore planté dans le sol; le liquide conservateur s'introduit par ces trous, et son ascension, dans ce cas, est complète et rapide (*fig.* 467).

Mais ce procédé d'injection n'a pu être appliqué dans l'industrie, parce qu'il ne permet pas une pénétration régulière et complète dans le tronc,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il nécessite une main-d'œuvre dispendieuse et rend difficile la surveillance des travaux.

En 1841, M. Boucherie a imaginé un autre mode fondé sur le déplacement et l'expulsion de la séve, au moyen de la pression et de la filtration du liquide à injecter. A l'aide de divers perfectionnements, ce second procédé a été rendu véritablement manufacturier et a donné lieu à des exploitations industrielles considérables; c'est ce procédé qu'on utilise



Fig. 467.

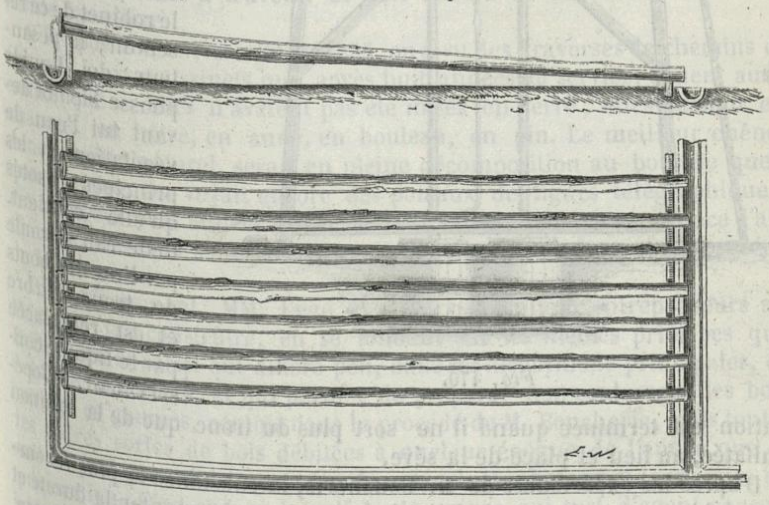


Fig. 468.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour la préparation des traverses de chemins de fer et des poteaux télégraphiques. Voici, en peu de mots, comment on opère :

Les pièces de bois, après avoir reçu à chaque extrémité un coup de scie pour en rafraîchir les surfaces, sont étendues parallèlement sous une légère inclinaison (*fig.* 468). On applique sur la section du gros bout, qui sera la surface de pénétration, un plateau en cœur de chêne, après toutefois avoir placé sur le pourtour de la surface une corde sèche en étoupe de chanvre ; on serre fortement le plateau contre l'arbre et on l'y maintient à l'aide de crochets en fer. Il y a donc, de cette manière, un espace vide de quelques millimètres qui sert à loger le liquide antiseptique qu'on veut mettre en présence de la section tout entière du bois. Le plateau est percé, de part en part,

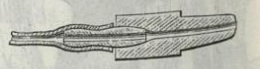


Fig. 469.

d'une ouverture circulaire dans laquelle on introduit de force l'extrémité d'un ajutage en bois dur ou *robignole* (*fig.* 469), qui transmet le liquide qu'il reçoit d'un réservoir placé à 8 ou 10 mètres de hauteur (*fig.* 470). Lorsqu'on ouvre le robinet de ce réservoir, la pesanteur du liquide pousse bientôt devant lui l'eau de végétation et les principes azotés qu'elle contient. Cette eau s'écoule par l'un des bouts du tronc d'arbre et est remplacée par le liquide conservateur. L'opération est terminée quand il ne sort plus du tronc que de la solution sulfatée, au lieu et place de la séve.

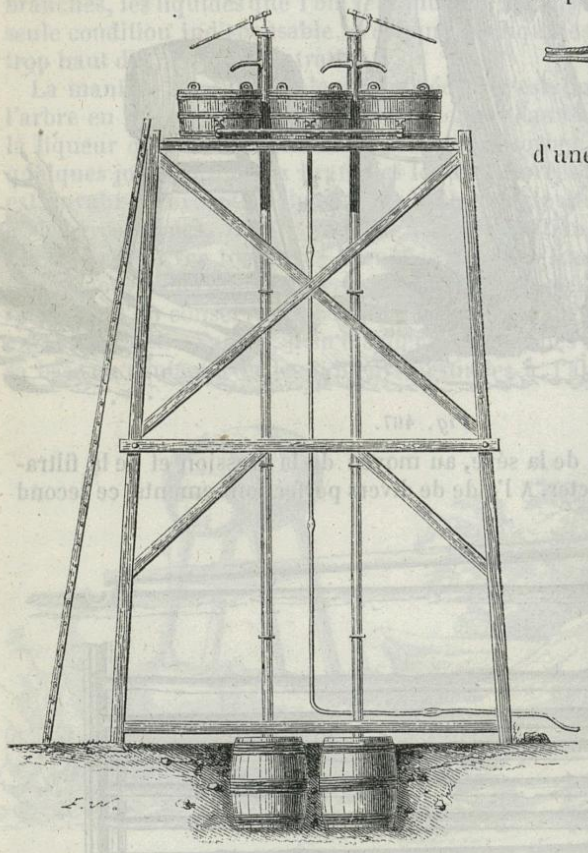


Fig. 470.

D'après les expériences de M. Boucherie, la substance la plus recommandable pour préserver le bois de la carie, en augmenter la dureté et en prolonger la durée, serait le pyrolignite de fer brut, toujours chargé de goudron et de créosote, qui conservent si bien les matières organiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais la pratique n'a pas justifié ce choix. Il a été reconnu, en effet, qu'à la longue, l'oxyde de fer du pyrolignite altère les fibres ligneuses, de même que le clouage altère les bois et que l'encre attaque le linge. De plus, des essais faits à Toulon et à Lorient, sur des bois destinés à la marine, ont prouvé qu'il n'éloigne ni les vers ni les tarets.

En définitive, c'est le sulfate de cuivre qui a été reconnu comme le sel le plus avantageux, et c'est à peu près la seule substance conservatrice qu'on emploie maintenant en France, surtout pour les traverses des chemins de fer et les poteaux télégraphiques. Il se fixe si bien sur la cellulose et les diverses matières adhérentes au tissu ligneux, qu'il résiste aux lavages. L'expérience a démontré que la dissolution la plus convenable doit contenir 1 kilogr. de sulfate de cuivre par 100 kil. d'eau; elle marque 1° à l'aréomètre de Baumé. Il suffit, pour préserver les bois de toute altération, d'y introduire $5^{kil},5$ de ce sel par mètre cube. Le prix de revient de la préparation peut être évalué, en moyenne, par mètre cube, de 14 à 15 fr.

Les bois les plus légers ne sont pas ceux qui se laissent pénétrer le plus facilement, ainsi qu'on serait disposé à le croire. Le peuplier résiste beaucoup plus que le hêtre, le charme et le saule bien plus que le poirier, l'érable et le platane.

Au moyen des ingénieux procédés dont je viens de vous donner une idée suffisante, on est parvenu à métamorphoser les bois tendres et les plus communs en matériaux pour ainsi dire indestructibles. Lorsqu'on apprend que l'importation des bois de toutes sortes s'élève chez nous au chiffre annuel de 28 millions de francs, et que, pour le seul entretien des voies de fer établies, il faut 20 millions de traverses en chêne, qui devront être renouvelées en totalité tous les dix ans, ce qui entraîne une dépense décennale de 130 millions de francs, on comprend combien le traitement des bois tendres ou blancs par la méthode scientifique du docteur Boucherie a d'avenir et doit rendre de services à notre économie forestière.

A l'exposition universelle de 1855, on a vu des traverses de chemins de fer avec leurs coussinets qui, après huit années de service, étaient aussi saines que si elles n'avaient pas été mises en terre; elles étaient en charme, en hêtre, en aune, en bouleau, en pin. Le meilleur chêne, dans son état naturel, serait en pleine décomposition au bout de quelques années. On voyait encore des poteaux de lignes télégraphiques, retirés après neuf années de service, et n'offrant aucune apparence d'altération. Ces faits sont parfaitement concluants en faveur du procédé de M. Boucherie.

Plus récemment, MM. Legé et Fleury-Pironnet, entrepreneurs au Mans, ont fait construire, en se fondant sur les mêmes principes que Bréant, un appareil qui diffère peu, dans ses dispositions principales, de celui de M. Bethel, et qui permet de préparer non-seulement les bois verts et en grumes, comme dans le procédé de M. Boucherie, mais toutes les autres sortes de bois débitées à quelque époque de l'année que ce soit et quel que soit le terme écoulé entre leur abatage et leur mise en préparation. C'est encore le sulfate de cuivre qui sert d'agent conservateur.

Comme ce nouveau mode d'opérer est déjà en activité au Mans, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Amiens et dans plusieurs autres chantiers de chemins de fer, je dois vous en donner une idée suffisante. La figure 471 représente l'appareil de MM. Legé et Fleury-Pironnet :

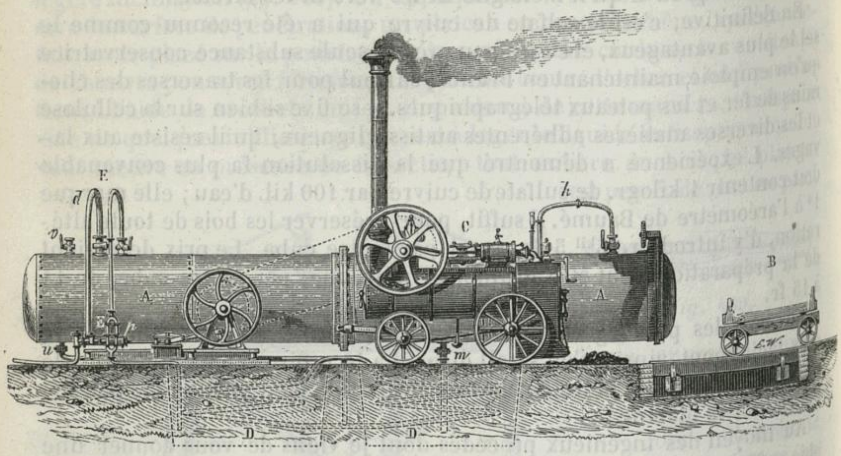


Fig. 471.

AA, cylindre en cuivre de 12 mètres de long et $1^m,60$ de diamètre, destiné à renfermer les bois ; il est terminé à ses deux extrémitées par des fonds bombés dont l'antérieur seul est mobile autour d'une charnière, mais peut être fermé hermétiquement quand le cylindre a reçu sa charge. — B, chariot pour apporter les bois, placé sur un truc et pouvant ainsi être amené en face de l'ouverture du cylindre, sur les rails intérieurs duquel on le fait rouler. — C, locomobile de la force de 10 à 12 chevaux, servant de générateur pour la vapeur qu'on doit faire pénétrer dans le cylindre par le tube *h*, et servant aussi à mettre en mouvement les pompes à air et à injection. — D,D, cuves en bois contenant une dissolution de sulfate de cuivre au titre de 1,5 pour 100. Un serpentin placé dans ces cuves reçoit le courant de vapeur qui, après avoir traversé le cylindre, sert à élever la température de la dissolution. — Le tube *m* est destiné à l'introduction dans le récipient du liquide poussé par la pression atmosphérique et à sa sortie à la fin de l'opération. — E, appareil comprenant : 1° une pompe à air ; 2° un condenseur en fonte ; 3° une pompe aspirante et foulante, à double effet.

Voici comment on fait fonctionner cet appareil. Quand le cylindre est chargé de bois et le couvercle hermétiquement fermé, on ouvre le robinet *u*, et on fait passer pendant un certain temps, qui varie de 25 minutes à 3 heures, un courant de vapeur par le tube *h* pour échauffer les bois et chasser les gaz et l'air de l'appareil. En sortant du cylindre, avec ces derniers, par le tube *d* qui communique avec la partie supérieure du condenseur, la vapeur entre dans le serpentin des cuves DD, et échauffe la dissolution de sulfate de cuivre. Après avoir fermé les robinets d'entrée et de sortie de la vapeur, on ouvre au condenseur et la pompe à air est mise en mouvement. Après 10 ou 15 minutes de vide, la dissolution chaude de sulfate de cuivre est introduite dans le cylindre par le tube *m*, poussée par la pression atmosphérique. Quand le cylindre est à peu près plein, on ferme au condenseur. La pompe foulante complète le plein, au moyen d'un tube qui plonge dans les cuves, et continue à travailler pen

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dant un certain temps, de manière à maintenir dans le cylindre une pression moyenne de 10 atmosphères environ. L'opération est alors terminée; on ouvre le robinet de vidange *m*, on fait écouler le liquide dans les cuves après avoir ouvert le robinet à air *v*, et on retire les bois qu'on laisse sécher à l'air ou sous des hangars. La durée totale des opérations n'atteignant pas 3 heures, on peut faire au moins 8 séries d'injections par 24 heures, et comme on charge dans le cylindre, soit 200 traverses, soit 75 poteaux télégraphiques de 8 mètres, on peut préparer avec cet appareil, par jour, 1600 traverses ou 600 poteaux. Le temps nécessaire à la préparation du chêne est beaucoup plus considérable.

L'imprégnation obtenue par ce procédé est vraiment remarquable pour le hêtre, le pin, le peuplier, le charme, etc.; il n'y a pour ainsi dire aucune partie qui échappe à l'opération; les nœuds eux-mêmes prennent une certaine quantité de sulfate. Le poids du sel fixé par mètre cube est compris entre 5 kil. et $7^{kil},80$. Dans le chêne, toutefois, l'aubier seul est préparé. Le prix de revient par mètre cube est de 9 fr. environ, soit 60 pour 100 de moins que dans le procédé Boucherie.

Lorsque les liquides conservateurs sont naturellement colorés, ou lorsqu'ils peuvent produire des colorations en agissant sur les principes propres au bois, ils lui donnent, tout en le rendant inaltérable, des qualités dont les arts de luxe peuvent profiter. C'est ainsi, en effet, que le platane, injecté avec du pyrolignite de fer, prend des teintes très-recherchées dans l'ébénisterie. — En faisant succéder à ce sel, déjà introduit dans un bois, une dissolution de matière tannante, on produit de l'encre dans la masse du tissu, et on le teint de la sorte en bleu noir ou en bleu gris. — Lorsqu'on veut colorer en bleu de Prusse, on injecte d'abord un sel de fer, et ensuite une solution de prussiate jaune de potasse.

MM. Renard-Perrin, en variant les expériences de M. Boucherie, sont parvenus à appliquer aux bois l'alunage et les procédés de teinture réservés jusqu'ici aux étoffes. Ainsi, ils les teignent en noir jusqu'au centre par l'action successive de la noix de galle et de la couperose; en diverses nuances de rouge et de violet, au moyen du rocou, de la garance, du campêche, du Brésil, de l'orseille; en bleu, avec le tournesol, l'indigo, ou avec le campêche associé au nitrate de cuivre; en vert, avec l'acétate de cuivre. Il y a plus : ils peuvent effectuer des décolorations partielles de manière à imiter les effets des bois naturellement veinés. Il suffit de faire pénétrer successivement dans le tissu du charme, par exemple, d'abord une solution de soude à un quart de degré, puis de l'eau, puis une solution de chlorure de chaux, et enfin de l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique. Le bois, ainsi blanchi intérieurement, sert aux imitations de l'ivoire dans les incrustations d'ébénisterie.

Ces ingénieux procédés donnent aux bois les plus communs de nos forêts des teintes variées qui permettent de les employer, à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

place des bois exotiques, à la confection des meubles précieux. Et notez bien que les bois ainsi injectés de substances minérales sont devenus moins faciles à enflammer, et, dans tous les cas, impuissants à propager le feu.

Vous voyez, Messieurs, par ce qui précède, que la conservation et la coloration des bois constituent une industrie des plus curieuses et des plus importantes, tant pour les objets d'un emploi général que pour les articles de luxe. Cette industrie est réellement scientifique, et vous démontre, une fois de plus, tout le parti qu'on peut retirer des données théoriques bien comprises.

Je ne quitterai pas ce sujet, sans vous apprendre le moyen bien simple que M. Melsens a découvert pour imprimer un cachet de vétusté aux meubles et aux sculptures en bois récemment confectionnés. Il ne s'agit que de les soumettre au contact des vapeurs ammoniacales humides, qui ont pour effet de réagir sur eux en fonçant la couleur de leurs surfaces. Ainsi, un objet en chêne neuf acquiert, par une courte exposition à ces vapeurs, l'aspect qu'il aurait en restant pendant longtemps à l'air. Entrez dans la plupart de nos fermes, et vous y verrez des bahuts, des armoires en chêne d'une teinte si foncée qu'elle en paraît noire; vous comprenez maintenant que cela est dû au voisinage des étables et à la mauvaise disposition des bâtiments, qui entretiennent, dans l'atmosphère des pièces d'habitation, des vapeurs ammoniacales.

Voyons maintenant ce que devient le bois quand, mis à l'abri de l'air, il éprouve l'action de la chaleur.

Calciné en vases clos, il se décompose encore complétement à la manière des substances neutres, c'est-à-dire qu'il donne de l'eau, de l'*acide acétique*, des huiles empyreumatiques et du goudron, des gaz combustibles mêlés d'acide carbonique, et qu'il laisse un résidu de charbon, avec quelques sels minéraux, dont le poids varie de 16 à 28 p. 100.

Deux arts chimiques reposent sur cette destruction du bois hors du contact de l'air : la fabrication du charbon et celle de l'acide pyroligneux ou vinaigre de bois. J'ai suffisamment parlé de la première industrie pour ne pas avoir besoin d'y revenir. Occupons-nous donc seulement de la seconde.

FABRICATION DE L'ACIDE PYROLIGNEUX.

L'ingénieur Lebon imagina le premier, en 1785, de distiller le bois en vases clos, pour obtenir tout à la fois du charbon, des gaz combustibles et du goudron. Il fit un grand nombre d'expériences

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec des appareils, qu'il appelait des *thermolampes*, depuis 1799 jusqu'en 1802. Les premiers thermolampes furent établis au Havre. Lebon voulait utiliser le gaz à l'éclairage du phare et le goudron à la marine. Mais le gaz qu'il obtenait, formé principalement d'hydrogène carboné et d'oxyde de carbone, fort peu éclairants, n'étant point épuré, répandait une odeur très-désagréable. Les spéculateurs et le public ne portèrent que peu d'intérêt à cette découverte qui devait, par la suite, recevoir de grands développements. Son auteur fut forcé de renoncer à son entreprise, et il alla établir à Versailles, près de l'aqueduc de Marly, une fabrique d'*acide pyroligneux*. Les gaz servaient à chauffer les vases, comme dans les fabriques actuelles.

Le procédé de Lebon, perfectionné par les frères Mollerat, puis par Kurtz et Lhomond, est très-répandu aujourd'hui, en France et en Allemagne. Voici comment on opère le plus généralement, au moyen de l'appareil simplifié de M. Kestner, de Thann (*fig.* 472) :

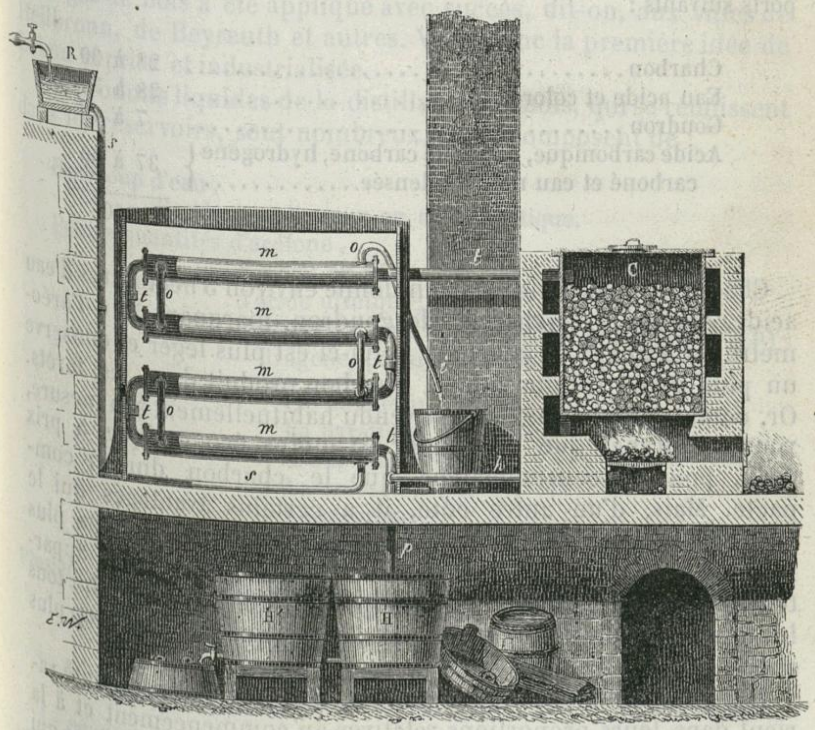


Fig. 472.

Le bois, débité en bûchettes, est chargé dans un cylindre en fonte C, d'une capacité de 3 mètres cubes environ ; on l'y introduit par une ouverture pratiquée dans le couvercle. Le cylindre est placé dans un fourneau à grille. La flamme du combustible s'élève en circulant tout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autour, et arrive enfin dans une cheminée d'appel. Les produits de la distillation se rendent par le tuyau en tôle *t* dans l'appareil de condensation qui se compose de quatre tuyaux horizontaux placés les uns au-dessus des autres, réunis par des coudes *t,t,t*, et enveloppés de manchons en tôle *m,m,m,m*, dans lesquels circule continuellement un courant d'eau. Cet appareil est soutenu par une charpente en bois. L'eau froide arrive d'un réservoir R, passe par le tube *ss* dans le manchon inférieur, puis successivement dans les autres manchons par les tubes verticaux *o,o,o*, et s'échappe enfin bouillante par le tube recourbé *oi*. Les liquides condensés tombent, par le conduit *p* dans le premier réservoir H, tandis que les gaz inflammables sont dirigés par le conduit *h*, muni d'une valve régulatrice, sous le foyer, de sorte qu'il n'est besoin de charger la grille de combustible qu'au commencement de l'opération, la chaleur produite par la combustion des gaz étant ensuite suffisante pour achever la distillation. On laisse refroidir le charbon de bois pendant 5 à 6 heures, et on le retire ensuite par une porte pratiquée au bas du cylindre C.

Les produits de cette distillation en grand sont à peu près dans les rapports suivants :

Charbon	28 à 30
Eau acide et colorée	28 à 30
Goudron	7 à 10
Acide carbonique, oxyde de carbone, hydrogène carboné et eau non condensée	37 à 30
	100

Chaque stère de bois de sapin donne environ 5 hectolitres d'eau acide, colorée, très-chargée de goudron, marquant 5° à l'aréomètre, et 220 kil. de charbon. Celui-ci est plus léger et conserve un plus grand volume que le charbon produit dans les forêts. Or, comme ce combustible est vendu habituellement à la mesure, vous comprenez que le premier est moins économique, à prix égal, pour le consommateur que le charbon dur et compacte. Mais, d'un autre côté, il a certains avantages qui le font rechercher pour les usages domestiques. Il s'allume plus facilement, et n'exhale pas d'odeur désagréable dans les appartements, parce qu'il ne renferme pas de fumerons ; il offre tous les avantages de la braise de boulanger qui est beaucoup plus chère.

Les gaz qui se produisent pendant l'opération précédente varient dans leurs proportions relatives au commencement et à la fin. D'abord, ce sont l'acide carbonique et l'oxyde de carbone qui dominent ; à la fin, c'est l'hydrogène.

M. le professeur Pettenkofer, de Munich, qui s'est occupé activement, dans ces derniers temps, de l'éclairage aux gaz extraits

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du bois, assigne la composition suivante à ces gaz obtenus du pin débarrassé autant que possible de sa résine :

	GAZ BRUTS.	GAZ PURIFIÉS.
Hydrogène bicarboné.....	7,93	10,57
— protocarboné.....	25,32	33,76
Oxyde de carbone.....	28,21	37,61
Hydrogène.....	13,53	18,05
Acide carbonique.....	25,01	»
	100,00	99,99
Densité des gaz.....	0,883	0,667

On voit, par ces analyses, que le gaz de bois, purifié, renferme beaucoup plus d'hydrogène bicarboné ou de gaz éclairant proprement dit que le gaz des compagnies d'éclairage de Londres et de Manchester, qui, d'après les analyses de M. Frankland, n'en contient pas plus de 3,5 à 5,5 p. 100.

Le gaz de bois a été appliqué avec succès, dit-on, aux villes de Heilbronn, de Beyreuth et autres. Voilà donc la première idée de Lebon reprise et industrialisée.

Les produits liquides de la distillation du bois, qui se réunissent dans les réservoirs, sont nombreux, ils se composent de :

Beaucoup d'eau,
— d'acide pyroligneux ou acide acétique.
Petites quantités d'acétone,
— d'esprit de bois,
— d'acide ulmique,
— de diverses huiles essentielles ou carbures d'hydrogène, parmi lesquelles on a distingué :

La naphtaline, $C^{20}H^{8}$,
La paraffine. $C^{54}H^{54}$,
L'eupione, $C^{2}H^{2}$,
La créosote, $C^{28}H^{16}O^{4}$,
Le picamare,
Le capnomore;

Plusieurs résines pyrogénées ou *pyrétines*, parmi lesquelles on a distingué :

Le pittacale,
Le cédrirète,
L'éblanine, $C^{21}H^{18}O^{4}$.

Le *goudron* est un mélange de toutes ces huiles empyreumatiques, de ces carbures d'hydrogène et de pyrétines, d'acide ulmique, associés à une certaine quantité d'acide acétique.

Il est utile d'examiner en particulier ceux de ces produits qui ont reçu des applications. En tête de tous, il faut placer l'acide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

acétique, qui a reçu dans les arts les noms de *vinaigre de bois* ou d'*acide pyroligneux*, qui rappellent son origine.

I. **Acide pyroligneux.**— Ce sont Fourcroy et Vauquelin qui, les premiers, ont démontré que cet acide du bois est identique, après sa purification, avec l'acide acétique extrait du vinaigre. Longtemps avant Lebon, l'Anglais Boyle avait constaté la production d'un acide dans la distillation du bois, et il l'avait nommé *vinaigre radical ;* c'est ce que plus tard Boerhaave appela *esprit acide du bois*. Le célèbre chimiste hollandais avait même remarqué que les bois durs, notamment celui de gaïac, en fournissent plus que tous les autres.

Par le repos des produits rendus dans les réservoirs, la majeure partie du goudron s'isole et tombe au fond de l'eau acide. On sépare ces deux matières par décantation.

L'acide pyroligneux brut, tel qu'il sort des réservoirs, est coloré en rouge brun, et possède une forte odeur empyreumatique; il a une densité de 1,025 ; il renferme environ 20 p. 100 de matières huileuses et de goudron. — On le distille d'abord dans un alambic en tôle, pour en séparer la plus grande partie du goudron; il est alors beaucoup moins coloré, mais son odeur est encore très-désagréable; il prend le nom d'*acide pyroligneux distillé ;* sa densité est de 1,013. On l'emploie pour faire des *acétates*, ou ce qu'on appelle vulgairement des *pyrolignites*.

Lorsqu'on veut l'avoir tout à fait pur, on commence par saturer l'acide brut au moyen de la craie, à une douce chaleur, parce qu'en se combinant à la chaux, il abandonne la majeure partie de l'huile et du goudron qu'il tient en dissolution. Ces matières surnagent bientôt; on les enlève avec une écumoire; on laisse reposer et on décante la liqueur.

L'acétate de chaux, concentré à 15°, est mêlé à une solution saturée de sulfate de soude, jusqu'à cessation de précipité ; il résulte, de leur réaction mutuelle, du sulfate de chaux insoluble et de l'acétate de soude soluble :

Acétate de chaux... = chaux..... + acide acétique.
Sulfate de soude... = acide sulfurique. + soude.

Sulfate de chaux + acétate de soude.

Lorsque le sulfate de chaux est complétement déposé, on décante, on lave le dépôt à plusieurs reprises, on évapore ensuite toutes les liqueurs dans des chaudières plates jusqu'à 27 ou 28°, et on les met à cristalliser. Les cristaux obtenus sont de gros prismes rhomboïdaux très-colorés. Pour les purifier, on leur fait d'abord subir une deuxième cristallisation, puis on les torréfie avec précaution dans des chaudières de fonte très-plates et évasées, afin de détruire l'huile et le goudron.

Cette *fritte* exige les plus grands ménagements à cause de la facilité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec laquelle le sel se décompose, lorsque la chaleur n'est pas également répartie dans toute sa masse. On remue continuellement avec des ringards; on évite que la chaleur ne s'élève assez pour qu'il se dégage de la fumée; la température varie alors entre + 250° et 330°. — On arrête l'opération, lorsque le sel est en fusion tranquille, et après le refroidissement, on le fait dissoudre dans l'eau; on concentre à 15°, puis on abandonne au repos pour que le charbon suspendu dans le liquide s'isole par précipitation. On évapore de nouveau après décantation et on fait cristalliser. On obtient alors de l'acétate de soude très-blanc.

C'est en décomposant ce sel au moyen de l'acide sulfurique à 66°, ne contenant aucun composé de l'azote, qu'on obtient l'acide acétique pur. Pour 100 kilogrammes d'acétate de soude, on emploie 323 kilogrammes d'acide, qu'on verse en une seule fois. Il se forme du sulfate de soude qui se précipite à mesure, et l'acide acétique se dissout dans l'eau abandonnée par l'acide sulfurique. Lorsque la réaction est terminée, on décante; comme l'acide acétique retient en dissolution un peu de sulfate de soude, on l'épure par une distillation ménagée dans un alambic en cuivre ou en fonte, mais dont le chapiteau et le serpentin sont en grès ou en argent (1). Les 4/5 de l'acide qui distillent ont une odeur agréable et la transparence de l'eau; à la fin de l'opération, le produit se colore un peu et prend l'odeur empyreumatique. Par une nouvelle distillation sur un peu de charbon animal purifié, on obtient l'acide complétement pur et sans odeur ni saveur désagréables.

Dans cet état, il est livré aux arts à 7 ou 8° de concentration, sous le nom d'*acide pyroligneux pur*. Étendu d'eau et aromatisé convenablement, il forme un vinaigre de table très-agréable, qu'on a longtemps appelé *vinaigre de Mollerat*, du nom des frères Mollerat qui, les premiers, l'ont fabriqué en France et mis en vogue.

Lorsqu'on veut l'avoir à son maximum de concentration, on le rectifie une seconde fois, en mettant à part le premier tiers du produit distillé; les deux autres tiers, qui forment l'acide le plus concentré, ont entraîné un peu d'acide sulfurique; on les en débarrasse en distillant de nouveau le produit sur de l'acétate de soude anhydre. L'acide recueilli est exposé dans un flacon bouché à un froid de — 4 à — 5°. Il se fait un départ de l'acide le plus concentré qui se prend en masse blanche cristalline, et de l'acide plus aqueux qui reste à l'état liquide; on le sépare par la décantation. Si l'on fond à part les cristaux et si on les expose de nouveau au froid, en ne laissant congeler que la moitié du produit, et décantant le reste, on obtient un acide aussi concentré que possible, qui est distingué par le nom d'*acide acétique cristallisable*.

(1) M. Kuhlmann a proposé de simplifier singulièrement ce mode opératoire qui est fort long, en saturant l'acide pyroligneux brut par le carbonate de baryte naturel ou par le sulfure de baryum, grillant l'acétate de baryte dans les conditions convenables pour que sa dissolution laisse précipiter les matières goudronneuses, et décomposant ensuite l'acétate par un équivalent d'acide sulfurique étendu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est dans cet état que je vais en faire l'étude. Je dirai, toutefois, auparavant, que les 5 hectolitres d'acide brut fournis par la calcination d'un stère de bois de sapin, étant purifiés par plusieurs distillations successives, donnent 44 kilogrammes de goudron, et 375 litres d'acide pyroligneux propre à être livré au commerce et contenant 7 p. 100 d'acide acétique anhydre.

CINQUANTE-UNIÈME LEÇON.

DES ORGANES EMPLOYÉS DANS L'INDUSTRIE. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Acide ACÉTIQUE pur. — Acétone, acétates, anhydride-acétique. — *Cacodyle* et ses composés. — Radicaux composés métalliques. — Acétate de cuivre. — *Vert-de-gris*. — Accidents qu'il occasionne. — Préparations alimentaires qui en renferment. — Des acétates de plomb. — *Extrait de Goulard*. — Pyrolignite de plomb. — Acétate d'alumine. — Préparation du *mordant de rouge* des indienneurs. — Acétate et pyrolignite de fer. — Du vinaigre de vin et de sa fabrication. — Esprit de bois ou *alcool méthylique*. — Goudron de bois. — *Paraffine* et *créosote*.

II. **Acide acétique pur.** — Le nom de cet acide dérive du mot latin, *Acetum*, par lequel les Romains désignaient le vinaigre. C'est, en effet, à lui qu'il faut rapporter toutes les propriétés de ce dernier. Les alchimistes le connurent à l'état d'une grande concentration sous le nom de *vinaigre radical*.

Dans son état de pureté, il est solide au-dessous de + 16°, en lames blanches très-brillantes ; mais à + 16°, il est liquide, incolore, limpide, d'une densité de 1,063, ce qui correspond à 11° au pèse-acide de Baumé. Son odeur est vive et pénétrante (1), sa saveur si fortement acide qu'il brûle la peau et pique la langue à la manière des acides minéraux. Il rougit fortement le tournesol. Il entre en ébullition à + 120° et distille sans altération. Quand il bout dans un vase ouvert et qu'on en approche un corps en combustion, il brûle avec une flamme bleue, en se convertissant en eau et en acide carbonique.

On ne connaît pas l'acide acétique privé d'eau à l'état de liberté ; le plus concentré est composé de :

---

(1) On l'emploie communément, à cause de cela, pour rappeler à la vie les personnes qui tombent en syncope, en leur mettant sous le nez un petit flacon rempli de *sel de vinaigre*. Ce prétendu sel est tout simplement du sulfate de potasse en petits cristaux arrosés d'acide acétique très-concentré.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acide acétique anhydre	85,11
Eau	14,89
	100,00

Quant à l'acide anhydre, tel qu'il existe dans les acétates desséchés, on a reconnu qu'il est formé de

Carbone	47,54
Hydrogène	5,82
Oxygène	46,64
	100,00

On le représente, dans cet état, par la formule $C^4H^3O^3$.

L'acide liquide, au maximum de concentration, est représenté par $C^4H^4O^4$, ou plus rationnellement par $C^4H^3O^3,HO$. C'est donc un monohydrate, comparable à l'acide sulfurique à 66°.

Quand on le fait passer en vapeurs dans un tube de porcelaine rempli de charbon calciné et porté au rouge sombre, il se trouve converti en eau, en acide carbonique, et en un liquide volatil, neutre, nommé *acétone* ou *esprit pyro-acétique*, $C^6H^6O^2$, dont une partie fournit, par une décomposition ultérieure, des gaz inflammables et du charbon. Cette transformation de l'acide est facile à comprendre. Qu'on retranche de 2 équivalents d'acide acétique monohydraté 2 équivalents d'acide carbonique et 2 équivalents d'eau, on obtient la formule de l'*acétone;* en effet :

$$\underset{\text{Acide acétique.}}{2(C^4H^3O^3,HO)} - 2CO^2 - 2HO = \underset{\text{Acétone.}}{C^6H^6O^2}.$$

C'est surtout dans la distillation des acétates alcalins secs que l'acétone se produit en très-grande quantité. Dans ce cas, la réaction est exprimée par l'équation suivante :

$$2(CaO,C^4H^3O^3) = 2(CaO,CO^2) + C^6H^6O^2 \quad (1).$$

Si l'on fait passer des vapeurs d'acide acétique sur de la mousse de platine chauffée au rouge (*fig.* 473), l'acide se dédouble alors nettement en donnant des volumes égaux d'acide carbonique et de gaz des marais :

$$C^4H^3O^3,HO = 2CO^2 + \underset{\text{Gaz des marais.}}{C^2H^4}.$$

(1) L'acétone purifié, qui n'a d'intérêt qu'au point de vue scientifique, est un liquide incolore, très-limpide, d'une densité de 0,792, bouillant à + 56°, d'une odeur aromatique rappelant celle de la menthe poivrée et des amandes amères, d'une saveur brûlante. Il est très-inflammable et brûle avec une flamme brillante. Il est soluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, les huiles essentielles ; il dissout le camphre, la cire, le caoutchouc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La même transformation se produit en le distillant sur un excès de base alcaline, de la baryte, par exemple ; mais dans ce cas, l'acide carbonique se fixe sur la baryte, et l'hydrogène carboné se dégage tout à fait pur :

$$C^4H^3O^3,HO + 2BaO = 2(BaO,CO^2) + C^2H^4.$$

Abandonné dans l'air, l'acide acétique en absorbe peu à peu l'humidité, et s'affaiblit. Il se mêle à l'eau et à l'alcool en toutes

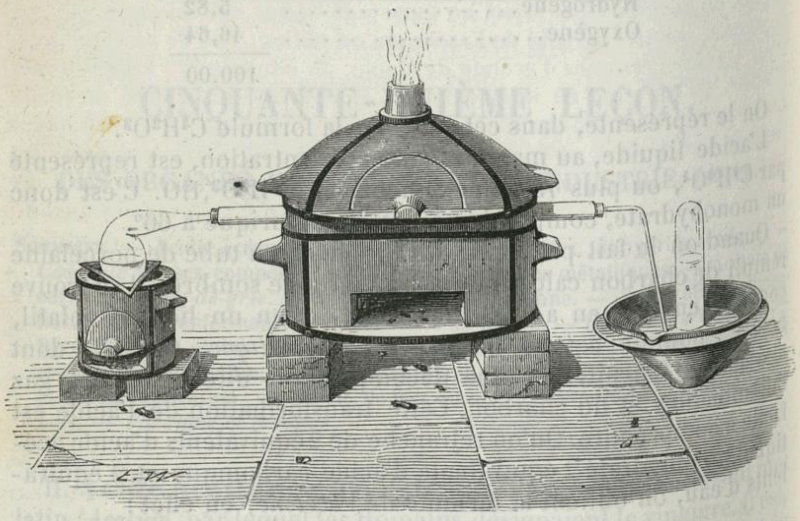


Fig. 473.

proportions. Chauffé avec ce dernier, il s'y combine et donne lieu à un *éther* d'une odeur très-agréable, très-combustible, et qui dissout si bien tous les corps gras, qu'on devrait l'employer pour détacher les draps et autres étoffes. Il paraît que c'est à un peu d'*éther acétique* que les eaux-de-vie et les vinaigres de vin doivent leur arome spécial.

L'acide acétique dissout un grand nombre de substances organiques, entre autres les huiles essentielles, le camphre, les résines, le gluten, la caséine, l'albumine.

Le chlore est sans action sur lui, à froid et dans l'obscurité ; mais en exposant le mélange de ces deux corps aux rayons solaires, l'hydrogène de l'acide est enlevé sous forme d'acide chlorhydrique et remplacé exactement par son équivalent de chlore ; l'eau d'hydratation de l'acide reste dans la nouvelle combinaison, qui est un acide très-fort, cristallisable, peu odorant, que M. Dumas, qui l'a découvert en 1841, a nommé *acide chloracétique*. Cette curieuse réaction est représentée par l'équation suivante :

$$\underset{\text{Acide acétique.}}{C^4H^3O^3,HO} + 6Cl = \underset{\text{Ac. chloracétique.}}{C^4Cl^3O^3,HO} + 3HCl.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'acide acétique est très-énergique; il décompose les carbonates et il sature très-bien les bases. Il est monobasique. Ses sels sont neutres ou basiques. On ne connaît que deux acétates avec excès d'acide ; ce sont ceux d'ammoniaque et de potasse.

Les acétates sont presque tous solubles. Ils répandent immédiatement, par quelques gouttes d'acide sulfurique, l'odeur agréable et piquante de l'acide acétique. Ceux de potasse et de soude, étant desséchés et fondus, puis mis en contact avec l'oxychlorure de phosphore, fournissent un liquide incolore, très-mobile, d'une odeur acétique très-forte, bouillant à + 137°,5, n'ayant aucune propriété acide, mais régénérant subitement de l'acide acétique monohydraté dès qu'on le soumet à l'action de l'eau. Ce liquide, dont la composition est représentée par $C^4H^3O^3$, correspond donc à l'*acide acétique anhydre* tel qu'il existe dans les acétates ; c'est l'*anhydride acétique*, comme l'a nommé Gerhardt, qui l'a obtenu en 1852.

Les acétates alcalins présentent avec l'acide arsénieux, sous l'influence de la chaleur, des phénomènes très-curieux dont il est essentiel de vous donner au moins une idée.

Quand on distille au-dessous de la chaleur rouge, dans une cornue en verre (*fig.* 474), un mélange à parties égales d'acétate de potasse et d'acide arsénieux, il se dégage de l'hydrogène carboné, de l'hydrogène arséniqué, de l'acide carbonique, de l'eau, de l'acétone, et une liqueur huileuse mélangée d'arsenic métallique. Cette huile, qui, purifiée par la distillation sur du chlorure de calcium, est incolore, répand d'épaisses fumées à l'air, exhale une odeur horriblement fétide, et porte le nom de *liqueur fumante de Cadet*, du nom du chimiste qui l'a obtenue pour la première fois.

Ce composé possède les caractères d'une base salifiable, et peut être rapproché par ses propriétés de la classe des oxydes indifférents de la chimie minérale. Il est neutre aux papiers colorés, mais il se combine aux acides en donnant des composés solubles dans l'eau.

Il est représenté par la formule C^4H^6AsO.

La molécule C^4H^6As constitue, ainsi que l'a vu M. Bunsen, un radical composé très-stable qui se comporte dans toutes les réactions chimiques comme les métaux, et notamment comme le potassium. En effet, il est très-avide d'oxygène, il se combine au chlore, au brôme, au soufre en rapports simples et forme des chlorures, brômures, sulfures, etc., définis.

M. Bunsen nomme ce radical *cacodyle*, de deux mots grecs qui veulent dire *mauvaise odeur;* il désigne la *liqueur fumante de Cadet* sous le nom d'*oxyde de cacodyle*, et la représente alors par la formule rationnelle : $(C^4H^6As)O$.

Le *cacodyle* a été isolé sous la forme d'un liquide incolore, trans-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parent, visqueux, d'odeur fétide. Il répand à l'air des fumées épaisses et s'oxyde ; il est très-inflammable, même spontanément ; il bout à + 170°, et à — 6° il devient solide et cristallise en prismes à base carrée.

La formation de l'oxyde de cacodyle par la distillation d'un acétate avec l'acide arsénieux s'explique au moyen de l'équation suivante :

$$2(KO,C^4H^3O^3) + AsO^3 = (C^4H^6As)O + 2(KO,CO^2) + 2CO^2.$$

L'oxyde de cacodyle offre un réactif très-sensible à l'égard de l'acide arsénieux et fournit un moyen aussi simple que sûr pour

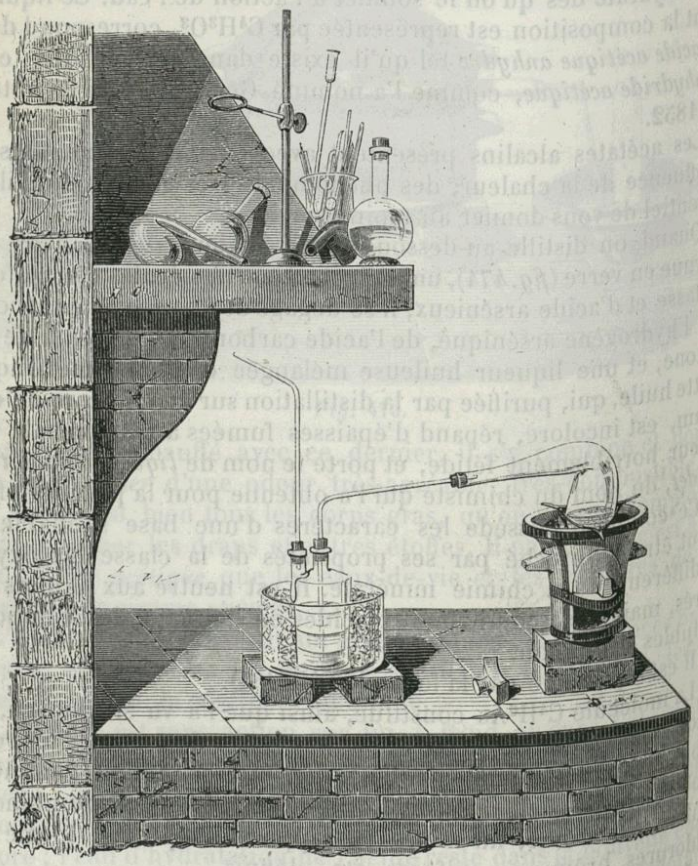


Fig. 474.

distinguer l'arsenic de l'antimoine dans les recherches de chimie légale. Que l'on traite l'enduit noir obtenu par l'appareil de Marsh, avec de l'eau aérée, à chaud et jusqu'à dissolution, que l'on ajoute de la potasse et de l'acide acétique, et qu'on évapore à sec,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on obtiendra un résidu qui, chauffé dans un tube de verre, exhalera la détestable odeur de l'oxyde de cacodyle.— L'oxyde d'antimoine n'offre pas cette réaction.

L'oxyde de cacodyle peut également servir à découvrir un acétate dans une dissolution, en ajoutant à celle-ci de l'acide arsénieux et de la potasse, puis évaporant et calcinant. L'addition de la potasse est nécessaire parce que l'oxyde de cacodyle ne se produit qu'avec les acétates alcalins (1).

Tous les faits précédents, découverts en 1842 par M. Bunsen, conduisent donc à faire admettre que le *cacodyle*, qui est formé par une molécule d'arsenic combinée à une molécule organique, se comporte, dans toutes ses réactions, comme un élément métallique, comme un radical composé qui doit prendre sa place dans le groupe des métaux. Voilà, certes, un fait des plus curieux et des aperçus nouveaux, que les découvertes plus récentes de MM. Loewig et Schweizer, Breed, Cahours et Riche, Franckland, etc., ont fortifiés. Ainsi, ces chimistes sont parvenus à produire d'autres radicaux composés métalliques, le *stannèthylium*, le *stilbéthylium*, le *bismuthylium*, le *zincéthylium*, etc., qui, homologues du cacodyle, se prêtent, comme lui, à la formation des composés binaires et salins, et fonctionnent absolument à la manière du potassium ou des métaux simples. De sorte que, maintenant, les chimistes connaissent deux classes de métaux : les *métaux simples* de nature minérale, et les *métaux composés* de nature organique ; de même qu'ils connaissent deux classes de métalloïdes : les *métalloïdes simples* (chlore, iode, soufre, phosphore, etc.), et les *métalloïdes composés* (Ethyle, Amyle, Méthyle, Cyanogène, etc.).

Je n'insiste pas davantage sur ces considérations philosophiques, parce qu'elles me feraient sortir du cadre de mon enseignement, et je me hâte de vous parler des acétates, dont l'industrie a su faire des applications.

Il y a deux acétates de cuivre qu'on emploie, comme couleurs vertes, dans la peinture à l'huile et dans la teinture en noir sur

(1) L'odeur qu'exhalent le cacodyle et tous ses dérivés excite immédiatement des vomissements chez les individus délicats ; elle affecte principalement le système nerveux lorsqu'on demeure soumis, pendant un temps un peu prolongé, à son influence. Ce n'est qu'avec le cyanure de cacodyle que de graves symptômes d'empoisonnement sont à craindre ; ce composé répandu, même à dose très-faible, dans l'atmosphère, peut occasionner des vertiges, une surdité momentanée, et même des syncopes. Ce n'est donc qu'avec infiniment de prudence qu'il faut toucher et préparer les composés du cacodyle. Le célèbre auteur de leur découverte a montré un rare courage dans l'étude si longue et si pénible qu'il en a faite. Il faut être excité par un véritable amour de la science pour entreprendre et accomplir des travaux aussi repoussants et aussi dangereux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laine, pour composer certains mordants et faire des liqueurs nommées *vert d'eau*, *vert préparé*, qui servent au lavis des plans.

L'un, qui se présente en gros cristaux d'un vert foncé (*fig.* 475), très-solubles dans l'eau et légèrement efflorescents, est un acétate neutre, qu'on appelle vulgairement *vert distillé*, *vert cristallisé*, *cristaux de Vénus*.



Fig. 475.

L'autre, qui est en poussière grenue, d'un bleu verdâtre, presque insoluble dans l'eau, mais très-soluble dans le vinaigre et les autres acides, est un sous-acétate, plus connu sous les noms de *verdet* et de *vert-de-gris* (1).

Tous deux sont préparés dans le midi de la France, surtout à Grenoble et à Montpellier, de la manière suivante :

On stratifie des lames minces de cuivre avec du marc de raisin qu'on a laissé aigrir. Le métal est oxydé par l'air, et l'oxyde formé s'unit à l'acide acétique que renferme le marc de raisin, d'où résulte du vert-de-gris qui s'attache à la surface des lames métalliques. Au bout de 18 à 20 jours, on retire les lames et on en détache la couche de vert-de-gris, qu'on pétrit avec un peu de vinasse, et qu'on renferme dans des sacs de cuir ou dans des peaux de mouton, pour l'expédier au loin.

Cette opération, qui est fort simple, est pratiquée, dans la plupart des maisons de Montpellier, par les femmes, dans un coin de la cave, parce que l'humidité, l'obscurité et une température modérée sont des conditions nécessaires. C'est ordinairement dans de grands vases d'argile, non vernis, nommés *oulas*, qu'on stratifie les lames de cuivre avec le marc de raisin.

Il y a bien longtemps que ce genre de fabrication est pratiqué, puisque Dioscoride, Pline et Vitruve en font mention. Les Grecs et les Romains connaissaient, en effet, le vert-de-gris, et l'employaient comme couleur et comme médicament.

On transforme aisément le vert-de-gris en acétate neutre de cuivre, en faisant chauffer le premier avec du vinaigre distillé qui le dissout complétement. On concentre la liqueur, puis on la met à cristalliser. On suspend, dans les cristallisoirs, des bâtons fendus en quatre, et dont les branches sont tenues écartées au moyen de fiches de bois. Le sel cristallise de préférence sur ces bâtons, et forme ainsi ces belles grappes pyramidales qu'on vend, dans le commerce, sous le nom de *vert en grappe*.

L'acétate neutre de cuivre a pour formule : $CuO,C^4H^3O^3,HO$.

(1) Il ne faut pas confondre ce sous-acétate de cuivre avec le *vert-de-gris* qui se forme à la surface des ustensiles de cuivre, des statues de bronze, des pièces de monnaie, par la seule action de l'air humide, puisque, comme je l'ai dit ailleurs (28e leçon, t. I, p. 760), ce vert-de-gris est du carbonate de cuivre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le sous-acétate est ordinairement un acétate bibasique, de la formule suivante : $(CuO)^2,C^4H^3O^3,6HO$.

Voici la composition en poids de plusieurs verts-de-gris du commerce :

	VERT-DE-GRIS FRANÇAIS.	VERT-DE-GRIS ANGLAIS	
		CRISTALLISÉ.	COMPRIMÉ.
Acide acétique anhydre . . .	29,3	28,30	29,62
Bioxyde de cuivre.....	43.5	43,25	44,25
Eau.....	25,2	28,45	25,51
Impuretés.....	2,0	»	0,62
	100,0	100,00	100,00

Les alchimistes obtenaient un acide très-concentré en distillant, dans une cornue en grès, de l'*acétate de cuivre*. Ce sel, en se décomposant, abandonne presque tout son acide, sous forme de vapeurs qui se condensent, dans le récipient, en un liquide légèrement verdâtre. Cette couleur, due à un peu de cuivre entraîné par l'acide, disparaît par une seconde distillation. On le distinguait autrefois par les noms de *vinaigre radical* et de *vinaigre de Vénus*, dénominations encore usitées dans le commerce. Il retient toujours plus ou moins d'acétone qui change un peu son odeur.

Les deux sels de cuivre dont je parle ont une forte saveur cuivreuse et une légère odeur de vinaigre. Ce sont de violents poisons aux plus petites doses, puisque quelques centigrammes seulement suffisent pour tuer un chien.

Toutes les fois que des liqueurs ou des mets additionnés de vinaigre se refroidissent et séjournent dans des vases de cuivre, ils se chargent d'une certaine quantité d'acétate de cuivre, et acquièrent à l'instant des propriétés extrêmement délétères. C'est là ce qui explique ces accidents si fréquents dans nos ménages, par l'imprévoyance ou la négligence des domestiques. On peut bien faire bouillir du vinaigre dans des casseroles de cuivre, parce qu'à chaud cet acide ne dissout pas sensiblement le cuivre ; mais pour peu qu'on l'y laisse refroidir, l'air pénètre jusqu'au métal, à travers le liquide, et l'oxyde formé se dissout.

Il y a plusieurs de nos préparations alimentaires qui renferment presque toujours de l'acétate de cuivre, et qui, par cela même, produisent des accidents très-graves, dont la véritable cause reste

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le plus souvent ignorée. Tels sont les cornichons et les câpres confits dans le vinaigre, les prunes à l'eau-de-vie, la liqueur d'absinthe, l'oseille cuite, dont la belle couleur verte provient presque toujours des vases de cuivre dans lesquels on les prépare. Parfois aussi on les colore à dessein en y faisant séjourner des sous, ou en y ajoutant un peu de vert-de-gris. En 1834, j'ai trouvé, dans de l'absinthe verte vendue à Rouen, *une proportion considérable d'acétate de cuivre ;* aussi, une personne qui en avait bu avait éprouvé de violentes coliques ! En 1838, j'ai analysé de l'oseille qui produisait de très-fortes purgations chaque fois qu'on en mangeait ; elle renfermait aussi une *grande quantité de cuivre*, parce qu'on l'avait fait cuire dans une bassine de cuivre rouge.

On ne saurait donc apporter trop de soins dans le choix des substances alimentaires, et on ne devrait manger des cornichons et autres substances confites dans le vinaigre ou l'eau-de-vie qu'après s'être assuré préalablement de leur parfaite innocuité.

L'acétate de plomb n'est pas moins utile à connaître, puisqu'on en consomme des quantités immenses, tant pour la fabrication du blanc de céruse (1) que pour celle de l'acétate d'alumine ou *mordant de rouge* des indienneurs.

Ce sel est très-souvent désigné sous les noms de *sel de Saturne*, *sucre de Saturne*, *sucre de plomb*, dénominations créées par les alchimistes et employées par Basile Valentin. On le prépare en faisant chauffer de l'acide pyroligneux purifié sur de la litharge, jusqu'à saturation. Lorsque la liqueur marque 50° à l'aréomètre, on la met à cristalliser. On obtient, par une cristallisation rapide, de jolies petites aiguilles brillantes et satinées (*fig.* 476), qui ont une saveur d'abord sucrée, puis astringente. Elles sont un peu efflorescentes et très-solubles dans l'eau.

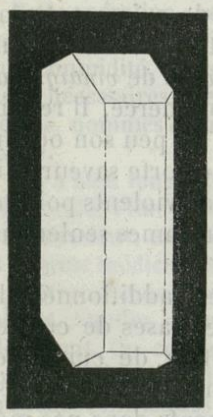


Fig. 476.

L'acétate neutre de plomb cristallisé a pour formule $PbO,C^4H^3O^3,3HO$.

Si l'on fait chauffer sa dissolution avec de la litharge, elle en dissout le tiers de son poids, et il en résulte un *sous-acétate* ou un acétate tribasique, $C^4H^3O^3,3PbO$, qui ne cristallise qu'avec beaucoup de peine. Ce nouveau sel est très-employé par les chirurgiens pour laver les plaies, sous les noms d'*extrait de Goulard*, de *vinaigre de plomb*

(1) Voir, 28e leçon, t. I, p. 788 et suivantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Goulard, parce que c'est Goulard, chirurgien de Montpellier, qui préconisa l'emploi de ce sel dans les cas d'inflammation.

C'est un réactif très-utile aux chimistes, surtout à l'égard des principes immédiats qu'il précipite, pour la plupart, de leurs dissolutions en flocons abondants; tels sont la gomme, les matières colorantes, le tannin, les matières extractives, qui, comme vous le voyez, donnent avec ce sel des précipités consistant en une combinaison de la matière organique employée et de protoxyde de plomb.

Souvent, dans la même liqueur, il y a en dissolution du sucre, des principes gommeux, des matières colorantes, etc.; eh bien! pour isoler le sucre, on se sert avec avantage du sous-acétate de plomb, parce qu'il précipite tous les autres principes et laisse le premier en dissolution.

Le papier et le bois, imprégnés de ce sel, acquièrent, quand ils sont secs, la propriété de prendre feu plus facilement et de continuer à brûler comme de l'amadou.

L'acide sulfurique et les sulfates solubles, l'acide carbonique et les carbonates alcalins troublent les deux acétates de plomb et déterminent dans leurs dissolutions un précipité blanc et lourd de sulfate ou de carbonate de plomb; c'est pour cela que les eaux de puits, de sources, de rivières, qui contiennent toujours plus ou moins de sulfate et de carbonate de chaux en dissolution, ainsi que de l'acide carbonique, blanchissent par l'addition d'acétate ou de sous-acétate de plomb. Cette eau blanche est ce que les alchimistes nommaient jadis *lait de vierge*.

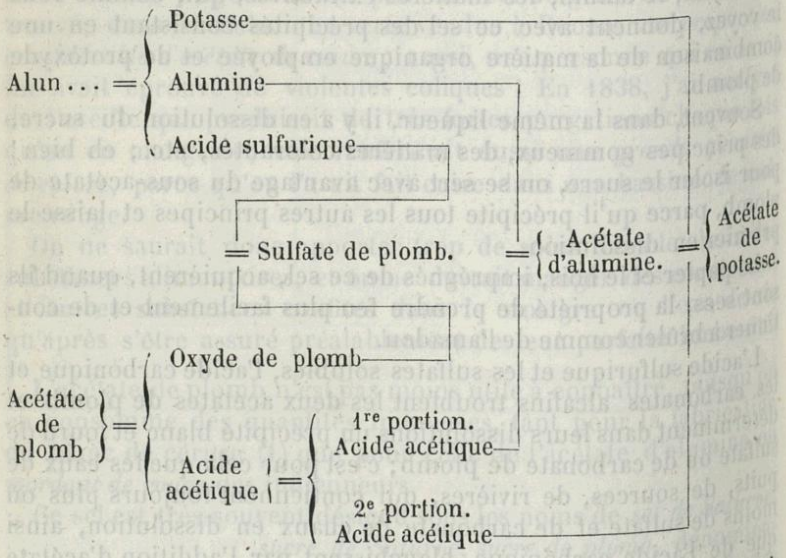
On désigne dans le commerce, sous le nom de *pyrolignite de plomb*, un acétate neutre que l'on prépare avec l'acide pyroligneux brut ou distillé. Il retient plus ou moins de goudron, suivant l'acide dont on a fait usage. Tantôt il est en masses compactes, d'un jaune brunâtre, d'une consistance molle, ayant une forte odeur empyreumatique. D'autres fois, il est en petites masses aiguillées, d'un blanc grisâtre, sèches et moins odorantes. Ce dernier est presque pur et doit être choisi de préférence.

Le pyrolignite de plomb peut remplacer le sel de Saturne dans presque tous ses emplois, et notamment pour la préparation du *mordant de rouge* des indienneurs, dont je vais actuellement vous parler.

L'acétate d'alumine, $Al^2O^3,3C^4H^3O^3,nHO$, ne joue pas un rôle moins important que l'alun dans nos ateliers, puisque, comme je vous l'apprendrai bientôt, c'est le mordant ordinaire pour l'impression des toiles. On l'obtient, par double décomposition, au moyen de l'alun et de l'acétate de plomb, préalablement dissous dans l'eau froide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En employant ces deux sels dans les proportions de 100 parties d'acétate de plomb et de 62 parties d'alun, il résulte de leur réaction mutuelle, du sulfate de plomb insoluble et des acétates d'alumine et de potasse qui restent en dissolution, comme le démontre la légende suivante :



Mais, dans les fabriques, on n'emploie jamais assez d'acétate de plomb pour décomposer les deux sulfates de l'alun, en sorte que le mordant obtenu consiste en un mélange d'acétate acide d'alumine, d'un peu de sous-sulfate d'alumine, de sulfate de potasse ou de sulfate d'ammoniaque, suivant que l'alun est à base de potasse ou d'ammoniaque. Il y a, en plus, du sulfate de soude, parce qu'on neutralise ordinairement l'excès d'acide de l'alun par des cristaux de soude (carbonate de soude).

Voici la composition des trois mordants dont on fait principalement usage pour les impressions :

MATIÈRES EMPLOYÉES.	MORDANTS N° 1.	N° 2.	N° 3.
Eau.....	100 lit.	100 lit.	100 lit.
Alun.....	40 kil.	27 kil.	20 kil. ,250
Cristaux de soude....	4	2kil. ,700	2 ,280
Acétate de plomb....	40	20 ,250	13 ,500

On introduit dans un baquet l'alun pulvérisé; on y verse la quantité d'eau chaude voulue pour en favoriser la dissolution ; puis on ajoute à la liqueur le carbonate de soude, et enfin l'acétate de plomb dissous dans le restant de l'eau. On a soin de remuer le tout sans interruption pendant une heure au moins, et, ensuite, de temps en temps seulement, mais en laissant le vase découvert, afin que le refroidissement soit aussi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prompt que possible; car on a observé que quand il est lent, l'acétate se trouvant longtemps exposé au contact de l'air, il y a toujours une certaine quantité d'alumine mise en liberté qui ne se redissout plus. Lorsque le mordant est refroidi et que le dépôt de sulfate de plomb est formé, on décante la partie claire qu'on introduit et conserve dans des vases de verre ou de grès bien clos. Quant au précipité, on le met à égoutter sur une toile où on le lave, et l'on fait servir les eaux de lavage à la préparation des mordants faibles, ou à une nouvelle opération des mêmes mordants.

Il est peu de cas où l'on ait besoin d'un mordant plus fort que le n° 1. Le mordant n° 2 est assez fort pour produire, avec presque toutes les substances tinctoriales, les nuances les plus intenses, par une saturation complète.

Il résulte donc, de tout ce qui précède, que le mordant de rouge des indienneurs n'est point de l'acétate d'alumine pur, comme celui qu'on prépare dans les laboratoires, soit en neutralisant l'acide acétique concentré par de l'alumine en gelée, soit en décomposant 100 parties d'acétate de plomb par 115 parties d'une solution de sulfate d'alumine pur à 33°. Mais les sels étrangers que le premier renferme ne présentent aucun inconvénient pour l'impression.

On prépare quelquefois le *mordant de rouge* avec le pyrolignite de chaux, à défaut de sel de Saturne ou de pyrolignite de plomb. Ce moyen étant plus économique, est aussi celui dont font usage les fabricants de produits chimiques, qui livrent au commerce de l'acétate d'alumine liquide. Mais celui-ci retient toujours, dans ce cas, du sulfate de chaux, ce qui fait que les nuances qu'il produit sont ternes.

L'acétate de baryte serait bien préférable, attendu que le sulfate de baryte est absolument insoluble. On devrait même le substituer à l'acétate de plomb qui est beaucoup plus cher : 67,37 d'acétate de baryte anhydre peuvent remplacer 100 parties d'acétate de plomb cristallisé.

Une propriété particulière aux mordants des fabriques, c'est que, chauffés à + 70 ou 80°, ils se troublent par la précipitation de sous-sulfate d'alumine, qui se redissout de nouveau par le refroidissement. Cette observation explique pourquoi il ne faut pas chauffer les mordants de rouge, ni s'en servir à chaud dans quelque circonstance que ce soit, et pourquoi aussi on obtient des couleurs plus nourries et plus vives dans l'impression que par les bains chauds.

Le mordant d'alumine préparé avec le pyrolignite de plomb fournit des nuances jaunes aussi vives que celui qui est fait avec le sel de Saturne. Les roses sont peut-être un peu moins beaux; mais tout dépend de la préparation du pyrolignite de plomb, car celui qui est blond et en aiguilles agit comme le sel de Saturne.

L'acétate de fer est aussi d'un usage général dans nos ateliers de teinture et d'indiennes, pour colorer les étoffes en jaune plus ou moins foncé et servir de mordant de noir. On le prépare très-sim-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plement en faisant digérer, pendant un mois ou deux, du vinaigre de vin ou de l'acide pyroligneux distillé sur des rognures de tôle ou de vieille ferraille. Le fer s'oxyde aux dépens de l'eau, et l'oxyde neutralise ensuite l'acide. Il en résulte une liqueur d'un brun foncé, incristallisable et d'une odeur particulière. Elle tient en dissolution un mélange d'acétates de protoxyde et de peroxyde de fer. On l'appelle communément *liqueur de ferraille*, *pyrolignite de fer*, *bouillon noir*, et le tonneau dans lequel on la prépare est désigné, dans les ateliers, sous le nom de *tonne au noir*. Dans les premiers temps de la fabrication des toiles peintes en Europe, on préparait l'acétate de fer, d'après Shaw, en dissolvant le métal dans de la petite bière éventée.

Le pyrolignite de fer du commerce doit marquer de 14 à 16°, et ne pas contenir de sulfate de fer. L'expérience a démontré aux teinturiers et aux indienneurs que l'acétate de fer le plus anciennement préparé est le meilleur. On ne doit en faire usage que lorsqu'il est bien clair et transparent. On y ajoute quelquefois un peu d'acide acétique avant d'en imprégner les tissus.

III. **Vinaigre ordinaire.** — Pour terminer l'étude de l'acide acétique, il me reste à vous parler de sa production par le moyen le plus anciennement connu, l'*acétification* de l'alcool.

Toutes les liqueurs vineuses, telles que le vin, le cidre, la bière, les moûts de grains germés, les mélasses et sirops étendus, étant exposées au contact de l'air, à une température de + 25 à 30°, éprouvent un changement remarquable; de piquantes et chaudes qu'elles étaient, elles deviennent acides; elles s'aigrissent et prennent dès lors le nom de *vinaigre*, expression qui dérive évidemment des mots *vin aigre*, *vin aigri*. Le vinaigre n'est autre chose, comme je l'ai déjà dit, que de l'acide acétique faible.

La première idée de faire du vinaigre est, sans doute, due, comme le remarque Chaptal, à l'inattention de quelques vignerons occupés à préparer du vin. La saveur aigrelette qu'aura contractée la liqueur vineuse ne permettant plus de la consommer en boisson, on aura essayé de la faire servir à relever la saveur des mets, ou à en prolonger la durée. Ce qu'il y a de positif, c'est que l'origine du vinaigre remonte à la plus haute antiquité. Moïse parle du vinaigre, dont il paraît que les Israélites et d'autres nations de l'Orient faisaient habituellement usage depuis un temps fort reculé. Pline fait l'éloge de cet acide, soit comme assaisonnement, soit pour conserver des fruits et des légumes, soit comme médicament; les vapeurs du vinaigre étaient respirées par certains malades au sortir du bain; il était considéré comme l'antidote de plusieurs poisons, et particulièrement contre la morsure des serpents venimeux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les Égyptiens préparaient avec le vinaigre, du miel et de l'eau, une boisson très-agréable, et les Romains faisaient prendre à leurs soldats une mixture aromatique à peu près semblable (que nous appelons *oxycrat*), dans le but de leur donner de l'ardeur et du courage ; on attribue à cet usage la santé soutenue de leurs armées.

Glauber est le premier chimiste qui ait indiqué un procédé détaillé et complet pour faire le vinaigre. Voici celui qu'on exécute dans les pays vignobles, et notamment à Orléans, d'où nous vient, comme on sait, le meilleur vinaigre.

Dans un atelier où la température peut être maintenue entre + 25 et 30°, on dispose plusieurs rangées de tonneaux par étages, en les plaçant sur leur fond. On choisit de préférence ceux qui ont déjà servi à cette fabrication, parce qu'ils sont imprégnés de ferment, et on les nomme communément *mères de vinaigre*. Ils sont percés de deux trous à leur fond supérieur, l'un pour l'introduction du liquide, l'autre pour le dégagement de l'air. On verse d'abord dans chaque tonneau une certaine quantité de vinaigre bouillant, puis, tous les huit jours, on y introduit, jusqu'à une hauteur indiquée par la pratique, 10 à 12 litres de vin généreux et clair, qui a filtré sur des copeaux de hêtre. En moins de quinze jours, l'acétification est complète. On soutire alors la moitié du vinaigre de chaque tonneau, et on recommence l'opération avec de nouveau vin.

Le vinaigre de vin blanc est le plus estimé ; on peut d'ailleurs décolorer le vinaigre de vin rouge par le charbon animal, préalablement lavé à l'acide chlorhydrique ; enfin, on enlève une partie de la couleur, en même temps que l'on clarifie le vinaigre, en versant, dans une pièce de 230 litres, un litre de lait écrémé, agitant vivement et laissant déposer.

Dans le Nord, on acidifie la bière non houblonnée ; dans les pays à cidre, on acidifie le cidre et le poiré, en abandonnant quelque temps ces différentes liqueurs dans des tonneaux percés de trous à leur partie supérieure. Mais les vinaigres obtenus ne valent jamais les vinaigres de vin.

Tous les mélanges, d'ailleurs, qui peuvent éprouver la fermentation alcoolique, sont susceptibles de fournir du vinaigre. Ainsi, comme l'a vu Chaptal, 1 litre d'eau, 25 grammes de levûre et autant d'empois, produisent du vinaigre en moins de huit jours ; parce que, dans ce cas, l'amidon se saccharifie, le sucre formé se change en alcool, qui se convertit enfin en acide acétique. De même aussi 124 parties de sucre, 80 parties de levûre, avec 868 parties d'eau, abandonnées à l'air pendant un mois, fournissent d'excellent vinaigre.

Le temps nécessaire pour que l'acétification s'accomplisse peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

être beaucoup abrégé, si l'on observe exactement toutes les circonstances qui favorisent l'oxydation de l'alcool, à savoir : les conditions de température, l'accès de l'air, et la surface étendue du mélange. C'est sur ces principes, dictés par la science, que repose le procédé expéditif que Wagemann et Schutzenbach ont introduit, il y a une vingtaine d'années, en Allemagne, pour la fabrication du vinaigre. Voici en quoi il consiste :

On mêle à de l'eau-de-vie marquant 22 à 25°, 1/1000e environ d'une matière fermentescible quelconque, soit du suc exprimé de pomme de terre, de betterave, de topinambour, soit du moût fermenté d'orge ou de seigle, soit du miel ou même du vinaigre ordinaire. On fait couler ce mélange lentement, mais d'une manière continue, par le moyen de petites cordes B, dans un tonneau (*fig.* 477) rempli de copeaux de hêtre, trempés



Fig. 477.

à l'avance dans du vinaigre fort. Ce tonneau est percé vers le bas de petits trous *o,o,o*, et muni de tubes *t,t'* à son couvercle A, afin d'entretenir dans l'intérieur un courant d'air non interrompu; l'un des tubes, *t'*, sert à l'introduction du liquide, l'autre *t* au dégagement de l'air. Le liquide, en se répandant uniformément sur les copeaux, présente à l'air une très-grande surface, absorbe l'oxygène avec une telle rapidité, que la température s'élève jusqu'à + 30°, et il est transformé à moitié en vinaigre; il suffit de le verser sur un nouveau tonneau pour opérer en entier l'acétification, qui est terminée en quelques heures. Le liquide acidifié s'écoule du tonneau, par le robinet *r*, dans un récipient en bois placé au-dessous.

Ce procédé est, comme on le voit, bien supérieur à celui que l'on suit à Orléans. Il est adopté dans nos départements du Nord.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est évident que toute espèce de liquide alcoolique, particulièrement les vins et les cidres, peuvent être acidifiés dans cet appareil.

Les différents modes de fabriquer le vinaigre, les observations journalières des vinaigriers, la théorie chimique, tout démontre que l'acide acétique est le résultat d'une modification qu'éprouve l'alcool contenu dans les liqueurs vineuses. Dans le vinaigre produit, on retrouve, en effet, tous les principes de la liqueur qui l'a fourni, moins l'alcool, qui a presque entièrement disparu, et l'on sait, d'ailleurs, que la qualité du vinaigre dépend de la quantité du principe spiritueux des liquides qu'on acidifie, puisque les vins plats, par exemple, ne donnent que de mauvais vinaigres, tandis que les vins généreux en fournissent d'excellents. Pendant cette conversion remarquable, il ne se dégage ni acide carbonique, ni aucun autre produit.

Mais comment l'alcool se transforme-t-il en acide acétique ?

Toutes les fois que, par un moyen quelconque, on porte sur les éléments de l'alcool une suffisante quantité d'oxygène, on le convertit complétement en acide acétique. Ainsi, si, comme l'a vu Sérullas, on met l'alcool pur en contact avec quelques gouttes d'acide chlorique, brômique ou iodique, ce liquide est subitement changé en acide acétique très-fort, et il se dégage du chlore, du brôme ou de l'iode. Si, d'un autre côté, ainsi que l'ont fait connaître John Davy et Dœbereiner, on imprègne d'alcool pur du *noir de platine*, c'est-à-dire du platine très-divisé et spongieux, en peu d'instants, au contact de l'air, le *noir* devient incandescent, en donnant naissance à de l'acide acétique, sans production d'acide carbonique.

L'équation suivante représente cette réaction fort simple :

$$\underset{\text{Alcool.}}{C^4H^6O^2} + O^4 = \underset{\text{Ac. acétique.}}{C^4H^3O^3} + 3HO.$$

En Allemagne, où l'alcool commun est à bas prix, on a monté des fabriques de vinaigre sur cette dernière réaction curieuse. Voici, en peu de mots, comment on agit :

On met sous une large cloche plusieurs soucoupes en terre cuite ou en bois, qu'on range sur des tablettes superposées à une distance de quelques centimètres. On suspend ensuite au-dessus de chaque soucoupe, préalablement remplie d'esprit-de-vin, une certaine quantité de noir de platine humecté. On a soin de placer ce simple appareil dans un endroit éclairé, maintenu à une température de + 20 à 30°, et on favorise l'évaporation de l'alcool en suspendant sous la cloche plusieurs feuilles de papier buvard, de manière que leurs bords inférieurs plongent dans le liquide. Quelques minutes après, on voit se produire un phénomène des plus intéressants. L'action mutuelle du noir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de platine et de l'alcool se manifeste par une augmentation de température, et donne lieu à la formation de vapeurs acides qui viennent se condenser sur les parois de la cloche d'où elles tombent en ruisselant vers le fond. Cette transformation remarquable continue jusqu'à ce que tout l'oxygène de l'air renfermé sous la cloche soit absorbé. Si l'on veut alors que l'opération ne s'arrête pas, il suffit de renouveler l'air, ce qui est l'affaire d'un instant. Avec une caisse (*fig.* 478) ayant une capacité de

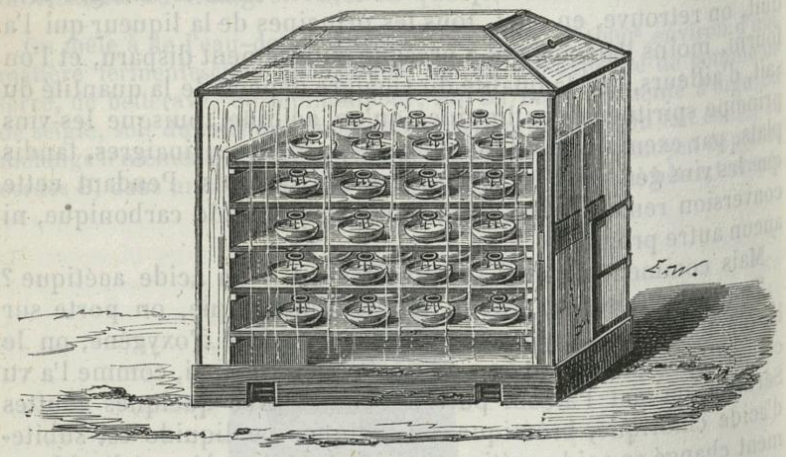


Fig. 478.

700 litres, et 200 à 210 grammes de poudre de platine, on peut, dans le cours d'une journée, convertir 1 kilogramme d'alcool en acide acétique pur, pouvant servir à toute espèce d'usages, soit culinaires, soit chimiques. Avec 20 ou 30 kilogrammes de cette même poudre, qui ne s'use pas, on peut transformer journellement près de 300 kilogrammes de mauvais esprit-de-vin en vinaigre de première qualité.

L'acétification n'est donc, comme on le voit, qu'une simple oxydation de l'alcool, et ce phénomène n'a rien de commun avec ceux d'une fermentation ; aussi a-t-il été rationnel de faire disparaître de la science le nom vicieux de *fermentation acide* ou *acétique* par lequel on avait désigné jusqu'ici la production du vinaigre.

Cependant le passage du vin en vinaigre, suivant les observations de M. Liebig, serait un phénomène plus compliqué. Ainsi, il y aurait toujours production d'aldéhyde, qui ne diffère de l'alcool, je l'avais déjà dit, que par 2 équivalents d'hydrogène :

$$\underset{\text{Alcool.}}{C^4H^6O^2} + O^2 = \underset{\text{Aldéhyde.}}{C^4H^4O^2} + 2HO.$$

Il est de fait qu'il y a toujours dans les vinaigres un peu d'aldéhyde.

Le vinaigre a une odeur agréable, une saveur acide et piquante. Quand il contient en dissolution des matières organiques étran-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gères, il éprouve une décomposition continuelle au contact de l'air; l'acide acétique disparaît peu à peu, et est remplacé par des matières d'apparence gélatineuse, sous forme de pellicules ou de crème floconneuse. Souvent il y naît une infinité de vibrions ou d'animaux infusoires, que l'on peut apercevoir à l'œil nu ; ces infusoires se montrent, en partie déjà pendant l'acte de l'acétification, en partie seulement après, lorsqu'on conserve le vinaigre. On remarque qu'ils pullulent d'autant plus que le vinaigre est plus faible, et qu'ils finissent par l'altérer complétement. On peut en éviter la formation, en recouvrant avec de la mousseline les ouvertures qui laissent arriver l'air à la liqueur acidifiante. De même, en portant le vinaigre à l'ébullition, tous ces animalcules périssent; il faut ensuite filtrer le vinaigre.

Le vinaigre de vin contient les substances suivantes :

Beaucoup d'eau,
Une quantité variable d'acide acétique,
Très-peu d'alcool,
— d'éther acétique,
— de sucre,
Un principe muqueux,
— colorant,
Une matière azotée fermentescible,
De l'acide malique,
Du bitartrate de potasse,
Du tartrate de chaux,
Du sulfate de potasse,
Du sel marin.

Les vinaigres de cidre, de poiré, de sucre de fécule, d'eau-de-vie, de bière, en diffèrent parce qu'ils ne contiennent jamais de tartre. Le vinaigre fait avec le glucose et la levûre contient beaucoup de sulfate de chaux; celui de malt ou de bière renferme des phosphates de chaux et de magnésie. Ce dernier est principalement employé, en France, dans la chapellerie et pour la fabrication du cirage.

Le vinaigre du commerce n'offre pas toujours le même degré d'acidité, c'est-à-dire la même proportion d'acide pur. Le bon vinaigre d'Orléans marque 2° à 3° au pèse-acide, le vinaigre de cidre 2°, et le vinaigre de bière 3°,20. Mais il ne faut pas trop se fier aux indications de l'aréomètre, attendu que les autres corps dissous dans le vinaigre contribuent à faire varier sa densité, et que l'acide acétique ne pèse pas beaucoup plus que l'eau. Il est préférable d'estimer la bonté ou la force d'un vinaigre par la quantité de carbonate alcalin qu'il exige pour sa saturation. Terme moyen, 100 parties de bon vinaigre d'Orléans exigent, pour leur neutralisation, 8 gram. de craie, ou 8,57 de carbonate de potasse sec, ou 6,59 de sel de soude sec. Le vinaigre de cidre exige 3 gr 50, et le vinaigre de bière 2 gr 50 de sel de soude.

On coupe souvent le vinaigre avec de l'eau, et, pour dissimuler cette fraude, on ajoute au mélange des acides minéraux, notam-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment de l'acide sulfurique, ou bien on y fait macérer des substances âcres, telles que semences de moutarde, poivre long, poivre de Guinée, écorce de garou, racine de pyrèthre, dont la saveur chaude et persistante donne au vinaigre une apparence de force. L'addition des acides minéraux et l'emploi des substances âcres peuvent déterminer dans l'économie des désordres assez graves, des irritations d'estomac ou des intestins, la chute de l'émail des dents, et, par suite, la carie de ces os, etc. Il est très-facile, heureusement, de reconnaître ces diverses falsifications.

Le plus simple de tous les procédés pour déceler la présence de l'acide sulfurique, consiste à verser dans le vinaigre suspect quelques gouttes d'une dissolution concentrée de chlorure de calcium, et à chauffer jusqu'à l'ébullition; si le vinaigre est pur, il ne se produit aucun trouble, encore moins un précipité, après le refroidissement du liquide; dans le cas contraire, le trouble ou le précipité se forme même avant son complet refroidissement. Ce procédé, indiqué par M. Bœttger, repose sur ce fait, que le chlorure de calcium n'a aucune action sur les sulfates contenus naturellement dans le vinaigre. Un autre genre d'épreuve, non moins simple, consiste à chauffer, dans une petite capsule de porcelaine, un peu du vinaigre suspect, après y avoir ajouté quelques gouttes de sirop ou quelques grains de sucre blanc; on évapore à une chaleur inférieure à celle où le sucre se caramélise. Si le produit de la dessiccation est noir et charbonné, on peut en inférer que le vinaigre renferme de l'acide sulfurique libre.

Si c'est l'acide azotique que l'on veut y chercher, on remplace le sucre par des râpures de corne ou de tuyau de plume d'oie; dans ce cas, ces matières prennent une couleur jaune prononcée, attendu que l'acide azotique développe toujours ce genre de coloration sur les tissus animaux.

Enfin, pour les substances âcres, on sature le vinaigre par le sel de soude; le liquide ne perd presque rien de sa saveur brûlante, tandis que le bon vinaigre, saturé par un alcali, ne garde plus qu'un léger goût salin non caustique.

Les principaux usages économiques du vinaigre vous sont bien connus, Messieurs. C'est l'assaisonnement le plus commun et le plus utile de nos aliments, qu'il rend plus tendres, plus faciles à digérer, dont il couvre la fadeur et dont il relève le goût. Tantôt on l'emploie seul, d'autres fois on le charge de principes aromatiques, en y faisant infuser des substances odorantes, comme des feuilles d'estragon, des fleurs de sureau, etc. Mais l'abus des aliments vinaigrés détermine toujours de graves accidents. Il est des personnes qui boivent du vinaigre dans l'intention de se faire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maigrir, car depuis longtemps cet acide jouit de la réputation de faire cesser l'obésité ; malheureusement, le remède est pire que le mal : il occasionne des irritations très-intenses de l'estomac et des intestins; irritations qui se terminent fréquemment par la mort.

Comme nous le verrons plus tard, le vinaigre est un agent précieux de conservation pour les substances végétales et animales. De tout temps on l'a regardé comme très-propre à empêcher la contagion et à détruire les miasmes et les mauvaises odeurs répandus dans l'air. De là, l'usage si fréquent de jeter du vinaigre sur une pelle rouge, pour purifier l'air vicié ou corrompu des habitations. Mais c'est gratuitement qu'on a accordé ces importantes propriétés au vinaigre. Il ne fait que masquer les odeurs sans les détruire, aussi ces fumigations doivent-elles être remplacées par celles du chlore.

IV. **Esprit de bois.** — Parmi les nombreux produits de la distillation du bois, celui qui, après l'acide pyroligneux, mérite le plus de fixer l'attention, c'est celui que Philips Taylor a découvert, dès 1812, et qui a été nommé successivement *Ether pyroligneux*, *esprit pyroxylique*, *esprit* ou *alcool de bois* (1). Jusqu'en 1833, on s'était peu occupé de ce liquide remarquable, mais, à cette époque, MM. Dumas et Péligot ont entrepris des recherches très-étendues qui les ont conduits à l'envisager comme un véritable alcool, analogue à celui qu'on retire du vin.

Il existe en dissolution dans la partie aqueuse des produits de la distillation du bois, très-probablement en combinaison avec l'acide pyroligneux. Cette partie aqueuse étant décantée pour la séparer du goudron non dissous, on la soumet à la distillation dans les fabriques, afin d'en extraire, au moins en partie, le goudron qu'elle tient en dissolution. On recueille les dix premiers litres provenant de chaque hectolitre de liqueur, et on rectifie ce produit brut comme on le fait pour l'eau-de-vie. Pour abréger, on rectifie au bain-marie, sur de la chaux vive, jusqu'à ce que le liquide ne se colore plus à l'air, et soit tout à fait anhydre.

Il n'y a guère qu'un centième d'*esprit de bois* dans les produits aqueux de la distillation du bois, aussi faut-il opérer sur une grande masse pour obtenir une quantité notable d'*esprit*. L'extraction s'en fait actuellement dans presque toutes les fabriques d'acide pyroligneux. Mais tel qu'on le trouve dans le commerce, marquant 95° à l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac, il ren-

(1) Il est convenable de signaler ici que Boyle, dans le courant du XVIIe siècle, a reconnu la production du liquide particulier dont il s'agit pendant la distillation du bois; il a su l'isoler de l'acide acétique et l'a nommé *esprit anonyme*, *esprit de bois inflammable* ou *esprit adiaphorétique*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ferme toujours des matières huileuses ou des carbures d'hydrogène qui lui donnent la propriété de se colorer à l'air, celle de devenir laiteux quand on y ajoute de l'eau et enfin celle de former un précipité noir dans l'azotate de protoxyde de mercure.

Pour l'avoir pur, il faut le chauffer au bain-marie avec le double de son poids de chlorure de calcium fondu et pulvérisé. Comme il forme avec ce chlorure un composé cristallin qu'une chaleur de 100° est impuissante à détruire, tous les corps étrangers qui l'accompagnent se dissipent, pour peu qu'on maintienne la température pendant un temps suffisant. Si l'on ajoute alors de l'eau au résidu, l'esprit de bois s'en sépare, et par la distillation il vient se rendre dans les récipients. On le rectifie de nouveau au bain-marie sur de la chaux vive.

M. Péligot a reconnu que lorsque, dans un matras ou une cornue, on chauffe parties égales de potasse et de sciure de bois humectées d'une forte proportion d'eau, il se dégage de l'hydrogène, et il distille, entre autres produits, une grande quantité d'esprit de bois.

Les analyses de cet alcool pur et anhydre conduisent à la formule suivante : $C^2H^4O^2$, qu'on a interprétée de deux manières différentes :

1° MM. Dumas et Péligot ont envisagé l'esprit de bois comme l'hydrate d'un carbure d'hydrogène C^2H^2, qu'ils ont nommé *méthylène*, de sorte que :

$C^2H^4O^2$ est devenu..... $C^2H^2 + 2HO$, *bihydrate de méthylène.*

2° M. Liebig a considéré l'esprit de bois comme l'hydrate d'un oxyde ayant pour radical le composé C^2H^3, qui a été nommé *méthyle*, de sorte que :

$C^2H^4O^2$ est devenu..... $C^2H^3 + O + HO$, *hydrate d'oxyde de méthyle* ou *alcool méthylique*.

C'est cette dernière manière de voir qui a été généralement adoptée, depuis surtout que M. Kolbe est parvenu, en 1849, à isoler le *méthyle*. Ce composé binaire qui fonctionne comme un véritable corps simple, comme l'*éthyle*, l'*amyle*, etc., donnant naissance à des oxydes, chlorures, sels, etc., est sous la forme d'un gaz incolore, inodore, neutre, presque insoluble dans l'eau, un peu plus lourd que l'air et brûlant au contact d'une bougie avec une flamme bleuâtre, peu éclatante.

Ceci entendu, voici les principaux caractères de l'esprit de bois pur, ou *alcool méthylique*.

C'est un liquide très-fluide, incolore, d'une odeur à la fois alcoolique et empyreumatique, d'une saveur piquante et comme poivrée. Il est plus léger que l'eau et plus volatil que l'esprit-de-vin, puisqu'il bout à + 66°, 5. Il prend feu à l'approche d'une bougie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et brûle avec une flamme d'un blanc bleuâtre. Il se mêle à l'eau et à l'alcool en toutes proportions. Il dissout l'iode, le brôme, la potasse, la soude, les résines, les essences et, en général, tous corps que l'alcool de vin dissout lui-même.

Toutes les actions oxydantes le convertissent en eau et en acide formique.

D'après ses propriétés, l'esprit de bois peut remplacer l'alcool de vin dans la plupart de ses emplois industriels, et, comme il est plus volatil que lui, son emploi, dans la fabrication des vernis, est tout à fait convenable. On en consomme beaucoup pour cette application. Dans les laboratoires des chimistes, on l'utilise pour l'analyse des substances végétales, et pour alimenter les lampes à l'esprit-de-vin.

V. **Goudron de bois.**. — Un troisième produit de la distillation du bois, qui mérite de nous arrêter pendant quelques instants, c'est le *goudron*, mélange, comme je l'ai déjà dit, d'un grand nombre de carbures d'hydrogène et de résines pyrogénées.

Le goudron du commerce, qui est si employé pour enduire les cordages, les voiles et les bois des navires, n'est pas seulement fourni par les fabriques d'acide pyroligneux, il est surtout obtenu par la torréfaction lente, dans des fours grossiers en terre, des pins épuisés de térébenthine, qu'on abat et qu'on fend en éclats. Il en résulte un produit demi-liquide, d'un gris noirâtre, d'une odeur forte et désagréable, quicoule au bas des fourneaux, et de là dans des réservoirs extérieurs. Ce produit consiste en résines très-chargées d'huiles empyreumatiques, de charbon et d'acide pyro-ligneux.

Les goudrons de Suède, de Norwége et de Russie sont les plus estimés; mais celui qu'on prépare dans les landes de Bordeaux est tout aussi bon (1).

Les deux produits les plus importants du goudron des fabriques d'acide pyroligneux, sont la *paraffine* et la *créosote*. Il est nécessaire de les caractériser.

A. *Paraffine*. — Cette matière solide, blanche et brillante, grasse au toucher, inodore, insipide, ductile, qui brûle avec une flamme pure et blanche, sans répandre ni odeur, ni suie, et sans laisser de résidu, fond à $+44°$, et peut être distillée sans se décomposer. Sa composition représentée par $C^{54}H^{54}$ montre que c'est un isomère de l'hydrogène bicarboné

(1) Le préjugé en faveur des goudrons du Nord a déterminé les fabricants à emballer leurs produits dans des tonneaux ou *gonnes* semblables aux emballages du Nord, et de la même contenance; par ce moyen, ces goudrons sont vendus comme s'ils venaient des régions septentrionales. Cette manière de faire perpétuera le préjugé sur la supériorité des goudrons du Nord.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

= C^4H^4. Elle résiste à l'action des acides, des alcalis, et c'est à cause de l'indifférence remarquable qu'elle manifeste pour les différents agents chimiques, moins le chlore, que le baron de Reichenbach, qui l'a découverte en 1830, lui a donné le nom qu'elle porte (de deux mots latins *parum affinis*, qui veulent dire *peu d'affinité*). Elle se dissout dans l'alcool bouillant, mais s'en sépare en belles lames nacrées par le refroidissement.

Elle existe, non-seulement, dans les goudrons de bois, mais aussi dans ceux de la houille et de la tourbe; on la trouve encore dans l'huile de pétrole, dans le produit de la distillation de la cire ordinaire, de la cire de Chine, de la cire fossile de Moldavie, de certains schistes bitumineux, notamment du *boghead* d'Écosse, servant à la préparation des *huiles de schiste* (1).

Sous l'influence d'une température inférieure à 0°, la paraffine se sépare en grande partie des huiles lourdes qui la tiennent en dissolution. Celle qui provient de la distillation sèche du *boghead* se présente en larges écailles d'apparence nacrée; on l'exprime fortement dans des sacs de toile pour isoler l'huile dense qu'elle retient; mais elle conserve encore des goudrons plus ou moins colorés et plus ou moins infects. La paraffine que donne la tourbe est particulièrement dans ce cas.

Afin de séparer industriellement ces goudrons et d'obtenir économiquement la purification de la paraffine, M. F. Rohart a imaginé un procédé, appliqué aujourd'hui en fabriques, qui consiste à dissoudre la matière brute dans l'huile volatile de pommes de terre ou *alcool amylique*, liquide resté jusqu'alors sans grand emploi. On ajoute dans la dissolution assez d'acide sulfurique pour transformer l'alcool amylique en acide sulfo-amylique qui n'a plus le pouvoir de retenir la paraffine en dissolution, mais qui garde toutes les matières étrangères. La paraffine vient donc nager à la surface du mélange. Il est indispensable, toutefois, d'opérer à une température qui n'excède pas 100°, car à partir de + 110°, il se forme, non pas de l'acide sulfo-amylique, mais de l'amylène, et alors l'opération est manquée; tout se prend en masse.

La paraffine surnageante est décantée, puis versée dans un appareil distillatoire, dans l'intérieur duquel on dirige un jet de vapeur d'eau, afin de vaporiser et de recueillir le peu d'alcool amylique resté dans la matière. Celle-ci sort de l'appareil à peu près pure, mais conservant encore une légère teinte ambrée et une faible odeur que l'on fait disparaître entièrement au moyen du noir animal.

L'acide sulfo-amylique, provenant de l'opération, est décomposé à l'aide d'une dissolution sodique, de manière à reconstituer l'alcool amylique; par la distillation, on l'isole des goudrons dont il s'était chargé, et on le retrouve avec toute sa pureté primitive; on peut donc s'en servir indéfiniment.

Le noir animal qui a servi à la décoloration et à la désinfection de la

---

(1) Le point de fusion de la paraffine varie avec son origine. Ainsi :

Celle du boghead fond à	45°,5
Celle de la tourbe.	46°,7
Celle de la cire.	52°,0
Celle du naphte de Rangoon. . . .	61°,0

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

paraffine, en retient toujours ; on l'en dépouille par des lavages à l'alcool amylique, et pour en chasser celui-ci, on le soumet à un jet de vapeur dans un appareil à distiller.

L'extension prise dans ces derniers temps par la fabrication des huiles de schiste, donne une importance réelle à l'industrie créée par M. Rohart, car la production annuelle de la paraffine brute, en France, dépasse maintenant un million de kilogrammes. Grâce à cet habile chimiste, la paraffine pure, qui n'avait été jusqu'ici qu'un produit de laboratoire coûtant de 8 à 10 fr. le kilog., est devenue pour l'industrie des bougies une matière première moins coûteuse que le suif.

La bougie de paraffine pure est très-belle, tout à fait incolore et inodore, d'une diaphanéité rappelant celle du camphre. Elle brûle sans répandre de fumée et ne coule pas ; mais elle ne peut rester droite ; elle se déforme, se courbe et ne saurait être employée dans cet état. Il faut absolument qu'elle soit associée à une matière plus dure, comme l'acide stéarique ou la cire du *myrica*. Les bougies confectionnées avec ce mélange sont de qualité irréprochable et peuvent être livrées à des prix moindres que les bougies stéariques proprement dites.

B. *Kréosote* ou *Créosote*. — Découverte en 1830 par le baron de Reichenbach, d'abord dans l'huile de l'acide pyroligneux, puis dans tous les goudrons et la fumée, cette nouvelle matière est toute différente de la précédente. M. Deville lui assigne la formule suivante : $C^{28}H^{16}O^4$.

On l'obtient par la distillation du goudron de bois. On dissout dans la potasse le mélange oléagineux ainsi obtenu, on évapore la solution jusqu'à ce que les autres huiles se soient volatilisées, puis on sépare la créosote par l'acide sulfurique. On la purifie par la distillation en ne recueillant que le liquide qui passe à la température de + 203°.

C'est un liquide huileux, qui ressemble à l'huile d'amandes douces par sa consistance ; il est incolore, transparent, d'une odeur pénétrante et désagréable, analogue à celle de la viande fumée, d'une saveur très-caustique et brûlante. C'est un poison violent. Il est un peu plus lourd que l'eau ; il bout à + 203° et résiste à un froid de — 27°. Il tache le papier à la manière des huiles volatiles. Il brûle, à la lampe, avec une flamme rutilante et très-fuligineuse.

La créosote est à peine soluble dans l'eau. Elle se dissout en toutes proportions dans l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone, l'acide acétique surtout. Elle attaque ou dissout les résines, mais non le caoutchouc. Elle coagule très-promptement l'albumine, et, à cause de cette propriété, elle forme un coagulum dans le sang ; aussi peut-elle servir à arrêter de légères hémorrhagies.

Sa propriété la plus importante est d'empêcher la corruption. Lorsqu'on met de la viande fraîche dans une solution de créosote, qu'on la retire au bout d'une demi-heure ou d'une heure, on peut l'exposer à la chaleur du soleil, sans qu'elle entre en putréfaction ; elle se durcit dans l'espace de huit jours, prend une odeur agréable de bonne viande fumée, et sa couleur passe au rouge brun. On peut conserver des poissons par le même moyen. Or, comme l'acide pyroligneux et l'eau de goudron produisent le même effet, il n'est pas douteux que la créosote ne soit le principe antiputride de ces liquides, ainsi que de la fumée. De là, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nom qu'on lui a donné, qui vient de deux mots grecs qui veulent dire *conservateur de la chair*.

On l'a beaucoup préconisée contre la carie des dents, contre certains ulcères; mais les essais entrepris depuis sa découverte n'ont pas eu tout le succès désirable. Quelques accidents d'empoisonnement, survenus dans ces tentatives, doivent rendre très-circonspect dans l'emploi de ce médicament.

CINQUANTE-DEUXIÈME LEÇON.

DES ORGANES EMPLOYÉS DANS L'INDUSTRIE. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Matières textiles et filamenteuses. — Du *lin*, du *chanvre* et du *coton*, considérés comme bases des tissus. — Du rouissage du lin. — Caractères physiques et composition des fibres textiles végétales. — Du coton *mercerisé*. — Étude de la *laine*, ses diverses espèces, sa nature, ses propriétés. — Moyens de distinguer les fils de coton dans les étoffes de laine. — De la *soie* et de l'éducation du ver à soie. — Mode de formation, nature et propriétés de la soie. — Sa distinction d'avec la laine et les fibres végétales.

§ 2. — Des matières textiles et filamenteuses.

C'est avec la fibre de certaines plantes ou la *cellulose* dépouillée des matériaux organiques et salins que la végétation y a accumulés; c'est avec la matière filamenteuse qui couvre la peau de certains animaux; c'est enfin avec le fil fin et solide que sécrètent plusieurs insectes à l'état de larves, que l'on confectionne les tissus, et, par suite les vêtements dont l'homme a senti, de bonne heure et sous tous les climats, l'indispensable nécessité.

Les matières textiles d'origine végétale ont une composition identique; celles d'origine animale comprennent deux espèces distinctes, d'une nature toute différente, la *laine* et la *soie*.

1re CLASSE. — MATIÈRES TEXTILES VÉGÉTALES.

Les plantes textiles sont en assez petit nombre. En voici la liste, avec l'indication des localités plus ou moins restreintes qui les produisent:

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS VULGAIRES OU COMMERCIAUX.	PLANTES QUI LES FOURNISSENT.	PAYS D'ORIGINE ET DE CULTURE.
Lin commun	*Linum usitatissimum*	Partout.
Chanvre	*Cannabis sativa*	—
Coton	Différents Gossypium	Ind., Chin., Arab., Égyp., les Amér.
Phormium ou lin de la Nouvelle-Zélande.	Phormium tenax	Nouvelle-Zélande.
Abaca ou chanvre de Manille	Bananier à cordes (Musa textilis)	Iles Philippines, Ceylan, Indes or.
	Bananier alimentaire (Musa paradisiaca)	Océanie, Amérique méridionale.
Jute ou chanvre du Bengale ou de Calcutta.	Corète à capsules (Corchorus capsularis)	Bengale, Ceylan, Chine.
Paât ou Sunchèe-Paât	Corète comestible (C. olitor.), mauve des juifs.	Indes orientales.
Tsing-mà	Corète texile (Corchorus textilis)	Chine.
Chanvre blanc ou de Haïti	Agave americana	Amérique méridionale.
Piassaba	Agave cubensis	Mexique, Cuba.
Fil d'aloès	Agave fœtida	Amérique méridionale.
Pite ou fil de faux aloès	Furcroya gigantea	Afrique, Amérique méridionale.
Ortie de Chine, China-grass et grass-cloth en Angleterre	Urtica nivea	Chine, Indes, Malaisie.
Ortie de Chine, Tchou-ma, en Chine		
Ortie de Chine, Rheea, dans l'Assam		
Ortie de Chine, Caloee et Ramieh, dans les îles Malaises		
Mà ou chanvre de Chine	Sida à feuilles de tilleul (Sida tiliæfolia)	Chine.
Gomouti ou Ejou. Laine ou Balcine végétale	Palmier Arenga saccharifera	Tout l'Archipel indien, Chine,
Baquoi odorant ou Vacoua	Pandanus odoratissimus, P. utilis et P. volub.	Indes.
Crin végétal d'Afrique	Palmier nain (Chamærops humilis)	Algérie, midi de l'Europe.
Lifa ou bourre de dattier	Dattier (Phœnix dactylifera)	Asie, Afrique.
Crin végétal	Caryota mitis et Caryota urens	Indes.
Barbe espagnole ou Caragate	Tillandsia usneoïdes	—

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMS VULGAIRES OU COMMERCIAUX.	PLANTES QUI LES FOURNISSENT.	PAYS D'ORIGINE ET DE CULTURE.
Mocou-Mocou	Caladium, espèce d'Arum	Indes.
Sparte ou Esparta	Lygæum Spartum	Espagne, Grèce, nord de l'Afrique, Algérie.
Halfa ou Alfa des Arabes	Stipa tenacissima, Stipa gigantea, Stipa barbata	Espagne, Grèce, nord de l'Afrique, Algérie.
Diss des Arabes	Arundo festucoides	Sahara de l'Algérie.
Pina ou Pigna	Bromelia ananas, Bromelia karatas	Iles Philippines,
Chanvre indien	Apocynum cannabinum	Amérique méridionale.
Coir, Khair ou Baslain	Cocos nucifera	Iles du grand Océan Pacifique.
Suun	Crotolaria juncea	Présidence de Madras (Indes angl.)
Mûrier à papier ou Papyrier	Broussonetia papyrifera	Iles de la mer du Sud, Chine, Jap.
Mûrier blanc	Morus alba	Europe.
Mauve en arbre	Lavatera arborea	Afrique, Asie, Europe.
—	Hibiscus clipeatus	Saint-Domingue.
—	— mutabilis	Cayenne.
—	— tiliaceus et Hibiscus cannabinus	Indes.
Alcée à feuilles de chanvre	Althæa cannabina	Afrique, Europe.
Mauve textile	Abutilon indicum	Indes, Italie, midi de l'Europe.
Herbe à ouate	Asclepias syriaca	Afrique, Europe.
Yucca	Palmier	Amérique, Asie, Afrique.
Ko	Dolichos bulbosus	Chine.
Lo-mà	—	—
Tilleul	Tilia europæa	Europe.
Genêt d'Espagne	Spartium junceum	Asie, midi de l'Europe, Cévennes.
Houblon	Humulus lupulus	Europe.
Laine de bois	Feuilles du Pin sylvestre (Pinus sylvestris)	—

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les tissus végétaux communs, pour ainsi dire, à tous les peuples, sont surtout ceux de lin, de chanvre et de coton. Je ne vous parlerai en particulier que de ceux-là.

1° Du lin. — Le lin (*fig.* 479) est une plante annuelle de 65 centimètres à 1 mètre d'élévation, originaire du grand plateau de la haute Asie, et naturalisée en Europe. C'est elle qui a fourni les premiers vêtements à l'homme; mais malgré l'antiquité de sa culture, c'est la matière textile dont l'exploitation industrielle a été le plus longtemps à progresser. Il a fallu le concours de deux hommes de génie : Napoléon Ier pour provoquer sa filature mécanique ; Philippe de Girard, pour la réaliser.



Fig. 479.

Les contrées où la culture de cette plante a pris, de nos jours, le plus d'extension sont : l'Italie, l'Irlande, les bords de la Baltique, la Russie, la Silésie, la Saxe, la Westphalie, la Hollande, la Belgique et le Nord de la France.

La seule espèce cultivée comprend deux variétés distinctes :

A. Le *lin d'hiver* ou *lin chaud*, à graines plus abondantes et plus grosses, à tiges peu élevées, mais dont les filaments sont gros et rudes : elle est plus rustique et peut être semée avant l'hiver; on la trouve surtout dans l'Anjou et les parties méridionales de la France;

B. Le *lin d'été* ou *lin froid*, adopté dans nos départements du Nord, fournit de la filasse de meilleure qualité et en plus grande quantité. On en connaît deux sous-variétés, produites seulement par des influences locales : le *lin commun*, dont la hauteur dépasse rarement 70 centimètres, et le *lin de Riga*, beaucoup plus élevé, dont la filasse convient pour les tissus fins et légers.

On appelle *lin en doux* celui que l'on cultive seulement pour la filasse; on le récolte vers la fin de juin, avant la formation des graines. Mais le plus généralement en France, on cherche à obtenir en même temps de la filasse et de la graine, et alors la plante n'est récoltée qu'un mois ou cinq semaines après le *lin en doux*. La maturité se reconnaît à la teinte jaune des tiges, à la chute des feuilles, à l'entier développement des capsules; les graines commencent à brunir. C'est le moment d'arracher. On l'enlève par poignées que l'on couche à terre comme le blé. On relève celles-ci 24 heures après, et on en forme de petits paquets écartés du pied afin qu'ils se tiennent debout et que l'air y pé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nètre plus facilement. La maturité se complète ainsi. Lorsque le lin est assez sec, on réunit les paquets. La plus forte partie est rangée debout en lignes droites, épaisses d'environ 48 centimètres ; avec le surplus on forme sur ces lignes une espèce de toit qui les met à l'abri de la pluie; le tout est assujetti par des liens. Ces lignes se nomment *ormes* ou *ourmes*. Quelques mois après la récolte, le lin est mis en gerbes du poids de $12^{kil},5$, puis rentré dans la grange où on le bat pour en séparer les graines. Cette opération se fait en frappant la tige du lin avec une pièce de bois appelée *batte*, ou en la peignant sur un banc armé de



Fig. 480.

quelques dents de fer (*fig.* 480). Après ce travail, qui fait perdre au lin le cinquième de son poids, on vanne la graine et on la fait sécher.

Les tiges du lin, séchées à + 100°, contiennent 95 p. 100 de matière organique et 5 p. 100 de substances minérales. Celles-ci varient suivant les terrains; elles consistent surtout en potasse, soude, chaux, et acide phosphorique. Les lins d'Irlande sont très-riches en silice; ceux de Belgique et de Hollande n'en renferment presque pas.

Les fibres textiles qui se trouvent sous l'écorce du lin sont agglutinées entre elles avec assez d'énergie pour qu'on ne puisse les isoler, tant que les substances qui les imprègnent et les soudent, pour ainsi dire, les unes aux autres, ne sont pas détruites. Ces substances, qui résistent à l'action de l'eau seule, sont un mélange, en proportions variables, de cire, de résine, de gomme, de pectine, de sucre, de matières albuminoïdes ou azotées, de chlorophylle.

On désigne sous le nom de *rouissage* l'opération au moyen de laquelle on se débarrasse de ces parties glutineuses. Les deux agents nécessaires à leur destruction sont l'humidité et la chaleur.

On pratique souvent le rouissage en étendant les plantes sur le pré,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et les retournant plusieurs fois par semaine, jusqu'à ce que la *teille* ou *filasse*, c'est-à-dire l'écorce filamenteuse, se détache de la partie ligneuse ou *chènevotte*. Il faut ordinairement 30 à 40 jours pour que le rouissage soit complet par ce moyen.

Plus habituellement, on opère par immersion dans l'eau, en enfonçant les bottes de lin dans l'eau courante d'une rivière ou d'un ruisseau, ou dans l'eau d'un étang ou de cuves en maçonnerie disposées de manière que la masse de l'eau se renouvelle lentement au moyen d'un faible courant ayant entrée par un bout et s'échappant par l'autre extrémité (*fig.* 481), enfin dans l'eau dormante de fosses ou cuves creusées en terre et qu'on appelle *routoirs*. Dans tous les cas, on

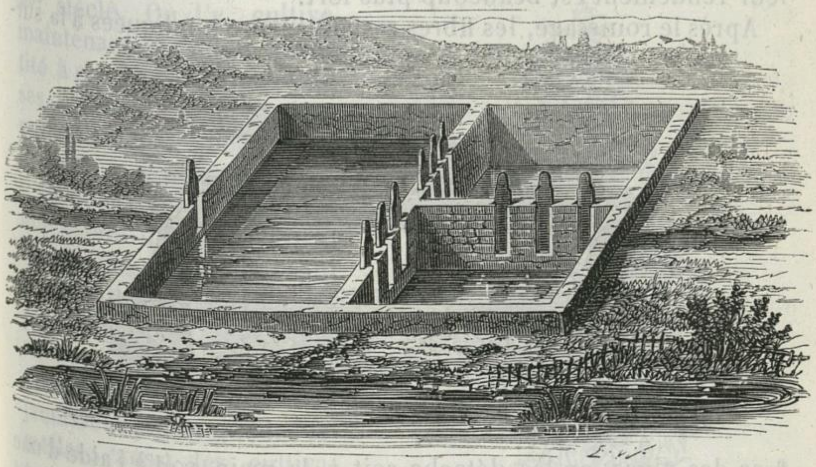


Fig. 481.

recherche les eaux douces, pures et surtout non ferrugineuses. On laisse les bottes enfouies jusqu'à ce que le rouissage soit terminé, ce qui exige un temps variable, suivant la saison et l'état des tiges. La fermentation qui se développe au sein des tiges accumulées dénature les substances glutineuses et les dissout en grande partie; l'eau se colore en même temps qu'elle se putréfie, et laisse exhaler des gaz infects, qui sont souvent la cause de maladies contagieuses dans les lieux environnants.

Le rouissage dans une eau qui peut se renouveler, sans avoir un cours trop rapide, est celui qui convient le mieux; les tiges ont alors une belle couleur jaunâtre qui leur donne beaucoup de prix; il n'y a plus d'exhalaisons aussi fortes que dans le rouissage à l'eau dormante, et les fibres courent moins le risque d'être attendries par une fermentation trop active. Sur les bords de la Lys, en France et en Belgique, en Hollande, où l'on rouit une si grande masse de lin, on donne la préférence à ce mode de rouissage. Les lins qui en proviennent sont presque blancs.

Après nombre d'essais infructueux, à l'aide d'agents chimiques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de toute sorte, pour rendre le rouissage plus prompt et moins destructeur, Soubeiran a reconnu le premier qu'un séjour de 72 à 96 heures seulement dans une eau maintenue à la température de + 32° suffit pour effectuer la séparation des fibres de la tige, beaucoup plus complétement que par tout autre moyen. C'est ce fait qui sert de base au procédé américain et irlandais, que MM. Scrive, de Lille, ont introduit depuis huit ans en France et qu'ils ont singulièrement perfectionné. Dans leurs ateliers, le rouissage ne demande que 48 heures; il ne donne lieu à aucune émanation désagréable, les filasses sont moins colorées, plus égales et leur rendement est beaucoup plus fort.

Après le rouissage, les fibres restant encore appliquées à la surface des tiges, on les détache soit à la main, soit à l'aide d'une machine appelée *broie* (*fig.* 482), ou d'un instrument nommé *espadon* ou *écangue* (*fig.* 483). C'est ce qu'on appelle *macquer*, *écanguer* ou *teiller*. Les fibres une fois isolées, on les passe, pour les purger de quelques débris de tiges, entre les pointes en fer d'un autre instrument qui porte le nom de *peigne* ou de *seran*. Cette opération, dite *peignage* ou *serançage*, a aussi pour but de diviser la teille en parties fines et déliées, afin de faire les filaments qui sont tout formés dans le coton.

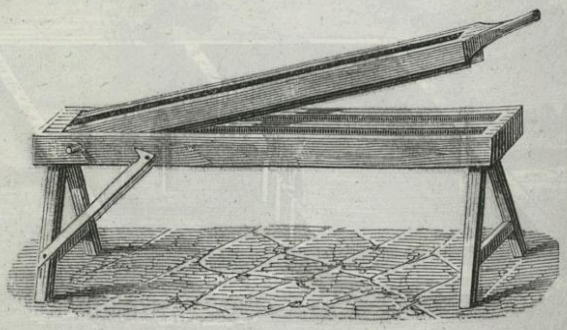


Fig. 482.

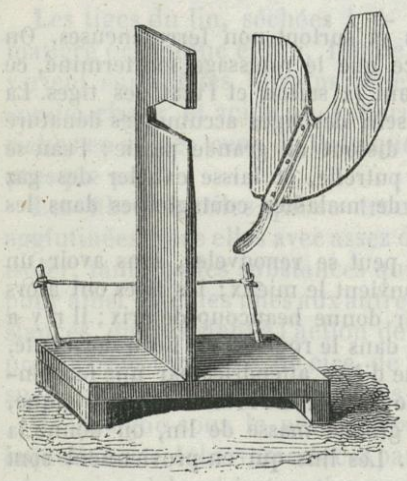


Fig. 483.

La *teille* ou *filasse* est filée à la main ou à la mécanique, et le fil est ensuite soumis au tissage pour être converti en toile. Quant à la partie de la filasse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui reste dans les dents du peigne, elle forme ce qu'on appelle l'*étoupe*, qui sert à la fabrication des toiles grossières.

C'est avec le fil de lin qu'on fabrique les dentelles, la toile connue sous le nom de *batiste*, et une infinité d'autres tissus plus ou moins fins. On peut juger de la finesse de ce fil par ce fait que 32 grammes de filasse de lin peuvent fournir, au moyen du rouet, jusqu'à 4753 mètres de fil (1).

2° Du chanvre. — C'est une plante annuelle de 1m,30 à 2m,60 de haut, qui paraît originaire des régions orientales de l'ancien continent, et qui, d'après Mongez, ne fut connue et utilisée en Europe que vers la fin du XVe siècle. On l'y cultive maintenant en grande quantité à cause de sa tige et de ses graines. Celles-ci s'appellent vulgairement *chènevis*.



Fig. 484.

Le chanvre (*fig.* 484) est une plante dioïque, c'est-à-dire que les fleurs mâles sont séparées des femelles sur des pieds différents. Les tiges mâles sont généralement plus grêles, moins hautes et jaunissent plutôt que les femelles ; aussi les cultivateurs, par une erreur fondée sur la notion de la force des êtres du genre masculin, sont-ils dans l'usage de donner le nom de *chanvre mâle* à la tige femelle, qui est plus vigoureuse quoiqu'elle porte les graines. Les unes et les autres fournissent les filaments textiles dont on prépare la filasse.

Lorsque la maturité est parfaite, on en fait la récolte comme

(1) L'industrie linière a pris un développement considérable en moins d'une dizaine d'années, surtout en Flandre. En voici la preuve : A l'exposition de 1844, M. Schlumberger comptait seulement 120000 broches dans les filatures mécaniques de la France; à l'exposition universelle de 1855, M. Désiré Scrive portait le nombre des broches fonctionnant dans nos filatures à 500000, dont 295000 pour le seul département du Nord.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour le lin et on sépare les graines des tiges de la même manière.

Les tiges de chanvre, séchées à + 100°, contiennent 95,44 p. 100 de matières organiques et 4,56 de substances minérales. Celles-ci consistent surtout en chaux et en potasse. Les graines contiennent beaucoup d'acide phosphorique.

Séché à l'air, le chanvre mâle renferme moyennement 26 p. 100 de chanvre teillé, et le chanvre femelle seulement 16 à 22 p. 100. Dans le chanvre teillé séché à l'air, il n'y a que 60 à 65 p. 100 de filaments textiles, le reste se compose de matières étrangères, solubles dans les lessives alcalines; de sorte que 100 parties de chanvre vert ne donnent que 5 à 8 parties de filaments textiles. Ces derniers sont spécifiquement plus lourds, plus grossiers et plus résistants que ceux du lin, et s'en distinguent, lorsqu'ils n'ont pas été blanchis, par leur teinte jaunâtre.

Le rouissage du chanvre s'effectue comme celui du lin, mais le plus généralement c'est dans les eaux dormantes qu'on opère. Il serait à désirer qu'on adoptât le nouveau procédé salubre à l'eau chaude (1).

Le chanvre présente, dans le commerce, autant de variétés que le lin, mais une très-grande partie est employée à d'autres usages que la fabrication des toiles, tels que fil à coudre, fil pour cordonniers, ficelle, cordages pour la marine, toiles à voiles, filets et autres objets qui exigent de la force. La corderie absorbe plus des 3/5 du chanvre consommé en France. — Le Dauphiné, la Limagne d'Auvergne, l'Alsace, la Bretagne, l'Anjou, le Maine, la Lorraine ont les cultures les plus étendues et fournissent les meilleurs produits.

3° Du coton. — On donne le nom de coton à une matière filamenteuse, fine et soyeuse, qui entoure les semences de plusieurs espèces de plantes et d'arbustes de la famille des Mauves (2).

Les cotonniers sont originaires des contrées les plus chaudes

---

(1) Le rouissage du chanvre peut avoir lieu, sans aucun dommage, en 24 heures dans les eaux chaudes, ainsi que Montaigne l'a vu en Italie, en 1580, aux thermes de Vitterbe, et Mérat à celles de Bourbon-Lancy, en 1834. On peut encore le rouir dans le sable humide, comme on le pratique au Brésil.

(2) Le mot *coton* dérive de l'arabe. Il paraît que, de temps immémorial, cette substance a été désignée dans cette langue sous le nom de *coton* ou *godon*. Les Maures qui cultivaient cette plante en Espagne, y ont apporté aussi ce nom qui, précédé de l'article *al*, a formé *algodon*, qui est le nom espagnol du coton. Ce mot, légèrement modifié, a été ensuite adopté par tous les peuples de l'Europe. — Le nom grec *bussos*, que nous rendons par *byssus*, et qui a été appliqué au coton par certains auteurs, paraît venir évidemment de l'hébreu ou du chaldéen *buz*; et M. Fée pense que celui de *gossypium*, adopté en botanique, et qu'on trouve dans les auteurs latins, était le nom barbare du cotonnier. (Penot, 1er *Mémoire pour servir à l'histoire du coton*. — Société de Mulhouse, t. XIV, p. 99.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des Indes orientales, et aussi, à ce qu'on croit, du Brésil et des Antilles. On en a peu à peu étendu la culture vers le nord, jusqu'à la latitude à laquelle ils ont entièrement refusé de produire. Il y en a plusieurs espèces ; mais il en est deux surtout qui sont cultivées de préférence :

Le *cotonnier herbacé*, qui croît en Égypte, en Perse, dans l'Asie Mineure, aux États-Unis et dans plusieurs contrées de l'Europe méridionale, qui est tantôt une plante annuelle de 50 à 55 centimètres d'élévation, tantôt un arbuste de $1^m,60$ à 2 mètres;

Et le *cotonnier arborescent* (*fig.* 485), arbrisseau de 5 mètres à $6^m,50$ qui croît dans les Indes, la Chine, l'Égypte, l'Arabie, les Canaries et le Nouveau-Monde.

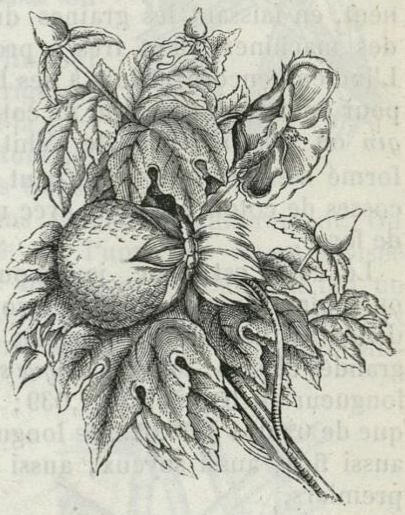


Fig. 485.

La culture de ces plantes est un objet de la plus haute importance pour tous les pays qui s'y livrent. Elle est fort ancienne dans les Indes, la Chine et l'Arabie, où la fabrication des tissus de coton avait acquis, depuis une longue série de siècles, un tel degré de perfection, que ces tissus égalaient, par leur délicatesse, les toiles d'araignée. D'après M. Ampère fils, cette culture ne s'est introduite en Égypte qu'après l'an 80 de l'ère chrétienne (1).

Lorsque Christophe Colomb aborda en Amérique, il trouva les habitants vêtus de coton. Ce ne fut cependant que vers la fin du XVIIIe siècle que cette matière textile entra dans le commerce comme objet d'échange important, et que la culture de la plante prit une grande extension en Amérique. Le total des exportations des États-Unis, pour l'année 1853, atteignit le chiffre de 587 millions de kilogr., évalués à 600 millions de francs (2) ! On a évalué à plus de 4 milliards de francs

(1) L'étude des monuments, l'examen microscopique des toiles qui enveloppent les momies, démontrent qu'avant cette époque, c'est le lin qui servait à faire les vêtements.

(2) En 1747, sept balles de coton seulement furent expédiées de Charlestown en Europe; et, lorsqu'en 1784, le même port envoya en Angleterre 71 balles nouvelles, environ 8 à 9,000 kil., la cargaison fut saisie comme contrebande, sous prétexte qu'il était tout à fait impossible que l'Amérique eût produit *une si grande masse de coton!*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la production de l'industrie du coton dans le monde entier.

Le coton entoure les graines qui sont contenues dans des capsules sèches et ligneuses, à quatre loges. On en fait la récolte quelques jours après l'ouverture des capsules, ordinairement en août, septembre et octobre, suivant les pays. On enlève à la fois le duvet et les graines, en laissant la capsule sur la plante, et on les fait sécher au soleil pour rendre plus facile l'opération qui a pour but de séparer ces deux matières. Ce travail se fait depuis longtemps avec des moulins à cylindres de diverses formes, nommés *Roller gin*, *Mac Carthy gin*, *Saw-gin*, qui saisissent le duvet et l'entraînent, en laissant les graines du côté opposé. C'est ici que l'art des machines vient très à propos au secours de l'industrie. L'Indien, encore réduit à ses bras, emploie toute une journée pour éplucher 500 gram. de coton. Aux États-Unis, un seul *Saw-gin* ou *moulin sciant* de Whitney, dirigé par un homme et formé d'environ 80 scies, peut nettoyer de 2000 à 2,500 kil. de cosses de coton par jour, avec une dépense d'environ 2 chevaux de force.

Le coton est blanc, jaune ou rougeâtre. Ses fibres sont plus ou moins longues, fortes et soyeuses. Suivant ces qualités, on divise les nombreuses variétés commerciales de coton en deux grandes classes : *cotons à longue soie*, ou dont les filaments ont une longueur de $0^m,0202$ à $0^m,039$; et *cotons à courte soie*, qui n'ont que de $0^m,014$ à $0^m,025$ de longueur. Ces derniers ne sont jamais aussi fins, aussi soyeux, aussi élastiques et aussi forts que les premiers.

Les États-Unis produisent les plus beaux cotons *longue soie* et *courte soie*. Le Brésil ne fournit que des cotons *longue soie*, la plupart fort estimés. L'Inde et le Levant donnent les uns et les autres.

En général, on doit préférer les espèces qui sont les plus pures, les plus nettes, car lorsque le coton est malpropre, rempli d'ordures ou gâté par l'humidité, il se file mal, donne un déchet considérable, se blanchit difficilement et prend mal la teinture.

CARACTÈRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES FIBRES TEXTILES VÉGÉTALES.

La structure organique des filaments végétaux offre des différences assez tranchées pour qu'il soit possible, lorsqu'ils n'ont pas été soumis à des manipulations ou à des torsions trop énergiques, d'en reconnaître l'origine au moyen du microscope.

Dans le coton, par exemple, à l'état de croissance, tel qu'il existe dans la capsule avant son ouverture, les filaments velus apparaissent, sous un grossissement de 400 fois, comme des tubes membraneux, creux, cylindriques, sans cloisons transversales,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fermés à leurs deux extrémités; mais ils s'aplatissent plus ou moins à mesure qu'ils mûrissent et se dessèchent. Ce sont alors des espèces de rubans irréguliers, tordus sur eux-mêmes, dont la surface est marquée de stries ou de points noirs inégalement disséminés; les parties plates sont transparentes, et de chaque côté il y a une lisière semblable à un ourlet. Le diamètre aplati de ces poils varie, selon la qualité, de 1/55 à 1/85 de millimètre. La figure 486 représente la structure du coton de *Sea Island* ou Géorgie long.

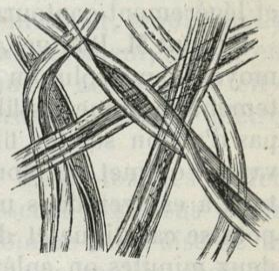


Fig. 486.

Les filaments du chanvre et du lin sont des tubes creux, cylindriques, rigides, ouverts par les deux bouts, dont la surface est lisse comme celle d'un tube de verre, mais présentant quelques traces noires et des nœuds ou cloisons placés irrégulièrement. On aperçoit quelquefois l'extrémité de l'une des fibres divisée en pinceau. Dans le chanvre (*fig.* 487), dont les filaments ont un aspect plus commun et une grosseur plus considérable que ceux du lin (*fig.* 488), le diamètre varie entre 1/20 et 1/30 de millimètre, et les nœuds sont accompagnés de petits filaments qui figurent assez bien les racines adventices de certaines plantes; ce sont des débris du tissu environnant. Les fibres du lin ont un diamètre de 1/45 à 1/55 de millimètre, et leurs nœuds ou cloisons sont dépourvus de ces petits filaments qu'on voit dans le chanvre (1).

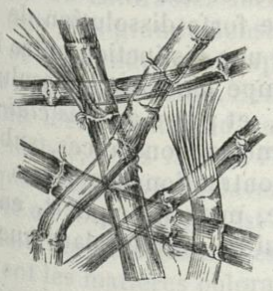


Fig. 487.

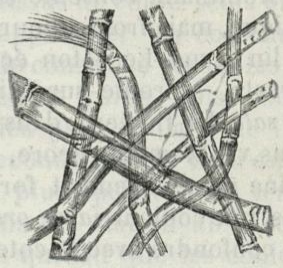


Fig. 488.

(1) Longtemps on a admis, et quelques personnes admettent encore, sur l'autorité de Leeuwenhoëck, que les fibrilles du coton sont triangulaires et à angles tranchants; voilà pourquoi, dit-on, les étoffes de coton les plus fines sont plus dures sur la peau que celles du lin, et pourquoi la charpie de coton enflamme les plaies. Ces opinions n'ont aucun fondement. Les filaments rubanés du coton sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces caractères microscopiques excellents deviennent insuffisants, pour distinguer les filaments les uns des autres et par suite leur mélange dans les tissus, quand ces filaments ont été amenés à l'état de fils fins et retors, tels que ceux qui servent à la fabrication des dentelles; en effet, le lin a perdu, dans ce cas, sa conformation droite, rigide, et se présente, comme le coton, aplati et légèrement contourné.

Suivant M. Bœttger, on peut faire la distinction des deux fils au moyen d'une solution de potasse bouillante qui colore assez fortement en jaune les fils de lin, tandis qu'elle n'a pas ou presque pas d'action sur les fils de coton. On opère de la manière suivante : on met un morceau de 5 centimètres carrés environ de la toile à essayer dans un mélange de parties égales en poids de potasse caustique et d'eau, déjà porté à l'ébullition; au bout de deux minutes on enlève le morceau avec une baguette de verre, on l'exprime légèrement et superficiellement entre plusieurs feuilles de papier non collé, et on tire alors successivement sur le côté de la chaîne et sur celui de la trame environ 6 à 10 fils. On distingue sur-le-champ les fils de coton de ceux du lin, parce que les premiers sont *blancs* ou d'un *jaune clair*, tandis que les seconds sont d'un *jaune foncé*. — Il est évident que ce mode d'essai n'est applicable qu'à des tissus blancs et non teints.

M. Kuhlmann conseille aussi une forte dissolution de potasse caustique, mais froide, pour établir une distinction entre le coton et le lin écrus. Le coton écru, trempé dans cette dissolution, se contracte, se roule sur lui-même, et passe au *gris clair* ou au *blanc sale*. Le lin écru, dans les mêmes circonstances, subit aussi, et plus visiblement encore, cette contraction des fibres qui détermine un mouvement fort visible, mais il acquiert, en même temps, une couleur *jaune-orange*, qui ne permet, dans aucun cas, de le confondre avec le coton.

Le coton, le chanvre et le lin sont très-hygrométriques, et à peu près au même degré. Le linge le plus sec en apparence retient encore près de 3 p. 100 d'eau, qui s'évapore à l'étuve fortement chauffée, mais que le linge réabsorbe lorsqu'il est replacé dans le milieu où on le tient d'ordinaire.

Ces trois sortes de fibres végétales, absolument pures, ne sont autre chose que de la *cellulose;* elles en ont donc la composition

---

mille fois plus flexibles que les tubes du lin, et si la charpie de coton ne peut être substituée sans inconvénient à celle du lin, cela provient tout simplement de ce que les rubans fermés du coton, remplis d'une substance organisatrice qu'aucun lavage ne peut enlever, n'aspirent point le sang ou le pus, ainsi que le font les tubes du lin qui sont ouverts et que le rouissage a vidés de tous les sucs qui étaient susceptibles de les obstruer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

élémentaire, et par suite, toutes les propriétés chimiques. Il serait superflu de les énumérer de nouveau : seulement je les compléterai en quelques points.

La chaux exerce une action remarquable sur les tissus végétaux, lorsqu'ils ont tout à la fois le contact de cet alcali et de l'air; ils sont immédiatement attaqués ou brûlés, probablement parce que l'oxygène est absorbé trop rapidement, tandis qu'ils n'éprouvent aucune altération de la part de cet agent, même en quantités considérables, lorsque l'air n'a aucun accès. Cette circonstance, signalée par M. Édouard Schwartz, mérite d'être connue des blanchisseurs.

Un effet du même genre est produit par les protoxydes de fer et de manganèse qui se suroxydent en présence des tissus qu'ils recouvrent. Ceux-ci sont souvent brûlés, comme il est aisé de le constater sur les calicots teints ou imprimés en rouille, chamois ou solitaire. D'après M. Kuhlmann, ce serait, dans ce cas, un phénomène de combustion lente du même ordre que celui qui apparaît dans l'altération du bois par le contact immédiat des clous de fer.

M. Mercer, habile teinturier anglais, a tiré parti, dans ces dernières années, de la propriété qu'ont les alcalis caustiques et concentrés de contracter fortement les filaments végétaux, pour donner une plus grande densité aux tissus de coton seuls ou mélangés, et les rendre plus aptes à s'approprier les couleurs à la teinture et à l'impression. Son procédé consiste à passer les tissus dans une lessive alcaline concentrée et froide, puis, sans les laisser sécher, à les laver à l'eau, à les plonger dans de l'acide sulfurique faible, et à les laver une seconde fois. Le tissu est alors contracté en tous sens, il est devenu plus épais et plus serré, et cela d'une manière permanente; dans cet état, il absorbe plus facilement les matières colorantes, ce qui fait que les couleurs y sont plus saturées et plus brillantes que sur le coton à l'état normal. Les alcalis ont donc produit sur lui un effet qui a quelque analogie avec celui que le foulage opère dans les tissus de laine.

En Angleterre, on donne au coton ainsi modifié le nom de *coton mercerisé*. Suivant M. Gladstone, ce coton n'a pas changé de composition; sa constitution physique est seule différente; ses fibres ont pris une forme ronde, massive et solide, mais très-poreuse, ce qui explique pourquoi il absorbe une plus grande quantité de matière colorante.

Dès 1840, M. Bidard et moi, avions constaté qu'on peut rendre les tissus imperméables à l'eau, en les trempant successivement, et à diverses reprises, dans des solutions d'alun et de savon, parce qu'il se fait, dans ce cas, un savon d'alumine insoluble et très-divisé, qui bouche les pores des tissus et empêche ensuite l'eau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de s'y introduire. Ce procédé était passé depuis longtemps dans la pratique, lorsqu'en 1859, MM. Muzmann et Krakowiser l'ont modifié de la manière suivante :

Dans 17 litres d'eau bouillante, on fait dissoudre 500 grammes de gélatine et 500 grammes de savon de suif, puis 750 grammes d'alun qu'on ajoute par petites quantités; après un quart d'heure d'ébullition, on laisse le liquide redescendre à + 50°; on y plonge alors le tissu, qu'on retire quand il est bien imprégné, et qu'on fait sécher rapidement sans le tendre. On le lave ensuite avec soin, on le sèche de nouveau et on le passe à la calandre.

2e CLASSE. — MATIÈRES TEXTILES ANIMALES.

A. LAINE. — La LAINE est la matière filamenteuse qui couvre la peau des moutons et de certains autres animaux, tels que la vigogne, les chèvres du Thibet et de Cachemire, le castor, le lama, l'autruche, etc. C'est avec ces diverses espèces de poils, qui se distinguent les unes des autres par quelques propriétés physiques, mais qui ont la même nature et les mêmes caractères chimiques, qu'on fabrique, depuis l'antiquité la plus reculée, des étoffes qui servent à l'habillement et aux autres usages de l'homme, sous les noms de *draps*, de *vigontines*, de *thibétaines*, de *cachemires*, de *mérinos*, de *casimirs*, de *castorines*, de *serges*, de *flanelles*, d'*étoffes de laine rase*, etc. La laine du mouton est la seule qui soit susceptible d'être foulée ou feutrée. C'est surtout à cette espèce que s'appliquera ce que je vais dire.

Les bêtes à laine sont tondues, chaque année, en mai, juin ou juillet. La laine coupée sur un animal forme ce qu'on appelle une *toison*. La toison des gros moutons pèse de 5 à 6 kilogr.; celle des petits, de $1^{kil},5$ à $2^{kil},5$.

Dans le commerce, on distingue un grand nombre de qualités différentes de laine, sous le rapport de la finesse, de la longueur, de la couleur, de la force et de l'élasticité; non-seulement en raison des races de bêtes qui les produisent, mais encore dans la même race, suivant les climats, et dans le même individu, suivant qu'on la prend dans telle ou telle partie de son corps. Ainsi, dans chaque animal, la plus belle laine est celle des épaules, de la base du cou, du dos, des flancs et de la partie supérieure des côtes (n° 1 de la figure 489); la deuxième qualité se trouve sur les côtés du corps, les cuisses, la partie supérieure de la gorge, les hanches (n° 2); la dernière qualité est celle qui couvre la partie inférieure des jambes, le ventre, la queue, la tête et les fesses (n° 3).

Une toison se compose de mèches ou de flocons séparés, formés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de plusieurs filaments réunis par leurs extrémités. La longueur de ces filaments ou brins varie de 40 (race de Naz) à 180 milli-

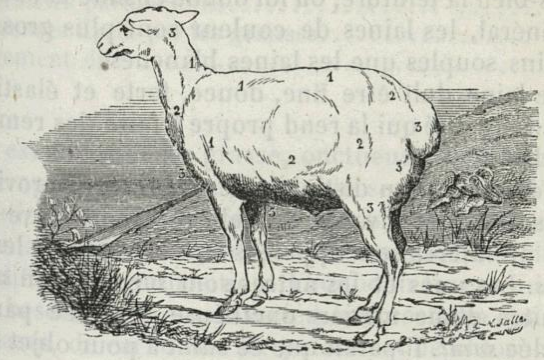


Fig. 489.

mètres (race de Lincoln). En général, la finesse des laines est en raison inverse de leur longueur, et en relation directe avec le peu d'épaisseur de la peau de l'animal. Plus les races sont petites, plus le derme est mince, plus les filaments sont fins.

Au microscope, ceux-ci apparaissent, sous un fort grossissement (400 fois), comme des tubes cylindriques (*fig.* 490), dont la surface est recouverte d'écailles irrégulières un peu recourbées en dehors; on y remarque, en outre, des stries extrêmement fines, toutes parallèles à l'axe. Ces tubes vont en s'amincissant de la racine à la pointe, où ils prennent une forme conique. Lorsqu'ils n'ont pas été dénaturés ni déchirés, on remarque dans l'intérieur une ligne noire qui dénote l'existence d'un canal médullaire rempli d'air ou d'un liquide plus ou moins coloré, ainsi qu'on l'observe également pour les cheveux. Le diamètre de chaque filament varie de 1/25 à 1/65 de millimètre. C'est en ayant égard à ces différences qu'on classe souvent les laines en : *superfines*, *fines*, *moyennes*, *grosses*, *supergrosses*.

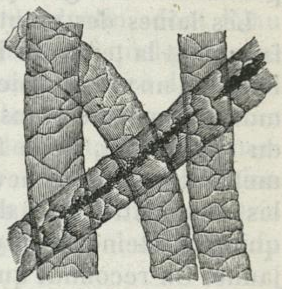


Fig. 490.

Voici comment les principales laines peuvent être rangées sous ce rapport : moutons de Prusse et de Silésie, de Hongrie et de Moravie, de Saxe, de Hanovre, race de Naz, moutons du Roussillon, de la Brie, d'Australie, du Cap, mérinos d'Espagne et de France, moutons de Russie, de la Beauce, de Buenos-Ayres, races South-down, Lincoln, Dishley, moutons du Centre et du Nord de la France.

Il y a des laines naturellement blanches, noires, rousses, jaunes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et même bleuâtres; mais, dans les grands troupeaux de France, on ne conserve que les moutons blancs, parce que, leur laine prenant très-bien la teinture, on lui donne ensuite la couleur qu'on veut. En général, les laines de couleur sont plus grosses, moins douces, moins souples que les laines blanches.

La bonne laine doit être fine, douce, forte et élastique. C'est cette dernière qualité qui la rend propre à faire des rembourrages et des matelas.

Dans le commerce, on distingue les laines qui proviennent de la tonte des animaux vivants de celles qu'on enlève des bêtes mortes; les premières sont appelées *laines de toison*, les secondes *laines mortes*. Les unes et les autres sont *surges* ou en *suint*, c'est-à-dire enduites d'une matière onctueuse, sécrétée par le mouton, et appelée *suint*. Il paraît que ce suint a pour objet de les préserver des insectes, qui les attaqueraient promptement et les détruiraient. Aussi remarque-t-on que les laines se conservent mieux en suint que lorsqu'elles ont été dégraissées; plus elles contiennent de suint, mieux elles se blanchissent.

Les *laines mortes*, détachées des peaux par le moyen de la chaux, sont bien inférieures aux *laines de toison;* elles sont rudes et faibles; privées de suint, que l'action corrosive de la chaux détruit, elles n'ont plus ce moelleux et ce nerf que conservent pendant très-longtemps, même après le lavage, les laines vivantes.

Les laines des moutons malades ne prennent que très-imparfaitement la teinture. Bosc rapporte qu'ayant fait tondre, à Rambouillet, un mouton bien portant, un mouton malade et un mouton mort de maladie, tous trois de la race des mérinos espagnols et du même âge, il en fit laver et filer les toisons séparément et mettre les fils en écheveaux, avec des marques particulières pour les reconnaître. Il les donna à Roard, alors directeur des Gobelins, qui en fit teindre un de chaque espèce en bleu, en rouge et en jaune. On reconnut que ces couleurs étaient vives dans les écheveaux de laine du mouton bien portant, faibles dans ceux de la laine du mouton malade, et ternes dans ceux de la laine du mouton mort. Tous ces échantillons avaient été teints ensemble, de la même manière et dans les mêmes bains.

Il est donc bien important, pour les manufacturiers qui tiennent à avoir des étoffes d'une teinte uniforme, de faire en sorte que les laines qu'ils achètent ne contiennent point de mélange de ces toisons de qualités différentes; mais il n'est aucun moyen de les reconnaître. Pour éviter qu'on ne les trompe, il faut qu'ils paient ces laines défectueuses le même prix que les autres, afin qu'on n'ait aucun intérêt à les confondre.

M. Chevreul a examiné la laine brute de mérinos, et a trouvé qu'après avoir été séchée à + 100°, elle renferme :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Matière terr. qui se dépose dans l'eau avec laquelle on la lave..	26,06
Suint de laine, soluble dans l'eau froide.....	32,74
Espèces de graisses particulières.....	8,57
Matières terreuses fixées par les graisses.....	1,40
Laine proprement dite.....	31,23
	100,00

Le *suint* est une matière grasse, onctueuse, très-odorante, qui, selon toute apparence, a sa principale source dans l'humeur de la transpiration cutanée du mouton, mais qui peut bien avoir subi par son contact avec les agents extérieurs quelques changements qui en modifient la composition. Vauquelin l'a considéré comme un savon à base de potasse, associé à une certaine quantité d'acétate de potasse, de carbonate de potasse et de chlorure de potassium, plus une substance animale odorante.

Suivant M. Maumené, le suint n'est pas alcalin, attendu que la potasse, qui s'y trouve en grande quantité, est neutralisée principalement par un acide organique spécial, énergique, qui affecte la forme d'un liquide huileux. MM. Maumené et Rogelet ont eu la pensée d'extraire industriellement la potasse du suint. Pour cela, ils font un lavage à froid des laines ; l'eau est claire, et, par une opération méthodique, on peut l'avoir très-concentrée ; on l'évapore en sirop qu'on caramélise et dont on calcine le résidu. On obtient ainsi un charbon très-alcalin, dont l'eau sépare du carbonate de potasse ne renfermant que quelques centièmes de chlorure et de sulfate de potasse sans trace de soude. Il suffit de faire évaporer la dissolution alcaline pour avoir une potasse beaucoup plus pure que toutes les potasses commerciales. Le suint provenant du lessivage de 1000 kilog. de laine en fournit au moins 75 kil. Voilà donc une nouvelle industrie qui pourra être exploitée dans tous les pays où l'on s'occupe du lavage des laines.

La quantité de suint varie dans les différentes laines. Plus une laine est fine, plus elle est riche en cette matière. Celle des mérinos en contient les deux tiers de son poids, tandis que les laines communes n'en renferment que le quart du leur ; aussi les premières sont-elles plus colorées que les secondes. Le déchet du désuintage qui, à la vérité, comprend l'humidité, les terres et les ordures, est de 45 p. 100 pour les plus belles laines, et de 25 au moins pour les qualités inférieures.

Comme le fabricant n'achète jamais de laine entièrement désuintée, il est important pour lui de pouvoir estimer approximativement la quantité de corps étrangers dont elle peut être chargée, et le déchet qu'elle devra éprouver. Pour opérer exactement, il faut d'abord sécher la laine dans le vide sec, la laver

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à ce qu'elle ne cède plus rien à l'eau, et la sécher dans le vide sec avant de la peser pour savoir ce qu'elle a perdu. Si l'on ne prenait pas ces précautions, il y aurait une quantité notable d'eau, qui serait comptée comme suint par la raison que la laine pourvue de celui-ci peut conserver une proportion assez considérable de ce liquide.

La laine, bien dépouillée, par des lavages à l'eau, de toutes les matières solubles, cède à l'alcool bouillant une matière grasse d'une nature particulière, dont la quantité s'élève jusqu'à 17 p. 100. Cette graisse est composée de deux principes immédiats que M. Chevreul a désignés par les noms de *stéarérine* et d'*élaérine*. Le premier ressemble à la cire par sa consistance, et ne fond qu'à 60°; l'autre est filant comme la térébenthine, et fond à 15°. Ils sont tous deux insaponifiables par les alcalis.

La laine, épuisée par l'alcool et l'éther, ne donne que 2 p. 100 de cendres par la calcination. D'après Scherer, elle a la composition élémentaire suivante :

Carbone	50,653
Hydrogène	7,029
Azote	17,710
Oxygène et soufre	24.608
	100,000

Il est facile de constater qu'elle renferme du soufre au nombre de ses principes constituants. Il suffit de la faire bouillir légèrement avec une faible dissolution alcaline; il en résulte une liqueur qui donne un dégagement d'hydrogène sulfuré avec les acides, et qui précipite en noir par les dissolutions métalliques, notamment par l'acétate de plomb. C'est à cause de cela que, lorsqu'on mordance les laines avec des sels renfermant des traces d'oxyde de plomb, elles prennent une teinte grisâtre plus ou moins prononcée, effet qui est produit pareillement quand on les alune dans un vase de cuivre.

La laine est assez hygrométrique; elle absorbe dans l'air jusqu'à près de 8 p. 100 d'eau.

Jetée sur des charbons ardents, elle se crispe, se resserre, noircit, dégage une odeur empyreumatique, et s'enflamme au bout de quelque temps; mais elle brûle avec une certaine difficulté, et laisse un charbon brillant assez volumineux. Elle donne beaucoup de sels ammoniacaux, du sulfhydrate d'ammoniaque, entre autres, par sa distillation en vases clos.

Elle n'est pas sensiblement altérée par les acides et les alcalis faibles. Mais ces mêmes agents concentrés la détruisent. L'acide azotique, même affaibli, la colore en jaune. Les alcalis forts la dissolvent à l'aide d'une légère chaleur, et produisent un com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posé savonneux. C'est pour cela que Chaptal conseilla de préparer, avec les résidus de laine qu'on rejette des ateliers, un savon très-propre, suivant lui, à fouler et dégraisser les étoffes (1).

Plongée dans le chlore, la laine s'y altère profondément. Elle a moins d'affinité pour les oxydes métalliques, et par suite pour les mordants, que le coton, le chanvre et le lin; mais elle en a plus que ces derniers pour les matières colorantes.

L'action dissolvante des alcalis sur la laine sert avec succès pour distinguer ses filaments de ceux du coton, du chanvre et du lin, et surtout pour reconnaître si une étoffe de laine, un drap, par exemple, est ou n'est pas mélangé de coton, genre de fraude assez commun.

Le procédé à employer, dans ce cas, consiste tout simplement à faire bouillir, pendant une heure ou deux, un morceau de l'étoffe suspecte dans une dissolution de soude caustique à 8°. Si l'étoffe est de pure laine, elle sera dissoute en entier et formera un savon qui se rassemblera à la surface; ce savon passera au travers d'un tamis fin en toile métallique, sur lequel on le jettera bouillant. Si, au contraire, l'étoffe contient du coton ou toute autre fibre végétale, cette dernière pourra bien éprouver quelque altération, mais elle ne se dissoudra pas; aussi, restera-t-elle sur le tamis, sous la forme d'une pâte filamenteuse. En pesant un poids déterminé de l'étoffe, et recueillant le résidu insoluble dans la lessive, le lavant et le séchant, on peut savoir les proportions respectives de laine et de coton dans le tissu.

On peut aussi faire la distinction du coton et de la laine d'une autre manière. On mouille avec de l'acide azotique ordinaire l'étoffe suspecte, et on l'abandonne pendant 7 à 8 minutes, après l'avoir étendue sur une soucoupe. En été, on l'expose aux rayons solaires; en hiver, on place la soucoupe sur le marbre d'un poêle chauffé modérément. Au bout de ce temps, tous les filaments en laine sont colorés en jaune, et ceux en coton sont restés blancs; on lave bien l'échantillon et on le sèche. L'inspection à l'œil nu ou avec une loupe permet de distinguer facilement et même de compter les filaments de laine et de coton mélangés. Dans le cas où le tissu est teint, on prolonge l'action de l'acide azotique, afin de produire, soit la dissolution, soit la décomposition de la matière colorante. Ce procédé a été indiqué, en 1843, par Lassaigne (2).

---

(1) Une application de la dissolution de la laine dans les alcalis caustiques a été faite en 1829 par MM. Jacobi et Vanni, qui ont pensé les premiers à retirer l'indigo des rognures des vieux draps et chiffons de laine teints en bleu avec cette matière. On fait bouillir ces objets de peu de valeur dans de la soude caustique à 8 ou 10°, jusqu'à ce que le tissu ait disparu. 20 kilog. de soude à 10° dissolvent 6 kilog. de tontures de draps. On étend d'eau, on jette le produit sur des toiles garnies de filtres de papier, et on lave à plusieurs reprises l'indigo resté sur les filtres. Cet indigo est de bonne qualité, et on retire 7 kilog. d'un savon qui peut servir au foulage des draps.

(2) Lassaigne (Jean-Louis), né à Paris le 22 septembre 1800, mort en cette ville le 18 mars 1859, fils d'un simple mécanicien du jardin des Plantes, apprit sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le même chimiste a fait voir qu'en imprégnant un tissu mélangé d'une solution moyennement concentrée d'azotate de mercure (1), et le maintenant à une température de + 40 à 50°, tout ce qui est laine prend une nuance rouge ou amarante en moins d'un quart d'heure, tandis que les filaments de coton ou de lin ne se colorent aucunement.

Le bichlorure d'étain peut encore servir, ainsi que M. Maumené l'a indiqué en 1850, avec les tissus blancs ou peu colorés, attendu que, sous l'influence de ce sel et de la chaleur, les fils de coton ou de lin deviennent entièrement noirs, tandis que ceux de laine conservent leur couleur.

Les moyens précédents sont préférables à celui qu'on emploie habituellement, et qui consiste à introduire dans la flamme d'une bougie l'extrémité des fils arrachés à l'étoffe qu'il s'agit d'essayer. Ceux en coton brûlent rapidement et exhalent l'odeur du papier enflammé; ceux en laine ont une combustion difficile, qui s'arrête dès qu'on les retire de la flamme; ils s'arrondissent à leur extrémité en un globule noir, et ils répandent l'odeur fétide de la corne brûlée. Mais ces caractères ne sont pas toujours aussi tranchés que je l'indique ici, et voilà pourquoi on a quelquefois de la peine à prononcer.

On fait aujourd'hui industriellement la séparation de la laine d'avec le coton. Voici dans quelles circonstances : Les vieux chiffons de tricots, de tissus de laine et même de draps sont ramenés à l'état de filaments, et rentrent dans la fabrication des tissus sous le nom de *renaissance*. Il arrive que, dans ces filaments, un peu de coton, de lin ou de chanvre peuvent se mêler avec la laine, et comme ces matières végétales ne prennent pas la teinture, dans les mêmes conditions que la laine, on est exposé à rencontrer dans les tissus de laine mêlés de *renaissance*, des brins non teints qui nuiraient à l'aspect des tissus et révéleraient leur origine.

On enlève le coton et ses similaires par l'action de l'acide chlorhydrique étendu d'eau bouillante, qui désagrége, *émiette* le coton et n'attaque pas sensiblement la laine. — Le coton, réduit en poudre, pour ainsi dire, est séparé mécaniquement, soit en agitant la laine au milieu de l'eau, soit en la battant à sec.

B. Soie. — La soie est ce fil fin et solide avec lequel plusieurs

---

Vauquelin les principes de la chimie et devint en peu d'années un très-habile opérateur. Il avait à peine 17 ans qu'il publiait déjà d'intéressantes recherches sur la composition de plusieurs plantes utiles. Depuis cette époque jusqu'à ses derniers jours, des travaux se succédèrent sans interruption; tous sont remarquables par le caractère de précision qui les recommande à la confiance des chimistes; ils ont jeté une vive lumière sur une foule de questions de chimie minérale et organique, de toxicologie et de physiologie, d'hygiène, d'agriculture et d'industrie. Lassaigne remplaça, en 1827, le savant Dulong dans la chaire de chimie à l'École vétérinaire d'Alfort. On a de lui un *Traité de chimie*, un *Dictionnaire des réactifs*, et en collaboration avec M. Delafond une *Histoire naturelle et médicale des médicaments employés pour les animaux domestiques*. Il était correspondant de l'Académie impériale de médecine, et l'un des chimistes experts près le tribunal de la Seine.

(1) Ce réactif s'obtient en faisant dissoudre à une douce chaleur 1 partie de mercure dans 2 parties d'acide à 28° Baumé, faisant bouillir pendant 4 à 5 minutes pour transformer une partie de l'azotate de protoxyde en azotate de peroxyde, et étendant la dissolution de son volume d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

espèces d'insectes, à l'état de larves, construisent la coque qui les met à l'abri des agents extérieurs, et dans laquelle elles subissent leurs métamorphoses. C'est surtout la *Phalène* ou *Bombix du mûrier* (*fig.* 491), insecte à ailes brillantes et à écailles, qu'on élève de préférence pour obtenir ce précieux produit.

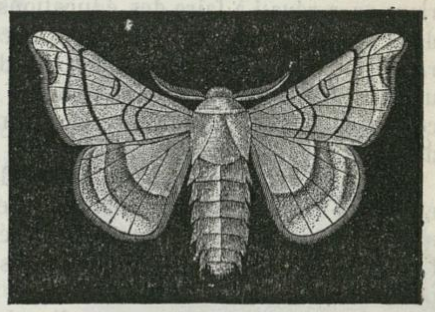


Fig. 491.

Le *ver à soie* est originaire des contrées orientales de l'Asie, et il se nourrit sur les feuilles du mûrier blanc. Les Chinois furent les premiers qui pensèrent à tirer parti du tissu filamenteux qu'il sécrète, et 2700 ans avant l'ère chrétienne, cette nation industrieuse connaissait la manière de travailler la soie. Cet art passa ensuite dans l'Inde et en Perse. On en avait à peine une idée en Europe avant le temps d'Auguste. Jusqu'au règne de Justinien, les Romains et les Grecs achetaient les tissus de soie des Phéniciens, qui manufacturaient le fil venu de la Chine et des Indes (1).

---

(1) Les tissus de soie étaient fort estimés des dames romaines. Ils devinrent l'objet des satires des poëtes latins, qui leur reprochaient d'indiquer les formes du corps plutôt qu'ils ne les couvraient. Il y eut un temps où la soie se vendait au poids de l'or, et Vopiscus rapporte que l'empereur Aurélien refusa de donner une robe de soie à sa femme, à cause de l'excessive cherté du tissu.

Au milieu du VIe siècle, deux moines, revenant de la Chine ou de l'Inde, eurent l'adresse de transporter à Constantinople des œufs de vers à soie, cachés dans le creux d'une canne. Ils les firent éclore et en multiplièrent la race avec le plus grand soin. Cet événement, si important pour l'Europe, arriva en 555, et, quelques années après, des manufactures s'élevèrent dans plusieurs villes de l'empire grec, particulièrement à Athènes, à Thèbes et à Corinthe. Au IXe siècle, les Maures, qui antérieurement à cette époque, avaient introduit le ver à soie sur les côtes d'Afrique, le propagèrent dans les provinces de la Péninsule Ibérique alors sous leur domination. Les Vénitiens, de leur côté, en répandirent les produits dans toute l'Europe occidentale.

Au XIIe siècle, Roger II, roi de Sicile, introduisit cet insecte et l'arbre qui nourrit sa chenille dans l'ancien Péloponèse qui, cinq cents ans plus tard, prit le nom de *Morée* (de *Morus*, nom latin du Mûrier), parce que la culture du mûrier y était devenue presque exclusive. C'est également ce roi qui transporta des ouvriers grecs en soie dans la Sicile, d'où cette industrie se propagea en Italie, du XIIIe au XIVe siècle.

Lorsque Grégoire X obtint, vers 1274, de Philippe le Hardi, la cession du Comtat Vénaissin, qui devait, trente ans plus tard, devenir le siége de la Papauté, il y fit planter des mûriers, et venir de Sicile, de Naples et de Lucques, des fileurs et des tisserands. Cette industrie naissante, que favorisèrent bientôt la présence et les encouragements des Papes, prit assez de développement pour que les étoffes façonnées, les damas d'Avignon, rivalisassent de perfection avec les plus belles soieries de l'Italie. D'Avignon, la fabrication des soieries se propagea à Nimes, à Lyon, à Paris même, vers la fin du XVIe siècle, et en 1470 Louis XI l'établit à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si, pendant bien des siècles, la soie, par son prix élevé, est restée le partage exclusif des hautes classes de la société, aujourd'hui, grâce à l'extension considérable qu'a prise l'industrie sériciole, elle est devenue accessible à toutes les fortunes. En France, des milliers de bras sont occupés aux divers travaux de la sériciculture, et 64 départements cultivent le mûrier; on a réussi à faire des éducations aux environs de Paris, ainsi que dans le Nord, où le mûrier résiste encore assez bien à la froide température de nos hivers et aux gelées tardives du printemps. A l'exposition universelle de 1855, M. Champailler, du Pas-de-Calais, a présenté des cocons de la plus grande beauté; il en a été récompensé par une médaille de première classe.

Ce rapide essor est principalement dû aux efforts des gens de science, et surtout à Camille Beauvais et à d'Arcet, qui, en construisant des *magnaneries* salubres (1), ont permis aux départements du Nord de se livrer à l'élève du ver à soie avec autant et plus de succès, peut-être, que les départements du Midi.

Lyon, le plus grand centre d'exploitation de l'industrie de la soie, employait, en 1853, 72000 métiers, et plus de 50000 ouvriers. On estime à 221000 le nombre des métiers appliqués en France à tisser des étoffes où la soie domine. On portait, en 1855, la valeur de la production générale des soieries, chez nous, à 532 millions de francs, et à 229 millions la valeur de la soie récoltée dans nos 64 départements. La production de la soie dans le monde entier est évaluée à la somme annuelle de plus d'un milliard.

Les pays qui fournissent le plus sont, dans l'ordre de leur importance, la Chine, l'Italie, la France, l'Inde, le Japon, les divers autres pays de l'Asie, l'Espagne, la Perse, l'Afrique, l'Océanie et l'Amérique.

En Chine et dans les Indes, on élève le ver à soie sur des mûriers en plein air; mais en Europe, et surtout en France, on le renferme dans des chambres dites *magnaneries*, dont on entre-

---

Tours. Il paraît qu'au commencement du XVIe siècle, d'après M. André Potier, Rouen possédait des fabriques de soie qui ne disparurent que vers le milieu du siècle dernier. François Ier encouragea singulièrement la culture du mûrier; Henri II fut le premier qui porta des bas de soie, à l'occasion du mariage de sa sœur avec le duc de Savoie. Mézeray assure que jusqu'aux troubles du règne de Charles IX et de Henri II, les courtisans firent peu d'usage de la soie; mais après ce temps, les bourgeois commencèrent à en porter. Henri IV imita les Valois et fit planter des mûriers à Orléans, à Fontainebleau, au château de Madrid, à deux lieues de Paris, et même dans les jardins des Tuileries. Sous le ministère de Colbert, les fabriques de soieries de Lyon, de Tours, de Nimes et du Midi de la France, devinrent très-florissantes. La révocation de l'édit de Nantes introduisit cette nouvelle industrie dans la Grande-Bretagne.

Dans les deux derniers siècles, on a vu la Suisse, l'Autriche, la Prusse et d'autres États de l'Allemagne, la Suède et même quelques provinces de Russie, tenter avec plus ou moins de succès la culture du mûrier et l'éducation des vers à soie.

(1) *Magnanerie* dérive du mot *magnan*, nom donné au ver à soie dans le dialecte languedocien. On appelle *magnanier* ou *magnanière* l'ouvrier ou l'ouvrière chargé de l'éducation des vers à soie. Les magnaneries sont nommées dans la Touraine *coconières*, *magnanderies* et *vereries*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tient la température à 15 ou 18°. Les œufs, très-improprement nommés *graines*, éclosent à cette température. On place les larves qui en sortent sur des claies garnies de feuilles de mûriers, que l'on renouvelle plusieurs fois par jour (*fig.* 492). Elles changent quatre fois de peau dans l'espace d'un mois, et, après la dernière mue, elles se retirent dans de petites niches de bruyère, disposées à cet effet, et s'y filent une coque ou *cocon* (*fig.* 493), où elles s'enferment et dont la matière est la soie. Elles prennent dès lors le nom de *chrysalides* (*fig.* 494), et demeurent dans une parfaite immobilité pendant 18 à 20 jours. Elles se transforment enfin en papillons ou insectes parfaits; maison ne laisse parvenir à ce dernier état que celles qui doivent servir à la reproduction de l'espèce; on fait mourir les autres, en trempant les cocons dans l'eau bouillante, ou en les exposant à la chaleur d'un four ou d'une étuve; ensuite on les dévide.

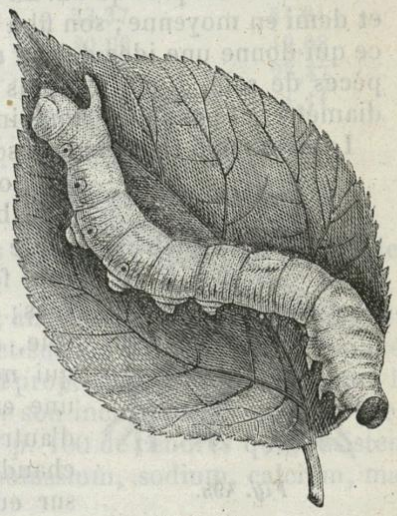


Fig. 492.

100 grammes d'œufs produisent, dans de bonnes conditions, 150 et même, lorsque tout favorise l'éducation, 200 kilogr. de cocons, en consommant environ 3750 à 5000 kilogr. de feuilles. — 1 kilogr. de cocons comprenant, en moyenne, 586 cocons, il en résulte que 100 grammes d'œufs donnent de 87900 à 117200 cocons. 100 kil. de cocons fournissent généralement 8 kil. de soie filée.



Fig. 493.



Fig. 494.

Les cocons, à leur état naturel, au moment de la vente, contiennent :

Eau	68,2
Soie	14.3
Bave et bourre	0,7
Chrysalide	16,8
	100,0

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La matière de la soie est liquide dans le corps du ver, mais elle se durcit à l'air à mesure qu'elle sort, par une double filière, des organes excréteurs placés près de la bouche de la chenille. Les filaments jumeaux que file l'insecte s'agglutinent par le contact et n'en forment plus qu'un. La soie d'un cocon pèse 1 décigramme et demi en moyenne ; son fil a une longueur de 230 à 350 mètres, ce qui donne une idée de son extrême ténuité ; dans certaines espèces de soie, il n'a pas plus de 18 millièmes de millimètre de diamètre, et possède néanmoins une grande force.

La figure 495 représente la soie au microscope, grossie 400 fois. Ce sont des tubes excessivement fins, sensiblement aplatis, dont la surface présente souvent des irrégularités, et qui sont formés de trois couches superposées ; au centre la substance même de la soie, au-dessus des matières organiques qui ne peuvent être dissoutes que par une eau alcaline, et enfin à l'extérieur d'autres matières solubles dans l'eau chaude. Ces tubes ne sont jamais tordus sur eux-mêmes comme le coton, et ils n'offrent pas de cloisons transversales comme le lin.

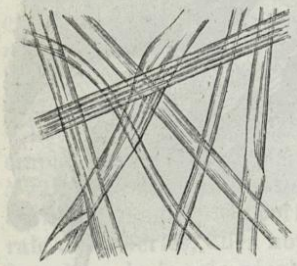


Fig. 495.

On connaît deux espèces de soie : celle qui est naturellement blanche, et la jaune. La première, dite *soie sina*, parce qu'elle provient d'une variété de ver de la Chine, n'est obtenue en France que depuis soixante-dix ans environ. C'est Louis XVI qui fit venir, en 1789, de Chine, les œufs du ver qui la produit.

Dans le commerce, on partage toutes les soies en deux grandes classes :

1. *Soie grége*, qui est le produit immédiat du dévidage du cocon; elle a été détachée à l'eau chaude et n'a subi encore aucune préparation; chaque fil se compose de la réunion d'un nombre de brins qui varie généralement de 3 à 15, et même au delà.

2. *Soie ouvrée*, ou qui a subi une préparation quelconque qui la rend propre à différents emplois dans les manufactures.

Dans chaque classe, on distingue la *soie écrue blanche* et *la soie écrue jaune*.

On appelle *soie écrue* celle qui est encore recouverte de son *enduit ou vernis* naturel, auquel elle doit sa roideur, son élasticité et sa couleur. Lorsqu'elle est débarrassée de cet enduit, qui représente environ le quart de son poids, on la nomme *soie décreusée* ou *cuite*.

Le *vernis* de la soie serait composé, d'après Roard, d'une matière azotée soluble dans l'eau, d'une matière azotée insoluble, d'une matière grasse analogue à la cire, d'une huile volatile odorante, et d'une matière colorante jaune, quand la soie est colorée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais, en 1836, M. Mulder, de Rotterdam, a donné une nouvelle analyse de la soie écrue, d'où il résulte que cette matière est ainsi composée :

	Soie écrue jaune napolitaine.	Soie écrue blanche du Levant.
Matière fibreuse	53,37	54,04
Gélatine	20,66	19,08
Albumine	24,43	25,47
Cire	1,39	1,11
Matière colorante	0,05	»
Matières grasse et résineuse	0,10	0,30
	100.00	100,00

Il faut ajouter à ces substances des traces d'un acide particulier et quelques sels.

La matière fibreuse de la soie, analogue à la fibrine du sang, en diffère par quelques propriétés, et surtout par sa composition élémentaire ; aussi M. Mulder a-t-il proposé de la distinguer sous le nom de *fibroïne*. Elle laisse, par son incinération, quelque bien purifiée qu'elle soit, environ 0,3 p. 100 de cendres qui consistent en soufre, phosphore, chlore, potassium, sodium, calcium, magnésium, manganèse et fer.

M. Mulder assigne la composition suivante à la matière fibreuse ou *fibroïne* censée pure :

Carbone	49,38
Hydrogène	6,51
Azote	17,60
Oxygène	26,51
	100,00

L'albumine et la gélatine de la soie sont analogues à celles qu'on trouve dans les autres animaux. C'est la réunion de ces deux substances qui constitue ce que Roard avait nommé la *gomme de la soie*.

La matière colorante de la soie jaune est rouge, dans son état naturel ; les alcalis forts foncent sa couleur ; elle est insoluble dans l'eau, mais elle se dissout dans l'alcool, l'éther, les huiles grasses et volatiles. Le chlore et l'acide sulfureux l'amènent à un jaune clair excessivement faible.

Vous voyez, Messieurs, d'après ce qui précède, que la soie tout à fait pure diffère chimiquement de la laine, parce qu'elle ne contient pas de soufre élémentaire, et du coton, du chanvre et du lin, parce qu'elle est azotée. Il est très-facile, d'après cela, de reconnaître et de distinguer la soie dans les tissus blancs de laine, et même dans ceux qui sont teints. En effet, en mouillant avec une solution de plombite de soude (eau de soude bouillie sur un excès de litharge) un tissu composé de fils de soie et de fils de laine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mélangés, ces derniers, même à + 15°, ne tardent pas à brunir, tandis que les premiers n'éprouvent aucun changement; au bout d'une demi-heure, l'étoffe mouillée étant exposée au soleil, l'effet est produit; tous les fils de laine sont colorés en brun chocolat; on peut alors compter les fils de soie qui, restés blancs, forment presque toujours la trame de l'étoffe examinée. C'est à Lassaigne que nous devons ce procédé, très-commode dans son exécution.

Il ne faut, toutefois, conclure à la présence de la soie dans le tissu, qu'en faisant un second essai sur les fils qui n'ont point été colorés par le plombite de soude; il faut s'assurer qu'ils se dissolvent dans la soude caustique, qu'ils jaunissent par l'acide azotique, qu'ils prennent une couleur rouge ou amarante par l'azotate de mercure, et qu'ils ne sont pas colorés par le bichlorure d'étain, caractères que la soie possède en commun avec la laine, et qui n'appartiennent pas, vous le savez, aux fils de lin et de coton.

Lorsque les étoffes à essayer ont été teintes, il faut, avant de les soumettre à l'action des réactifs, les débarrasser de la plus grande partie de leur couleur, par des immersions successives dans des liqueurs alcalines et acides.

La soie pure a une ténacité supérieure à celle des autres matières textiles. Sa densité est intermédiaire entre celle des fibres végétales et celle de la laine. Elle est assez hygrométrique; elle absorbe environ 8 p. 100 d'eau dans l'air ordinaire, et 31 p. 100 dans l'air saturé d'humidité.

Elle résiste assez bien aux acides et aux alcalis très-faibles, mais elle est attaquée et dissoute par ces mêmes agents concentrés. L'acide azotique du commerce la jaunit d'abord, puis la dissout rapidement à froid; or, comme, dans ces circonstances, la laine n'est pas soluble dans cet acide, il s'ensuit qu'on peut se servir de ce moyen pour reconnaître la presence des deux fibres animales dans le même tissu et en déterminer les proportions. La perte éprouvée par le tissu, qui a été plongé pendant quelques instants dans l'acide azotique froid et nettoyé convenablement, représente la soie en mélange. On a soin d'enlever préalablement les matières étrangères dues à l'apprêt, à la teinture, en traitant successivement le tissu par l'eau, les lessives et les acides étendus, l'alcool et l'éther. Ce mode d'essai a été donné, en 1857, par M. Barreswil.

Plongée humide dans le gaz sulfureux, la soie blanchit d'abord, finit par jaunir et s'altère. Le chlore l'attaque aussi avec énergie.

Exposée au feu, elle se fond, noircit, se boursoufle, répand une odeur empyreumatique, et laisse un charbon difficile à réduire en cendres.

Elle s'unit à un grand nombre d'oxydes métalliques et de sels.

Elle se dissout, aussi facilement que la cellulose, dans la liqueur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cupro-ammoniacale de MM. Schweitzer et Péligot. La solution ammoniacale de nickel est aussi, d'après M. Schlossberger, un excellent dissolvant de la soie, mais non de la cellulose. Voilà donc de nouveaux moyens de distinguer la soie des tissus végétaux, d'une part, et de la laine, de l'autre, puisque cette dernière résiste à l'action des agents précédents.

La soie prend généralement les matières colorantes organiques mieux que le lin et le coton, mais moins bien que la laine; elle s'unit avec moins de force aux couleurs métalliques que les tissus végétaux. Comme sa texture est moins serrée que celle de la laine, elle se laisse pénétrer plus facilement par les principes colorants, qui ne se fixent réellement qu'à la surface de cette dernière; aussi, pour donner la même teinte cramoisie à la laine et à la soie, il faut deux fois plus de cette couleur pour la dernière que pour la première.

Les couleurs que prend la soie sont plus belles et plus solides par le concours des mordants, qui sont ordinairement l'alun, la noix de galle et le sel d'étain.

CINQUANTE-TROISIÈME LEÇON.

DES MATIÈRES TEXTILES ET FILAMENTEUSES. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Blanchiment des fibres textiles : coton, lin, chanvre en fils et en toiles, laine et soie. — Appareils nombreux employés pour les diverses opérations du blanchiment.

Du blanchiment des fibres textiles.

Maintenant que nous connaissons les différentes matières textiles, dans leur nature chimique et dans leurs plus importantes propriétés, il nous faut étudier les diverses préparations qu'on leur fait subir pour les amener à leur plus grand état de blancheur, soit qu'elles doivent servir dans cet état pour la confection des vêtements, soit qu'elles doivent passer dans les mains du teinturier.

Ces préparations ont toutes pour but de les dépouiller des matières étrangères qui adhèrent habituellement à leur surface et qui les colorent. Leur ensemble porte le nom général de *blanchiment*.

Vous pressentez déjà, Messieurs, que chaque espèce de tissu, en raison de sa nature spéciale, réclame un mode particulier de blanchiment. C'est, en effet, ce qui a lieu; aussi parlerai-je

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

isolément et successivement du blanchiment des fibres végétales, de la laine et de la soie.

I. *Blanchiment des fibres végétales.* — Le lin, le chanvre et le coton, dans leur état brut, sont naturellement imprégnés ou enduits de matières qui sont absolument étrangères à leur contexture fibreuse, et qui nuisent aux qualités précieuses qui en font rechercher l'emploi. C'est ainsi, par exemple, que le coton qui, dans son état de pureté absolue, est parfaitement blanc, est recouvert, dans son état brut, d'une matière résinoïde qui empêche son imbibition, et d'une matière colorante jaune ; que la filasse du lin et du chanvre, même après le rouissage, retient de la résine, de la gomme et une matière colorante qui lui donnent cette teinte quelquefois grise, d'autres fois rougeâtre, qui la colore.

Ces différentes substances qui imprègnent les filaments du coton, du lin et du chanvre, altèrent singulièrement leur souplesse, sans rien ajouter à leur force ; elles masquent leur blancheur naturelle, et les rendent impropres aux diverses opérations de la teinture. Et, si l'on ajoute à ces substances naturelles aux fibres organiques plusieurs autres matières étrangères, provenant des opérations qu'on leur fait subir pour les réduire en fils ou en toiles, tels que : graisse ou huile, colle du tisserand, crasse des mains, savon calcaire, oxydes métalliques et substances terreuses, matières étrangères qui ont encore l'inconvénient de colorer plus ou moins les tissus et de diminuer leur affinité pour les matières colorantes, on sentira toute l'importance des diverses opérations dont l'ensemble porte le nom de *blanchiment*.

Un plus grand nombre de manipulations apportant nécessairement sur les fibres textiles plus de matières étrangères, vous concevez facilement, Messieurs, que les fils doivent offrir au blanchiment moins de difficultés que les toiles; et même, parmi celles-ci, faut-il distinguer celles qu'on livrera blanches à la consommation de celles qu'on destine à la teinture ou à l'impression. Ces dernières exigent un plus grand nombre d'opérations, ou au moins beaucoup plus de soins, car il est bien important qu'elles ne retiennent aucun corps étranger susceptible d'altérer ou de fixer les couleurs, autrement il se produirait des taches ou des inégalités dans la teinture.

1° Voici succinctement comment on procède au blanchiment des fils de coton.

On fait d'abord bouillir ces fils dans l'eau ordinaire pendant deux heures, si l'on opère sur de grandes quantités, et on les laisse tremper ou *macérer* dans de l'eau chaude pendant plusieurs heures, afin d'enlever toutes les parties solubles ; on les lave ensuite à grande eau, ou, comme on dit, on les *dégorge* ou on les *décreuse*, puis on les fait bouillir, pendant un temps plus ou moins long, dans une lessive de soude à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° 1/2 (1). On rince alors et on tord les *pantes*, ou paquets d'écheveaux, au moyen de l'*espart* (*fig.* 496), cheville cylindrique en bois enclavée dans un poteau vertical, et terminée par son autre bout en tête arrondie. L'ouvrier passe un bâton cylindrique dans la pante pour faciliter la torsion.



Fig. 496.

Chez M. Leveillé, habile teinturier de Rouen, on remplace l'*espart* par une *machine à tordre* dont voici une section verticale par le milieu du bassin (*fig.* 497). Elle se compose essentiellement de deux crochets en fer *a*, *a'*, placés au-dessus du bassin. L'un de ces crochets *a'*, est animé d'un mouvement de rotation qu'il reçoit d'une poulie *b* ; l'autre, *a*, a

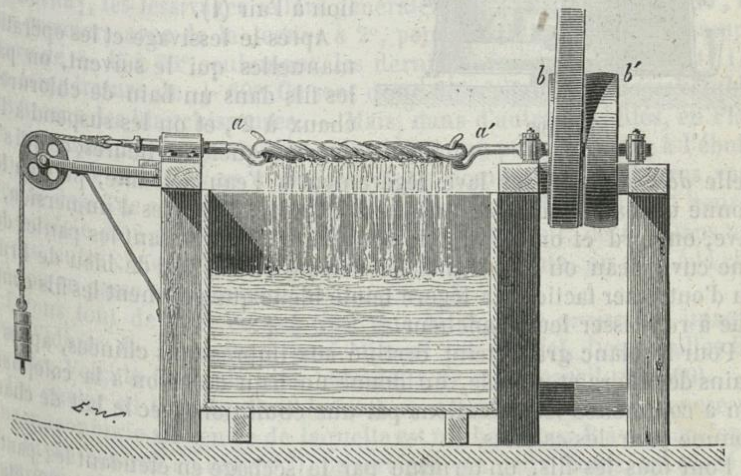


Fig. 497.

un mouvement de va-et-vient dans le sens horizontal, et il est garni d'un levier à pieds qui fait varier le degré de torsion et qui engrène la machine lorsque l'ouvrier appuie sur ce crochet au moment où il y pose la pante à tordre. Tous ces détails sont en avant de la machine et ne peuvent figurer ici. Quand le crochet tournant a tordu la pante avec assez de force, le levier est soulevé, et au même instant part un déclenchement qui

(1) Les teinturiers pour le petit teint ne donnent jamais de lessive alcaline après le *décreusage* à l'eau simple.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait passer la courroie de la poulie fixe sur la poulie folle *b'*. Un ouvrier, avec cette machine, exécute le travail de trois au minimum ; les pantes, soumises à une torsion progressive et régulière, ne retiennent jamais plus de liquide les unes que les autres, ce qui ne peut avoir lieu dans le tordage à la cheville ou à l'espart.

Dans beaucoup d'établissements, on remplace maintenant les appareils de torsion par l'*hydro-extracteur* ou le *diable* de Pentzoldt, dont je vous ai parlé à propos du sucre, mais dont la forme est généralement modifiée. La figure 498 représente le modèle anglais. Les fils sont renfermés dans cette machine au sortir du dégorgeage, et en 7 ou 8 minutes, en donnant aux tambours une vitesse de 1500 à 1800 révolutions par minute, la presque totalité de l'eau en est expulsée, si bien que les pantes ne conservent plus, quand on les retire du *diable*, qu'un peu de moiteur, qu'elles perdent bientôt par l'exposition à l'air (1).

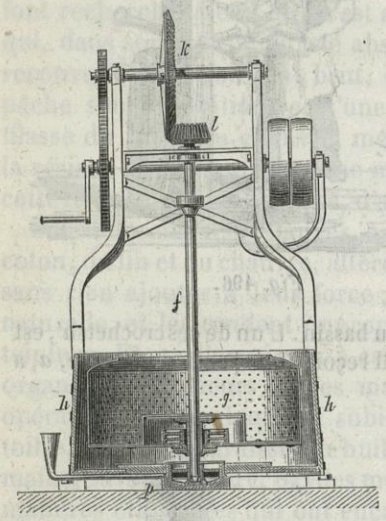


Fig. 498.

Après le lessivage et les opérations manuelles qui le suivent, on passe les fils dans un bain de chlorure de chaux à 2°, et on les suspend à l'air pendant quelques heures, ce qui s'appelle *déverdir* ; on les lave légèrement à l'eau courante, puis on leur donne un bain d'acide sulfurique à 4°. Après 3 heures d'immersion, on lave, on tord et on termine le blanchiment en passant les pantes dans une cuve d'eau où l'on a mis en suspension un peu de bleu de Prusse ou d'outremer factice. La légère teinte bleue que prennent les fils contribue à rehausser leur blancheur.

Pour le blanc grand teint destiné aux impressions chinées, après les bains de chlore et d'acide, on donne un bain de savon à la colophane. On a commencé les opérations par une ébullition avec le lait de chaux, comme pour les calicots.

Pour tous les fils, on termine par le séchage en étendant les pantes, pendant quelques heures sur les barres d'un *étendage* (*fig.* 499) établi dans une cour bien aérée et recevant le soleil, ou, si le temps est mauvais, installé sous un hangar. En hiver, on les place sur les perches d'un séchoir à air chaud.

2° Le blanchiment des fils de lin et de chanvre est plus long, parce

(1) Généralement les teinturiers *n'essorent* pas après un décreusage ou toute autre opération ; une simple torsion à la main suffit ; ils laissent reposer quelque temps et ne sèchent jamais entre deux opérations ; ce serait trop dispendieux et d'ailleurs nullement nécessaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'ils sont bien plus chargés de matières étrangères. On fait ordinairement les *macérations* dans des lessives qui ont déjà servi, mais qui sont peu colorées. L'immersion dure de 24 à 48 heures, suivant les localités

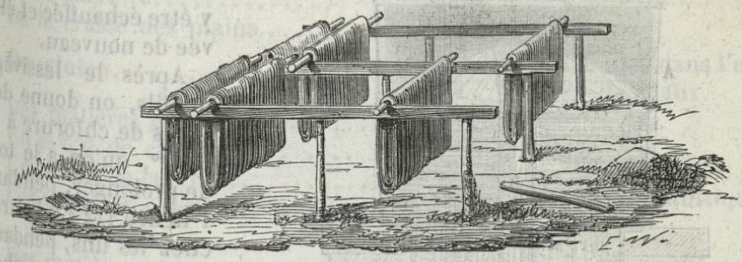


Fig. 499.

et aussi suivant la provenance des fils. Après un dégorgeage ou lavage à l'eau courante, on tord à la cheville, ou mieux, ce qui est plus expéditif et moins dangereux pour les fils, on soumet les pantes à une forte pression donnée, dans les grands établissements, par la presse hydraulique.

A Bernay, les lessivages se font généralement à la soude caustique, les deux premiers avec de la lessive à 2°, pendant 10 heures, à une température de + 45 à 55° seulement, les derniers avec de la lessive à 1° 1/2, à la température de + 60°. Ce sont donc de véritables *coulages* semblables à ceux des blanchisseuses. — Mais, dans d'autres localités, en Flandre, par exemple, les lessivages se font, comme pour le coton, à l'ébullition, et dans des *cuviers à projection*. Le nombre des lessivages varie avec le degré de coloration des fils, et chacun d'eux dure de 6 à 7 heures. On emploie de 8 à 9 kil. de sel de soude par 100 kil. de fil. Dans tous les cas, entre chaque lessive, on rince à l'eau courante, on tord à la cheville ou on passe à la presse.

Disons tout de suite ce que c'est que le *cuvier à projection*, imaginé par Widmer, de Jouy, mais perfectionné par Bardel, Descroizilles fils, Duvoir. Voici la forme la plus habituelle de cet appareil (*fig.* 500).

Un cuvier en bois A, dont le fond *cc* est percé de trous, repose sur une maçonnerie au centre de laquelle est un bouilleur B avec son foyer. Un tuyau central en cuivre D, ouvert par ses deux bouts, est placé au centre du système et met en communication le fond du bouilleur avec la partie supérieure du cuvier ; il sert à l'injection de la lessive dans ce dernier ; une plaque *e*, disposée un peu au-dessus de l'ouverture supérieure du tuyau D, force le jet de lessive à tomber en forme de nappe sur les toiles.

On dispose les pantes dans le cuvier avec régularité, après les avoir imprégnées de lessive faible. On recouvre la masse d'une toile grossière qu'on assujettit au moyen de barres de fer. On remplit le bouilleur de lessive aux deux tiers de sa contenance, et on chauffe assez pour porter à l'ébullition. La vapeur qui se forme acquiert peu à peu une force élastique assez grande pour presser sur la lessive et la forcer à s'élever par le tube D qui la déverse sur les fils, et comme la pression va croissant avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la température, son ascension se fait bientôt très-rapidement. La lessive redescend en s'infiltrant à travers les fils contenus dans le cuvier et s'écoule par les trous *c*, *c* dans le bouilleur pour y être échauffée et élevée de nouveau.

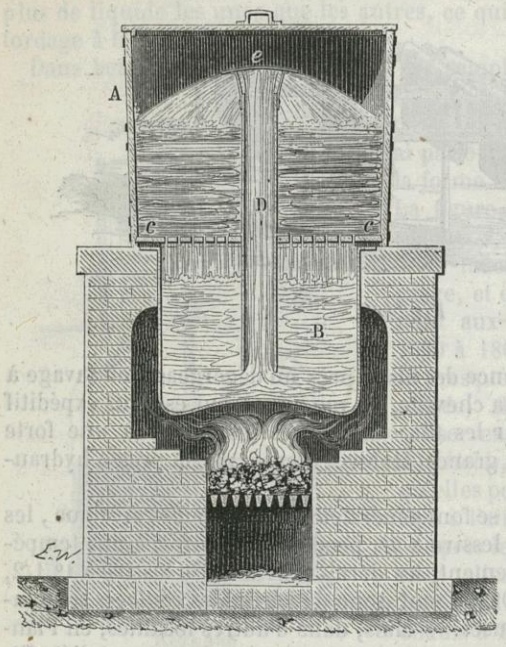


Fig. 500.

Après le lessivage des fils, on donne des bains de chlorure à 1° ou 2°, qu'on a le tort de prolonger, pendant 1 heure 1/2 à 2 heures chez les uns, pendant 10 à 12 heures chez les autres. Il faut, comme pour le coton, retirer les pantes du bain de chlorure peu de temps après leur immersion, les exposer sur des traverses au contact de l'air pendant quelques heures, les laver légèrement, et les passer enfin dans un bain acide. On les dégorge à eau courante, on les étend sur le pré pendant un temps plus ou moins long, et on termine la série des opérations par un bain d'acide sulfurique ou, comme on dit, par un *vitriolage* à 1°, en dégorgeant ensuite soigneusement.

Une chose essentielle pour avoir le fil bien rond, c'est de veiller à ce qu'il ne gèle jamais dans les ateliers durant la manutention, autrement le fil se feutre et devient étoupeux.

Quand les lins sont de bonne qualité et ont été bien rouis, il faut ordinairement pour obtenir le *blanc à fleur* : deux fortes lessives, dites *écruages*, deux lessives intermédiaires ou plus faibles, trois bains de chlorure, trois bains acides et un vitriolage.

A Bernay, pour les lins de Russie, qu'on a beaucoup plus de peine à blanchir que les autres, parce qu'ils ont été généralement mal rouis, on donne un vitriolage après chaque lessive, et on passe immédiatement après en chlorure, sans rinçage intermédiaire. On les expose aussi sur le pré, à la fin des opérations.

Le blanchiment des toiles de coton destinées à être vendues en blanc, et surtout des toiles de lin et de chanvre, nécessite un plus grand nombre d'opérations, car il y a ou il peut y avoir sur ces toiles toutes les substances suivantes, en supposant le cas le plus compliqué :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° De la colle forte ou gélatine, 2° De la potasse ou de la soude, 3° De l'amidon, de l'albumine, du sucre..... 4° De la crasse des mains.....	employés dans l'encollag. de la chaîne	solubles dans l'eau.
5° Du gluten.....		soluble dans l'eau de chaux.
6° Des matières grasses..... 7° Un savon de chaux..... 8° Un savon de cuivre..... 9° Les matières colorantes jaune et verte des fibres textiles.....		solubles dans la soude caustique.
10° Des matières résineuses ou gommo-résineuses.. 11° Du fer et des matières terreuses.....		solubles dans les acides.

L'expérience a démontré que les tissus de coton contiennent, terme moyen, 5 pour 100 de leur poids de substances susceptibles de se dissoudre dans les alcalis, et qu'ils perdent environ dans tout le blanchiment 28 pour 100 de leur poids. Les 21 parties inattaquables par les alcalis directement sont celles qu'enlèvent l'eau, le chlore et les acides. Les tissus de lin et de chanvre contiennent 18 pour 100 de matières solubles dans les alcalis, et ils perdent de 28 à 30 pour 100 de leur poids dans tout le cours du blanchiment.

Sans entrer dans tous les détails qu'elles comportent, je me bornerai à indiquer la série des opérations qu'on fait subir aux toiles. Pour éviter les répétitions, je dirai qu'après chaque opération on dégorge en eau pure. Un parfait rinçage, après une opération quelconque, contribue essentiellement à la réussite des manipulations successives.

Les *lavages* ou *dégorgeages* s'effectuent de deux façons : l'une, la plus naturelle, et aussi la plus anciennement en usage, consiste à faire cette opération à mains d'hommes dans une eau courante ; dans la deuxième, on substitue au travail toujours imparfait et plus borné des hommes, celui de machines, qu'on connaît sous les noms de *sautoir, plateau à battoir, machine à rouleaux, machine à laver, roue à laver* ou *dash-wheel, machine à tubes, wash-stocks, trinquet, machine à lanières*, etc. De toutes ces machines, les deux plus généralement employées sont le *dash-wheel* et le *clapeau cylindrique à lanières*. Je vais vous les faire connaître.

Le *dash-wheel* ou *roue à laver*, dont voici une coupe perpendiculaire à l'axe (*fig.* 501), est un tambour cylindrique en bois, mû sur son axe par une poulie à courroies. Ce tambour est divisé en quatre parties ou chambres par des planches percées de trous. L'eau s'introduit par un tuyau *a* qui communique avec un réservoir supérieur, de telle sorte que quand

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le cylindre est en rotation, elle pénètre successivement dans chaque chambre par les ouvertures *o*, *o*, pratiquées dans le moyeu de la roue, et sort par les ouvertures antérieures.

On introduit dans chaque chambre par les ouvertures *f*, *f*, deux pièces

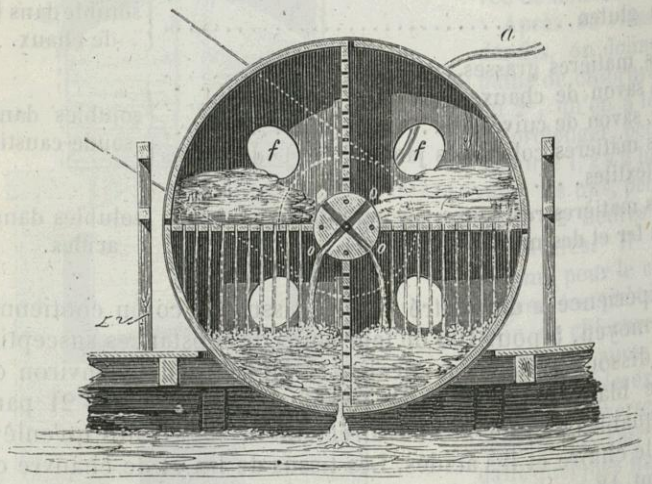


Fig. 501.

de toile, et l'on donne à la roue 20 à 24 tours par minute. Les étoffes, imbibées d'eau, s'élèvent et retombent alternativement, en vertu de leur propre poids, d'une cloison sur l'autre; une grande partie de l'eau qu'elles contiennent rejaillit par l'effet de cette chute, et s'écoule au dehors, tandis qu'elles en reçoivent continuellement de nouvelle. Après un quart d'heure de mouvement, le dégorgeage est terminé.

Le *dash-wheel* est préférable pour le dégorgeage des tissus légers à toutes les autres machines qui les éraillent toujours plus ou moins. Quand on a affaire à des étoffes façonnées délicates, on a même le soin d'enfermer ces tissus dans des sacs de grosse toile, avant de les mettre dans le *dash-wheel*.

Le *clapeau à lanières*, généralement adopté dans les usines de la Normandie (*fig.* 502), se compose de deux rouleaux en bois montés sur un bâti en fonte AAA. Le rouleau inférieur B, très-gros, est fixe; le supérieur C, d'un diamètre beaucoup plus faible, peut monter et descendre dans la rainure D, pratiquée dans l'épaisseur des jumelles du bâti. C'est entre ces deux cylindres que passent les pièces à dégorger. Un peu en avant du gros rouleau, quatre tringles fixées autour d'un axe F supportent des lanières E,E, en gutta-percha ou en cuir qui, lorsqu'elles tournent avec une vitesse de 800 à 1000 révolutions par minute, frappent sur les pièces au moment de leur passage sur le rouleau B. Le mouvement est communiqué par les deux pignons H et H', le premier fixé sur l'axe du gros rouleau, le second sur l'axe qui porte les tringles à lanières.

Le clapeau est placé sur un plancher PP au-dessus d'une eau cou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rante, ou d'un grand bassin rempli d'eau qui se renouvelle sans cesse. Une tournette G′ plongée à moitié dans l'eau, sert à tendre les pièces pour qu'elles passent au large dans le liquide qui doit les laver. Une

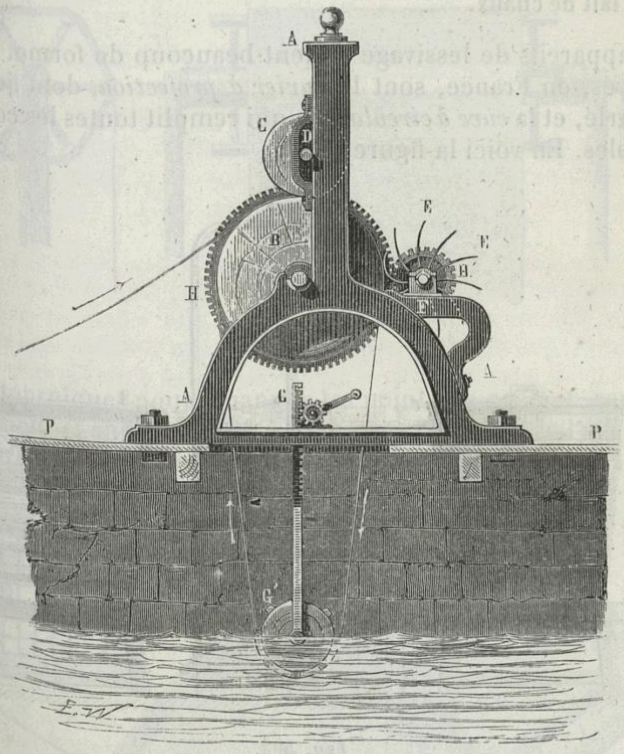


Fig. 502.

crémaillère G sert à monter et à descendre la tournette. — Les pièces à dégorger, toutes liées les unes à la suite des autres, forment une toile sans fin, qui repasse continuellement de l'eau sur les cylindres pour y être battue par les lanières. — Cette machine fait un fort bon travail et ménage beaucoup plus les toiles que les anciens clapeaux ou *sautoirs*.

Voici la série des opérations pour le *blanc d'impression*, à Rouen :

1° Débouillage à la chaux (3000 litres d'eau, 100 kil. de chaux vive) pendant 12 heures environ ;
2° Bain d'acide chlorhydrique à 1° 1/2 ;
3° Lessive carbonatée à 1° 1/2, pendant 14 à 18 heures ;
4° Lessive carbonatée avec addition de savon de résine ;
5° Bain de chlorure de chaux ;
6° Bain d'acide chlorhydrique ;
7° Dégorgeage parfait.

Le *blanc à fleur* est obtenu de la même manière, mais on soigne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mieux le chlorage qu'on double, ainsi que les bains acides. On termine par un passage en amidon avec bleu d'azur ou bleu d'outremer, et après le séchage, on cylindre ou on calandre.

Pour les tissus légers, les mousselines, etc., on supprime l'ébullition dans le lait de chaux.

Les appareils de lessivage varient beaucoup de forme. Les plus employés, en France, sont le *cuvier à projection*, dont je vous ai déjà parlé, et la *cuve à circulation*, qui remplit toutes les conditions désirables. En voici la figure (503).

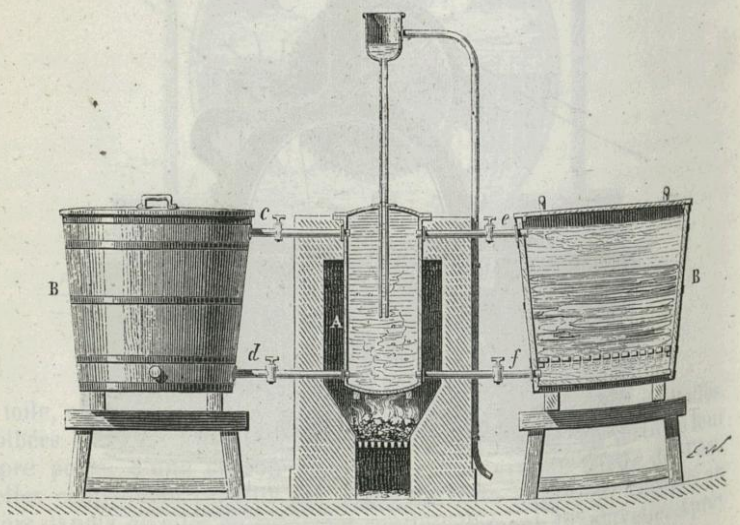


Fig. 503.

La chaudière en fonte A et le cuvier en bois B qui reçoit les toiles, sont au même niveau. La hauteur de leurs parois doit être égale, tandis que leurs diamètres peuvent être différents. Ces vases communiquent entre eux, supérieurement et inférieurement, par des tubes horizontaux *c*,*d*. Deux tuyaux, *e*, *f*, du côté opposé, s'adaptent à un autre cuvier semblable. Un trou de bonde est percé au bas du cuvier pour le vider.

Les toiles étant placées dans le cuvier, on ajoute la quantité de lessive nécessaire pour que la surface du liquide, étant de niveau dans les deux vases, vienne affleurer l'orifice du tube supérieur. On ferme hermétiquement le cuvier et la chaudière, et on fait le feu sous celle-ci. Le liquide, en se dilatant, s'élève par le tuyau supérieur *c*, se déverse sur les toiles, et une quantité correspondante de lessive retourne par le tuyau inférieur *d* dans la chaudière pour s'y réchauffer. Le mouvement continu du liquide produit, de la manière la plus favorable, l'action pour laquelle on en fait usage.

Les passages en chlorure de chaux s'effectuent le plus habituellement dans des cuviers garnis d'un *trinquet* ou *tourniquet* (*fig.* 504)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur lequel on enroule les toiles, et qui, par son mouvement, fait passer successivement toute la pièce dans le bain. Les toiles restent dans le liquide pendant 30 à 40 minutes, sont manœuvrées

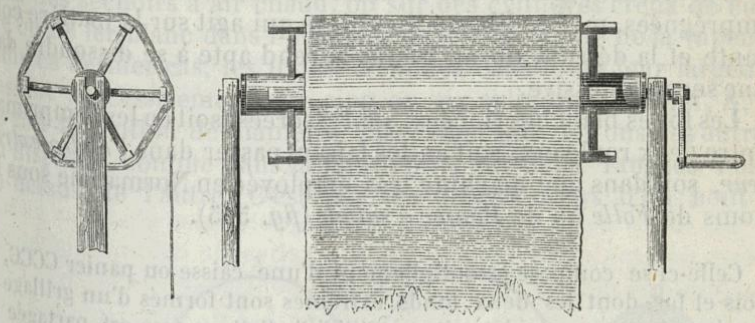


Fig. 504.

sur le tourniquet pour changer les points de contact, remises en immersion, et enfin laissées à *déverdir* au contact de l'air pendant plusieurs heures. On les dégorge légèrement, puis, après les

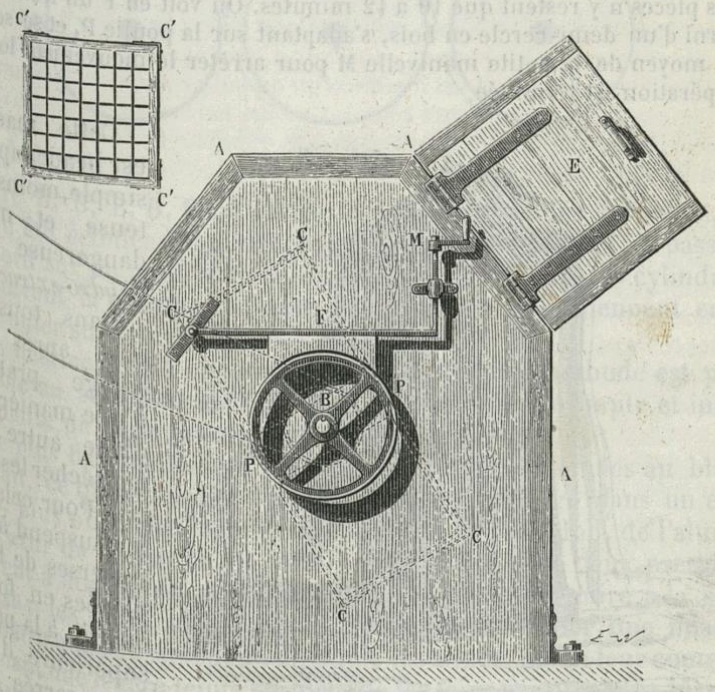


Fig. 505.

avoir replacées sur le tourniquet, on pose celui-ci au-dessus d'un cuvier contenant un bain acide faible, dans lequel on fait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plonger les toiles en les déroulant. Après une immersion convenable, on les retire en les enroulant sur le tourniquet, puis on les jette à l'eau et on les dégorge exactement.

L'acide, en agissant sur le chlorure dont les toiles sont encore imprégnées, met en liberté du chlore qui agit sur la matière colorante et la détruit, ou au moins la rend apte à se dissoudre dans une seconde lessive.

Les toiles blanches rincées, sont essorées, soit en les comprimant entre deux rouleaux, soit en les faisant passer dans l'*hydro-extracteur*, soit dans une machine très-employée en Normandie sous les noms de *Folle* ou de *Panier à salade* (*fig.* 505).

Celle-ci se compose essentiellement d'une caisse ou panier CCCC, en bois et fer, dont les deux fonds extrêmes sont formés d'un grillage en fer étamé, comme on le voit en C'C'C'C'. Cette caisse est partagée en deux compartiments dans lesquels on met un nombre égal de pièces. Elle est portée sur un axe B, et placée au centre d'une grande chambre en bois AAAA, munie d'une porte E servant à charger et à décharger la machine. Celle-ci marche, au moyen des poulies de commande, dont une folle et l'autre fixe, avec une vitesse de 500 à 800 tours à la minute. Les pièces n'y restent que 10 à 12 minutes. On voit en F un frein en fer garni d'un demi-cercle en bois, s'adaptant sur la poulie P, et se serrant au moyen de la petite manivelle M pour arrêter le mouvement lorsque l'opération est terminée.

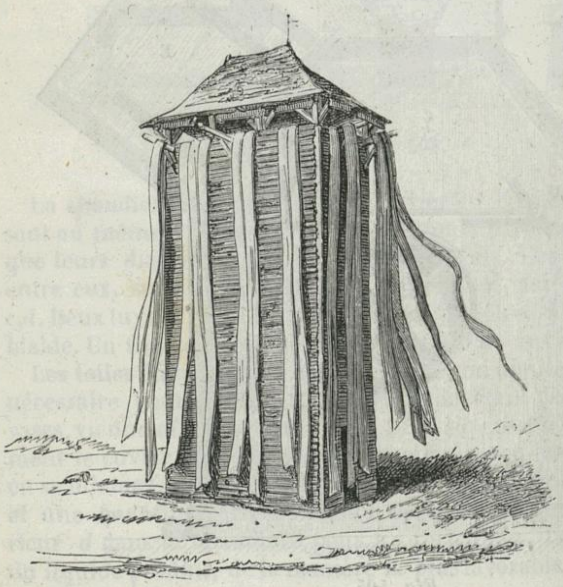


Fig. 506.

Cette machine est beaucoup plus simple, moins coûteuse et moins dangereuse que l'*hydro-extracteur*.

Dans tous les cas, après l'essorage pratiqué d'une manière ou d'une autre, on fait sécher les pièces. Pour cela, on les suspend à des traverses de bois, placées en forme de gril, à la partie supérieure d'une tour carrée (*fig.* 506) dont les parois, en bois, sont formées par des auvents à jour disposés comme les rangs des per-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

siennes de fenêtre. Les pièces pendent de toute leur longueur dans l'intérieur et même à l'extérieur de l'*étendoir*, exposé à tous les vents.

Dans les usines bien montées, la dessiccation des toiles s'opère dans des séchoirs à air chaud, ou sur des cylindres creux de cuivre ou de fer-blanc dans l'intérieur desquels circule de la vapeur. Dans ce dernier cas, les toiles, étendues dans toute leur largeur, passent successivement sur cinq ou six cylindres A, A, A, A, A de 25 à 45 centim. de diamètre, placés à la suite les uns des autres ou disposés, comme dans la figure 507, sur deux rangées l'une au-dessus de l'autre. C'est par les arbres creux d'un bout à

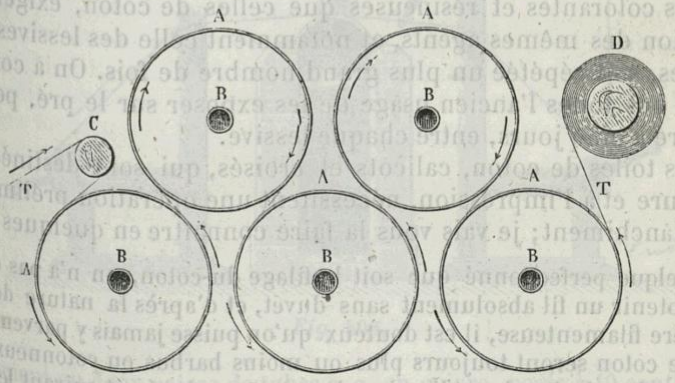


Fig. 507.

l'autre B, B, B, B, B qu'arrive la vapeur dans les cylindres, et qu'on fait écouler l'eau de condensation. Les toiles T, T passent d'abord sur un petit rouleau de tension C, puis sur les cylindres, en suivant la marche indiquée par les flèches, et viennent enfin s'enrouler sur le cylindre D.

La dessiccation à chaud par l'une ou l'autre méthode est préférable au séchoir à air libre, car elle est plus prompte et indépendante de toute influence atmosphérique.

Le plus habituellement on donne aux toiles amenées au blanc parfait, ce qu'on appelle l'*apprêt*. On les immerge dans un empois, plus ou moins léger, composé avec de l'amidon, de l'alun et de l'azur de cobalt ou de l'outremer factice. Les deux premiers servent à donner du corps ou de la fermeté, sans nuire à la souplesse; les deux autres ont pour but de masquer une nuance jaunâtre que conservent quelquefois les tissus, et, en leur communiquant une légère teinte de bleu, de les faire paraître plus blancs.

Au sortir du bain d'amidon, on exprime les pièces entre deux cylindres métalliques garnis de drap, afin d'agir le plus également et le plus fortement possible; on les sèche, on les asperge

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ensuite, on les roule pour leur donner une certaine moiteur, puis, après les avoir pliées, on les soumet à une pression assez énergique entre des planchettes de bois dur ou de cuivre.

La fécule, la dextrine blanche, les gommes arabique et adragante, le salep, la gélatine, le savon, le blanc de baleine, l'acide stéarique, etc., sont aussi employés pour les apprêts. On introduit quelquefois dans ceux-ci de la terre de pipe, de la terre à porcelaine, du plâtre fin et blanc, afin de boucher les vides de la toile et de faire illusion à l'acheteur sur sa finesse et sa qualité; mais au premier lavage la poudre interposée disparaît, et il ne reste qu'un tissu à mailles plus ou moins grossières.

Les toiles de lin et de chanvre, toujours plus chargées de matières colorantes et résineuses que celles de coton, exigent que l'action des mêmes agents, et notamment celle des lessives caustiques, soit répétée un plus grand nombre de fois. On a conservé pour ces toiles l'ancien usage de les exposer sur le pré, pendant quatre à cinq jours, entre chaque lessive.

Les toiles de coton, calicots et croisés, qui sont destinées à la teinture et à l'impression, nécessitent une opération préliminaire au blanchiment; je vais vous la faire connaître en quelques mots.

Quelque perfectionné que soit le filage du coton, on n'a pas encore pu obtenir un fil absolument sans duvet, et d'après la nature de cette matière filamenteuse, il est douteux qu'on puisse jamais y parvenir. Les fils de coton seront toujours plus ou moins barbus ou cotonneux, si je puis parler ainsi, suivant l'espèce de coton employée et suivant le degré d'habileté du filateur.

L'apprêt que les fils reçoivent pour être tissés ne remédie que momentanément à cet inconvénient. Les bouts de filaments non engagés dans le corps du fil ne sont que couchés et collés contre lui; ils se redressent aussitôt qu'on lave la toile, dont la surface devient cotonneuse.

Dans plusieurs circonstances, on en fait usage dans cet état; mais, la plupart du temps, on a besoin que le corps du tissu soit à découvert et parfaitement uni; cela est de rigueur dans les calicots qu'on destine à l'impression, et même dans les toiles de ménage pour linge de table, de corps, d'ameublement, etc.

C'est en grillant le duvet qui recouvre ainsi les fils du coton et masque leur éclat et leur finesse, au moins en partie, qu'on parvient à le détruire complétement et à donner aux toiles de coton l'aspect des toiles de lin. Cette sorte de torréfaction superficielle s'appelle *grillage* ou *flambage*, et, plus vulgairement, *roussi*.

On l'exécute en faisant passer rapidement les toiles (*fig.* 508) au-dessus d'une plaque de fonte *a*, chauffée au rouge, ou sur une flamme suffisamment chaude et non fuligineuse, comme celle de l'hydrogène bicarboné, de l'esprit-de-vin.

Le *grillage à la plaque* offre plusieurs inconvénients qui l'ont fait abandonner généralement. La première idée du grillage au moyen de la flamme du gaz appartient à Molard, ancien sous-directeur du Conserva-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toire des arts et métiers; mais il n'a été mis à exécution qu'en 1817, par Samuel Hall, mécanicien anglais. Son appareil (*fig.* 509) consiste essen-

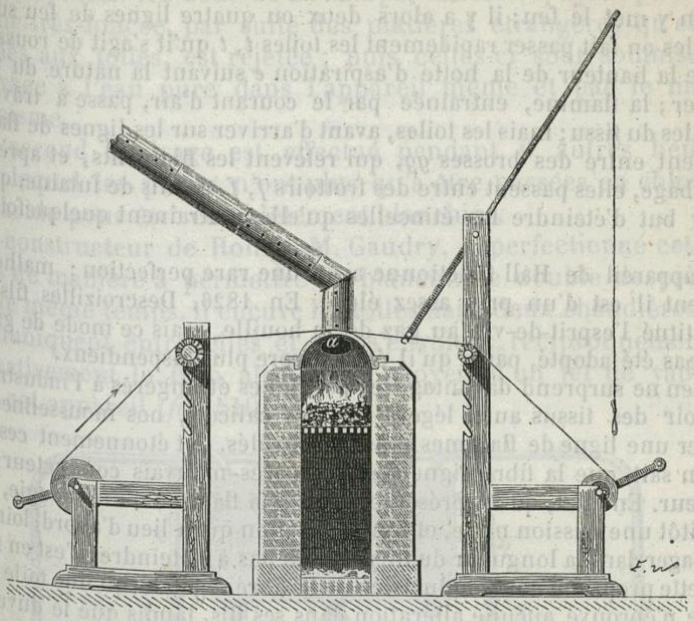


Fig. 508.

tiellement en deux paires de tubes *a*, *a*, en cuivre, posés à 40 centim. de distance l'un de l'autre; ces tubes, percés d'une multitude de petits trous

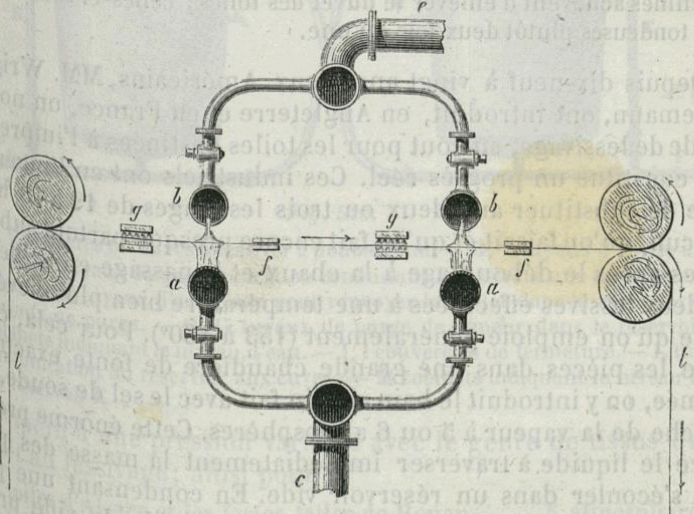


Fig. 509.

sur leur partie supérieure, sont placés horizontalement sous d'autres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tubes à larges ouvertures *b*,*b* munis d'un ventilateur; ils reçoivent le gaz d'un réservoir *c*. Le gaz s'échappe par les trous des tubes *a*, *a*, lorsqu'on y met le feu; il y a alors deux ou quatre lignes de feu sur lesquelles on fait passer rapidement les toiles *t*, *t* qu'il s'agit de roussir. On règle la hauteur de la hotte d'aspiration *e* suivant la nature du tissu à griller; la flamme, entraînée par le courant d'air, passe à travers les mailles du tissu; mais les toiles, avant d'arriver sur les lignes de flamme, glissent entre des brosses *gg*, qui relèvent les filaments, et après leur flambage, elles passent entre des frottoirs *f*, *f*, garnis de futaine, qui ont pour but d'éteindre les étincelles qu'elles entraînent quelquefois avec elles.

L'appareil de Hall fonctionne avec une rare perfection; malheureusement il est d'un prix assez élevé. En 1826, Descroizilles fils avait substitué l'esprit-de-vin au gaz de la houille, mais ce mode de grillage n'a pas été adopté, parce qu'il était encore plus dispendieux.

Rien ne surprend davantage les personnes étrangères à l'industrie que de voir des tissus aussi légers que nos calicots, nos mousselines, traverser une ligne de flammes sans être brûlés. Cet étonnement cesse dès qu'on sait que la fibre ligneuse est un très-mauvais conducteur de la chaleur. En effet, qu'on présente un fil à la flamme d'une bougie, il y a aussitôt une scission nette, et l'inflammation qui a lieu d'abord, loin de se propager dans la longueur du fil, ne tarde pas à s'éteindre. C'est en raison de cette propriété non conductrice de la fibre végétale, qu'une toile qu'on grille n'éprouve aucune altération dans ses fils, tandis que le duvet seul de sa surface est entièrement consumé par la flamme.

Depuis une vingtaine d'années, les fabricants d'indiennes soignent encore mieux le grillage, et de plus, ils font passer les pièces roussies sur des *tondeuses* peu différentes de celles qui servent à tondre les draps. Ces machines achèvent d'enlever le duvet des toiles; celles-ci sont soumises aux tondeuses plutôt deux fois qu'une.

Depuis dix-neuf à vingt ans, deux Américains, MM. Wright et Freemann, ont introduit, en Angleterre et en France, un nouveau mode de lessivage, surtout pour les toiles destinées à l'impression, qui constitue un progrès réel. Ces industriels ont eu l'ingénieuse idée de substituer aux deux ou trois lessivages de 12 à 18 heures chacun, qu'on faisait et qu'on fait encore presque partout subir aux toiles après le débouillage à la chaux et le passage en acide, une ou deux lessives effectuées à une température bien plus élevée que celle qu'on emploie généralement (153 à 160°). Pour cela, on encuve les pièces dans une grande chaudière de fonte exactement fermée, on y introduit le bain alcalin fait avec le sel de soude, et on y lâche de la vapeur à 5 ou 6 atmosphères. Cette énorme pression force le liquide à traverser immédiatement la masse des pièces et à s'écouler dans un réservoir vide. En condensant une partie de la vapeur par une introduction d'eau froide, le vide produit fait remonter le bain du réservoir dans la chaudière, d'où on le chasse de nouveau par une nouvelle injection de vapeur; cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

circulation est maintenue pendant 6 heures, à l'aide d'un simple jeu de robinets. Au bout de ce temps, la lessive, ayant pris une couleur très-foncée, par suite des matières étrangères qu'elle a enlevées aux toiles, est rejetée ; puis celles-ci sont soumises à un lavage à l'eau pure dans l'appareil même et par le même mécanisme.

Un second lessivage est effectué pendant 6 autres heures, après lequel les pièces n'ont plus qu'à être passées en chlorure et en acide pour être complétement blanchies.

Un constructeur de Rouen, M. Gaudry, a perfectionné cet appareil de manière à permettre de blanchir le double de pièces, dans le même temps. Il encuve les toiles dans deux chaudières qui communiquent entre elles et qui s'envoient réciproquement et alternativement le bain alcalin, au moyen d'un jet de vapeur. Voici cet appareil (*fig.* 510) :

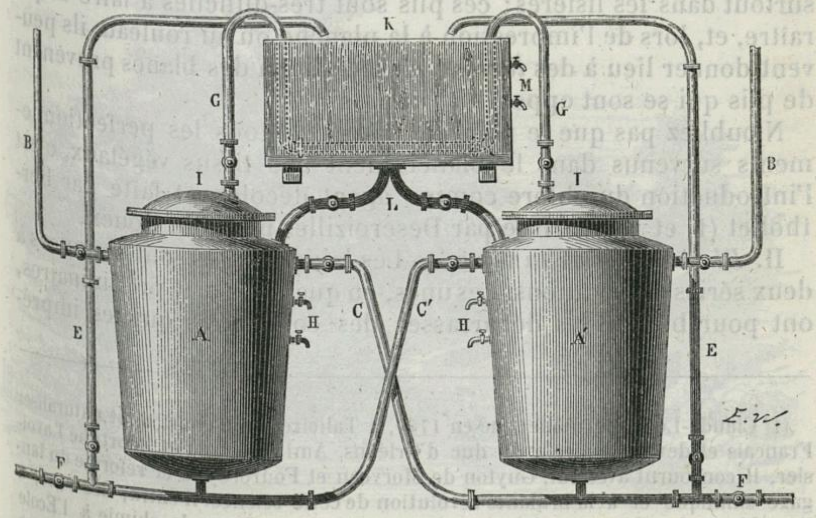


Fig. 510.

A, A' chaudières ou cuves à lessiver à double fond. — B, B tuyaux de prise de vapeur. — C, C' tuyaux de communication conduisant la lessive d'une chaudière dans l'autre. — E, E tuyaux d'ascension pour renvoyer la lessive dans le réservoir K. — F, F tuyaux de purge. — G, G tuyaux de purge de vapeur dans le réservoir. — H, H robinets indiquant le niveau d'eau. — I, I couvercles de fermeture. — L tuyaux de communication du réservoir aux cuves. — M robinets indiquant le niveau d'eau dans le réservoir K.

On opère à une pression variable avec le genre de tissus qu'on soumet au lessivage; ainsi pour :

Les toiles d'Alsace et les fortes toiles de Rouen....	5 atmosphères.
Les toiles légères de Rouen, jaconas, madapolams..	4 —
Les articles de Saint-Quentin.....	3 —
Les toiles et fils de lin.....	2 à 2 ½.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour un bon lessivage, il faut que la lessive passe 20 fois à travers le tissu.

Au moyen de cet appareil perfectionné, qui ne revient qu'à 12,000 fr., toutes les opérations du blanchiment sont terminées en 3 ou 4 jours, avec une perfection et une régularité qu'il est bien difficile d'atteindre par les procédés ordinaires.

Depuis qu'on a remplacé l'exposition sur le pré par des bains de chlorure, et qu'on ne sèche plus entre deux opérations, le blanchiment des toiles, dans les fabriques d'indiennes, est terminé en quelques jours, et souvent, dans les moments de presse, on complète toutes les opérations en 24 heures. Les toiles ainsi blanchies sont tout aussi bonnes que les autres pour l'impression, et tout aussi blanches. Le seul inconvénient qu'elles présentent, c'est que, n'étant jamais étendues, il s'y forme quelquefois des plis, surtout dans les lisières; ces plis sont très-difficiles à faire disparaître, et, lors de l'impression à la planche ou au rouleau, ils peuvent donner lieu à des *larrons*, c'est-à-dire à des blancs provenant de plis qui se sont opposés à l'impression.

N'oubliez pas que le point de départ de tous les perfectionnements survenus dans le blanchiment des tissus végétaux, c'est l'introduction du chlore comme agent décolorant faite par Berthollet (1) et régularisée par Descroizilles père, de Rouen.

II. *Blanchiment de la laine.* — Les laines brutes sont soumises à deux séries d'opérations. Les unes, en quelque sorte préliminaires, ont pour but de les débarrasser des corps gras qui les imprè-

(1) Claude-Louis Berthollet, né en 1749, à Talloire, en Savoie, se fit naturaliser Français et devint médecin du duc d'Orléans. Ami du grand et infortuné Lavoisier, il concourut avec lui, Guyton de Morveau et Fourcroy, à la réforme du langage chimique et à la brillante révolution de cette science. Il entra, dès 1780, à l'Académie des Sciences, fut chargé, en 1794, de professer la chimie à l'École normale, puis à l'École polytechnique, et nommé membre de l'Institut à l'époque de la création de ce corps savant. Sa probité le fit désigner pour recueillir les objets d'art conquis dans nos triomphes en Italie, et bientôt après il fit partie de la mémorable expédition d'Égypte. Napoléon l'aimait beaucoup et savait apprécier sa haute capacité. Il l'éleva au rang de Comte et de Sénateur. Outre un grand nombre de découvertes, on doit à Berthollet l'application du chlore dans le blanchiment, d'importants travaux sur la teinture, et notamment des *Éléments de l'art de la teinture*, qui ont érigé cet art en une science positive. Son autre ouvrage, l'*Essai de statique chimique*, dont il avait conçu les bases au milieu des sables brûlants de l'Égypte, suffirait seul pour rendre son nom impérissable. Dévoué à la science qu'il chérissait, il fonda, en 1807, à Arcueil, dans cette célèbre retraite de ses vieux jours, une Société composée de physiciens et de chimistes, ses élèves, qui se réunissaient tous les quinze jours pour répéter les expériences nouvelles, et qui publièrent trois volumes d'intéressants mémoires, sous le titre de *Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil*. Berthollet fut nommé pair de France en 1814. Il mourut le 6 novembre 1822, à l'âge de 73 ans.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gnent; les autres ont pour effet de les blanchir complétement.

Les deux opérations préliminaires auxquelles on les soumet sont le *lavage* ou *désuintage* et le *dégraissage*.

Le lavage se fait avant ou après la tonte. Le *lavage à dos* s'opère dans les fermes, au mois de juin, en plongeant les moutons chargés de leur toison dans l'eau d'une mare, d'un étang ou d'une rivière, où on les frotte avec soin jusqu'à ce que la laine paraisse blanche et dépouillée de suint. Les rayons du soleil ont bientôt séché les moutons, qu'on ne tond qu'après quelques jours, pour leur donner le temps de remplacer le suint perdu, si nécessaire à la conservation de la laine.

En Angleterre, où cette opération préliminaire se fait avec plus de soins qu'en France, on opère (*fig.* 511) dans des ruisseaux pro-



Fig. 511.

fonds de 65 à 80 centimètres, avec trois laveurs qui se repassent le même animal en sens contraire du courant. On lave ainsi de 40 à 60 moutons par heure, suivant la taille et la force des animaux.

Le lavage à dos ne réussit bien que sur les moutons indigènes, dont la laine peu serrée permet à l'eau de s'infiltrer dans la toison. Il a moins de succès sur les moutons mérinos, dont les toisons sont tellement tassées, que l'eau aurait de la peine à pénétrer; elles sécheraient d'ailleurs difficilement, ce qui incommoderait les animaux, surtout ceux qui sont sujets à la *cachexie*.

Les acquéreurs habiles rejettent, en général, tout lavage à dos, parce que rien n'est plus variable et plus trompeur que la laine lorsqu'elle a été lavée sur le corps de l'animal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le lavage après la tonte se fait à froid, mais plus généralement à chaud; c'est ce qu'on appelle particulièrement *désuintage*. Avant d'y procéder, on fait d'abord le triage des laines, en les assortissant par qualités, puis on étend chaque sorte sur des claies de bois, où on les bat avec des baguettes pour en faire sortir la poussière et les ordures; on ôte à la main les mèches feutrées, les pailles, le crottin, et au moyen d'une fourchette de fer à pointes courtes, écartées et recourbées, on éparpille et l'on ouvre tout le reste.

On place ensuite les laines dans des cuviers d'une capacité convenable, qu'on emplit d'eau chauffée à 45°, et on les y laisse tremper, sans les remuer, pendant 18 à 20 heures. Une partie de leur suint s'y dissout, et cette première eau devient le principal agent du dégraissage. C'est, en effet, dans cette eau, échauffée à 70° ou 75°, qu'on plonge la laine par petites portions et pendant quelques minutes, en la soulevant continuellement à l'aide d'un bâton lisse. On la retire du bain avec une petite fourche pour la placer dans des paniers suspendus au-dessus des chaudières, afin de perdre le moins possible du liquide saturé de suint. Lorsque la laine est bien égouttée, on la lave à l'eau courante, toujours dans des paniers, jusqu'à ce que l'eau qui en sort ne soit ni colorée ni trouble, puis on la met au pressoir pour accélérer sa dessiccation, qu'on achève sur des claies et à l'ombre.

Sept hommes et trois femmes lavent et rendent 750 kilogr. de laine par jour. Celle-ci perd, par les opérations précédentes, de 35 à 45 p. 100 de son poids primitif. On a calculé que le suint, provenant du lavage de toutes les laines récoltées en France, pourrait servir d'engrais à 150,000 hectares de terre.

Ainsi préparées, les laines n'étant point encore entièrement dépouillées de suint et d'ordures, les fabricants, avant de les mettre en œuvre, leur font subir l'opération du *dégraissage*. Voici comment on opérait jadis et comment opèrent encore certains fabricants d'Elbeuf, ville renommée, à juste titre, pour le travail du lainage.

On agit, à la température de + 50 à 55°, dans des chaudières d'environ 1000 litres, de façon à ce qu'un dégraisseur uniquement occupé à la chaudière, et 4 ouvriers laveurs à la rivière, puissent rendre par jour la quantité voulue pour 4 draps, c'est-à-dire environ 160 kil. de laine supposée sèche.

Le *bain de dégrais* varie suivant l'état sous lequel se trouve la laine que l'on a à traiter.

Les laines lavées à froid sont dégraissées avec de l'urine putréfiée et des cristaux de soude, par mises successives pouvant rendre chacu 10 kil. de laine blanche et sèche. Les mises restent chacune une demi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

heure dans la chaudière. La première est placée à part et rabattue plus tard dans la chaudière, autrement elle ne serait pas assez dégraissée, le bain n'agissant convenablement qu'après avoir pris une quantité suffisante de suint.

Pour la mise en train des opérations, on verse dans la chaudière contenant la quantité d'eau nécessaire, 70 à 80 litres d'urine et 20 kil. de cristaux de soude. — Quand on a dégraissé 4 mises, on ajoute 20 litres d'urine et 5 kil. de cristaux, et l'on répète ces additions de 4 mises en 4 mises pendant la durée du travail. — A la fin de la journée, on jette la moitié du bain, et le lendemain, avant le travail, on remplit la chaudière avec de l'eau, 35 litres d'urine et 10 kil. de cristaux. — Le bain se remonte de la même manière pour le travail du troisième jour, et il est jeté à la fin de cette troisième journée.

Les laines dégraissées sont ensuite lavées à grande eau dans des paniers de forme appropriée, pour les bien nettoyer.

Aujourd'hui, à Elbeuf, dans les bons établissements, le dégraissage est en progrès, et au lieu des deux opérations qu'on faisait jadis, *désuintage* et *dégraissage*, on n'en fait plus qu'une. Toutes les laines arrivent en suint des pays d'origine, à peu d'exceptions près.

Les différentes laines n'exigent pas la même chaleur au dégraissage. Les unes, très-huileuses, comme celles d'Allemagne et d'Espagne, demandent 75 à 80° pour saponifier leurs corps gras. Les suints de France demandent, en général, 70°, tandis que les laines lavées d'Australie, et certaines laines de Russie, ne réclament que 60 à 65°.

Pour tous les suints, on se sert actuellement de *sel de soude*, dont l'action caustique est tempérée par les matières émulsives de la laine. — Pour les laines lavées d'Allemagne, d'Australie et de Russie, on emploie de préférence les *cristaux de soude* dont l'alcalinité plus faible respecte davantage les fibres de la matière textile. — L'urine est toujours utilisée, mais en bien moins grande quantité qu'autrefois.

Ce n'est que lorsque la laine doit être teinte en bleu d'indigo, qu'on lui fait subir plusieurs dégraissages successifs, en laissant entre eux un mois d'intervalle, et en faisant sécher chaque fois la laine avant de la dégraisser de nouveau.

Tout ce que j'ai dit jusqu'à présent s'applique à la laine en flocons. Les étoffes de laine destinées à l'impression sont dégraissées au moyen de cristaux de soude associés ordinairement à du savon blanc, et à une température qui ne dépasse pas 65°. On passe les étoffes au large dans le bain, au moyen d'une machine dite *foulard*, que représente la figure 512 (p. 502).

On répète les bains alcalins, dont chacun est suivi d'un lavage à l'eau chaude, selon que les étoffes sont plus ou moins chargées de corps gras.

Le blanchiment de la laine, convenablement dégraissée, s'ef-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AA bâti en bois. — B caisse renfermant le bain alcalin. — C, C, C, C roulettes en bois reposant sur des coussinets de cuivre, au moyen desquelles

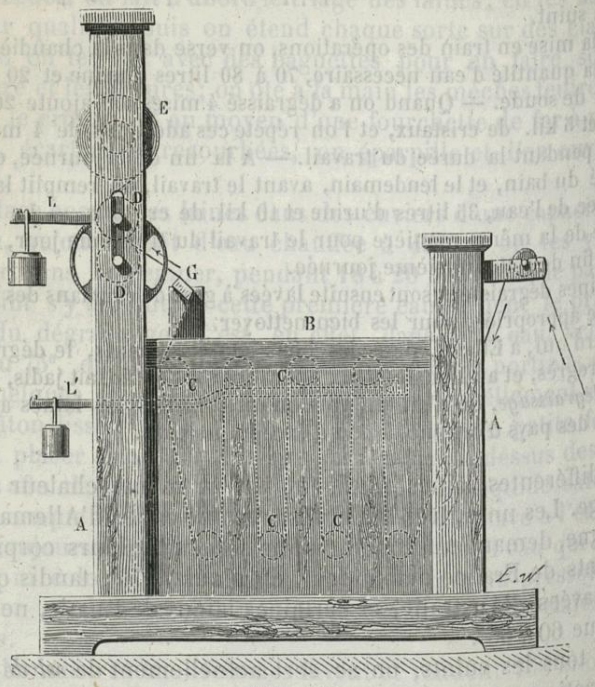


Fig. 512.

les pièces circulent dans le bain. — D, D rouleaux de cuivre, entourés de doubles de calicot, destinés à attirer et à presser les pièces au sortir du bain. Le rouleau supérieur peut être plus ou moins rapproché de l'inférieur au moyen du lévier L et de son contrepoids. — E rouleau mobile sur lequel les pièces s'enroulent. — L' levier en communication avec ce rouleau, et qui permet de tendre et de presser plus ou moins les pièces. — G règle munie de rainures divergentes pour tendre les pièces ou les mettre au large avant qu'elles arrivent entre les rouleaux D, D; on évite ainsi les plis.

fectue au moyen du *soufrage*, c'est-à-dire par l'action du gaz acide sulfureux (1). On opère de la manière suivante :

On choisit une chambre isolée et sans cheminée (*fig.* 513) AA, ayant dans le haut une trappe *b*, que l'on peut ouvrir et fermer à volonté, et dans le bas une porte *c* à hauteur d'homme, avec deux petites ouvertures

(1) L'opération du *soufrage* des laines était connue des anciens. Pline en parle en plusieurs endroits de son *Histoire naturelle* (lib. XXXV, §§ 50 et 57). Apulée, dans son livre de l'*Ane d'or*, raconte qu'à l'arrivée de son mari, la femme d'un blanchisseur ayant caché un galant sous une grande cage qui servait ordinairement au *soufrage*, les vapeurs sulfureuses provoquèrent bientôt la toux du malheureux, dont la présence fut ainsi révélée au mari.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les angles *d*, *d*, destinées à recevoir les terrines à soufre. Des perches *e*, *e*, *e*, *e* sont établies transversalement dans l'intérieur à environ 3 mètres de hauteur; c'est sur elles qu'on dispose les laines humectées. Pour éviter que de la fleur de soufre volatilisée ne se dépose sur celles-ci, pendant l'opération, on enveloppe les pantes ou les pièces d'une grande toile de coton humide. Après avoir garni l'intérieur de la chambre, on en ferme la trappe et la porte dont on lute les jointures avec de la terre glaise, puis on pousse dans chaque ouverture *d*, une terrine contenant du soufre enflammé, et on clôt ces ouvertures. Pour 100 kil. de laine, on emploie à peu près 2 kil. de soufre. Ce corps se convertit en gaz sulfureux au moyen de l'oxygène de l'air, et cet acide, condensé par l'eau qui mouille la laine, réagit sur la matière colorante et la fait disparaître.

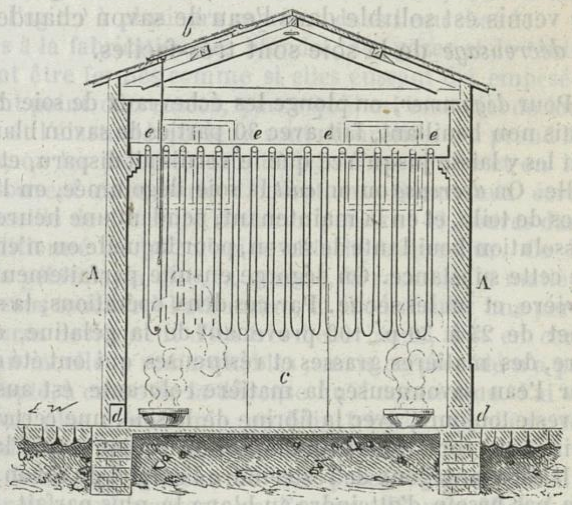


Fig. 513.

Au bout de 12 à 24 heures, suivant les cas, on ouvre toutes les ouvertures pour que l'air extérieur rentre dans la chambre, chasse l'excès de gaz sulfureux et sèche la laine. Dans l'hiver, aussitôt que l'odeur suffocante est dissipée, on referme la porte et la trappe, et l'on fait sécher la laine à l'aide de réchauds chargés de braise allumée.

Habituellement, après le soufrage, on soumet la laine à un dégraissage à l'eau chaude, puis on la passe dans un léger bain de savon pour lui donner plus de moelleux; on l'azure ensuite avec du carmin ou de l'acétate d'indigo, seul ou mélangé d'alumine.

La laine blanchie au moyen du gaz sulfureux ne tarde pas à jaunir au contact de l'air; c'est là un grave inconvénient qu'un de mes élèves, M. Pion, chimiste-teinturier à Elbeuf, a su éviter, en remplaçant le soufrage ordinaire par une immersion plus ou moins prolongée de la laine dans une dissolution de sulfite de soude additionnée d'acide chlorhydrique. Le sel est mis en gros cristaux dans le bain, de manière que sa dissolution dans l'eau et sa décomposition par l'acide chlorhydrique ne s'opérant que peu à peu, la laine reste plus longtemps en contact avec l'acide sulfureux mis en liberté; son blanchiment est ainsi plus complet. Les laines les plus jaunes et les plus communes deviennent d'un blanc magnifique et persistant par ce moyen; c'est avec elles qu'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

confectionne ces draps de fantaisie dans lesquels il y a un mélange de parties blanches et de parties colorées d'un très-bel effet.

La laine blanchie après avoir été filée est toujou rsd'un plus beau blanc que celle qui est soumise aux opérations précédentes pendant qu'elle est encore en toison.

III. *Blanchiment de la soie.* — Pour pouvoir s'unir intimement aux principes colorants, la soie a besoin d'être dépouillée de l'enduit naturel ou *vernis*, coloré ou incolore, qui la recouvre. Comme ce vernis est soluble dans l'eau de savon chaude, le *dégommage* et le *décreusage* de la soie sont très-faciles.

Pour *dégommer*, on plonge les écheveaux de soie dans un bain chaud, mais non bouillant, fait avec 30 parties de savon blanc pour 100 de soie. On les y laisse jusqu'à ce que le vernis ait disparu, et on les tord à la cheville. On *décreuse* ou on *cuit* la soie dégommée, en l'enfermant dans des sacs de toile, et en la maintenant, pendant une heure et demie, dans une dissolution bouillante de savon, pour laquelle on n'emploie que 20 p. 100 de cette substance. On dégorge ensuite parfaitement les écheveaux à la rivière, et on les sèche. Par ces deux opérations, la soie éprouve un déchet de 25 à 30 p. 100 provenant de la gélatine, de l'albumine, de la cire, des matières grasses et résineuses qui ont été enlevées et dissoutes par l'eau savonneuse; la matière colorante est aussi entraînée : mais il reste toujours, avec la fibrine de la soie, une certaine quantité d'albumine, qui contribue à lui donner du brillant et de la consistance.

Il est avantageux de restreindre l'emploi du savon, toutes les fois qu'on n'a pas besoin d'atteindre au blanc le plus parfait, attendu qu'à la chaleur de l'ébullition dans des bains trop forts, la soie perd les qualités qu'elle y avait acquises; elle y devient terne, raide et cassante. Ainsi, pour toutes les soies destinées à la teinture, on doit mettre une quantité de savon d'autant plus petite que les couleurs sont plus foncées et moins délicates. Pour le plus grand nombre de couleurs, il suffit de faire cuire la soie quelques heures dans une dissolution où il entre 20 p. 100 de savon sur 100 de soie. La cuite se fait avec 30 de savon pour 100 de soie, quand on veut teindre en bleu, en gris de fer, en ponceau, cerise et autres couleurs délicates, qui sont d'autant plus belles que le fond qui les reçoit est plus blanc. On cuit aussi, pendant quelques heures, afin de suppléer au *dégommage* que l'on peut se dispenser de faire en particulier.

Pour obtenir les soies dans un grand état de blancheur, on leur donne un léger bain de savon, après le dégommage et la cuite. Mais pour rendre le blanc plus agréable, on ajoute au bain savonneux un peu de rocou, quand on veut avoir ce qu'on appelle le *blanc de Chine*, ou un peu de carmin d'indigo, seul ou additionné d'orseille ou de cochenille ammoniacale, pour les blancs azurés, dits *blanc des Indes*, *blanc de pâte*, *blanc d'argent* et *blanc azuré*.

A Lyon, on pratique le blanchiment d'une manière un peu différente. Après le dégommage et la cuite, on lave les soies, on les expose à la vapeur de soufre en combustion, et on termine en les passant à l'azur dans de l'eau de rivière ou de source très-claire. On pratique, d'ailleurs, le soufrage comme pour la laine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette opération procure non-seulement une grande blancheur à la soie, mais elle lui donne du *cri* ou du *maniement*, c'est-à-dire une espèce de trémoussement élastique, qui se fait sentir lorsqu'on la presse entre les doigts. On ne soufre pas la soie qui est destinée à faire de la *moire*, parce qu'elle résisterait trop aux impressions de la calandre, sous laquelle on la fait passer pour la moirer. Il en est de même pour celle qu'on destine à la bonneterie, parce qu'elle oxyderait le fer et l'acier des métiers sur lesquels on la travaille.

La soie soufrée prend mal la teinture; mais il suffit pour faire disparaître cet inconvénient, de la désoufrer avant de la teindre, c'est-à-dire de la tremper et de l'agiter à plusieurs reprises dans l'eau chaude.

Les soies destinées à la fabrication des blondes, des gazes et de toutes les étoffes qui doivent être fermes comme si elles eussent été empesées ou gommées, ne sont point décreusées, parce qu'il est essentiel de leur conserver la raideur et l'élasticité qui leur sont naturelles. On prend les écrus les plus blancs, on les passe en eau tiède, on les soufre et on les azure. On réitère souvent cette série d'opérations. Quant aux écrus jaunes, Baumé a conseillé de les faire macérer pendant 48 heures dans de l'alcool à 36°, additionné de 1/32 d'acide chlorhydrique pur. Ce liquide dissout toute la gélatine, la cire, la graisse, la résine et la matière colorante de la soie, sans toucher à l'albumine, et il en résulte une perte d'environ 1/8e. Les écrus deviennent d'un très-beau blanc, tout en conservant un éclat et un moelleux remarquables; mais ce procédé n'a pas été généralement adopté, à cause de la dépense qu'il occasionne. J'ai vu employer à Lyon, avec plus d'économie, un bain très-étendu d'eau régale (4 pp. d'acide chlorhydrique, 1 p. d'acide azotique).

En Chine, on ne fait usage d'aucun de nos procédés pour obtenir ces belles soies blanches qui arrivent en Europe. D'après Michel de Grubbens, qui a résidé longtemps à Canton, on décreuse la soie dans un bain composé de 25 pp. d'eau de source, 6 pp. de farine de blé, 5 pp. de sel marin et 5 p. d'une espèce particulière de fèves blanches lavées.

Les étoffes de soie qui doivent être teintes ou imprimées sont, quand on les prend écrues, dégommées et décreusées à peu près de même que les fils. On met dans le bain de dégommage 250 gr. de savon par kilogr. de tissu sec; on fait bouillir pendant 2 à 3 heures. Les pièces sont renfermées dans un sac. — Après le dégorgeage, on les décreuse dans un bain semblable. On les passe ensuite, pendant 10 à 15 minutes, dans une eau contenant 15 gram. de cristaux de soude par pièce. On les dégorge et on leur donne un vitriolage dans une eau qui marque à peine à l'aréomètre. On lave à l'eau chaude, on bat et l'on rince à l'eau courante.

Quand les étoffes de soie ont été en partie blanchies avant le tissage, les opérations sont plus simples. On trempe en eau courante, on fait bouillir pendant une heure dans un bain fait avec 60 gram. de savon et 500 gram. de son par pièce de 8 à 10 mètres, on dégorge en eau chaude à + 50°, on lave à l'eau froide et on bat au dash-wheel.

Pour les impressions en couleur tendre, on donne toujours aux étoffes de soie un léger soufrage.

Dans la prochaine séance, je vous parlerai du papier, autre application non moins intéressante des matières textiles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CINQUANTE-QUATRIÈME LEÇON.

DES MATIÈRES TEXTILES ET FILAMENTEUSES. (SUITE.)

MATIÈRES TINCTORIALES.

SOMMAIRE. — Du *papier* et de sa fabrication. — Papiers divers du commerce; papiers colorés et peints. — Carton, cartes à jouer, carton-pierre, carton à couvertures. — Des MATIÈRES TINCTORIALES. — Matières rouges : *garance* et produits qui en dérivent. — Essais des garances et des garancines.

Fabrication du papier.

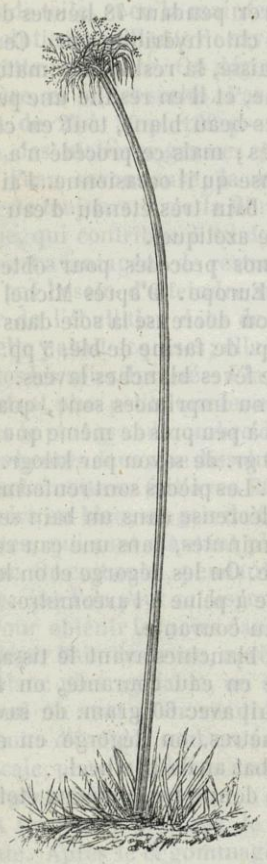


Fig. 514.

C'est avec des chiffons de coton et de lin, le linge usé, les lambeaux de nos vieux vêtements, qu'on fabrique cette substance précieuse, sans laquelle, bien certainement, la découverte de l'art de l'imprimerie n'eût pas eu l'influence qu'elle a exercée sur nos sociétés modernes.

Dans l'origine, c'étaient des feuilles d'arbres, des tablettes de cire, d'ivoire ou de plomb, qui recevaient les caractères de l'écriture. Les Babyloniens avaient écrit leurs premières observations astronomiques sur des briques. Les livres sacrés des Hébreux étaient, suivant l'historien Flavius Josèphe, gravés sur de l'or. Ce sont les Égyptiens qui ont imaginé le papier. C'est avec la moelle filandreuse contenue dans les tiges d'une plante aquatique de la famille des roseaux (*fig.* 514), qui croît en abondance sur les bords du Nil, qu'ils firent des feuilles capables de recevoir l'écriture. Cette plante, nommée *papyrus*, donna son nom au papier. On a des fragments de papyrus de la date de l'an 1822 avant l'ère chrétienne, d'où il suit que l'usage de l'écriture était très-commun en Égypte, lorsque les Grecs commencèrent à avoir des relations avec ce pays. Tout porte à croire que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'art de l'écriture sur papyrus fut introduit en Grèce dès le xe siècle avant Jésus-Christ. Peu de temps après la conquête de l'Égypte par les Romains, le papier égyptien fut presque exclusivement en usage en Italie, et devint un objet de première nécessité. Son emploi subsista jusqu'au VIIIe siècle, époque à laquelle l'Égypte, envahie par les Arabes, cessa tout à fait de fabriquer cette matière.

C'est alors que parut le papier de coton, dont on attribue l'invention aux Chinois. Il est à peu près certain que c'est vers le IXe siècle qu'on commença à employer cette sorte de papier dans l'Orient, où il fut introduit par les Arabes, qui avaient appris des Chinois, à Samarcande, l'art de le fabriquer. Deux ou trois siècles après, les Maures d'Espagne, établis à Valence, imaginèrent de remplacer le coton par le chanvre et le lin; les premiers essais furent si heureux, qu'en peu d'années l'usage du papier de coton fut abandonné dans tout l'Occident. Mais, depuis une vingtaine d'années, la rareté toujours croissante des chiffons de lin a fait revenir à l'emploi du coton pour cette fabrication (1).

Le meilleur papier a pour matière première le lin et le chanvre. Le coton donne un papier mou et sans corps; cependant, en introduisant 2 à 3 dixièmes de chiffons de lin ou de chanvre dans la pâte de coton, on peut obtenir de très-bon papier. Le coton lui donne plus de blancheur, et le rend surtout plus propre à recevoir les empreintes de la gravure.

Voici comment on procède dans les papeteries modernes :

Les chiffons, d'abord triés et assortis suivant leurs degrés de finesse, de blancheur et d'usure, sont soumis à une agitation violente dans une espèce de blutoir, de *loup* ou de *diable*, dont la disposition, bien que variable, a pour but d'ouvrir les chiffons et d'en faire échapper le plus possible les matières poudreuses dont ils sont chargés. Le déchet qu'ils éprouvent ainsi est de 2 à 5 p. 100. On leur fait subir alors un lessivage de 3 à 6 heures, en employant, terme moyen, 2 p. 100 de sel de soude à 70°, et après la coction, on les rince dans une caisse à grilles métalliques.

(1) Les chiffons qui sont, pour le vulgaire, une matière sans valeur, sont cependant, chez les peuples civilisés, l'objet de transactions considérables. Ils sont tellement précieux et si difficiles à remplacer pour la fabrication du papier, que la France, la Belgique, la Hollande, l'Espagne, le Portugal et quelques autres pays, en ont prohibé l'exportation d'une manière absolue. La France consomme environ 80 millions de kilogr. de chiffons de toute sorte, valant de 18 à 50 fr., les 100 kil., suivant les qualités. Les États-Unis en importent annuellement chez eux plus de 210 millions de kilogr. Les importations annuelles de l'Angleterre dépassent 10,000 tonneaux. C'est surtout la Toscane qui livre au commerce européen les plus grandes quantités de chiffons (12 millions de kilogr.), et c'est Livourne qui en est le principal entrepôt.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'opération qui succède, connue sous le nom de *défilage* ou *d'effilochage*, est destinée à changer la forme de la matière première, à détruire la tissure, à isoler les fibres textiles pour les nettoyer complétement, puis à les mêler de manière à en faire un tout homogène. On jette pour cela les chiffons blanchis dans une machine dite *moulin à cylindre*, *pile* ou *défileuse*, qui a été inventée par les Hollandais dès le milieu du XVIIIe siècle ; elle les déchire et les divise avec beaucoup de facilité, de diligence et d'économie (*fig.* 515).

C'est une caisse en bois ou en métal AA, dans laquelle se trouve un cylindre B dont la circonférence est garnie de lames métalliques qui se rencontrent, pendant la rotation, avec d'autres lames semblables adaptées au fond de la caisse C. Le cylindre étant mis en mouvement, avec une vitesse de 120 tours par minute, on jette une certaine quantité de

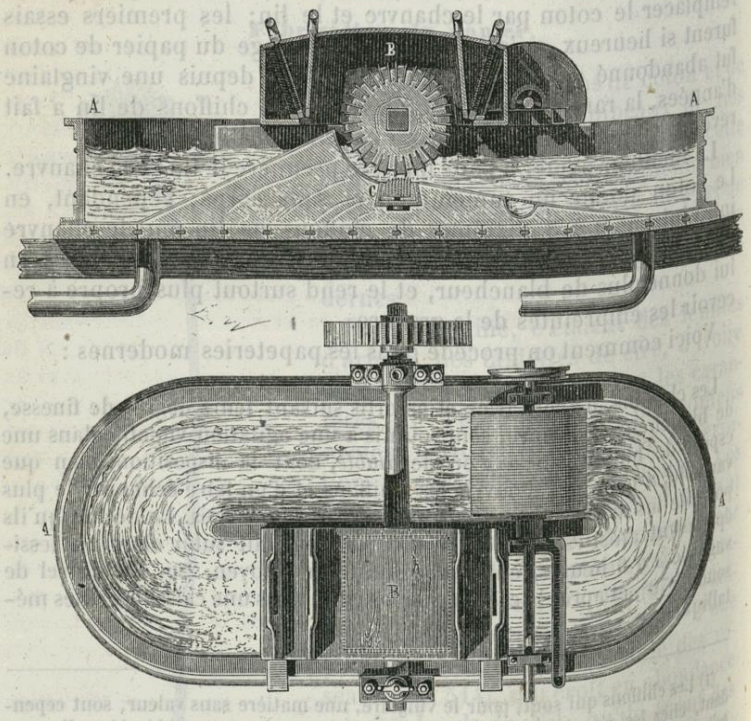


Fig. 515.

chiffons dans la caisse, où ils sont entraînés avec une grande rapidité par les lames du cylindre, qui les déchirent et les déposent, sous forme de pâte grossière, sur un plan incliné à jour où celle-ci s'égoutte. Pendant cet effilochage, de l'eau est sans cesse introduite dans la caisse pour laver en même temps les chiffons.

Afin d'avoir ceux-ci plus fins et plus homogènes, on les fait passer,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à trois reprises différentes, dans de nouvelles piles, dites *raffineuses*, dont les cylindres à lames plus nombreuses sont rapprochés davantage du fond de la caisse. Dans cet état, la pâte est bien lavée, mais elle conserve encore une couleur qui dépend de celle qu'avaient les chiffons.

On la blanchit en la plaçant dans un réservoir hermétiquement fermé où l'on fait arriver du chlore gazeux, qui reste en contact avec elle pendant 18 à 24 heures environ; ou bien on la verse dans une pile en travail à la fin de l'effilochage ou au commencement du raffinage, ou dans un autre genre de pile nommée *élaveuse*, en introduisant ensuite dans l'eau de la pile une dissolution de chlorure de chaux, faite dans les proportions de 1 kil, 600 à 2 kil. de chlorure sec pour 100 kil. de pâte. Seulement, dans ce cas, pour accélérer l'effet du chlore, on fait intervenir l'acide sulfurique, dans la proportion de 800 à 1 600 grammes, qu'on répartit également dans tout le circuit de la pile.

La pâte étant bien décolorée, on la fait repasser plusieurs fois sous les cylindres de la raffineuse, tant pour la bien laver que pour achever sa trituration et sa division (1). Elle est alors prête à être transformée en papier. Deux procédés sont employés pour y parvenir : l'un *à la main*, l'autre plus récent, *à la mécanique*.

Dans le premier cas, la pâte est réduite en une bouillie claire et homogène dans une grande cuve, où un ouvrier plonge un châssis métallique, ou *forme*, fait de fils de laiton étendus horizontalement sur un cadre en bois et liés ensemble, de distance en distance, par d'autres fils qui les traversent verticalement et qui sont fixés sur les deux autres côtés du cadre. La pâte s'applique en une couche plus ou moins uniforme sur le fond du châssis; l'ouvrier, en soulevant celui-ci, l'agite doucement et régulièrement de manière à lui imprimer un mouvement de *va-et-vient*, afin d'égaliser la couche de pâte. En retirant le châssis et le laissant égoutter, la pâte prend une certaine consistance et forme une feuille que l'on presse entre des draps de laine qui la dessèchent plus complétement. Les feuilles ainsi obtenues sont superposées et pressées de nouveau puis séchées sur des cordes dans un grenier.

On distingue deux sortes de papier à la cuve : le *vergé* et le *vélin*. Le premier présente, au transparent, des lignes verticales que l'on nomme *pontuseaux*, et une grande quantité de petites lignes horizontales extrême-

(1) Comme il est très-difficile de dépouiller totalement la pâte des dernières traces d'acide et de chlore, qui, plus tard, occasionnent la destruction du papier et par suite des livres, on a adopté l'usage, dans les papeteries allemandes surtout, d'un sel désigné sous le nom d'*antichlore*, et qui n'est autre chose que du sulfite de soude. On en ajoute une légère proportion à la pâte, trois quarts d'heure avant qu'elle ne sorte de la caisse à cylindre. Cela suffit pour neutraliser les deux agents nuisibles; en effet, il se produit du chlorure de sodium et du sulfate de soude qui n'ont pas d'action fâcheuse et qui, d'ailleurs, sont aisément entraînés par les derniers lavages. — En France, on a généralement renoncé aux *antichlores*, parce qu'ils mettent en présence de la pâte un acide naissant dont l'effet est peut-être encore plus désastreux que celui du chlore. On se borne à des lavages prolongés de la pâte, malgré la dépense et le déchet qui en résultent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment serrées que l'on nomme *vergeures*. Les unes et les autres sont dues aux fils de laiton qui constituent le fond des châssis. La marque du format ou du fabricant est figurée par d'autres fils de cuivre qu'on pose sur les précédents et auxquels on donne le nom de *filigrane*. — Le *vélin* est fait à l'aide d'un châssis couvert d'une toile métallique dont les fils sont assez fins et assez serrés pour ne laisser aucune trace sensible dans l'épaisseur de la feuille. Ce procédé était connu en Angleterre depuis 1757; c'est Joseph Montgolfier qui l'introduisit en France.

Le papier destiné à l'écriture est *collé* après sa dessiccation. Pour cela, on plonge les feuilles dans une dissolution faible et tiède de colle d'amidon, d'un savon résineux et d'alun ou de sulfate d'alumine. Cela introduit dans le papier un savon d'alumine très-divisé qui le rend imperméable aux liquides et l'empêche ainsi de *boire* l'encre. Les feuilles humides sont pressées et séchées de nouveau, puis soumises à l'action de presses sèches pour donner de la fermeté au papier, et communiquer à sa surface toute la douceur et le poli qu'on peut désirer. Enfin, on assemble les feuilles en *mains* de 24 ou 25 feuilles, et ensuite en *rames* de 20 mains.

En 1799, un ouvrier d'une papeterie d'Essonne, Louis Robert, inventa une machine à fabriquer le papier en grandes dimensions et par mouvement continu. Cette machine, portée en Angleterre par Léger-Didot, qui en avait acheté la propriété pour fort peu de chose, y reçut de grandes améliorations et fut bientôt introduite dans les papeteries anglaises. C'est de là qu'elle nous est revenue en 1815 (1). Je me bornerai à vous dire que la pâte tombe sans cesse, en bouillie laiteuse, sur une toile métallique sans fin qui l'entraîne avec elle et qui est animée d'un mouvement transversal de *va-et-vient* pour l'étendre uniformément et la faire égoutter. La feuille, ayant déjà une certaine consistance, passe entre deux cylindres garnis de feutre qui lui enlèvent une grande partie de son eau, et, après avoir subi la pression de deux autres cylindres, elle s'enroule successivement sur deux nouveaux cylindres chauds et polis qui la dessèchent et font disparaître les inégalités de sa surface. Deux minutes suffisent pour rendre le papier parfait, à partir du moment où la pâte s'écoule sur la toile métallique, et celle-ci marche avec une vitesse qui fournit environ 25 mètres carrés de papier par minute, ou une longueur de 1 200 mètres en 12 heures, sur une largeur de 1 mètre 1/2, dimension ordinaire de la machine. L'immense rouleau de papier ainsi obtenu est découpé en feuilles de longueur convenable, au moyen d'une autre machine inventée par un ingénieur anglais, Édouard Cowper.

Vous comprenez facilement que, pour le papier mécanique destiné à l'écriture, le *collage* se fait dans la pâte même; voilà pourquoi le grattage sur cette sorte de papier n'en fait pas disparaître l'imperméabilité,

(1) Louis Robert qui, par son invention, a révolutionné l'art de la fabrication du papier, en substituant aux opérations à la main, toujours coûteuses et lentes, les appareils mécaniques, est mort dans l'indigence et a laissé une fille, maintenant âgée de 65 ans, qui languit à Dreux dans la dernière misère. *L'Émancipation belge* nous apprenait, il y a deux ans, qu'une souscription a été ouverte en sa faveur, à Paris, chez M. Firmin Didot.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi que cela arrive avec le papier *à la main* ou *à la forme*, qui n'est collé qu'à sa surface.

Les 210 machines et les 250 cuves, qui travaillent en France, livrent annuellement au commerce 42 millions de kil. de papier, en opérant sur 63 millions de kilogr. de chiffons. La Grande-Bretagne possède 403 machines et 400 cuves qui transforment annuellement 92 millions de kilogr. de chiffons et une quantité inconnue de vieux cordages, de toiles d'emballage et autres matières filamenteuses, en 80 millions de kilogr. de papier de toutes sortes.

La rareté toujours croissante des chiffons donne de l'intérêt aux recherches entreprises pour trouver de nouvelles matières filamenteuses plus communes et moins chères (1). Depuis une trentaine d'années, on a essayé une foule de plantes ou de débris végétaux, mais jusqu'ici on n'a obtenu que des produits inférieurs, si ce n'est avec la paille, qui fournit actuellement des papiers d'emballage plus ou moins blancs et nerveux (2). L'exposition universelle de 1855 nous a montré des papiers de bois, de chiendent, de tourbe, de soie, d'agavé, de gnaphalium envoyé du Canada, de bambou, de jute, de pandanus, de moelle de tige de maïs, etc.; d'autres faits avec des mélanges appropriés de bois, de chiffons et de déchets de filature, etc. L'Algérie deviendra bientôt pour la mère-patrie d'une précieuse ressource, sous ce rapport, puisqu'elle peut lui fournir annuellement plus de 100 millions de kilogr. de plantes textiles propres à cette fabrication (sparte, alfa, diss, agavé, abaca, bananier, mauve textile, chanvre, et palmier nain).

Les papiers communs ou *gris* sont confectionnés avec une pâte très-commune et de rebut, qu'on ne colle pas.

Les *papiers d'emballage* sont très-souvent préparés avec des chiffons de toutes couleurs, moitié laine, moitié fil, et même actuellement avec de la paille non blanchie. On en fait encore beaucoup avec les débris des cordages de navires; aussi ces sortes de

(1) Il existe au Bristish-Museum de Londres un livre très-curieux, écrit en langue hollandaise et publié en 1772. Il est imprimé sur 72 espèces de papier provenant d'autant de matières différentes. C'est la preuve matérielle et irrécusable des nombreux essais qui ont été tentés depuis longtemps pour trouver des succédanés aux chiffons.

(2) La paille a été utilisée à la préparation du papier, dès 1756, par un fabricant allemand, et en 1800, le marquis de Salisbury présenta au roi d'Angleterre un livre imprimé sur papier de cette matière. C'est Armand Seguin qui, au commencement du XIXe siècle, a appelé de nouveau l'attention sur cette matière, que les fabriques d'Allemagne, d'Angleterre et de Belgique, surtout, se sont attachées à mettre en œuvre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

papiers ont-ils une odeur très-prononcée de goudron. Une usine à Pont-Audemer en fabrique de grandes quantités.

Le *papier à calquer*, dit *papier végétal*, est fabriqué avec de la filasse de chanvre ou de lin prise en vert, qu'on ne blanchit pas. L'acide pectique et les pectates interposés entre les fibres, aussi bien que les matières azotées adhérentes, constituent une colle naturelle qui donne la transparence à ce genre de papier.

Les *billets de la banque de France* sont préparés à la fabrique du *Marais*, entre Coulommiers et la Ferté-sous-Jouarre, par une méthode qu'on tient secrète. C'est également dans la même usine qu'on produit les papiers à filigranes, qu'on destine *aux actions et billets de commerce* tant en France qu'à l'étranger.

Le *papier de Chine* est obtenu avec l'écorce du bambou et du *mûrier à papier* (Broussonnetia papyrifera). Il est remarquable par sa douceur, son soyeux et son peu d'épaisseur. La ténacité de ses filaments le rend plus propre que notre papier de chiffons à recevoir l'empreinte de la gravure. MM. Breton frères, dans l'Isère, font des papiers de cette sorte qui rivalisent de qualité avec les papiers chinois.

Les papiers réservés pour l'impression et la lithographie sont principalement fabriqués avec le coton brut, les déchets de coton et les résidus de filature; on utilise même aujourd'hui jusqu'aux balayures des ateliers; il en est de même des déchets de filature de lin. Les fabriques du Lancashire, en Angleterre, produisent de 8 à 10 millions de kilogrammes de papiers de cette sorte.

M. J. Brown a reconnu que la glycérine employée dans la proportion de 5 p. 100, et ajoutée à la pâte, au moment du collage, donne au papier une grande douceur, plus de souplesse, lui permet de recevoir plus aisément l'impression en dispensant, dans ce cas, de la *trempe*, opération quelquefois très-difficile, mais qui toujours détériore plus ou moins la feuille en lui enlevant son glacé.

Le papier dit *pelure d'oignon*, nommé ainsi à cause de son extrême minceur, est fabriqué avec du chiffon dur. On le découpe de mille manières, et il sert principalement à couvrir les boîtes de confitures, divers objets de luxe, à recouvrir les gravures, les lithographies, les étoffes précieuses, etc. C'est d'Annonay, d'Angoulême, de Thiers et des environs de Clermont-Ferrand que viennent les plus beaux papiers de ce genre.

Le papier *serpente* est sans colle et aussi mince que le précédent. Blanc, il sert à couvrir les gravures; coloré, il sert à fabriquer les fleurs. Ce sont les fabriques d'Allemagne qui le livrent au meilleur marché.

Le papier *Joseph* ou *papier de soie*, plus connu dans le commerce sous le nom de *carré mou*, a été inventé par Joseph Montgolfier;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il est fort en usage chez les doreurs, les confiseurs, et vient surtout des petites fabriques de Thiers et d'Ambert (Puy-de-Dôme).

Le papier *brouillard* ou *demoiselle* est fait avec les filets de pêche; il est de nuance rougeâtre ou noire. Son emploi le plus fréquent est pour les papillotes des dames. On ne le fabrique guère qu'à Pont-Audemer, en Alsace et à Essonne.

Les *papiers à filtres* qui doivent être facilement perméables aux liquides et contenir le moins possible de corps étrangers à la fibre végétale, sont fabriqués avec des chiffons de chanvre ou de lin bien blanchis, épurés à l'acide chlorhydrique étendu de 25 pp. d'eau et complétement rincés à l'eau distillée. C'est aussi avec cette eau, recueillie des générateurs à vapeur, qu'on travaille la pâte. Les feuilles sont peu pressées et non lissées. Le meilleur papier à filtre vient de Suède; il ne contient aucune matière soluble et ne laisse, après l'incinération, que $\frac{1}{1000}$ de son poids.

Les papiers colorés sont fabriqués comme le papier blanc, si ce n'est qu'on colore la pâte, avant de l'employer, dans la cuve à ouvrer, avec le bleu de Prusse, l'extrait de campêche ou de Lima, le chromate de plomb, etc., suivant qu'il doit être *bleu, violet, rose* ou *jaune*. — On fait toutes les autres couleurs en combinant convenablement les couleurs précédentes. — Pour l'*azurage* du papier blanc, on a recours à l'azur ou bleu de cobalt, à l'outremer artificiel, au bleu de Prusse ou aux cendres bleues.

Les *papiers peints*, qui ont été substitués, dès le milieu du siècle dernier (1), aux étoffes de laine et de soie, pour la décoration des appartements, sont coloriés à l'aide de manipulations peu différentes de celles qui sont suivies pour l'impression des tissus de laine et de soie; c'est-à-dire qu'au moyen de planches en

(1) L'art des papiers peints nous vient de Chine, comme celui des toiles peintes nous vient de l'Inde. Cette industrie s'est établie en Angleterre vers 1746; ce n'est que vers 1780 environ, qu'elle a été introduite en France, par les nommés Arthur et Robert; elle ne s'est répandue dans les autres États d'Europe que beaucoup plus tard. C'est surtout en France qu'elle a été amenée au point de perfection où nous la voyons aujourd'hui. Depuis peu d'années, l'impression au cylindre en relief à plusieurs couleurs, jointe au fonçage et au satinage mécaniques, est venue donner une nouvelle impulsion, ou même une nouvelle direction à la fabrication du papier peint. Ces derniers progrès viennent de l'Amérique du Nord et de l'Angleterre, où le haut prix de la main-d'œuvre force de remplacer les bras par la vapeur. A Manchester, l'établissement des frères Potter fait usage de machines qui impriment 15 couleurs à la fois; aussi, avec 8 machines de ce genre, cet établissement produit à lui seul 8 à 10,000 rouleaux par jour, c'est-à-dire plus que toutes les fabriques de Londres réunies.

Jean Zuber, de Mulhouse, comptait, en 1851, que l'industrie du papier peint employait, tant en Europe qu'aux États-Unis, 3,160 tables d'impression, 120 machines à imprimer, foncer et satiner, 12,000 ouvriers, 240 chevaux de force, et produisait annuellement 23,300,000 rouleaux, ayant ensemble une valeur de 33,500,000 fr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bois gravées en relief, on applique en des points déterminés des couleurs minérales ou des laques végétales broyées à l'eau et détrempées à la colle, après, toutefois, avoir encollé toute la surface au moyen de la colle de Flandre et avoir séché parfaitement.

Les *papiers tontisse* ou *veloutés*, imaginés d'abord en Angleterre, et qui imitent assez bien le velours et les tapis de la Savonnerie, se préparent en appliquant sur le papier aux endroits voulus un mordant composé d'huile de lin cuite et de céruse broyée, afin de retenir les parcelles de tontures de drap, réduites en poudre fine, qui doivent produire le velouté. On renferme la partie de la pièce, ainsi disposée, dans une longue caisse ou tambour dont le fond en cuir est couvert de tontisse. On frappe le fond du tambour avec des baguettes ; la tontisse s'élève comme une fumée, retombe sur la pièce et s'attache au mordant.

L'or et l'argent en feuilles sont appliqués sur les papiers comme sur les bois et la tranche des livres, au moyen du même mordant qui sert pour le velouté.

Les papiers *maroquinés* se font avec des papiers fermes et bien collés qu'on enduit de plusieurs couches de gélatine, qu'on colore, qu'on lustre ensuite avec une couche de colle, puis avec une dissolution d'alun, de nitre et de crème de tartre, et qu'on passe enfin au laminoir avec une toile métallique ou une planche de cuivre gravée qui forme les grains.

On fabrique les cartons et les cartes à jouer à peu près comme le papier. On fait les cartons communs avec les rognures et les débris de papier de toute espèce, que l'on réduit en pâte. On leur donne de la raideur en y introduisant une certaine quantité de résine à l'état de savon. Les cartons fins et les cartes sont obtenus par la superposition de feuilles de papier plus ou moins épaisses que l'on colle ensemble. On passe les uns et les autres au laminoir pour les rendre plus lisses et plus compactes. Pour l'enluminure des cartes à jouer, on applique au pinceau des couleurs gommées ; le rouge se fait avec du minium ; le noir et le gris avec du noir de fumée ; le bleu avec de l'indigo en poudre ; le jaune avec de la gomme-gutte ou la graine de Perse. Après la dessiccation des couleurs, on enduit les cartes de savon, puis on leur donne une surface lisse et brillante, en les frottant avec un caillou de silex arrondi et poli (1).

(1) Les cartes étaient en usage en Chine dès l'an 1120 avant J.-C. Elles sont aussi depuis très-longtemps connues en Europe, puisqu'une ordonnance de saint Louis, datée de Paris, décembre 1254, défend de jurer et de jouer aux cartes. Jusqu'au règne de Charles VI, elles furent peintes, et non gravées, ce qui les rendait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En Angleterre, on produit avec du carton une foule d'objets d'ornement et d'ameublement, tels que tables, nécessaires, etc. En France, on faisait usage du carton pour former des ornements sculptés, dès le règne de François Ier. Aujourd'hui, on emploie, pour cette destination, dans la décoration des théâtres et des appartements, une pâte plus dure que le carton, qu'on appelle *carton-pierre*, imaginée à la fin du siècle dernier par un nommé Paton, d'autres disent par un nommé Gardeur. Cette sorte de cartonnage est formée avec de la pâte de papier qu'on additionne de craie et d'argile, détrempées avec une solution de gélatine. Voici une formule prise dans le brevet des sieurs Thibert et Rameaux :

Colle de Givet	8
Eau	12
Pâte de papier de coton	12
Gomme arabique	1
Craie en poudre fine et blanche.	Quantité suffisante.

La pâte à papier est délayée dans la dissolution bouillante de colle et de gomme, puis le liquide est versé sur de la craie pour former une pâte très-liante et ductile.

C'est avec ce produit qu'on forme, en le plaçant dans des moules en bronze huilés et par compression, des objets d'art. La pâte moulée est d'abord séchée à l'air, puis à l'étuve ; on la recouvre ensuite d'une couche d'huile siccative ; on fait sécher de nouveau. On peut alors donner à l'objet moulé, à l'aide de la peinture, tous les tons de couleur que l'on veut avoir, ou le recouvrir de feuilles d'or et d'argent.

C'est principalement à Paris que l'on confectionne les objets en carton-pierre qui jouent un assez grand rôle dans la décoration des appartements.

Je ne terminerai pas ces renseignements sur le papier et les cartons sans vous dire que depuis une douzaine d'années, on se sert de toits en papier, en Angleterre, en Belgique et en France, pour couvrir les bâtiments agricoles, et particulièrement les loges destinées à mettre les grains non battus et les fourrages. On emploie de préférence du papier de laine, parce qu'il est plus fort et moins cher ; on le trempe, feuille à feuille, dans un mélange bouillant de trois quarts de poix et un quart de bitume minéral

---

fort chères. En 1390, la Chambre des Comptes passa une somme considérable pour le jeu de cartes qui fut apporté d'Italie en France dans le but d'amuser Carhres VI, alors en démence. C'est sous Charles VII que le peintre Jacquemin Gringonneur inventa des cartes particulières à la France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fondus ensemble ; on fait sécher sur une corde tendue ; on renouvelle l'opération au bout d'un jour ou deux. On attache les feuilles ainsi préparées, comme des ardoises sur des planches ou des lattes, puis on les enduit d'un liquide composé de deux tiers de goudron et d'un tiers de poix. Le tout est saupoudré de sable fin ou de poussière de forge, pour l'empêcher de gercer au soleil. Ce genre de couverture, qui n'exige qu'une charpente légère, est très-économique.

On commence à garnir le bas des rez-de-chaussée, sous le parquet des habitations, de cartons goudronnés ou bituminés, pour s'opposer aux effets destructeurs de l'humidité ou du salpêtre.

§ 3. — Des matières tinctoriales.

On donne ce nom aux organes des plantes ou des animaux d'où l'on tire les couleurs qu'on fixe sur les étoffes. C'est surtout le règne végétal qui fournit au teinturier des matières premières, car il y a tout au plus quatre à cinq substances tinctoriales qui soient empruntées aux animaux.

Toutefois la liste des plantes ou des parties de plantes qui servent à colorer les fibres textiles est assez restreinte, eu égard au nombre considérable des organes colorés que la nature nous offre ; on en compte à peine 24 ou 25. C'est que parmi toutes les substances colorées de la nature organique, la plupart ne présentent que des couleurs fugaces ou sont trop peu riches en principes colorants pour être employées avec économie et commodité dans les ateliers.

En général, les substances tinctoriales les plus précieuses sont étrangères à nos climats ; elles viennent surtout des pays chauds, de l'Asie, de l'Afrique ou de l'Amérique méridionale. Une température élevée paraît nécessaire au développement des couleurs, comme à celui des odeurs, dans les êtres vivants.

Cette nécessité de faire venir de loin les matières premières indispensables à l'art du teinturier, a engagé, à diverses reprises, des savants et des praticiens instruits à rechercher dans les plantes de nos pays des succédanées aux substances tinctoriales de l'étranger. Dambourney, notamment, s'est signalé, à la fin du siècle dernier, dans ce genre de recherches (1) ; mais l'industrie n'a

(1) Dambourney, né à Rouen, le 10 mai 1722, était négociant ; mais son goût pour l'agriculture et l'industrie l'entraîna dans une série de travaux fort curieux sur la chimie tinctoriale. Le premier, en 1748, il songea à acclimater la garance en Normandie, et il la cultiva très en grand dans les plaines d'Oissel. Il eut aussi l'idée d'employer les racines fraîches pour la teinture, et il constata que 4 kilo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

malheureusement tiré qu'un bien faible secours de ces louables tentatives, et jusqu'ici elle n'a pu se passer des produits exotiques.

La même préoccupation a fait chercher les moyens de créer de toutes pièces des matières colorantes, et l'on y est parvenu en plusieurs circonstances. J'ai déjà mentionné ces principes artificiels. Je les examinerai ici en même temps que ceux qui sont tout formés dans les organes, en les réunissant par groupes distincts d'après la nature des couleurs fondamentales qu'ils communiquent aux tissus.

A. Matières tinctoriales rouges.

Ce sont les plus nombreuses et peut-être les plus employées. Je ne vous parlerai toutefois que de celles qui sont d'un usage habituel.

GARANCE.

La garance est la substance tinctoriale rouge par excellence. La couleur qu'elle fournit et qui se fixe très-bien sur les tissus, au moyen des mordants d'alumine, est une des plus belles et des plus solides que l'on connaisse.

Cette plante, originaire de l'Asie moyenne et de l'Europe méridionale, est le *Rubia tinctorum* des botanistes (*fig.* 516) (1). Elle

---

grâmmes de ces racines produisent autant d'effet que 1 kilogramme de racines sèches. Il imagina, en outre, un moulin très-simple pour pulvériser ces dernières. Il s'occupa beaucoup de la teinture en rouge des Indes, imprima un grand mouvement à cette branche d'industrie dans le département, et parvint à fixer solidement cette couleur sur le fil de lin. Mais ce qui a surtout rendu son nom célèbre, ce sont ses persistantes recherches sur les couleurs qu'on peut tirer de nos végétaux indigènes. Les fleurs, les fruits, les bois, les plantes et les racines indigènes ou naturalisées en Normandie devinrent l'objet de ses essais tinctoriaux, et, en moins de cinq ou six ans, il en obtint plus de 1,200 nuances solides sur laine. Ces résultats sont consignés dans un ouvrage que le Gouvernement fit imprimer à ses frais, en 1783. Une pension de 1,000 livres lui fut votée en 1783. C'est à Oissel, où il avait créé un laboratoire, que Dambourney fit toutes ses expériences de teinture, aidé des conseils de son ami de la Follie. On doit encore à Dambourney un grand nombre de mémoires sur l'industrie et l'agriculture. Il fut pendant longtemps secrétaire de l'Académie et de la Société d'Agriculture de Rouen. Il est mort le 2 juin 1795, emportant avec lui dans la tombe l'estime et la vénération de ses contemporains. (Voir pour plus de détails, la *Notice historique sur la vie et les travaux de Dambourney de Rouen* que j'ai publiée en 1837. — *Revue de Rouen et de la Normandie*, octobre 1837).

(1) Elle était connue des Grecs et des Romains, sous les noms d'*erythrodanon* et de *rubia*. Le mot français *garance* vient de *varantia* ou *verentia*, nom qu'on donnait au moyen âge à la racine et qui signifie *couleur rouge* ou *vraie couleur*. Il est remarquable que, dans toutes les langues, le nom de cette plante rappelle l'usage qu'on en fait. — Cultivée dans le Levant depuis les temps les plus reculés, surtout aux environs d'Andrinople, de Smyrne, dans l'île de Chypre, etc., elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vient dans toute espèce de terrains, mais on la cultive de préférence dans les terres meubles et légèrement humides. On n'emploie que la racine où le principe colorant rouge se trouve particulièrement accumulé ; mais ce n'est qu'après 18 mois à 3 ans de séjour en terre que ce principe y est en grande proportion, aussi n'est-ce jamais qu'après 3 années qu'on arrache la racine ; en Chypre, en Livadie et dans tout le Levant, la récolte ne se fait même qu'au bout de 5 à 6 ans ; voilà pourquoi les garances de ces pays sont plus riches et meilleures que toutes les autres.



Fig. 516.

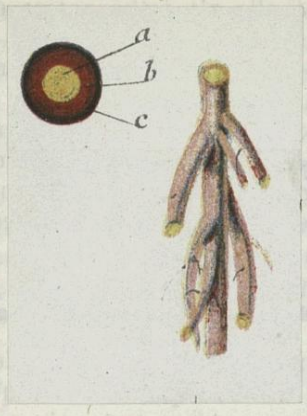


Fig. 517.

La racine se compose de trois parties bien distinctes (*fig.* 517) : d'un cœur ligneux jaune *a* qui la parcourt dans toute sa longueur; d'une partie corticale rouge *b*, et d'une pellicule légère et rougeâtre nommée *épiderme c*. Comme c'est surtout dans la partie corticale que réside le principe colorant, on cherche, autant que possible, à l'isoler des deux autres C'est là le but de la mouture qu'on fait subir habituellement à la racine séchée et vannée.

La racine entière est connue, dans le commerce, sous le nom

---

passa de là dans l'Italie, notamment en Toscane, puis enfin dans les Gaules. Vers le milieu du XVIe siècle, les Flamands et les Hollandais s'emparèrent de cette branche d'industrie agricole, qui disparut peu à peu de la France. En 1760, Frauzen, propriétaire à Haguenau, l'introduisit en Alsace, et peu de temps après, de 1762 à 1774, un Arménien catholique de Julfa, faubourg chrétien d'Ispahan, Johann Althen, l'importa dans le territoire d'Avignon, et dota ainsi le midi de la France d'une culture qui devait, plus tard, acquérir de tels développements que, année commune, le département de Vaucluse, récolte pour plus de 20 millions de francs de garance.

Bien que cultivée très en grand dans le comtat d'Avignon, en Provence, en Languedoc, en Auvergne, en Alsace, la France est loin de produire toute la garance nécessaire à sa consommation, puisque, en 1853, on en a importé 1,710, 346 kilogr., valant 840,929 fr.

Voici, dans l'ordre d'importance, les pays étrangers qui nous fournissent cette précieuse matière : Deux-Siciles, Turquie, Zollverein, Autriche, États barbaresques, Toscane, Pays-Bas. Depuis 1848, la culture de la garance se développe en Algérie, et les produits obtenus sont de qualité supérieure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'*alizari*. Ce n'est que lorsqu'elle a été pulvérisée qu'on lui donne le nom spécial de *garance*. — Les alizaris sont très-peu employés pour les opérations de la teinture, et il n'y a guère que les alizaris d'Avignon et d'Auvergne qui se trouvent sur les marchés de France ; les alizaris de Chypre, de Smyrne et de Perse sont actuellement fort rares ; celui d'Alsace ne s'y montre jamais. — Les poudres, dites *garances*, sont distinguées d'après leur origine, en *garance de Hollande*, *garance d'Alsace*, *garance d'Avignon* ou du *Comtat*, *garance d'Auvergne*, etc., en ajoutant à ces noms d'autres qualifications ou marques qui font connaître la manière dont leur poudre a été préparée, la couleur et l'état de cette poudre, enfin le terrain où la plante a été cultivée.

Je dirai d'abord, d'une manière générale, comment on fabrique ces poudres.

Après avoir arraché les racines en octobre ou novembre, on les fait sécher, à l'air libre dans le Midi, dans des étuves appropriées en Alsace et en Hollande ; on les bat ensuite au fléau, tant pour en détacher le chevelu, une partie de l'épiderme et la terre adhérente, que pour les réduire en fractions de 7 à 8 centim. environ ; on passe le tout au tarare, on tamise même et on vanne à la main pour obtenir un triage parfait et la séparation du *billon*, c'est-à-dire l'épiderme et le chevelu. C'est dans cet état que les cultivateurs livrent aux fabricants de garance le produit de leurs récoltes.

Mais comme alors les racines ne sont pas également sèches, qu'elles ont attiré l'humidité et qu'elles ne sont pas débarrassées de toute matière étrangère, on doit les introduire de nouveau dans l'étuve pour les dessécher complètement. On les place ensuite sur un grand tamis mécanique à divers compartiments, dont les mailles plus ou moins serrées servent : les plus étroites, à les purger de la poussière terreuse et du billon que n'a point enlevé la première opération faite par le cultivateur, intéressé à en laisser le plus possible ; les plus larges, à séparer les racines faibles des plus fortes, qui sont les plus estimées. Cette opération, qui effectue tout à la fois un frottement et un tamisage, s'appelle *robage*.

Les racines, ainsi préparées, sont triturées ou moulues à plusieurs reprises sous des meules verticales, puis tamisées, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elles soient réduites en poudre fine. On les met alors dans le commerce avec des marques particulières, variables pour chaque espèce. Ainsi on appelle :

Garance *O* ou *mulle*, la poudre qui provient de la mouture du billon du premier étuvage, ou des débris résultant du robage, ou enfin d'un mélange des deux ;

Garance *MF* ou *mi-fine*, celle qui provient des racines menues ou radicelles, que l'on a retirées des racines employées à la préparation de la garance SF ;

Garance *SF* ou *surfine*, celle qui provient des racines de choix dont on a enlevé les radicelles, qui ont moins de cœur ou de parties ligneuses jaunes ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Garance *FF* ou *fine fine*, qui provient de la mouture des racines en sorte robées, et qui contient, par conséquent, toutes les racines, tant fortes que faibles. Cette marque peut être considérée comme la poudre normale ;

Garance *SFF* ou *EXTF* ou *surfine fine* ou *extra-fine*, celle qui est fabriquée particulièrement avec le cœur ou la partie ligneuse de la racine. Cette marque donne moins de fond, parce que le ligneux est moins riche en principes colorants que la partie charnue ou l'écorce, mais elle fournit une couleur beaucoup plus vive. On l'emploie pour quelques teintures fines en laine et en soie, et pour la préparation de la laque de garance.

En Avignon, la meilleure garance est faite avec les racines des palus. On donne le nom de *palus* aux terres anciennement couvertes de marécages ; ces terres, engraissées de détritus organiques, animaux et végétaux, provenant des êtres vivant jadis dans ces marais, sont éminemment propres à la culture de la garance, et elles fournissent presque toutes des racines *rouges*, tandis que les autres natures de terres produisent des racines *rosées*.

Les garances *palus* donnent en teinture des couleurs rouge-sang ou plus foncées, mais moins brillantes que les garances *rosées*.

La garance moitié *palus* moitié *rosée* fait une poudre brillante, avantageuse à la vente, et dont les résultats sont très-satisfaisants en teinture. Le brillant de la garance *rosée*, se mêlant au fond riche du *palus*, il en en résulte un rouge tout à la fois corsé et brillant.

Les garances arrivent : d'Alsace, en barriques de chêne de 600 kil. et moins ; du Midi, en fûts de bois blanc de 900 kil. — Autrefois, les garances d'Avignon étaient surchargées de marques destinées à faire connaître leur qualité. Depuis plusieurs années, les bons fabricants ont pris le sage parti de ne plus mettre qu'une seule lettre sur les fûts.

Les poudres de garance ont toutes pour caractères communs d'avoir une odeur prononcée et une saveur sucrée, avec arrière-goût amer.

La couleur varie suivant les espèces. Elle est jaune ou orangée dans la garance de Hollande, jaune vif dans celle d'Alsace et d'Auvergne, rouge pâle ou rouge foncé dans celle d'Avignon.

La garance de Hollande est triturée grossièrement ; celle d'Alsace est un peu plus fine ; celles d'Avignon et d'Auvergne sont en poudre très-fine et homogène.

Les garances de Hollande et d'Alsace ne peuvent être employées jeunes ; il leur faut au moins un à deux ans de tonneau. A deux ans, celle d'Alsace est dans sa vigueur ; au bout de trois à quatre ans, elle se détériore, surtout à l'air. Pendant sa conservation en tonneau, elle fermente, se durcit, se prend en une seule masse si dure que pour l'extraire du fût, on est obligé d'employer le pic ou le ciseau. On dit alors qu'elle est *grappée*.

La garance d'Avignon peut être employée en sortant de dessous les meules ; néanmoins elle est meilleure après quelques années de tonneau ; elle s'y conserve bien, et ne subit que peu ou point de fermentation, aussi elle ne se *grappe* jamais. Cependant, après plusieurs années, elle se décompose avec les mêmes symptômes à peu près que les autres espèces. On l'utilise encore dans cet état. Le peu de fermentation qu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se manifeste dans cette garance provient de ce qu'elle renferme beaucoup moins de substances mucilagineuses, sucrées et amères que les garances de Hollande et d'Alsace; il est certain que c'est à ces substances qu'il faut attribuer la fermentation acide qui se développe si énergiquement dans ces dernières poudres.

La garance d'Alsace contient tant de parties mucilagineuses, que délayée dans quatre fois son poids d'eau, elle donne à ce véhicule l'aspect d'une gelée qui se coagule au bout de quelques heures. Cela n'arrive jamais avec la garance d'Avignon.

Quoique foulée avec force dans les tonneaux, la garance retient entre ses particules une certaine quantité d'air qui finit, à la longue, par agir dans toute la masse et la colorer uniformément, en oxygénant le principe colorant jaune primitif et en le changeant en principe rouge. On explique donc très-bien par cette théorie, donnée par M. Decaisne, pourquoi les poudres de garance gagnent en qualité dans les tonneaux jusqu'à la troisième année de leur reposition.

Suivant M. Édouard Kœchlin, 100 parties de racines fraîches de garance d'Alsace sont composées ainsi qu'il suit :

90,36 parties charnues..	Eau.....	73,42
	Matière sèche	16,94
9,64 parties ligneuses..	Eau.....	4,96
	Matière sèche.....	4,68
100,00		100,00

100 parties de racines fraîches se réduisent donc, par la dessiccation, à 21,62.

D'après M. Kœchlin-Schouch, 100 parties de racines sèches se composent de :

Matières solubles	dans l'eau froide.....	55
	dans l'eau bouillante, parmi lesquelles se trouve la substance colorante.....	3
	dans l'alcool.....	1 1/2
Ligneux		38

L'eau froide, en contact avec la garance, ne lui enlève, pour ainsi dire, qu'une matière colorante jaune, car le principe colorant rouge ne se dissout en quantité un peu considérable qu'à une température comprise entre + 35 et 70°. La décoction a une couleur rougeâtre qui tire un peu au brun. Lorsqu'on se sert de garance épuisée à l'eau froide, la décoction offre une teinte jaune rougeâtre. L'alcool bouillant lui enlève, par plusieurs lavages successifs, toute sa matière colorante, et il se colore fortement en brun; la poudre ainsi épuisée est grise, et ne fournit plus en teinture la moindre trace de couleur. L'esprit-de-bois a un pouvoir dissolvant de beaucoup supérieur à celui de l'alcool.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici l'action des principaux réactifs sur la décoction de garance :

Potasse, soude, chaux, ammoniaque	La liqueur devient d'un beau rouge cramoisi foncé.
Craie, carbonates alcalins	Id. id.
Eau de savon	Précipité couleur de chair.
Acides	La liqueur vire au jaune.
Alun	Léger précipité brun rougeâtre. La liqueur reste colorée en jaune rougeâtre brun.
Sel d'étain	Précipité brunâtre. La liqueur reste claire et colorée en jaune brun.
Acétate de plomb	Précipité rouge brunâtre floconneux.
Sulfate de fer	La liqueur passe au brun et donne, au bout de quelques heures, un précipité cramoisi.
Sulfate de manganèse	Précipité rouge ponceau brunâtre.
Azotate de cuivre	Précipité cramoisi.
Azotate de mercure	Précipité jaune brunâtre.
Chloride de mercure	La liqueur se fonce en couleur sans précipiter.
Azotate d'argent	Précipité rouge sale floconneux.

Malgré les nombreux travaux entrepris sur la garance depuis 1789 jusqu'à nos jours, on est loin d'être fixé sur sa véritable nature chimique, au moins quant à ce qui concerne les matières colorantes qui s'y trouvent.

Tous les chimistes reconnaissent, dans cette racine, les principes suivants :

1. Une matière colorante jaune,
2. — — rouge,
3. Du ligneux,
4. Du glucose,
5. Des matières mucilagineuses ou gommeuses,
6. De la pectine,
7. Des matières extract. amères,
8. Des matières albuminoïdes,
9. Une résine odorante,
10. Une résine rouge,
11. Une matière brune soluble dans la potasse,
12. Des acides organiques, tartrique, malique, pectique, en partie combinés à la chaux et à la potasse, notamment une quantité notable de tartrates de chaux et de potasse ;
13. Enfin des sels minéraux, tels que : sulfate et phosphate de potasse, chlorure de potassium, carbonate et phosphate de chaux, phosphate de magnésie, silice, alumine et oxyde de fer.

Mais là où il y a doute et discussion, c'est sur la simplicité et la nature du principe colorant rouge. Les uns pensent qu'il n'y a qu'un seul principe rouge, susceptible de fournir des nuances diverses suivant les mordants qu'on emploie ; les autres en admettent plusieurs. Runge va même jusqu'à cinq. On conçoit aisément

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que dans les manipulations dont la racine de garance est l'objet, l'intervention de l'air et de l'humidité suffit pour y provoquer des changements chimiques assez considérables, et c'est très-probablement à cette cause que sont dues les opinions diverses émises sur la nature des principes colorants de la garance.

En étudiant la racine à l'état vivant, M. Decaisne a beaucoup simplifié la question. Voici les principales conclusions de ses recherches à cet égard :

1° La racine, à l'état vivant, ne renferme d'autre principe colorant qu'un liquide jaune, d'autant plus foncé et plus abondant que l'âge de la plante est plus avancé ; c'est ce qu'on voit très-bien en examinant au microscope une portion du tissu cellulaire au moment où il vient d'être coupé sur une racine fraîche (*fig.* 518) ;

2° Ce liquide jaune, en absorbant l'oxygène de l'air, se convertit en principe tinctorial rouge, comme on le voit en observant la

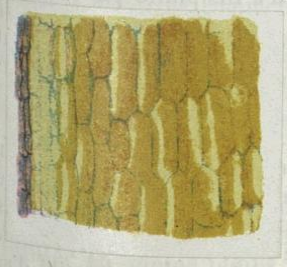


Fig. 518.



Fig. 519

même tranche de tissu cellulaire, après qu'elle est restée pendant quelques minutes en contact avec de l'eau aérée (*fig.* 519) ;

3° Les manipulations qu'on fait subir à la garance ont pour résultat de mettre en contact avec l'air les parties remplies du principe jaune ; en conséquence, plus la division sera complète pour obtenir de belles teintures, plus la conversion du principe jaune en principe rouge sera considérable.

Il n'y a donc pour M. Decaisne qu'une seule matière colorante dans la garance : *jaune*, tant qu'elle est emprisonnée dans le tissu végétal ; *rouge*, aussitôt qu'elle a le contact de l'air.

Cette opinion sur l'unité du principe colorant dans cette racine est appuyée par les expériences chimiques faites en 1837 par M. Gustave Schwartz, par celles que j'ai exécutées depuis 1840 avec M. Grelley, et par les recherches plus récentes faites en 1852 par MM. Jean Gerber et Edmond Dollfus. Il est maintenant bien établi qu'il n'y a dans la garance sèche qu'un seul principe rouge (*alizarine*, *colorine*, *azale*), mais que ce principe retient en mélange plus ou moins du principe jaune qui lui a donné naissance par l'effet de l'oxydation. C'est ce principe jaune, non encore modifié par l'air, qui constitue la *xanthine* de M. Kuhlmann, ou le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

principe jaune de Runge. Tous les principes *rouge*, *rose*, *pourpre*, *orange*, *brun*, admis par différents chimistes ne sont, d'après toutes mes recherches et celles de MM. Gerber et Dollfus, que des mélanges plus ou moins altérés et complexes d'*alizarine* et du principe jaune primitif plus ou moins oxydé.

Il y a, dans le commerce, un certain nombre de produits tinctoriaux préparés avec la garance dont je dois vous dire quelques mots.

1. *Garancine.*— Produit tinctorial que Robiquet et Colin firent connaître, en 1827, sous le nom de *charbon sulfurique de garance*; c'est une matière pulvérulente brune, qui remplace souvent avec avantage, dans la confection des indiennes surtout, les différentes espèces de garances. On l'obtient en traitant celles-ci par un poids égal d'acide sulfurique concentré, d'abord à froid, puis à 100°, en ajoutant de l'eau au mélange, et lavant le produit charbonné à grande eau jusqu'à insipidité parfaite. L'acide détruit tous les principes immédiats de la garance, en respectant l'*alizarine* ou principe rouge, qui reste unie à l'acide ulmique provenant de la carbonisation des autres matières organiques; elle est alors dans un plus grand état de liberté qui lui permet de s'unir plus facilement aux tissus mordancés.

La garancine, qui n'a ni odeur, ni saveur bien marquées, a sous le même poids, un pouvoir colorant trois à quatre fois plus fort que les bonnes garances. Les couleurs qu'elle fournit sont plus vives, mais un peu moins solides. Ce manque de solidité tient uniquement, comme l'a reconnu M. Ed. Schwartz, à la présence d'une petite quantité d'acide sulfurique que, malgré de nombreux lavages, le ligneux de la garancine retient avec opiniâtreté entre ses pores.

La garancine cède très-facilement son alizarine à l'ammoniaque, à l'eau d'alun, à l'éther, à l'alcool, aux huiles grasses, mais surtout à l'esprit-de-bois bouillant. Tous ces liquides se colorent fortement en rouge.

2. *Garanceux.* — M. Léonard Schwartz, de Mulhouse, a pris, le 17 avril 1843, un brevet d'invention pour la fabrication de la garancine avec les résidus de la garance qui a déjà servi à la teinture. Cette matière, qu'il a nommé *garanceux*, a une valeur tinctoriale beaucoup moindre que la bonne garancine d'Avignon. Il en faut 3 1/2 et même 4 parties pour équivaloir à 1 de cette dernière. M. Steiner a importé, en août 1843, le même mode de fabrication en Angleterre.

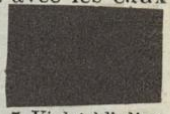
3. *Fleur de garance.* — Ce produit, mis dans le commerce à partir de 1851, par MM. Julian et Roquer, de Sorgues (Vaucluse), consiste en garance qui a subi la fermentation alcoolique et qui a été ainsi débarrassée de toutes les parties solubles, mucilagineuses, sucrées, acides, etc., qui accompagnent l'alizarine, et dont la combinaison avec les mordants de fer a une influence fâcheuse sur les violets, quand elles sont encore présentes à la teinture.

La *fleur de garance* est devenue d'un usage assez général en Normandie et en Alsace. 100 parties de ce produit représentent pour la teinture 200 parties de garance, et donnent généralement de plus belles nuances;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les rouges et les roses semblent présenter plus de solidité. — Les avantages bien établis de l'emploi de cette matière tinctoriale ont déterminé la Société industrielle de Mulhouse, à décerner, en 1852, une médaille d'or à MM. Julian et Roquer.

4. *Alizarine commerciale.* — Ce produit nouveau, dû à MM. Pincoffs et Schunck, de Manchester, qui l'ont livré au commerce vers 1854, n'est autre chose que de la garance soumise en vases clos à l'action de la vapeur d'eau surchauffée. Dans ces conditions, le principe fauve jaunâtre, que MM. Pincoffs et Schunck appellent *Vérantrine*, disparaît, se modifie ou se détruit. Certains fabricants remplacent la garance par de belles garancines qu'ils surchauffent au bain d'huile, ou d'alliage fusible, ou de sable, ou même par la vapeur. Quoi qu'il en soit, la matière ainsi traitée possède des qualités spéciales; ainsi, elle fournit avec les eaux calcaires des nuances violettes magnifiques pour lesquelles il n'y a nul besoin d'avivages, ce qui permet d'unir au violet des nuances cachou, que l'action du savon altérerait. L'*alizarine commerciale* est donc, sous ce rapport, supérieure à la garance et à la garancine; mais elle ne peut fournir, aussi bien que celles-ci, les autres nuances, notamment les roses et les rouges; en outre, elle est un peu moins solide que la garancine et il en faut 1/4 de plus en poids pour saturer un mordant de violet.



7. Violet à l'alizarine commerciale de Pincoffs.

5. *Extraits de garance.* — On a fait bien des tentatives pour obtenir industriellement l'alizarine pure, afin de la substituer à la garance même pour rendre les opérations de la teinture et de l'impression plus rapides et réaliser en même temps de plus beaux effets de coloration. Mais jusqu'ici les produits livrés au commerce sous les noms d'*extrait alcoolique de charbon sulfurique* (Robiquet et Colin), de *colorine* (Girardin et Grelley), de *rubérine* (Castellan, d'Avignon), de *carmin de garance* (Schwartz), d'*extrait de garance* (Kœchlin, Verdeil, Schwartz, Vilmorin, etc.), sont revenus à des prix trop élevés pour être adoptés par la pratique. Je n'en parlerai donc pas.

Mais je dois vous apprendre comment on peut se procurer l'*alizarine* pure et en cristaux. Il y a bien des moyens; le plus joli est celui que M. E. Schwartz a indiqué en 1856. Le voici: On emploie comme matière première un extrait alcoolique de garancine, aussi riche que possible, et réduit en poudre fine. On en couvre d'une légère couche une feuille de papier à filtrer, qu'on place sur une plaque en tôle munie d'un manche, afin de pouvoir l'approcher ou l'éloigner, à volonté, du feu; on chauffe de manière à ne pas altérer le papier. Bientôt, l'extrait entre en fusion, le papier s'imbibe d'une matière résineuse brune, tandis que de l'*alizarine* très-pure vient former à sa surface une belle végétation cristalline, de couleur orangée. Elle a, dans cet état, un pouvoir tinctorial 95 fois supérieur à celui de la garance.

La figure 520 vous donne une idée de la forme cristalline de ce principe colorant rouge.

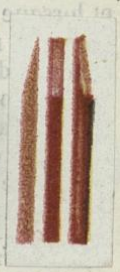


Fig. 520.

Lorsqu'on ne tient pas à avoir l'alizarine chimiquement pure, mais telle qu'elle peut être employée en teinture et en impression, on a recours au procédé plus industriel que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Kopp, de Saverne, a fait connaître en 1859, et qui n'est toutefois qu'un perfectionnement de celui proposé en 1841 par M. Camille Kœchlin. Il consiste à faire passer de la vapeur surchauffée dans et autour de garancine en morceaux de la grosseur d'une noix. On se sert de l'appareil suivant (*fig.* 521).

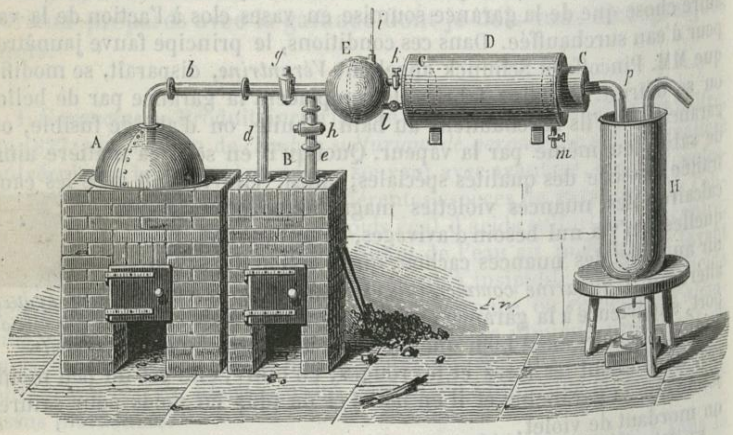


Fig. 521.

A, générateur de vapeur. — *b*, prise de vapeur. — B, four à surchauffer la vapeur qui s'y rend par le tuyau *d*. — *e*, tuyau à robinet *h*, pour la sortie de la vapeur surchauffée. — E, chambre en fonte, de forme sphérique, divisée en deux compartiments par une cloison verticale percée de trous ; cette cloison est destinée à favoriser le mélange intime de la vapeur surchauffée et de la vapeur ordinaire arrivant lorsque le robinet *g* est ouvert d'une certaine quantité. — *i*, thermomètre. — CC, cylindre en cuivre contenant la garancine sèche, disposée entre deux diaphragmes ; ce cylindre communique avec la chambre E au moyen du tuyau à robinet *k*. — D, autre cylindre enveloppant concentriquement le cylindre CC et communiquant également avec la chambre E à l'aide du tuyau à robinet *l* qui sert à faire circuler la vapeur autour du cylindre *j* : l'excès de cette vapeur se dégage par le tube *m*. — H, appareil de condensation dans lequel les produits de la distillation se rendent par le tuyau *p* communiquant avec le cylindre CC.

Le four à surchauffer la vapeur d'eau ayant été porté à + 350°, on commence par faire circuler dans le cylindre D de la vapeur à + 180°, et lorsque le cylindre CC et la garancine ont acquis cette température, on ouvre le robinet *k* qui donne accès dans ce cylindre à la vapeur surchauffée dont on élève peu à peu la température à 200, 220, 230 et même, vers la fin de l'opération, jusqu'à 240°. L'alizarine se sublime et est entraînée par la vapeur d'eau sous la forme d'un gaz jaune orangé qui se condense en poudre de la même couleur. La distillation terminée, on rassemble cette poussière sur un filtre, et l'eau de condensation qui en retient en dissolution peut servir à la teinture.

Adultération des garances et leur essai. — En raison du prix élevé de la garance, et surtout de la facilité d'introduire dans cette poudre des matières étrangères pulvérulentes que l'œil le plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exercé ne pourrait reconnaître, cette racine est l'objet d'une foule de fraudes qu'il me paraît très-important de vous signaler. Ces fraudes consistent dans l'emploi de substances terreuses ou minérales, et dans celui de substances végétales dont la couleur diffère peu de celle de la garance. Voici les matières qu'on y introduit souvent :

SUBSTANCES MINÉRALES.	SUBSTANCES VÉGÉTALES.	
Brique pilée,	Sciure de bois de chêne,	Bois de campêche,
Ocres rouge et jaune,	Coques d'amandes,	— de santal,
Sable jaunâtre,	Son,	— de sapan,
Argile ou terre argileuse jaunâtre;	Écorce dite *de pin*,	— de Brésil,
	Bois d'acajou,	— jaune, etc.

On reconnaît l'existence des premières au moyen de l'incinération des garances ; celle des secondes est suffisamment indiquée par un essai de teinture. Voici, en peu de mots, comment on opère dans les deux cas :

I. De nombreux essais m'ayant démontré que la garance bien pure donne par l'incinération 5 p. 100 de cendres, il est évident que toute garance qui laissera un poids de cendres plus élevé renfermera des matières terreuses étrangères, provenant, soit d'une addition frauduleuse, soit d'un vice de fabrication. Lorsque l'excédant n'est que de 3 à 4 centièmes, il est probable qu'il résulte d'une mauvaise préparation de la garance, dont le fabricant n'aura pas séparé avec assez de soin, par la mouture, l'épiderme toujours chargé de terre qui entoure la racine. Mais lorsque cet excédant dépassera 4 à 5 centièmes, c'est qu'à coup sûr il sera le résultat d'une fraude.

On opère l'incinération des garances dans un creuset de platine, de la manière suivante :

Après avoir préparé un échantillon commun de la garance qu'il s'agit d'essayer, et avoir desséché la poudre, à la température de + 100° dans la petite étuve des laboratoires, jusqu'à ce qu'elle ne perde plus de son poids, on en pèse 5 grammes très-exactement, qu'on introduit ensuite dans le creuset de platine taré à l'avance. On ferme le creuset, et on le chauffe graduellement sur une lampe à gaz (*fig.* 522),

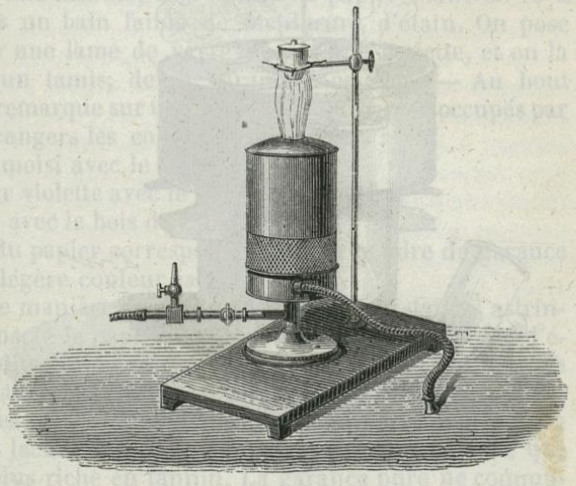


Fig. 522.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en ayant soin de diviser de temps en temps la masse charbonnée au moyen d'une petite tige de platine ou de fer très-propre et fort longue, afin d'accélérer l'incinération. A mesure que celle-ci avance, on augmente le feu. On reconnaît très-facilement que toute la matière végétale est brûlée, que la cendre ne retient plus aucune trace de charbon, lorsque le résidu ne présente plus de parties rouges de feu, et qu'il ne se produit plus de petites étincelles lumineuses quand on l'agite avec la tige métallique. — Après avoir bien secoué celle-ci pour faire tomber la cendre qui pourrait y adhérer, on retire le creuset du feu, on le laisse refroidir, puis on en prend le poids. La tare étant défalquée du poids brut, la différence donne la proportion de cendres obtenues.

Comme l'on a agi sur 5 grammes, il faut multiplier le poids des cendres par 20 pour ramener à 100 parties, et soustraire ensuite du chiffre obtenu 7 parties, représentant le poids moyen des cendres propres à la bonne garance avec la tolérance que j'accorde ; le surplus représente la proportion de matières terreuses ou de sable ajoutés ou laissés à dessein dans la poudre par le fabricant. Par conséquent, une garance fournissant 16,40 pour 100 de cendres, renfermera 9,40 pour 100 de matières étrangères.

II. L'*essai par teinture* des garances est tout aussi simple. On prend comme type de comparaison, une bonne garance de même marque que celle dont il s'agit d'estimer la valeur ou la pureté. On pèse 6 grammes de l'une et de l'autre, au même état de dessiccation, et on teint comparativement deux morceaux de calicot, d'un décimètre carré de surface, imprimés en mordant de rouge et de noir et bien dégorgés dans un bain de bouse. Voici comment on fait le garançage :

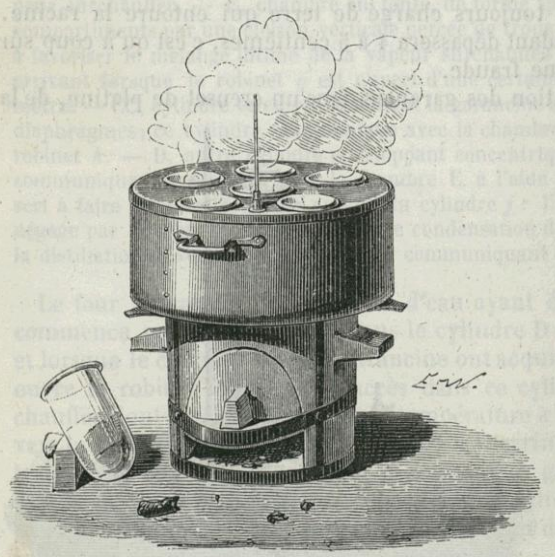


Fig. 523.

Dans une grande bassine en cuivre ou en fer-blanc (*fig.* 523) dont le couvercle présente deux ou un plus grand nombre d'ouvertures assez larges pour y placer des vases en verre de 1/2 à 3/4 de litre de capacité, on met de l'eau pour faire un bain-marie. On introduit, dans chaque vase, 2 1/2 à 3 décilitres d'eau ordinaire échauffée à + 30°, le coupon de calicot mordancé et la garance pesée avec soin. On fixe un thermomètre dans le bain-marie, et on chauffe celui-ci avec assez de lenteur pour que l'eau ne parvienne à + 75° que dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'espace d'une heure et demie, mais en évitant surtout les alternatives de température. Au bout de ce temps, on met un excès de sel marin dans l'eau du bain-marie, et on pousse à l'ébullition qu'on entretient pendant un quart d'heure. — On retire ensuite les échantillons, on les rince à l'eau froide et on les sèche.

On partage chaque coupon teint par moitié. L'une est conservée telle quelle, l'autre est soumise aux avivages suivants. On passe en hypochlorite de chaux à 1/4 de degré, à la température de + 35°, pendant 5 minutes. On lave avec soin. On donne successivement deux eaux de savon pendant 5 minutes, l'une à + 40°, l'autre à + 60°, en employant 2 gr. 1/2 de savon blanc par litre d'eau. Après rinçage parfait, on avive dans une eau de savon légère, à laquelle on a ajouté quelques centigrammes de bichlorure d'étain. On termine par un nouveau savonnage qu'on commence à + 60° et qu'on pousse jusqu'à l'ébullition. On lave, on rince, on sèche avec soin, et alors on compare. La garance qu'on essaie est d'autant meilleure qu'elle fournit une nuance plus rapprochée de celle qui est propre à la garance type.

Quelles que soient les poudres végétales qui aient été introduites par fraude dans les garances, que ce soient des poudres tinctoriales ou des poudres inertes, elles ne peuvent jamais induire en erreur sur la véritable valeur tinctoriale du mélange, attendu que les couleurs qu'elles fournissent et qui saturent les mordants, en même temps que la matière rouge de la garance, ne peuvent résister, comme celle-ci, à l'action des avivages ; elles *lâchent*, comme on dit, dans les bains de savon et de sel d'étain, et il ne reste, en définitive, sur les tissus que la couleur due à la garance. Les avivages sont donc nécessaires surtout pour faire connaître la solidité et la vivacité des nuances obtenues.

Ill. M. Pernod, d'Avignon, a indiqué, en 1858, un moyen assez prompt de reconnaître la nature des poudres tinctoriales introduites frauduleusement dans les garances et les garancines.

On plonge, pendant une minute, une feuille de papier blanc de 10 à 15 centim. carrés dans un bain faible de bichlorure d'étain. On pose ensuite cette feuille sur une lame de verre ou sur une assiette, et on la saupoudre, à l'aide d'un tamis, de la garance à essayer. — Au bout d'une demi-heure, on remarque sur tous les points du papier occupés par les parcelles de bois étrangers les colorations suivantes :

Des points rouge-cramoisi avec le bois de Brésil,

Des taches de couleur violette avec le bois de Campêche,

Une coloration jaune avec le bois de Cuba, etc. ;

tandis que les parties du papier correspondantes à la poudre de garance ne contractent qu'une légère couleur jaune.

On opère de la même manière pour reconnaître les substances astringentes, sauf qu'on humecte le papier, non plus avec du bichlorure d'étain, mais avec une dissolution ancienne de couperose, puis, après dessiccation, avec de l'alcool rectifié. Après un quart d'heure, on aperçoit très-bien sur tous les points du papier occupés par les parcelles de la poudre astringente des taches d'un noir bleu d'autant plus intense que la matière ajoutée est plus riche en tannin. La garance pure ne communique au papier qu'une coloration rouille ou brun clair.

Le procédé de M. Pernod n'est qu'une modification de celui qu'on suit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

depuis une dizaine d'années dans les laboratoires de Normandie. Là, on pèse 5 grammes de garance ou de garancine, on verse dessus 30 grammes d'eau distillée chaude et on laisse infuser jusqu'à refroidissement, en remuant souvent. On filtre et, dans le liquide clair, on cherche la présence des bois colorants (Campêche, Lima, bois jaune) au moyen du bichlorure d'étain, celle des matières astringentes (sciure de chêne, extrait de châtaignier surtout) par le sulfate de peroxyde de fer. Cette méthode est peut-être encore plus commode et plus certaine que celle de M. Pernod.

Essais des garancines. — La qualité des garancines varie à chaque instant, non-seulement de fabrique à fabrique, mais même d'une livraison à l'autre de la même maison. Voici comment on doit procéder à l'essai de ce produit.

On lève des échantillons à même les barriques qui arrivent, en ayant soin d'étiqueter au fur et à mesure et de bien boucher les flacons où on les renferme, afin d'éviter qu'ils ne sèchent, ce qui occasionne, en été surtout, une bonification de 5 à 6 pour 100 en peu de jours, à cause de l'eau qui s'évapore.

On prend une pièce de calicot imprimée en bandes, rouge, violet, puce et grenat (le noir est inutile, attendu que toutes les garancines le font très-bien), dégommée comme d'habitude et séchée. On en coupe autant de décimètres qu'il y a de garancines à essayer, et on marque les morceaux en leur faisant des entailles avec les ciseaux, entailles qui correspondent aux numéros des flacons.

On pèse $1^{gr},90$ ou 2 grammes de bonne garancine connue qui doit servir de type, et, quant aux garancines à essayer, on en prend 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 pour 100 de plus ou de moins de 1,90 ou 2 grammes, selon qu'elles coûtent 1, 2, 3, 4, etc., pour 100 de moins ou de plus que la garancine type. A mesure qu'on pèse les échantillons, on les met chacun dans un bocal à large ouverture d'un demi-litre, avec 2 à 2 1/2 décilitres d'eau additionnée d'acide oxalique dans la proportion de 15 centigrammes par litre. Les bocaux reçoivent des numéros correspondants aux échantillons de garancines et de tissu. On les place au bain-marie dans une chaudière en cuivre à fond plat, on y introduit, quand la température est à + 30°, les morceaux de calicot imprimé, puis on teint comme pour les essais de garance par teinture, en réglant le feu de manière à monter de 6 degrés par quart d'heure jusqu'à l'ébullition qu'on maintient pendant 15 minutes. Pendant tout ce temps, on agite les échantillons avec des baguettes de verre afin de teindre uni, autrement on a des places foncées, d'autres plus claires, car pour bien juger une garancine il ne faut pas que le mordant soit saturé.

Après la teinture, on retire le plus vite possible les toiles des bocaux, on les rince à l'eau et on les bat, puis on les sèche, ou bien encore auparavant on les passe pendant 5 à 7 minutes dans un bain de savon à + 75°. Quand ils sont secs, on les compare, et l'on parvient ainsi à estimer aussi exactement que possible les valeurs tinctoriales relatives des garancines.

En opérant avec des calicots qui présentent à la fois des bandes mordancées pour rouge, violet, puce et grenat, on voit immédiatement et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un seul coup si les garancines peuvent servir avec le même avantage pour toutes les couleurs, ou quelles sont les nuances pour lesquelles elles peuvent préférablement convenir. Toutes les garancines, en effet, ne donnent pas les mêmes nuances avec la même richesse et le même éclat. Telle espèce fait de beau rouge, mais de vilain violet; telle autre donne du puce ou du violet magnifique, et fournit un rouge brun et terne.



8. — *Essai de garancine au moyen des quatre mordants.*

Il est rare, toutefois, qu'on puisse juger d'une garancine par un essai fait dans une seule espèce d'eau. Ainsi les garancines fabriquées pour être employées dans des eaux chimiquement pures, c'est-à-dire celles qui ont été lavées à froid jusqu'à ce qu'elles soient parfaitement neutres, rendent beaucoup moins de colorant dans une eau calcaire, alors même que cette dernière a été corrigée par l'addition d'acide oxalique ou acétique; tandis que les garancines qui retiennent des traces d'acide conviennent mieux pour les eaux calcaires que pour les eaux pures.

Essai de la fleur de garance. — On détermine la valeur de la *fleur de garance* par le procédé indiqué pour la garance, avec cette seule différence qu'on prend moitié moins de *fleur*. Mais les essais en petit ne correspondent pas toujours aux résultats obtenus en grand, parce que la quantité d'eau employée en petit étant huit fois plus grande que celle pour la teinture des pièces, l'action des matières étrangères solubles et de l'acide sulfurique que renferme fort souvent la *fleur de garance*, par suite d'un vice de préparation, est moins sensible.

M. de Schœffer propose donc de rechercher, avant tout, si la *fleur* de garance à essayer est complètement débarrassée de toutes matières solubles dans l'eau. Son moyen est des plus simples; il suffit de faire macérer avec de l'eau distillée quelques grammes de la *fleur* et de filtrer.

Si l'on a affaire à de la *fleur* de première qualité, l'eau de macération est peu colorée et est complétement neutre aux papiers réactifs; elle ne précipite pas l'azotate de baryte et ne prend qu'une légère coloration *rose* lorsqu'on la chauffe avec de l'acide sulfurique; *jaunâtre* avec l'acide chlorhydrique.

Dans le cas où le produit à essayer est de qualité inférieure, l'eau de macération est sensiblement colorée; elle est plus ou moins acide et précipite par l'azotate de baryte. Chauffée avec de l'acide sulfurique ou chlorhydrique, elle prend une teinte verte très-prononcée. — Une *fleur de garance* qui présente ces caractères doit être absolument rejetée.

Si je suis entré, Messieurs, dans des détails aussi étendus sur la garance, c'est que cette racine tient, sans contredit, le premier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rang parmi toutes les matières tinctoriales employées dans nos ateliers de teinture et d'impression.

CINQUANTE-CINQUIÈME LEÇON.

DES MATIÈRES TINCTORIALES. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Des bois de Campêche, de Brésil et de Santal. — *Carthame* ou *safranum*. — Rouge végétal. — Lichens tinctoriaux : *Orseille*, carmin d'orseille. — Pourpre française.

BOIS DE CAMPÊCHE.

Le *bois de Campêche*, dit aussi *bois d'Inde*, *bois noir*, *bois bleu*, appartient à un grand arbre épineux de la famille des Légumineuses, l'*Hematoxylum Campechianum* (*fig.* 524) des botanistes. Cet arbre est originaire de la baie de Campêche, au Mexique, mais il croît en abondance dans toute l'Amérique méridionale, notamment à la Jamaïque, à Saint-Domingue et dans les autres Antilles (1).



Fig. 524.

L'exploitation du campêche forme une branche considérable de commerce. On l'expédie en Europe, à nu dans les navires, sous la forme de bûches plus ou moins grosses, pesant jusqu'à 200 kilogr., et dépouillées, ou à peu près, de leur aubier.

Ce bois est dur, compacte, aisé à travailler et susceptible d'un beau poli; sa couleur extérieure est tantôt rouge-brun, tantôt noirâtre ; sa couleur est jaune rougeâtre lorsqu'il est récemment

---

(1) Le campêche fut introduit en Europe, peu de temps après la découverte de l'Amérique, par les Espagnols, qui le désignaient sous le nom de *palo campechio*. Il devint en usage en Angleterre et dans tout le Nord, sous le règne d'Élisabeth ; mais comme il ne donnait pas de couleurs solides, son emploi fut défendu, vers la vingt-troisième année de ce règne, sous peine d'amendes très-fortes, et on fit brûler tout celui qui se trouvait dans le royaume. On l'appelait alors *bois noir*. Ce n'est qu'un siècle après, dans la quatorzième année du règne de Charles II, qu'on parvint à rendre les nuances plus solides, et que la prohibition fut levée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coupé ; il brunit à l'air par les émanations ammoniacales. Il a une légère odeur d'iris et de violette, une saveur douceâtre agréable et un peu astringente; il teint la salive en rouge foncé.

La qualité du bois de Campêche varie avec la localité qui le produit. Voici les diverses sortes les plus répandues dans le commerce :

1. *Campêche coupe d'Espagne.* — Bûches de 6 à 200 kilog., mal arrondies, souvent noueuses, présentant quelques cavités; coupées, d'un bout, en forme de coin obtus et carrément de l'autre. Ces bûches, très-compactes et généralement sans aubier, ont de $1^m,30$ à $1^m,45$ de long. — Couleur extérieure d'un rouge noir quand la coupe est fraîche, mais qui devient noire en vieillissant. L'intérieur est d'un rouge tantôt jaunâtre, tantôt grisâtre.

2. *Campêche coupe anglaise.* — Provient de la Jamaïque. Bûches de même forme, soit en grosseur, soit en longueur, toutes très-bien mondées de leur aubier, très-unies, exemptes de fourches et de cavités. Il en vient fort peu.

3. *Campêche coupe de Saint-Domingue ou d'Haïti.* — Bûches quelquefois un peu plates, noueuses, présentant ordinairement de longs sillons longitudinaux qui contiennent encore de l'aubier; moins régulières et moins lisses que celles de la coupe d'Espagne. On remarque sur leur surface les traces de la hache qui a servi à enlever l'aubier. — Couleur extérieure plus foncée que celle des bois coupe d'Espagne; couleur intérieure souvent aussi d'un rouge plus vif.

4. *Campêche Honduras.* — Espèce intermédiaire entre la coupe d'Espagne et celle d'Haïti. Bûches plus courtes que celles de ce dernier bois, et dont les extrémités sont taillées d'une manière irrégulière. — Couleur intérieure d'un rouge brun.

5. *Campêche coupe Martinique.* — Bûches petites, irrégulières, presque toujours courtes, noueuses, chargées d'aubier et pesant de 5 à 25 kilog. — Qualité inférieure aux précédentes et moins riche en parties colorantes.

6. *Campêche coupe de la Guadeloupe.* — Comme le précédent. — Qualité encore inférieure à la coupe Martinique.

En 1810, M. Chevreul a isolé la matière tinctoriale du bois de Campêche, à l'état de cristaux d'un blanc rosé ; il l'a nommée *hématine*; ce nom a été depuis changé en celui d'*hématoxyline*, pour ne pas la confondre avec la matière colorante rouge du sang. En 1842, M. Erdmann, en traitant le campêche, non plus par l'eau et l'alcool, mais par l'éther, a isolé l'*hématoxyline* sous forme de petits prismes, d'un jaune de miel, dont la poudre est blanche ou jaune pâle.

Ce principe est représenté à l'état anhydre, par... $C^{16}H^7O^6$;
Lorsqu'il est cristallisé dans l'eau, par..... $C^{16}H^7O^6,3HO$;
Desséché à + 100°, par..... $C^{16}H^7O^6,HO$.

Dès que l'hématoxyline a le contact de l'air et des alcalis, elle donne de magnifiques couleurs, et, hors de l'influence de l'oxygène,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elle ne fournit avec les bases que des combinaisons non colorées. En contact avec l'ammoniaque et l'air, elle se colore en rouge pourpre foncé, en absorbant de l'oxygène, et d'autant plus rapidement qu'il y a plus d'ammoniaque libre; elle se change alors en une matière colorante nouvelle d'un brun rouge, que M. Erdmann a désignée sous le nom d'*hématéine*, et qu'il représente par :

$$C^{16}H^{6}O^{6}.$$

Vous voyez donc que l'*hématéine* ne diffère de l'*hématoxyline* que par 1 équivalent d'hydrogène en moins; c'est que sous l'influence des alcalis, l'oxygène de l'air enlève 1 équivalent d'hydrogène à la dernière pour former 1 équivalent d'eau :

$$\underset{\text{[Hématoxyline.]}}{C^{16}H^{7}O^{6}} + O = \underset{\text{[Hématéine]}}{C^{16}H^{6}O^{6}} + HO.$$

L'*hématéine* est une substance grenue, cristalline, d'un noir violacé, à reflets métalliques; elle se dissout dans l'eau et la colore en pourpre foncé. L'acide acétique la précipite de sa dissolution aqueuse, et l'hydrogène sulfuré la ramène à l'état d'*hématoxyline*. Elle précipite en bleu les sels de plomb et de cuivre. Enfin sa dissolution ammoniacale, mêlée à la plupart des sels métalliques, donne naissance à des laques bleues ou violettes.

C'est l'*hématéine* qui agit en teinture ; c'est elle aussi qui se forme à l'extérieur des bûches de campêche par suite de l'action de l'air et du carbonate d'ammoniaque qu'il contient sur l'hématoxyline incolore ; celle-ci devient alors d'un rouge noir.

Dans l'état vivant, les vaisseaux du campêche ne renferment aucune matière colorante, puisque l'hématoxyline n'est qu'un principe colorable. Le principe brun-rouge ou l'*hématéine* ne se produit que dans les parties du tissu ligneux qui reçoivent l'influence de l'air humide, toujours chargé d'une petite quantité de sels ammoniacaux.

L'eau froide attaque à peine le bois de Campêche ; l'eau bouillante ne lui enlève guère que 3 centièmes de matière soluble. La décoction avec l'eau distillée est jaune rougeâtre ; mais, avec l'eau ordinaire, elle a une couleur rouge de sang foncé, en raison du carbonate de chaux, qui détermine le changement de l'*hématoxyline* en *hématéine*. On ne peut dépouiller entièrement le bois de toute sa matière tinctoriale au moyen de l'eau. L'alcool et l'éther agissent mieux et donnent des dissolutions jaunes. Voici comment la décoction aqueuse du campêche se comporte avec les réactifs :

Acides faibles	La font passer au jaune.
— concentrés.....	La font passer au rouge.
Acide sulfhydrique...	La décolore après l'avoir rendue jaune

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alcalis solubles	La colorent en rouge pourpre, puis en violet plus ou moins bleu.
Eau de chaux	Précipité bleu.
Oxydes métalliques hydratés	Précipité bleu.
Sels basiques	Agissent comme alcalis.
Sels acides	Agissent comme acides.
Sels neutres de magnésie, de chaux, de baryte	Colorent la liqueur en pourpre ou en violet.
Alun	Jaunit d'abord, la fait passer ensuite à la couleur de vin et au violet; précipité pourpre.
Aluminate de soude et soude en excès	Abondant précipité violacé, insoluble dans un excès d'alcali.
Sels de plomb	Précipité violet très-foncé, plus bleu que rouge par réflexion, plus rouge que bleu par transmission.
Chlorure d'étain	Précipité violet ou bleu.
Sels de fer	— noir bleuâtre.
— de cuivre	— bleu ou lie de vin foncé.
— de zinc	— pourpre rouge foncé.
— d'or	— orangé.
Chloride de mercure	— orange rouge.
Chlorure d'antimoine	— cramoisi.
Azotate de bismuth	— violet magnifique.
Gélatine	— rouge.

Il est malheureux que la matière colorante du campêche, qui donne de si belles nuances avec la plupart des agents minéraux, soit si peu stable et ne fournisse que des couleurs petit teint. Néanmoins, on l'emploie fréquemment en teinture pour faire les violets, les bleus, les gris, les noirs, les cramoisis. Les couleurs sur laine et soie sont toujours plus solides que celles sur coton et lin. On associe souvent le campêche au quercitron, au sumac, au fernambouc. C'est surtout pour les gris et les noirs qu'il est utilisé. On reconnaît facilement les étoffes teintes par ce bois à la couleur rouge qu'elles acquièrent par le contact des acides concentrés. On remonte fréquemment avec ce bois les bleus d'indigo sur laine et coton, c'est-à-dire qu'après avoir donné à ces tissus un pied plus ou moins fort de bleu de cuve, on les passe dans un bain de campêche et de vert-de-gris à plusieurs reprises, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la nuance désirée. On donne un peu plus de solidité au *bleu remonté* sur coton, en engallant sur le pied de bleu solide. On découvre aisément que ces bleus sont de faux teint, en les trempant dans de l'eau aiguisée d'acide sulfurique; le bleu remonté disparaît en colorant l'eau en jaune rougeâtre, et il ne reste que le pied de bleu solide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On fabrique actuellement, pour l'usage des teinturiers et des indienneurs, des décoctions concentrées à la densité de 14 à 15° à l'aréomètre, qu'on appelle improprement *extraits*, et de véritables extraits secs, dont l'emploi se généralise de plus en plus. Le procédé le plus général, qui s'applique d'ailleurs au traitement de tous les autres bois tinctoriaux, consiste à épuiser les matières, réduites en poudres grossières ou en copeaux minces, par un courant de vapeur d'eau, dans des récipients hermétiquement fermés, puis à concentrer les jus clairs dans des appareils d'où l'air est exclu et plus ou moins analogues à la chaudière de Roth des raffineurs.

M. Panay, de Puteaux (Seine), est un des premiers qui se soit livré avec succès à ce genre de fabrication ; puis sont venus MM. Besseyre, Dubuisson et Meissonnier, enfin M. Varillat, de Rouen, dont les produits sont d'une rare perfection. On ne doit faire usage que des extraits qui se dissolvent dans l'eau sans résidu. Ils sont d'un emploi très-commode pour monter les bains, et ils permettent d'avoir ceux-ci au même degré de force. C'est surtout pour l'impression des étoffes de laine et de soie qu'on en consomme d'énormes quantités. En général, les extraits secs de M. Varillat remplacent huit à dix fois leur poids de bois en copeaux.

Quelquefois, on soumet le bois de Campêche à une oxydation avant d'en faire usage. Pour cela, on humecte la poudre et on la met en couche de 1 mètre à 1 m. 1/2 d'épaisseur sur le sol d'une chambre que l'on peut aérer. Une fermentation s'établit bientôt dans le sein de cette poudre humide; on a soin d'empêcher que la chaleur ne s'élève trop, en établissant un fort courant d'air dans la chambre, ou mieux en pelletant la poudre et la déplaçant. Au bout de trois à quatre semaines, le bois a pris une couleur rouge de sang par suite du changement de l'hématoxyline en hématéine. Il rend alors beaucoup plus en teinture; cependant pour certains genres d'impression, il n'est pas aussi convenable que du bois non fermenté.

Dans tous les cas, chez les teinturiers, on ne doit employer que des eaux calcaires pour faire les décoctions, attendu que le carbonate de chaux développe l'intensité de la couleur et facilite singulièrement la dissolution du principe tinctorial (1).

(1) Voici un fait qui démontre le rôle utile des eaux calcaires dans ce cas. Il y a une trentaine d'années, dans une teinturerie d'Eauplet, près Rouen, où l'on teignait des calicots en noir au moyen du campêche et des sels de fer, on remplaça, tout à coup, les appareils ordinaires par le chauffage à la vapeur, et l'on fit, dès lors, les décoctions au moyen de la vapeur d'eau. Mais, dès ce moment, on ne put obtenir ces beaux noirs qui avaient fait la réputation de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dupasquier a reconnu, en 1846, que le bicarbonate de chaux est le seul des sels de chaux qui tourne au rose ou au rouge violet la couleur jaune du campêche, et il a conseillé l'emploi de la teinture alcoolique de ce bois comme le réactif le plus sensible pour reconnaître dans les eaux les moindres traces de bicarbonate de chaux. — Cette teinture se fait en laissant macérer de l'alcool sur du bois récemment coupé et présentant une nuance jaunâtre ; le liquide doit être assez chargé de matière colorante pour présenter une teinte brunâtre foncée. Trois ou quatre gouttes de ce réactif versées dans un verre d'eau, y font apparaître sur-le-champ une *belle couleur violette*, pour peu que l'eau contienne du bicarbonate de chaux en dissolution ; la couleur est d'autant plus foncée que le sel de chaux est en plus grande quantité.

BOIS ROUGES OU BOIS DE BRÉSIL.

Sous le nom générique de BOIS ROUGES ou de BOIS DE BRÉSIL, on réunit les bois de plusieurs arbres de la famille des légumineuses (*fig.* 525), qui croissent dans les Indes orientales, l'Amérique méridionale, les Antilles, et qui viennent en bûches, souches, bâtons (1). Ces bois durs, compactes, recevant moins facilement le poli que le campêche, ont une couleur jaune rougeâtre ou rouge vif qui brunit à l'air; ils n'ont pas d'odeur, leur saveur est douceâtre, et ils teignent la salive en rouge clair. Les diverses sortes de ces bois rouges sont désignées, dans le commerce, sous les noms des pays de production. Voici les caractères distinctifs des principales :

---

maison. M. Houtou de Labillardière, alors en possession de la chaire de chimie de Rouen, ayant été consulté par le chef de l'établissement sur une circonstance aussi fâcheuse, remarqua que les décoctions de campêche dont on se servait avaient une couleur jaune-orangé, ce qu'il attribua à ce que l'eau n'était point assez calcaire ; et cela provenait, en effet, de ce que la condensation de la vapeur introduisait dans les bains beaucoup d'eau distillée. Il conseilla alors de mettre de la craie dans ces bains, et, dès cet instant, tous les accidents disparurent ; on fit d'aussi beaux noirs qu'auparavant.

La couleur jaune orangée du *curaçao de Hollande* est due à la couleur du campêche passée au jaune par l'acide libre des oranges qui servent à la composition de cette liqueur. Quand un liquoriste veut prouver que son curaçao est bien de Hollande, il en verse quelques gouttes dans un verre d'eau ordinaire, pour montrer la production d'une couleur rose ou rouge, ce qu'il donne comme une preuve incontestable de l'origine de sa liqueur. C'est au carbonate de chaux contenu dans l'eau qu'il faut rapporter ce virement de nuance. Aussi, si l'on voulait intriguer le liquoriste, il faudrait lui présenter de l'eau distillée ; le curaçao ne changerait pas alors de couleur.

(1) Ces bois, depuis longtemps employés dans les Indes, étaient introduits en Europe avant la découverte de l'Amérique. Les anciens se servaient déjà, en effet, du bois de *sapan* pour les teintures en rouge ; il leur arrivait des grandes Indes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1. *Bois de Fernambouc ou Fernambourg.* — Produit par le *Cæsalpinia crista*, très-abondant dans les forêts du Brésil et de la Jamaïque. Bûches, partie rondes, partie plates et en éclats de toutes grosseurs, de 2 à 30 kilogr. Très-dur, pesant, compacte, rouge à l'extérieur, pâle à l'intérieur lorsqu'il est nouvellement fendu, prenant de la couleur à l'air et devenant d'un brun rouge. Saveur sucrée; odeur faiblement aromatique. Communique à l'eau une très-belle couleur rouge. Espèce la plus estimée. Le meilleur vient du gouvernement de Paraïbo.



Fig. 525.

2. *Bois de Brésil proprement dit.* — Produit par le *Cæsalpinia brasiliensis*, des forêts du Brésil. Bûches taillées à la hache et dépouillées de leur aubier. Dur, compacte, d'un rouge de brique quand il vient d'être scié, et brunissant à mesure qu'il vieillit; susceptible de poli. Il est moitié moins riche en matière tinctoriale que le précédent; plus il est vieux, plus il en renferme.

3. *Bois de Sainte-Marthe.* — Produit par le *Cæsalpinia echinata* des forêts de Sainte-Marthe ou *Sierra Nevada* au Mexique. Bûches d'environ 1 mètre de longueur, coupées d'un bout en forme arrondie et de l'autre carrément, profondément sillonnées de crevasses dans lesquelles il y a beaucoup d'aubier. Ces bûches pèsent de 10 à 20 kilog. Dans les transactions commerciales, on stipule généralement que 4 bûches pèseront 50 kilogr. Cette condition a lieu parce que les grosses bûches donnent moins d'aubier, et par conséquent moins de perte que les petites. Dur, pesant, compacte, couvert d'un aubier blanc jaunâtre, d'une couleur jaune rougeâtre à l'intérieur, tissu plus lâche vers la moelle qu'à la périphérie. Sa coupe transversale a une forme étoilée. Moins foncé et moins riche en couleur que le *Fernambouc* ; tient le second rang parmi les bois de Brésil.

4. *Bois de Nicaragua ou de Nicaraque.* — Paraît être produit par le même arbre que le précédent, avec lequel on le confond et on le mêle souvent; il est très-probable que ce sont les branches du bois du Sainte-Marthe. Vient de la province de Nicaragua au Mexique. Bâtons écorcés de la grosseur du bras, très-tortueux et remplis de trous. Sa valeur dépend beaucoup de la grosseur des bûches, dont les plus longues sont les plus estimées. Pour s'entendre lors d'un marché, on le désigne ordinairement par la quantité de bûches qu'il faut pour former 50 kilogr. Il s'en trouve de tous poids, depuis 3 jusqu'à 20 kilogr. ; il y a souvent des parties, qu'on appelle *petit nicaragua*, qui se composent de bûches de 3 à 6 kilogr. Dur, compacte, d'un rouge pâle extérieurement, et plus foncé au centre. Il est, en général, plus coloré que le *bois de sapan* auquel il ressemble un peu par son intérieur. Il est mal taillé et sillonné de crevasses profondes, qui suivent quelquefois toute la longueur de la bûche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5. *Bois de sapan ou sappan* (bois du Japon). — Produit par le *Cæsalpinia sappan*. Indes, royaume de Siam, îles Moluques, Chine, Japon, Antilles, Brésil, etc. — Bûches dépouillées de leur aubier ou branches présentant un canal médullaire très-apparent, rempli d'une moelle rouge jaunâtre, et souvent vide de la substance qu'il renfermait. — Dur, pesant, compacte, d'un grain fin, susceptible de prendre un beau poli; d'une couleur rouge beaucoup plus pâle que les autres bois du même genre. On en distingue deux sortes principales : *celui de Siam*, qui est en bûches privées d'aubier, grosses comme le bras et d'un rouge vif à l'intérieur; *celui de Bimas*, qui est en bâtons de 27 à 33 millimètres de diamètre, jaunâtre à l'intérieur et d'un rouge rosé aux parties qui approchent de la surface et ont éprouvé l'action oxygénante de l'air. — Le bois de *Lima* du commerce n'est qu'une variété de sapan. Les bois de Manille et des autres Philippines, de Saint-Martin et de Padangs, sont les plus mauvaises variétés.

6. *Bois de Brésillet*. — Produit par le *Cæsalpinia vesicaria*; suivant d'autres, par un arbrisseau du genre *Balsamodendron*. — Guyane et quelques-unes des Antilles, notamment la Jamaïque ; îles de Bahama. — On l'appelle souvent aussi, à cause de son origine, *bois rouge de la Jamaïque*, *bois de Bahama*. — Bâtons de 54 millimètres environ de diamètre, dépouillés de leur écorce, mais recouverts d'un aubier blanchâtre ; l'intérieur est d'un rouge brun parsemé de veines transversales plus foncées. C'est le moins estimé des bois de Brésil.

7. *Bois de Californie*. — Produit par un *Cæsalpinia* non spécifié des forêts de la Californie. — Bûches de toutes grosseurs. — Noueux, tortueux, à fibres quelquefois longitudinales, le plus souvent entrelacées, fort dur, d'un rouge jaune souci quand il vient d'être fendu, brunissant à l'air et devenant d'un rouge violet.

8. *Bois de Terre-Ferme*. — Produit par un *Cæsalpinia* non spécifié des forêts de la Terre-Ferme, une des régions de la république de Colombie. — Bûches travaillées à la hache ; vient à nu dans les navires, où il sert à l'arrimage. — Dur, pesant, compacte, noueux, tortueux, à fibres longitudinales, le plus souvent entrelacées, d'un intérieur jaune doré avec des cercles concentriques jaunes rougeâtres, plus serrés, plus larges, plus foncés en couleur, à mesure qu'ils diminuent de diamètre et s'approchent du centre. Ressemble un peu au *Nicaragua*, mais sa couleur est plus jaunâtre.

M. Chevreul a isolé la matière tinctoriale des bois de Brésil, à l'état de petites aiguilles orangées ou presque incolores, d'une saveur à la fois sucrée et amère, solubles dans l'eau ; il l'a nommée *brésiline*. Au contact de l'air, cette matière se colore en jaune, puis en rouge; par l'ébullition, elle devient très-rapidement d'un beau rouge cramoisi, et, par l'évaporation de la liqueur ainsi colorée, il se dépose une multitude d'aiguilles satinées d'un rouge très-vif. La *brésiline* s'est alors oxydée et a produit une matière colorante nouvelle, qu'on peut nommer *brésiléine*. C'est celle-ci qui agit en teinture. La conversion de la *brésiline* en *brésiléine* est effectuée instantanément par l'action des corps oxygénants, no-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tamment par l'acide chromique et le bichromate de potasse.

Si l'air fonce la teinte des bois de Brésil en oxydant la *brésiline*, cependant, à la longue, il détruit leur couleur ; ainsi, du bois très-divisé et exposé pendant un an à l'air et au soleil perd complétement sa matière colorante.

Le bois moulu donne à l'eau froide, en moins d'un quart d'heure, une teinte d'un rouge vif. Cette propriété distingue les bois de Brésil : du campêche qui ne colore pas l'eau ; des mauvais bois rouges qui donnent à l'eau une teinte plus ou moins brunâtre ; et du bois de *Santal*, qui ne teint pas l'eau. L'eau bouillante extrait presque toute la matière colorante ; le résidu est noirâtre. Voici comment cette décoction se comporte avec les réactifs :

Acides	Changent la couleur en jaune, et occasionnent un précipité rouge inclinant plus ou moins au jaune.
Acide sulfhydrique	Décoloration.
Alcalis solubles	Colorent en cramoisi ou en violet foncé.
Eau de chaux Oxydes métall. hydratés.	Précipité cramoisi.
Sels basiques	Agissent comme alcalis.
Sels acides	Agissent comme acides.
Sels neutres de magnésie, de chaux, de baryte	Colorent la liqueur en rouge foncé.
Alun	Précipité rouge cramoisi.
Sels de plomb	— rouge foncé.
Chlorure d'étain	— rose vif.
Chloride d'étain	— jaune de soufre.
Sels de fer	— brun violet.
Sels de cuivre	— rouge cramoisi, passant au violet foncé.
Sels de zinc	— brun.
Chloride de mercure	— brun.
Azotate de bismuth	— rouge cramoisi.
Gélatine	— rouge abondant.

La décoction des bois rouges est appelée dans les ateliers *jus de Brésil*. L'expérience a démontré qu'elle produit de moins bons effets en teinture lorsqu'elle est récente que lorsqu'elle est vieille et qu'elle a subi un certain degré de fermentation. Conservée, en effet, dans une cave ou dans un lieu à température modérée, pendant plusieurs mois, elle éprouve une altération qui embellit sa couleur et la rend plus solide. Il est probable que la fermentation la désoxygène en partie, et fait déposer le tannin et les autres matières étrangères qui nuisent à la vivacité et à la solidité des nuances.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour obtenir ce *jus de Brésil*, on fait bouillir, pendant deux ou trois heures, le bois réduit en copeaux, et mieux en poudre, dans dix-huit ou vingt fois son poids d'eau. On verse cette première décoction dans une tonne. On remet de nouvelle eau sur le bois, et on la fait bouillir pendant deux heures; puis on mêle cette seconde décoction à la première. Il est préférable de faire ces décoctions au moyen de la vapeur; la couleur est plus solide. On jette de temps en temps dans la tonne de nouveau bois moulu, de manière à maintenir toujours une légère fermentation. — Il faut placer la tonne au jus dans un endroit qui ne soit pas exposé aux exhalaisons ammoniacales et sulfureuses, parce qu'elles altèrent et finissent par détruire la couleur des bois rouges.

On améliore singulièrement la qualité des jus de Brésil, d'après Dingler, en y ajoutant, pendant qu'ils sont en ébullition, une petite quantité de lait écrémé, dont la matière caséeuse, en se coagulant, entraîne la presque totalité de la matière fauve. Suivant Leuchs, la fermentation des poudres humides, pendant quatre ou cinq semaines, augmente la quantité de leur matière colorante, principalement pour le nicaragua. — Il paraît qu'on arrive aussi à d'excellents résultats en arrosant les copeaux de bois rouges avec une eau qui, par quintal métrique de bois, renferme environ 2 kilogr. de gélatine, et en les laissant en tas pendant quelques jours. Après cette préparation, ils cèdent plus rapidement leur matière colorante, et fournissent des bains quinze à vingt fois plus riches que par la méthode ordinaire. Les bois de Campêche offrent la même particularité.

Dans beaucoup d'établissements, on a adopté les extraits liquides et solides, préparés en grand, pour monter les bains de teinture. Un kilogramme des extraits secs de bois de Lima et de Sainte-Marthe, livrés par M. Varillat, remplace 12 kilogr. de poudre ou de copeaux.

Le bas prix des bois de Brésil et la vivacité des nuances qu'ils fournissent les font employer pour teindre en rose, en rouge, en amarante, en cramoisi; pour rendre plus vif le rouge de la garance, et pour les couleurs d'application sur laine, soie et coton. Malheureusement toutes les nuances qu'ils fournissent sont peu solides. On les rend un peu plus stables au moyen du vaporisage, ou en y associant de la galle, du sumac et autres astringents. Les nuances foncées avec les sels de fer sont moins altérables que les autres. Pour les couleurs d'application, il ne faut employer les bains de Brésil que lorsqu'ils ont bien reposé et abandonné toutes les parties résineuses qui retardent l'oxydation de la *brésiline* sur le tissu; c'est le seul moyen d'avoir des nuances bien nourries et non grattées. En passant dans un bain de bichromate de potasse les tissus teints, ou en imprimant par-dessus une solution épaissie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du même sel, on produit des nuances plus foncées, surtout après un passage en vapeur.

Pour la coloration des papiers de tenture, pour les peintures à la colle et même à l'huile, on fait usage de laques de Brésil, de Fernambouc, de Sainte-Marthe, qui sont connues dans le commerce sous les noms de *laques cramoisies*, *laques en boules de Venise*, *laques de Vienne*, *laques de Florence*, *nouvelles laques*, *rouge de Berlin*, etc. Elles sont souvent fort différentes les unes des autres par leurs nuances. On les prépare particulièrement à Paris, à Schweinfurth, à Cassel, à Vienne, en Italie, à Venise. Le plus habituellement, on les obtient en faisant absorber à plusieurs reprises des décoctions de bois rouges par un mélange de craie et d'amidon additionné d'alun. La pâte colorée est alors mise à égoutter, puis moulée en cubes ou en pains coniques, après y avoir ajouté un peu de colle d'amidon ou d'une dissolution de résine dans l'essence, pour en lier les parties. La *laque en boules de Venise*, qui est une des plus belles, peut être préparée en pétrissant un mélange de gélatine et d'alumine en gelée dans une forte décoction de bois de Brésil, qu'on renouvelle jusqu'à ce que la nuance soit assez foncée; on en avive la couleur par l'alun; on lui donne un reflet violet au moyen du savon; on la met en boules de la grosseur d'un marron.

SANTAL ROUGE.

Le *santal rouge* est le tronc d'un très-bel arbre, le *Pterocarpus santalinus*, des Indes orientales, de Ceylan, de Golconde, de Timor et de la côte de Coromandel. Il vient en Europe en bûches ou en morceaux équarris de différents poids, pesants, durs et très-secs, d'un brun noirâtre à l'extérieur et d'un rouge de sang à l'intérieur. Sa texture est très-fibreuse et assez remarquable, car ses fibres sont disposées par couches dirigées alternativement en sens inverse; de sorte que, lorsqu'on le fend dans le sens de son diamètre, il se sépare en deux morceaux, qui sont comme engrenés l'un dans l'autre, et, lorsqu'on y passe le rabot, la surface est alternativement polie et déchirée. Les parties polies offrent un grand nombre de pores allongés remplis d'une résine rouge.

C'est le plus vieux bois du tronc qui est bon pour la teinture. Le plus jeune contient peu de matière colorante; l'intérieur en contient plus que l'extérieur.

Le santal rouge est un peu plus léger que l'eau. Il est doué d'une odeur faible, mais agréable, analogue à celle de l'iris ou du bois de Campêche; il n'a pas de saveur proprement dite, mais il parfume légèrement la bouche. Il colore à peine l'eau bouillante, par la raison que sa matière tinctoriale, *la santaline*, découverte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en 1814 par Pelletier, est de nature résineuse. Mais il colore en rouge plus ou moins violet l'alcool, l'éther, le vinaigre et les liqueurs alcalines.

En 1847, M. Bolley, en 1850, M. Meyer, en 1853, M. Wimmer, ont soumis le santal à de nouvelles recherches. Le premier affirme que la *santaline* extraite d'un bois peu coloré renfermait 2 équivalents d'hydrogène de plus que la santaline retirée d'un bois ancien fortement coloré en rouge. — Le second, prétend avoir isolé de ce bois jusqu'à six matières distinctes : deux solubles dans l'alcool et quatre solubles dans l'eau. — Le troisième dit que la *santaline* est accompagnée d'une matière brune et amère, soluble dans l'eau bouillante, et d'une petite quantité d'une matière colorante résineuse et brune qu'il appelle *santalidine*, plus soluble que la santaline dans tous les véhicules et qui paraît n'être que le résultat de l'oxydation à l'air humide de cette dernière.

Mais tous ces résultats auraient besoin d'être contrôlés et vérifiés par de nouvelles analyses. Il est vraisemblable, néanmoins, que la santaline et la santalidine ne sont réellement que des produits d'oxydation d'un principe colorable, puisque, d'après le rapport d'un médecin des Missions qui a vécu longtemps à la côte du Malabar, les jeunes rameaux du *Pterocarpus santalinus*, coupés à l'état vivant, n'offrent dans leur intérieur qu'une couleur jaune, et ne se colorent en rouge qu'après l'exposition de leurs sections vives au contact de l'air.

En raison de sa nature et des propriétés de sa matière colorante, le santal ne cède à l'eau que fort peu de principes ; aussi ce liquide, même bouillant, ne prend-il qu'une teinte de jaune brun. Il abandonne, au contraire, très-facilement sa couleur à l'alcool, à l'éther, à l'acide acétique et aux eaux alcalines. Celles-ci, caustiques ou carbonatées, se colorent promptement en rouge violet, surtout à l'aide de la chaleur, mais elles ne tardent pas à devenir brunes à l'air.

Voici l'action des réactifs sur la teinture alcoolique de santal :

Eau distillée ajoutée en grande quantité.....	Trouble fortement en jaune d'ocre vif. Le précipité est redissous par les alcalis fixes, et la liqueur prend une couleur vineuse foncée.
Chlore.....	Décoloration avec précipité jaune brunâtre floconneux qui se rassemble très-vite à la surface.
Gélatine.....	Précipité floconneux jaune d'ocre brunâtre.
Alcalis solubles.....	Virent au cramoisi ou au violet très-foncé.
Eau de chaux.....	Précipité brun rougeâtre abondant, très-divisé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acide sulfurique	Fonce la couleur en la tournant au rouge de cochenille.
Acide sulfhydrique	Agit comme l'eau.
Chlorure d'étain	Précipité rouge de sang.
Chloride d'étain	— rouge brique.
Sels ferreux	Coloration et précipité violet très-abondant.
— ferriques — cuivriques	Coloration et précipité rouge brun intense.
— d'alumine	Troublent la liqueur par l'eau de leur dissolution.
— de plomb	Précipité gélatineux violet foncé.
Chloride de mercure	— écarlate.
Azotate d'argent	— rouge brun.
Sulfate de zinc	— floconneux rouge vif.
Émétique	— abondant, de couleur cerise foncée.
Sels de bismuth	Colorent en rouge cramoisi clair et éclatant.

Le santal est employé dans les Indes, mêlé avec 1/10 de sapan pour teindre la soie et le coton. Chez nous, on en tire actuellement un excellent parti pour teindre les draps et le coton, en rouge corsé ou en nuances dérivées, qu'on rend plus ou moins brunes par un passage en bichromate de potasse. On l'associe à la galle et au sumac pour faire des bruns; à la galle, au bois jaune, à la garance pour les couleurs de bois, de savoyard, d'acajou. On l'emploie surtout pour économiser la garance et pour remonter les bleus de cuve. Malheureusement il donne beaucoup de raideur à la laine, et son rouge brunit à l'air. Ce n'est, au reste, que depuis qu'on est parvenu à donner à ce bois une division extrême, à l'obtenir en poudre ronde, qu'on a pu s'en servir économiquement en teinture. On en consomme, à Elbeuf, plusieurs millions de kilogrammes, notamment pour avoir la belle nuance connue sous le nom de *bleu de Nemours* ou *bleu national*.

Les bois rouges suivants ne paraissent être que des santals rouges, et ils peuvent servir aux mêmes usages que le précédent:

1. *Bois de Caliatour* ou de *Cariatour*. — Il vient des Indes orientales, à nu, en bûches de 2 à 3 mètres de longueur. — Dur, compacte, pesant et d'un grain assez fin; rouge vif à l'intérieur, rouge noirâtre à l'extérieur; il noircit facilement au dehors. Odeur assez marquée. — Il est supérieur au santal proprement dit, sous le rapport de la vivacité et de la couleur rouge de ses teintes.

2. *Bois de Madagascar*. — Très-volumineux, d'un rouge vineux, à texture fine, ressemblant beaucoup au *Caliatour*, mais moins pesant et moins compacte. Il est assez rare dans le commerce.

3. Un bois rouge qui a beaucoup d'analogie avec le santal est le *Bar-Wood*, introduit en Europe par les Portugais, il y a soixante-seize à qua-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tre-vingts ans. Il est fourni par un grand et bel arbre de la colonie de Sierra-Leone, en Afrique, nommé *Baphia nitida* par Afzelius.

Il est, dans le commerce, en poudre grossière, d'un rouge vif, semblable à celle du santal, sans odeur et sans saveur prononcées. Il ne colore presque pas la salive. Il est à peine attaqué par l'eau, mais il colore presque immédiatement l'alcool en rouge vineux très-foncé, en lui cédant 23 p. 100 de matière colorante; le santal n'en donne que 16,75, d'après Pelletier. L'éther, le vinaigre, les liqueurs alcalines agissent sur lui comme sur le santal. Il en est de même des différents réactifs sur la solution alcoolique.

On obtient avec ce bois, dans les teintureries anglaises, des nuances rouges et brunes d'une grande beauté. La couleur rouge est brillante, mais elle n'est pas aussi stable que celle de la garance; elle devient brunâtre avec le savon. Quant aux couleurs brunes, elles sont parfaitement solides. Le rouge foncé qu'on voit habituellement sur les mouchoirs *bandanas* anglais est, la plupart du temps, produit par la matière colorante du *Bar-Wood*, rendue plus foncée par le sulfate de fer. En associant à ce bois du quercitron et d'autres substances tinctoriales, on produit une grande variété de nuances; mais, dans ce cas, on teint avec les deux matières colorantes l'une après l'autre.

4. Le *Cam-Wood*, autre bois rouge qui arrive également de la côte d'Afrique, et qui possède toutes les propriétés du *Bar-Wood*, fournit des couleurs analogues; mais il n'est pas employé, son prix étant une fois et demie plus élevé, et les nuances qu'il produit étant moins solides. Il est probable que ce n'est qu'une variété de *Bar-Wood* venant d'une autre localité.

A Elbeuf, on emploie actuellement le *caliatour*, le *Bar-Wood* et le *Cam-Wood*, pour la teinture des laines, lorsqu'on veut avoir des nuances autres que celles qui sont propres au santal ordinaire.

CARTHAME OU SAFRANUM.

On connaît, depuis longtemps, sous les noms de *carthame*, de *safranum*, de *safran bâtard* ou *faux safran*, de *safran d'Allemagne*, la fleur d'une espèce de chardon (*fig.* 526), que les botanistes appellent *Carthamus tinctorius*. Cette plante annuelle, originaire de l'Inde, est cultivée dans le Levant, en Égypte, en Espagne, en Italie, en Allemagne, dans le midi de la France, particulièrement aux environs de Lyon.

C'est lorsque les fleurs commencent à se flétrir qu'on en fait la récolte. En Égypte, on arrose les plantes quelques jours avant la cueillette des fleurs, matin et soir, puis, après cette dernière opération, on comprime ces fleurs entre des pierres pour en faire sortir le suc, on les lave, on les exprime entre les mains, et on les fait sécher sur des nattes qu'on recouvre pendant le jour pour les garantir de l'action destructive du soleil.

Voici les espèces de safranum connues dans le commerce :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1. *Safranum d'Espagne.* — Très-haut et très-riche en couleur, large et bien nourri. Dans cette espèce, il y a souvent des fleurs noires.

Emballage. Balles de différentes formes et de différents poids.



Fig. 526.

2. *Safranum de l'Inde.* — Petites galettes aplaties, légères, faciles à développer, d'un rouge rosé à l'intérieur et moins vif au dehors. Il contient quelquefois du sable.

Emballage. Balles de 75 à 150 kilogrammes, dont l'enveloppe extérieure en roseaux, dite *gunny*, recouvre quelquefois une toile fine.

3. *Safranum d'Égypte.* — Fleurs présentant des filets courts, déliés, frisés, d'un rouge prononcé et d'une odeur forte.

Emballage. Balles fortement serrées avec une corde d'écorce d'arbre, ou *caffas* du poids de 320 à 350 kilgr. avec un emballage intérieur en toile bleue, garantie par une cage de roseau, le tout entouré d'une grosse toile avec cordes.

4. *Safranum de Batavia.* — Fleurs bien nourries, réduites en masses par leur pression dans les balles; d'un rouge foncé, mais moins riches en parties colorantes que le safranum de l'Inde. — On en rencontre souvent de noir.

Emballage. En balles de différents poids.

Le safranum d'Égypte est le plus estimé; il contient deux fois plus de matière colorante rose que les autres; celui du Caire est préférable à celui de la Haute-Égypte. Ces contrées en produisent annuellement de 15 à 18,000 quintaux.

On commence à le cultiver en Algérie. En 1852, la récolte était évaluée à 200 kil. de matière tinctoriale marchande, et à 700 kil. de graines dont on peut retirer de l'huile.

Les importations de carthame se sont élevées en 1856, d'après les états officiels des douanes, à 259,158 kilogrammes.

Le safranum doit être choisi d'une belle couleur de feu, exempt le plus possible de fleurs jaunes qui ne contiennent aucun principe colorant et qui diminuent la valeur de la marchandise. Lorsqu'il a une couleur terne, c'est un indice certain que la fleur a été mal desséchée et cueillie trop tard, car elle perd de son éclat à mesure qu'elle se développe davantage. — Le safranum ne doit renfermer ni paille, ni fleurs noires, ni sable.

Dans ces fleurs, il y a une matière colorante rouge de nature résineuse, que M. Chevreul a nommée *carthamine*, et Dœbereiner *acide carthamique* en raison de ses propriétés manifestement acides. M. Schlieper la représente par $C^{14}H^{8}O^{7}$. Sa proportion varie de 0,003 à 0,006 .

La carthamine est associée à deux principes jaunes : l'un soluble dans l'eau, acide, très-abondant puisqu'il constitue souvent plus du quart de la masse totale des fleurs; M. Schlieper le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

représente par $C^{16}H^{10}O^{10}$: l'autre insoluble dans l'eau froide, soluble dans les alcalis, et dont la proportion, 2 à 6 p. 100, paraît diminuer avec l'augmentation de la carthamine, si bien qu'il peut être considéré comme l'état colorable de cette dernière.

Pour obtenir la carthamine, on lave le safranum à l'eau froide, en le foulant et le pressant au milieu de ce liquide, après l'avoir enfermé dans un sac de toile, jusqu'à ce qu'il ne colore plus l'eau, ce qui demande un temps fort considérable ; on fait ensuite macérer la fleur, dépouillée de sa matière jaune, dans son poids d'eau aiguisée de 15 centièmes de carbonate de soude pendant une heure ou deux, et on plonge dans ce bain des écheveaux de coton sur lesquels on précipite la matière colorante au moyen du jus de citron. On lave plusieurs fois le coton, pour enlever un peu de matière jaune qui restait dans le bain, puis on le fait tremper dans une eau alcaline, pour redissoudre la carthamine ainsi purifiée. En neutralisant la liqueur par le jus de citron, on isole la couleur qui se dépose en flocons légers. On rassemble ceux-ci avec soin pour les laver et les sécher sur une assiette. On a alors des écailles minces, d'un rouge brun, qui, broyées à l'eau avec du talc réduit en poudre impalpable, donnent le *rouge végétal* qu'on fait dessécher sur de petits vases de porcelaine. C'est avec cette belle pâte rose que les dames communiquent à la peau l'apparence de la fraîcheur.



9. *Rose du carthame.*

Le safranum ne fournit que quelques millièmes de son poids de carthamine, aussi cette couleur pure vaut-elle environ 3,000 francs le kilogramme; c'est à peu près le prix de l'or. Heureusement qu'il n'en faut qu'une très-petite proportion pour couvrir et teindre en beau rose une grande surface.

Malgré le peu de solidité de cette couleur, on s'en sert pour teindre la soie, le coton et le lin en ponceau, en nacarat, en cerise, en rose, en couleur de chair, nuances très-brillantes et fort recherchées. On a soin de bien dépouiller le safranum de sa couleur jaune, qui ternit les rouges et les roses. Pour leur communiquer plus de feu, on donne au tissu un pied léger de rocou, surtout pour les ponceaux. Quelquefois, par économie, pour les nuances fortes, on ajoute au bain à peu près 1/5 d'orseille.

Dans le Midi, les cultivateurs pauvres emploient le safranum à la place du safran, pour colorer leurs mets.

ORSEILLE.

On connaît, dans le commerce, sous le nom d'*orseille*, une pâte molle, d'un rouge violet très-foncé, qui sert, depuis le XIVe siècle (1),

(1) En 1300, un Florentin de race allemande, nommé Federigo, ayant, par ha-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la teinture des laines. Cette pâte est préparée avec différents lichens, petites plantes dures et coriaces, qui vivent sur les écorces des arbres, sur les feuilles, sur les pierres ou dans les terrains humides, et qui, dans les contrées boréales, constituent la seule végétation.

Les lichens tinctoriaux avec lesquels on fabrique l'orseille se divisent en deux classes, qu'on désigne sous les noms d'*orseille de mer* ou *des îles* et d'*orseille de terre*.

Les premiers (*Roccella tinctoria* et *R. fuciformis*) (*fig.* 527) croissent sur les rochers, aux bords de la mer, principalement aux îles Canaries, du Cap-Vert, de Madère, de l'Archipel grec, de Corse, de Sardaigne. Ils ont des tiges et des rameaux presque cylindriques, d'un blanc grisâtre ou brunâtre, de plusieurs centimètres de long.

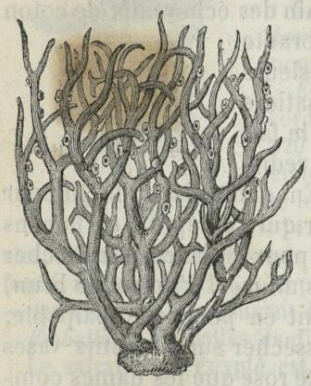


Fig. 527.

Les seconds (*Variolaria*) croissent dans les Pyrénées, près des montagnes de la Catalogne, et dans les montagnes de l'Auvergne. Ils sont sous la forme de croûtes à peine grosses comme des lentilles, irrégulières, blanches, et adhérentes aux rochers. L'espèce principale est nommée *Parelle d'Auvergne;* c'est le *Variolaria orcina.*

Il n'y a, dans ces différents lichens, aucune matière colorante, mais on y trouve certains acides incolores, nommés *érythrique, lécanorique, évernique*, qui, sous l'influence de la chaleur ou des alcalis se métamorphosent rapidement en un principe sucré, cristallisable, volatil, non azoté, nommé *orcine* par Robiquet; c'est ensuite ce principe qui, en présence de l'air et de l'ammoniaque, donne lieu à une superbe matière colorante violette, désignée par le nom d'*orcéine.*

Robiquet (1) a parfaitement constaté que l'*orcine* fixe, pendant

---

sard, découvert dans le Levant les propriétés tinctoriales des lichens qui fournissent l'orseille, en introduisit l'usage à Florence, et fit une si grande fortune, qu'il devint le chef d'une des premières familles, qui prenait le nom d'*Oricellarii*, plus tard, *Rucellarii* et *Rucellai*. Pendant plus d'un siècle, l'Italie livra exclusivement l'orseille ; on recueillait les lichens sur les côtes des îles de la Méditerranée. Après 1402, époque de la découverte des îles Canaries, on en tira ces lichens, et plus tard aussi des îles du Cap-Vert.

(1) Robiquet (Pierre), né à Rennes en 1780, a été l'un des meilleurs élèves de Fourcroy et de Vauquelin. Après avoir fait, comme pharmacien militaire, les premières campagnes d'Italie, il reprit ses travaux de laboratoire et pendant plusieurs années prépara les leçons de Vauquelin. Son premier travail scientifique date

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sa transformation en matière violette, les éléments de l'ammoniaque et un peu d'oxygène.

Pendant cette transformation, l'orcine perd 1 équivalent d'hydrogène, mais gagne 1 équivalent d'azote et 2 équivalents d'oxygène, comme le montre l'équation suivante :

$$\overbrace{C^{14}H^{8}O^{4}}^{\text{Orcine.}} + O^{6} + AzH^{3} = 4HO + \overbrace{C^{14}H^{7}AzO^{6}}^{\text{Orcéine.}}.$$

L'*orcéine* est une poudre légère d'un brun puce foncé; elle est à peine soluble dans l'eau pure, mais elle se dissout facilement dans l'alcool, qu'elle colore en beau rouge écarlate, et dans les eaux alcalines en leur communiquant une couleur rouge violacée ou couleur *pensée*. L'hydrogène sulfuré la décolore momentanément. Pour pouvoir appliquer à la teinture les lichens dont il a été question précédemment, il faut donc procréer l'*orcéine* aux dépens des acides incolores qu'ils renferment. Voici comment on s'y prend, depuis longues années, pour obtenir ce résultat.

On pétrit les lichens nettoyés et pulvérisés avec de l'urine pourrie et une petite quantité de soude, ou de chaux éteinte, et on les laisse fermenter au contact de l'air, en les remuant fréquemment et en y ajoutant de temps à autre des mêmes ingrédients, parfois un peu d'alun et d'acide arsénieux jusqu'à ce que la pâte soit devenue d'un rouge violet assez foncé: Ce n'est guère qu'après vingt-quatre à trente jours, que cette pâte peut être mise en tonneau et livrée au commerce.

On a simplifié ce procédé défectueux en employant uniquement de l'ammoniaque caustique faible pour développer la couleur violette dans les lichens. L'orseille, ainsi préparée, est beaucoup moins impure; elle est connue sous les noms d'*orseille épurée*, d'*orseille violette*.

Le *Cudbear* des Anglais, et le *Persio* des Allemands, sont des orseilles épurées qu'on livre à l'état de poudre sèche.

L'*extrait d'orseille* et le *carmin d'orseille* ou *extrait d'orseille très-*

---

de 1805, et jusqu'à sa mort, arrivée en 1840, il n'a cessé de faire des découvertes curieuses et utiles. Ses recherches ont porté principalement sur la composition du suc de l'asperge, de la racine de réglisse, des cantharides, sur la nature du kermès minéral, sur les matières colorantes de la garance, de l'orseille, sur l'arome, le bleu de Prusse, l'opium, les amandes amères, les eaux thermales de Néris, la constitution des corps organiques, etc. Tous ces travaux offrent le cachet d'une habileté d'expérimentation peu commune, d'une hardiesse d'esprit et d'un rare talent d'observation associés à la fidélité la plus scrupuleuse. Appelé en 1812 à l'École de pharmacie pour y professer la chimie, puis la matière médicale, la faiblesse de sa santé ne lui permit pas de continuer longtemps l'enseignement public. Il créa l'une des premières fabriques de produits chimiques à l'usage des pharmaciens et des laboratoires de chimie. Une pétition spontanée des élèves de l'École de pharmacie, adressée en 1830, au nouveau gouvernement, obtint pour Robiquet, oublié jusqu'alors, la croix de la Légion d'honneur. En 1833, il remplaça Chaptal à l'Académie des sciences, et il enrichit de nombreux et importants mémoires ou rapports le recueil de cette illustre compagnie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

concentré, sont le résultat de l'évaporation des eaux qui ont servi à épuiser l'orseille ordinaire de tous ses principes solubles. Ils sont d'une qualité bien inférieure, puisqu'il a fallu recourir à une chaleur longtemps prolongée pour concentrer en sirop ou en pâte des masses de liquide.

Depuis 1848, grâce aux belles recherches de M. Stenhouse, on a singulièrement perfectionné la fabrication de l'orseille en enlevant mécaniquement aux lichens les différents principes colorables qu'ils renferment, et en ne faisant servir que ceux-ci à la production de la couleur violette, ainsi que le chimiste anglais l'a conseillé. Voici comment on opère.

Les lichens épluchés et lavés à plusieurs eaux, sont triturés dans un moulin et mis à l'état de pâte liquide ; celle-ci est épuisée par des lavages répétés à l'eau froide ; toutes les liqueurs sont filtrées sur un feutre qui retient les débris ligneux ; en y versant ensuite un peu de bichlorure d'étain, on coagule les principes colorables et on en détermine la précipitation. On lave le dépôt sur des toiles, on le laisse égoutter, puis on le met dans un cuvier avec une suffisante quantité d'ammoniaque ; on brasse très-souvent la masse liquide pendant les premiers jours ; peu à peu la couleur violette se produit, mais ce n'est qu'au bout d'un mois que le principe colorant est arrivé à son maximum de développement. Le liquide pâteux est alors livré au commerce, ou bien on le fait sécher et on le pulvérise. M. Frezon lui a donné le nom d'*orseille pure et universelle*, parce qu'il peut servir à la teinture, à l'impression et à tous les genres de coloration. Il est facile de comprendre que ce produit est d'un emploi bien préférable à l'*orseille brute* ou *en pâte*, puisqu'il est débarrassé de tous les corps étrangers qui abondent dans cette dernière.

Quoi qu'il en soit, l'*orseille en pâte* du commerce a une odeur forte, désagréable, une couleur rouge-violette très-foncée. Elle offre à la vue beaucoup de débris presque entiers de la plante, et elle est parsemée d'un grand nombre de points blancs qui paraissent être un sel ammoniacal. Lorsqu'elle se dessèche dans les tonneaux, elle se présente en masses terreuses d'un violet foncé, qui tombent facilement en poudre. On évite cette dessiccation, chez le négociant, en l'imprégnant fréquemment d'urine fraîche.

Elle cède très-facilement sa couleur à l'eau, à l'alcool, et plus complétement à l'ammoniaque. L'infusion d'orseille a une couleur violette qui tire sur le cramoisi ; cette couleur disparaît au bout de quelques jours dans des vases clos, mais elle revient au contact de l'air. Voici l'action de quelques réactifs sur cette infusion :

Acides	Lui donnent une couleur rouge.
Alcalis	La rendent un peu plus violette.
Alun	Précipité d'un brun rouge ; la liqueur surnageante a une couleur jaunâtre.
Sel d'étain	Précipité rougeâtre qui se dépose lentement ; liqueur surnageante, garde une faible couleur rouge.
Acide sulfhydrique	Décoloration qui cesse par l'ébullition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Robert Kane admet dans l'orseille en pâte trois principes colorants rouges qui s'y trouvent combinés à l'ammoniaque : l'*orcéine*, l'*aroérythrine* ($C^{22}H^{38}Az^2O^{22}$), et l'acide *érythroléique* ($C^{26}H^{44}O^8$).

L'orseille récente est inférieure à celle d'un an ; mais la troisième année elle commence à se détériorer. Les couleurs qu'elle fournit ne sont pas très-solides, aussi n'emploie-t-on ordinairement cette substance qu'en combinaison avec d'autres matières colorantes. On s'en sert surtout pour la teinture des laines en



10. *Rouge d'orseille.*



11. *Mauve d'orseille.*



12. *Lilas d'orseille.*

violet, lilas, mauve, fleur de romarin, amarante, pourpre, ou pour donner de l'éclat à certaines couleurs, telles, par exemple, que les violets et colombines faits à la cochenille et à la cuve.

On piète souvent avec elle les soies ; on les teint aussi en lilas et violet, mais ces nuances se dégradent très-vite et perdent leur éclat. On l'utilise quelquefois dans l'impression des laines et des châlits.

Elle a la propriété d'aviver singulièrement l'indigo, et, par conséquent, de diminuer les frais de la teinture en bleu ; elle sert ainsi à obtenir les nuances dites : *bleu-lapis*, *bleu turc*.



13. *Bleu lapis.*

Les marbriers font usage de l'orseille pour colorer le marbre blanc et y produire des veines et taches bleues d'un aspect agréable.

La consommation annuelle de l'orseille, en France, peut s'évaluer à plus d'un million de francs.

En 1857, M. Marnas, chimiste de Lyon, a découvert le moyen d'obtenir des couleurs solides avec cette matière, et depuis 1858, la maison Guinon-Marnas et Bonnet livre au commerce un nouveau produit tinctorial sous le nom de *pourpre française*, qui donne sur soie, sur laine et sur coton huilé des nuances lilas, violette de Parme, mauve, marguerite, etc., remarquables par leur vivacité et leur stabilité.

La *pourpre française*, destinée à la teinture proprement dite, est une laque de chaux d'un très-riche violet, qu'on obtient de la manière suivante : on fait macérer les lichens réduits en poudre fine dans un lait de chaux pour dissoudre les acides colorables qu'ils contiennent. La liqueur filtrée est neutralisée par l'acide chlorhydrique ; il se forme ainsi un précipité gélatineux qu'on laisse égoutter sur des toiles pendant deux jours, puis on le dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sout, à l'aide de l'ébullition, dans l'ammoniaque, et on le maintient pendant 20 à 25 jours, à une température de + 60 à 70°, dans le double de son volume d'alcali volatil. Le liquide s'est fortement coloré en violet ; on le précipite par une solution de chlorure de calcium ammoniacale ; il se dépose une laque calcaire violette qu'on débarrasse par des lavages de toutes les matières virables par les acides, et qu'on dessèche avec précaution.

Le produit destiné à l'impression est une laque d'alumine, qu'on obtient en dissolvant la laque calcaire précédente dans l'acide oxalique, et versant dans cette solution du sulfate d'alumine, puis de l'ammoniaque. L'alumine, en se déposant, entraîne avec elle la matière violette.

Pour avoir cette dernière à l'état de pureté, on épuise la laque d'alumine par de l'alcool bouillant, et on évapore au bain-marie. Cette matière se montre en paillettes cuivrées très-foncées ; elle est insoluble dans l'eau froide, un peu soluble dans l'eau bouillante, presque insoluble dans l'éther ; l'acide sulfurique la dissout, sans l'altérer, en se colorant en bleu violet.

Ce qui caractérise essentiellement cette nouvelle substance colorante, c'est qu'elle se combine bien plus facilement que l'orséille ordinaire aux fibres animales par l'emploi d'un bain alcalin ; qu'elle leur donne immédiatement des nuances mauve et marguerite, qu'on peut virer au lilas ou à la couleur pensée au moyen du carmin d'indigo, ou au rouge groseille par le safranum ; qu'elle n'est pas influencée par les acides ; qu'enfin, elle teint, aussi facilement que la laine, le coton qui a été passé dans des bains huileux comme pour le rouge d'Andrinople.



14. *Dahlia à la pourpre française.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CINQUANTE-SIXIÈME LEÇON.

DES MATIÈRES TINCTORIALES. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Insectes tinctoriaux : *Cochenille*, *kermès*, *résine-laque*, *lac-lake* et *lac-dye*. — Racine d'orcanette. — *Alloxane* et rouge de *murexide*. — Distinction de la laine des autres fibres textiles au moyen de l'alloxane. — MATIÈRES TINCTORIALES JAUNES. — *Curcuma*. — *Fustet*. — *Bois jaune*.

INSECTES TINCTORIAUX.

Plusieurs petits insectes ailés, se rapprochant beaucoup des pucerons qui couvrent les branches des rosiers de nos jardins, et désignés par les naturalistes sous le nom commun de *Coccus*, constituent des substances tinctoriales fort riches en matière colorante rouge, et qui sont, depuis longues années, l'objet d'un commerce considérable.

L'un d'eux, qui vit et se propage sur différents *cactiers*, plantes grasses du Mexique, et notamment sur le *nopal* et la *raquette*, forme ce qu'on appelle la *cochenille* du commerce proprement dite.

Un autre, qui est propre au *chêne coccifère* du midi de la France, de l'Espagne, de l'Italie et des îles de l'Archipel, constitue la *cochenille du chêne*, appelée communément *kermès* et *graine d'écarlate*.

Un troisième insecte, qui se développe sur les racines des *scléranthes* de la Pologne et de l'Ukraine, fournit la *cochenille* ou le *kermès de Pologne*.

Enfin, un quatrième, qui se nourrit sur des figuiers, des jujubiers et autres arbres des Indes orientales, produit la *gomme* ou *résine-laque* du commerce.

La cochenille des cactiers est, sans contredit, la plus importante de toutes ces matières tinctoriales. Je vais, d'abord, vous en entretenir.

1. COCHENILLE PROPREMENT DITE. — Cette substance, telle qu'on la trouve dans le commerce, est regardée généralement comme une graine, à cause de sa forme (1).

(1) Il n'y a aucun doute que la cochenille ne fût connue en Perse très-anciennement, puisque le médecin Ctésias, qui vivait environ 400 ans avant Jésus-Christ, et, après lui, le philosophe Ælian, professeur de rhétorique à Rome, sous le règne d'Alexandre Sévère, ont donné la description de l'insecte qui constitue la cochenille et de la plante qui le nourrit; ils disent aussi que l'Inde produisait une si grande quantité de cette substance colorante, que, dès ces premiers temps, on en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En effet, c'est un petit corps orbiculaire, anguleux, de 2 millimètres à 2mm 1/2 de diamètre environ (*fig.* 528), noirâtre ou d'un rouge brun, qui ressemble plus à certaines semences, aux lentilles, par exemple, qu'à toute autre chose. Cependant c'est le corps desséché d'un insecte, plus ou moins mêlé à des sucs végétaux. Si l'on fait macérer cette matière dans de l'eau tiède pendant douze à quinze heures, elle lui communique une teinte rouge, se gonfle, s'arrondit et montre distinctement la structure d'un insecte dont le corps est couvert d'anneaux et muni de pattes et d'un suçoir (*fig.* 529). Si l'on ouvre chaque corpuscule, on voit qu'il est rempli d'une foule de petits grains ovoïdes, rougeâtres, dispersés dans une pulpe incolore ; ce sont des œufs.



Fig. 528.



Fig. 529.

Les Mexicains plantent autour de leurs habitations de vastes champs de *nopals* ou *cactiers* (*Opuntia coccinilifera*) sur lesquels ils déposent les *coccus* qu'ils vont chercher dans les bois. Les insectes pondent leurs œufs à l'âge de deux mois, et meurent très-peu de temps après; les petits se répandent sur les nopals et se fixent de préférence sur les pointes les mieux abrités du vent (*fig.* 530). Chaque année voit éclore plusieurs générations, jusqu'à six, d'après Thierry de Menonville, ce qui permet d'en faire autant de récoltes, lorsque la saison des pluies n'y met pas d'obstacles. Les coccus sécrètent une matière cotonneuse blanche, qui les recouvre sans les cacher, en sorte qu'on les dirait saupoudrés de farine (*a*, *fig.* 530). Ils subissent aussi plusieurs mues. On les recueille au moment où les femelles vont effectuer leur ponte, dès qu'on aper-

---

faisait un commerce d'exportation (Delaval). Le roi de Perse envoya à l'empereur Aurélien, entre autres présents, des étoffes de laine d'un pourpre bien plus éclatant que tout ce qu'on avait vu jusqu'alors dans l'empire romain (Beckmann).

L'usage de cette matière précieuse avait été perdu depuis longtemps en Europe, puisque dans le premier recueil de procédés de la teinture publié à Venise, en 1429, par Giovan Ventura Rosetti, il n'en est fait aucune mention. Les Espagnols fixèrent sur elle leur attention, en 1518, lorsqu'ils entrèrent à Mexico, et, en 1523, Cortez reçut l'ordre de la cour d'Espagne d'en augmenter la production. En 1581, une seule flotte en apporta 70,875 kilogrammes. Les Mexicains l'employaient pour peindre leurs ustensiles, leurs habitations, et pour teindre les étoffes de coton.

Lopez de Gomara, en 1525, donna le premier la description de l'insecte et du végétal qui le nourrit. Plus tard, on crut que la cochenille était un produit végétal, et, à cause de sa forme apparente, on la désigna sous le nom de *graine d'écarlate*. Cette opinion persista jusqu'à ce que Leuwenhoeck et autres (1703) eussent démontré son peu de fondement.

Peu de temps après la réapparition de la cochenille en Europe, on découvrit les procédés de la teinture en écarlate au moyen de cette substance et des sels d'étain (1563). C'est de cette époque que l'usage de cette matière tinctoriale devint général.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

çoit sur les nopals quelques insectes nouveau-nés; elles sont alors, en effet, plus lourdes et plus riches en matière colorante. La récolte se fait dans des paniers de paille ou dans des bassins de fer-blanc munis d'une échancrure dans laquelle on engage la partie étroite des articles de nopals. Avec un grand couteau à tranchant émoussé, on fait tomber les cochenilles dans ce récipient. On les plonge ensuite pendant quelques instants dans l'eau bouillante pour les faire périr, et on les dessèche au soleil ou dans des fours.



Fig. 530.

Un hectare de nopal produit environ 300 kilogrammes de cochenille, et trois hommes suffisent pour le soigner; 140,000 insectes donnent 1 kilogramme de cochenille séchée.

Les cochenilles domestiques, dites *cochenilles fines* ou *mestèques*, sont préférées aux cochenilles sauvages ou *sylvestres*, parce qu'elles sont bien plus riches en principe colorant.

Pendant longtemps le Mexique a eu le monopole de la production de la cochenille. Maintenant on la cultive enBar barie, à Valence en Espagne, aux Canaries, à Java et en Algérie (1).

Dans le commerce, on connaît quatre sortes de cochenille, dont quelques-unes offrent plusieurs variétés; en voici la désignation :

1. *Cochenilles Honduras* qui arrivent directement en Angleterre et de ce pays chez nous. Elles sont très-estimées des consommateurs. Elles comprennent :

A. La *cochenille noire* ou *zacatille*, noirâtre ou d'un rouge brun, luisante, avec des traces d'un enduit blanchâtre; donne une poudre d'un rouge cramoisi, devenant d'un rouge brun très-foncé par l'eau. C'est la meilleure. Elle vaut 18 à 19 fr. le kilogramme.

(1) C'est en 1831 seulement que la cochenille a été importée aux Canaries; la première année, la production de ces îles fut de 4 kilogr., et, dix-neuf ans plus tard, en 1850, elles en exportaient 300,000 kilogr. qui, au prix moyen de 15 fr. le kil., ont rapporté 4 millions et demi. En 1845, la culture qui commençait à se répandre à Java, vivement encouragée par le gouvernement hollandais, s'élevait déjà à 22,500 kilogr., dans les établissements publics. A Valence, en Espagne, on fait jusqu'à quatre récoltes par an de ce précieux insecte. Essayée en Algérie, dès 1831, la culture de la cochenille n'a commencé à se développer que dans ces dernières années. En 1854, le département d'Alger comptait 29 nopaleries et 500,000 pieds de nopal. La cochenille qu'on y récolte, quoique inférieure à celle du Mexique, vaut encore 16 fr. le kilogramme. En 1857, l'Algérie en a exporté pour une valeur de 12,000 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

B. La *cochenille grise*, nommée aussi *jaspée* ou *argentée*, couverte d'un enduit blanchâtre, nacré et pulvérulent, qui adhère à toute sa surface et qui est dû à une substance volatile, offrant à la loupe une forme cristalline très-marquée. Poudre d'une couleur moins foncée et prenant une teinte moins intense par l'eau. Elle vaut 17 fr. le kilogramme.

C. La *cochenille rougeâtre* n'offre la poussière blanche et argentée que dans l'intérieur des rides. Elle est la moins estimée des trois. Vaut 16 fr. le kilogramme.

Ces cochenilles viennent en sacs recouverts d'un jonc et d'un cuir, formant des surons pesant ordinairement de 75 à 80 kilogrammes.

2. *Cochenilles Vera-Cruz*, qui nous arrivent directement par Bordeaux et le Havre, en surons du poids de 80 à 100 kilogr. Le premier emballage est un sac en toile grise, le second des morceaux de cuir, le troisième des nattes tressées.

La 1re qualité, la *zacatille*, vaut 18 fr. 50 à 19 fr. le kilogr.
La 2e la *grise*, 17 fr.
La 3e la *rougeâtre*, 16 fr.

L'insecte, ou, comme on dit vulgairement, la mouche, doit être creuse, légère et frisée. Celle qui est en gros grains, terne, chargée de menus et de grabeaux résineux, est moins estimée.

3. *Cochenilles des Canaries* qui viennent de Cadix par Marseille; il en arrive peu, leur prix étant toujours plus élevé que celui des cochenilles du Mexique.

L'*argentée* vaut 18 fr. 50 à 19 fr. le kilogr.
La *noire* 17 fr. 50 à 18 fr.

Elles sont logées en petits sacs de 25 à 30 kilogr., en petites caisses du même poids et quelquefois en petits barils.

Cette sorte est toujours très-bonne.

4. *Cochenilles Java*, importées directement en Hollande, d'où nous les recevons par la voie de Rotterdam ou d'Amsterdam. Elles sont logées dans de petites caisses de fer-blanc, renfermées dans des caisses en bois; chaque caisse pèse 40 à 60 kilogr.

Cette sorte est la moins estimée; elle est petite et rougeâtre. Son prix est toujours de 3 fr. à 4 fr. moins élevé que les sortes du Mexique.

La quantité de ces diverses cochenilles importées en France, a été, pour 1856, de 405,956 kilogrammes; c'est l'Espagne qui en a fourni le plus, 173,000 kilogrammes; il en est venu 87,714 kilogrammes du Mexique et 43,277 du Brésil.

La composition chimique de la cochenille a été examinée, en 1818, par Pelletier et Caventou. Ils y ont trouvé :

Une matière colorante rouge, qu'ils ont nommée *carmine*;
Une matière azotée particulière ou *coccine*;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une matière grasse, formée d'oléine, de stéarine et d'un acide odorant (*acide coccinique*) ;
Des sels de potasse et de chaux.

On obtient la *carmine* en épuisant la cochenille par l'éther, puis, par l'alcool bouillant; le dépôt qui se forme par le refroidissement des liqueurs alcooliques est traité de nouveau par de l'alcool pur; après filtration, on ajoute un volume égal d'éther sulfurique qui détermine l'isolement de la carmine.

Elle est grenue, d'un rouge pourpre très-éclatant, inaltérable à l'air. Elle fond à + 50°. Elle est très-soluble dans l'eau, qu'elle colore en rouge tirant sur le cramoisi. Les acides concentrés la détruisent, tandis que, faibles, ils avivent sa couleur. Les liqueurs alcalines font passer sa teinte au violet; la plupart des dissolutions salines, l'alun, lui donnent une couleur cramoisie ou pourpre.

Lorsqu'on la soumet à des actions désoxydantes, elle perd sa couleur et se montre alors en petites aiguilles d'un jaune pâle et même d'un blanc parfait. L'action de l'air, celle du bichromate de potasse lui restituent sa nuance rouge; d'où il suit que la *carmine* de Pelletier et Caventou est la matière colorante oxygénée. D'après Pelletier, la carmine serait représentée par $C^{16}H^{13}AzO^{10}$; mais MM. Arppe et Warren de la Rue, qui l'appellent *acide carminique*, lui assignent la formule $C^{28}H^{14}O^{16}$. Elle serait associée dans la cochenille, d'après ces chimistes, à une substance azotée $C^{18}H^{11}AzO^{6}$, qu'on peut avoir en houppes soyeuses, et qui serait identique avec la *tyrosine*, matière que M. Liebig a obtenue en fondant la caséine avec la potasse.

Voici maintenant les caractères chimiques de la cochenille.

Cette substance sèche n'éprouve aucune altération à l'air, puisque Hellot a reconnu qu'une cochenille conservée pendant cinquante ans donnait une aussi bonne teinture que si elle était récente. Mais si l'on expose à l'air une décoction de cochenille, la matière colorante s'oxyde, devient violette et insoluble.

L'eau en contact avec cette substance tinctoriale se colore bientôt en rouge cramoisi; bouillante elle se charge d'une grande quantité de carmine et dissout, en outre, des matières azotées et grasses qui lui donnent la propriété de former des précipités avec la plupart des corps, ce qui n'arrive pas quand elle ne contient que de la carmine pure.

Ainsi, si l'on verse, dans cette décoction, de la crème de tartre, du sel d'oseille, de l'alun, il se produit des précipités rouges qui constituent le *carmin* du commerce, couleur si précieuse pour les peintres, pour la coloration des fleurs artificielles et des bonbons. C'est ordinairement avec l'alun qu'on prépare le carmin, qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

consiste en une combinaison de carmine, de matière animale, d'acide et d'un peu d'alumine (1).

Si l'on verse de l'alun dans une décoction de cochenille alcalisée, on obtient un beau précipité qu'on désigne dans les arts sous le nom de *laque carminée* (2).

Voici, du reste, l'ensemble des caractères chimiques qu'offre la décoction pure :

Acides	font virer la couleur au rouge jaunâtre et y déterminent un léger précipité.
Alcalis	la font virer au violet.
Eau de chaux	précipité violet abondant.
Alun	la fait virer au violet rouge, puis précipite.
Chlorur. d'aluminium	précipité violet rougeâtre. Le liquide surnageant est très-foncé et de couleur amarante.
Chlorure d'étain acide	vire au jaune et forme un précipité de coul. cerise.
Chlorure d'étain ordin.	précipité violet.
Chloride d'étain	vire la couleur au rouge écarlate.
Sulfate ferreux	vire au gris violeté et précipite.
Acétate de fer	précipité brun qui devient plus tard vert olive.
Sulfate de cuivre Sels de plomb	précipité violet.
Azotate mercureux	précipité lie de vin.
Azotate mercurique	précipité brun rougeâtre.
Sulfate de zinc	précipité violet foncé.

La cochenille est une des substances tinctoriales les plus im-

---

(1) La préparation du carmin a été découverte par hasard, à Pise, par un moine franciscain. Il préparait un extrait de cochenille avec du sel de tartre pour l'employer comme médicament. Versant un jour un acide dans la solution de cet extrait, il vit, non sans surprise, se déposer un beau précipité rouge. C'était du *carmin*. En 1656, le chimiste Homberg en fit connaître la préparation.

Le carmin est, dans le commerce, sous forme de petits pains enveloppés dans du papier fin, ou enfermé, soit dans des boîtes, soit dans des bocaux. Le carmin *fin* se vend 20 fr. le kilogr. ; le carmin *commun*, 6 fr. ; mais ce dernier est fréquemment mêlé d'alumine, de vermillon, d'amidon, etc., dans une proportion plus ou moins forte, et qui va quelquefois jusqu'à 50 p. 100. On reconnaît la pureté du carmin à ce qu'il se dissout sans résidu dans l'ammoniaque.

On vend le carmin sous deux états ; délayé dans du blanc d'œuf, ou dans une solution de colle de poisson. Le premier, dit *carmin à l'œuf*, est toujours un peu grumeleux ; c'est celui qu'emploient les confiseurs pour colorer leurs bonbons. Le deuxième, dit *carmin à la gélatine*, est beaucoup plus estimé ; c'est celui dont font usage les peintres en miniature.

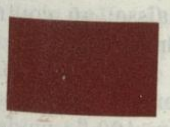
C'est principalement d'Allemagne qu'on tire le carmin. En 1856, on a importé 384 kil. de carmin fin et 3,125 kil. de carmin commun.

(2) La laque carminée paraît avoir été fabriquée d'abord à Florence, au moyen du *kermès*. Voilà pourquoi elle porta si longtemps le nom de *laque de Florence*. Dès 1686, on remplaça le kermès par la cochenille. Ce n'est que beaucoup plus tard qu'on en prépara à Paris et à Vienne. — Les peintres en bâtiments se servent sous le nom de *Laque carminée de Florence*, d'une laque de Brésil ou d'autre bois rouge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

portantes, puisque c'est avec elle qu'on colore la laine et la soie en cramoisi et en écarlate, couleurs magnifiques, mais plus brillantes que solides, puisque l'eau les tache et que les alcalis les rendent violettes. On fixe la matière colorante de la cochenille au moyen de l'alun et du tartre, et même de la composition d'étain, pour le *cramoisi fin;* pour l'*écarlate,* on supprime l'alun.

On prépare des violets, des mauves et couleurs analogues, pour



17. *Cramoisi à la cochenille.*



18. *Écarlate à la cochenille.*



19. *Violet ou mauve de cochenille.*

l'impression des laines, soit au moyen d'une décoction ammoniacale de cochenille, soit au moyen des préparations désignées dans le commerce sous le nom de *cochenille ammoniacale en tablettes* ou *en pâte.*

La première s'obtient en laissant séjourner pendant un mois, dans un vase fermé, trois parties d'ammoniaque sur une partie de cochenille moulue. On tire à clair, et on incorpore dans le liquide 0,4 d'alumine en gelée; on fait évaporer la bouillie dans une bassine de cuivre étamée jusqu'à ce que toute odeur d'ammoniaque ait disparu, et que, par le refroidissement, la masse prenne assez de consistance pour qu'il soit possible de la découper en tablettes. — Pour la *cochenille ammoniacale en pâte*, on ne laisse séjourner l'ammoniaque sur la cochenille que pendant huit jours, et on évapore le liquide jusqu'aux 2/3 sans y ajouter d'alumine. Cette dernière préparation est d'un tiers moins riche que la première en principe colorant.

On se sert fréquemment de la cochenille pour colorer les liqueurs de table et les teintures pharmaceutiques, les opiats et les poudres dentifrices ; pour faire une belle encre rouge; mais dans ce dernier cas, c'est surtout le carmin qu'on emploie; on le dissout dans l'ammoniaque et on épaissit avec de la gomme arabique blanche.

Les cochenilles sont fréquemment additionnées, par fraude, de sable, de poussière fine de plomb ou de soudure des plombiers, qui leur donnent beaucoup de poids. Magonty a trouvé plusieurs fois jusqu'à 30 p. 100 de poussière métallique. On *jaspe* aussi artificiellement certaines cochenilles en les secouant dans un sac avec du talc ou de la céruse. — Rien n'est plus facile que de reconnaître ces fraudes; il suffit d'en triturer quelques décigrammes dans un mortier de porcelaine, de délayer la poudre dans un peu d'eau, de décanter aussitôt, de verser une nouvelle quantité d'eau dans le mortier afin de bien enlever toute

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la poudre de cochenille. Lorsqu'il y aura eu sophistication, on trouvera toujours au fond du vase la matière minérale ajoutée.

Très-souvent on mélange aux bonnes cochenilles celles qui ont déjà servi, sans avoir été moulues, et qu'on a laissées tremper pendant quelque temps dans du jus de Brésil ; on les jaspe au sortir du bain avec du plâtre, du talc ou de la céruse. On reconnaît cette fraude, qui est une des plus communes, en faisant une décoction aqueuse de la matière suspecte. L'eau de chaux, versée dans le liquide, le décolore totalement, quand il n'y a pas eu sophistication ; elle lui laisse, au contraire, une teinte rouge, lorsqu'il y a eu emploi de jus de Brésil.

Il faut toujours se rappeler que la bonne cochenille est brillante, sèche, sans odeur bien prononcée, ridée et exempte de poussière. Dans les lieux humides, elle gagne facilement 8 à 10 p. 100 de poids. Les teinturiers, pour s'assurer de sa qualité, sont dans l'usage d'en mâcher quelques grains, afin de voir si elle colore fortement la salive en rouge. Mais ce n'est que par des essais comparatifs qu'on peut apprécier la valeur d'une cochenille. Le meilleur mode, c'est de teindre de petites pentes de laine avec des quantités égales des échantillons, comparativement avec une cochenille de première qualité prise comme type, après toutefois qu'on s'est assuré que les premiers ne sont point accompagnés de brésiline. On monte les bains de la manière suivante :

Bain pour écarlate.		Bain pour cramoisi.	
Eau.....	1250 gr.	Eau.....	1250 gr.
Crème de tartre....	2	Crème de tartre....	0,75
Composition d'étain.	2	Alun.....	1,50
Cochenille.....	1	Cochenille.....	1

On y plonge, quand ils sont suffisamment chauds, des pentes de laine de 6 gram., qu'on monte au ton le plus élevé possible, et on achève d'épuiser les bains au moyen de deux autres passes avec de nouveaux écheveaux de 6 gr. chacun. Les laines teintes sont bien dégorgées et séchées. Il est très-facile alors, par la comparaison des tons obtenus, d'établir la valeur relative des différents échantillons.

On peut encore recourir avec avantage au procédé que M. Letellier, de Rouen, a proposé en 1843. Il consiste à faire bouillir pendant une heure 5 décigr. de chaque cochenille dans un litre d'eau auquel on a ajouté 10 gouttes de solution concentrée d'alun, à laisser refroidir, à verser dans chaque vase assez d'eau pour compléter le volume d'un litre, et à comparer l'intensité des liqueurs au moyen de l'instrument imaginé par Houtou de la Billardière sous le nom de *colorimètre*. Je vais vous décrire cet instrument et vous montrer comment on en fait usage, car il peut servir à l'essai de la garance, du rocou, de l'indigo et des autres matières tinctoriales.

Le *colorimètre* (*fig.* 531) se compose de deux tubes de verre bien cylindriques, de 14 à 15 millimètres de diamètre, et de 33 centim. de longueur environ, égaux en épaisseur, fermés à une extrémité et partagés, à partir de là, dans les 5/6 de leur longueur, en 2 parties égales dont la seconde porte une échelle ascendante divisée en 100 parties. — On place ces deux tubes dans une boîte de bois, sorte de *chambre obscure*, plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longue que large, par deux ouvertures pratiquées l'une à côté de l'autre à la partie supérieure, et près d'une des extrémités. Là se trouvent aussi deux ouvertures rectangulaires du diamètre des tubes, pratiquées en regard de leur partie inférieure. A l'autre extrémité de la boîte, il y a un trou par lequel on peut voir la partie inférieure des tubes, en plaçant la boîte entre son œil et la lumière, et juger très-facilement, par cette disposition, la différence ou l'identité de nuances de deux liqueurs colorées introduites dans ces tubes.

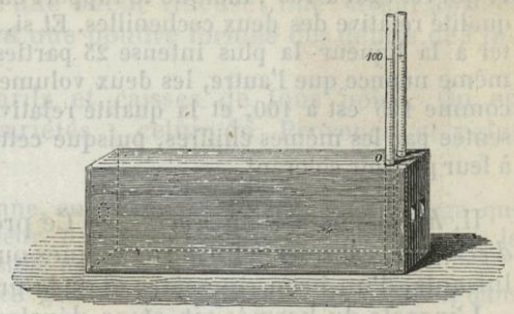


Fig. 531.

L'appréciation de la qualité relative des matières tinctoriales au moyen du colorimètre est fondée sur ce que deux dissolutions, faites comparativement avec des quantités égales de la même matière colorante, dans des quantités égales d'eau ou d'alcool, paraissent, dans les tubes colorimétriques, de la même nuance, et que des dissolutions faites avec des proportions différentes présentent des nuances, dont l'intensité est proportionnelle aux quantités de matière colorante employées; ce qu'il est possible d'apprécier en introduisant dans les tubes 100 parties de chaque dissolution, et en ajoutant de l'eau à la plus intense jusqu'à ce qu'elle se confonde par la nuance avec la plus faible. Le volume de la liqueur affaiblie, indiqué par la graduation des tubes, se trouve dans le même rapport avec le volume de l'autre que les quantités de matière colorante employées. La richesse en principe colorant des deux dissolutions est proportionnelle aux volumes de ces mêmes dissolutions avant et après l'addition de l'eau.

Ceci étant bien conçu, voici comment on procède à l'examen de deux décoctions de cochenilles, dont l'une est prise comme type de première qualité.

On introduit de ces liqueurs dans les tubes colorimétriques jusqu'au 0° de l'échelle, ce qui équivaut à 100 parties de l'échelle supérieure. On essuie bien ces tubes, on les prend par la partie supérieure, pour éviter que les mains n'y déposent de l'humidité, qui ternirait le verre et augmenterait l'intensité de la liqueur dans les parties qui en seraient recouvertes; on les place dans la boîte et on compare la nuance des liquides qu'ils renferment, en regardant les deux tubes par le trou servant d'oculaire. On tient la boîte sous un angle de 45° et de manière que la lumière arrive régulièrement sur l'extrémité où sont les tubes, en se tournant du côté opposé au soleil, ou, si le ciel est couvert, en dirigeant l'extrémité de l'appareil vers une partie du ciel qui présente de l'uniformité. Si l'on remarque une différence de ton entre les deux liqueurs, on ajoute de l'eau à la plus foncée et l'on agite le tube, en en bouchant l'ouverture avec le doigt. Si, après cette addition, on voit encore une différence, on continue d'ajouter de l'eau jusqu'à ce que les deux tubes aient absolument la même nuance. On lit alors sur le tube additionné d'eau le nombre de parties de liquide qu'il contient; ce nombre, com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

paré au volume de la liqueur de l'autre tube, volume qui n'a pas changé, et qui est égal à 100°, indique le rapport entre le pouvoir colorant ou la qualité relative des deux cochenilles. Et si, par exemple, il a fallu ajouter à la liqueur la plus intense 25 parties d'eau pour l'amener à la même nuance que l'autre, les deux volumes de liquide seront entre eux comme 125 est à 100, et la qualité relative des cochenilles sera représentée par les mêmes chiffres, puisque cette qualité est proportionnelle à leur pouvoir colorant.

II. *Kermès animal* ou *végétal*. — Ce produit, nommé aussi *graine d'écarlate*, est sous la forme de coques ou de grains arrondis, lisses, luisants, d'un brun rougeâtre et de la grosseur d'un petit pois (1).

L'insecte du kermès vit et se développe comme la cochenille, mais sur un végétal différent; c'est le *chêne vert* (*quercus coccifera*) (*fig.* 532), arbrisseau des lieux arides et pierreux des contrées méridionales de l'Europe, qui n'est l'objet d'aucune culture. Au commencement du printemps, la femelle fécondée se fixe dans l'épiderme des rameaux et des feuilles; là elle se gonfle, prend l'aspect d'une petite noix de galle recouverte d'un duvet blanc assez long, dépose ses œufs, les recouvre de son corps et meurt. On en fait la récolte avant l'éclosion des œufs, depuis le milieu de mai jusqu'au milieu de juin. On expose les coques à la



Fig. 532

(1) Le kermès était déjà connu dans le Levant du temps de Moïse, qui l'appelait *jola*, d'après le professeur Tychsen; on s'en servait pour donner le premier bain aux draps destinés à être teints en pourpre; dans l'Inde, on l'employait pour teindre la soie. Pline en parle sous le nom de *coccigranum*, et dit qu'on teignait en pourpre avec cette matière, que les Espagnols apportaient pour payer la moitié de leur tribut au peuple romain. Lorsque l'art de teindre avec le pourpre des Tyriens fut perdu, on fit usage du kermès pour obtenir la même couleur; aussi devint-il, pour plusieurs pays méridionaux, un objet important d'exportation. On le désignait alors sous le nom de *vermiculus*, petit ver; le mot *kermès*, qui est arabe, et celui de *vermillon*, qui est français, ne sont que la traduction du premier. C'est encore de là que dérive le mot *vermeil*, créé pour désigner une espèce particulière de rouge. Au moyen âge, c'était la seule substance employée pour la teinture d'un rouge vif. En Allemagne, les paysans serfs devaient livrer aux cou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur du vinaigre, pendant une demi-heure, puis on les sèche sur des toiles. Ces coques ont une odeur vineuse, une saveur âpre et piquante; elles contiennent une poudre formée des débris de l'insecte et de ses œufs.

Le kermès vient en barils et caisses de tous poids. On en distingue surtout deux variétés : celui de Provence et celui d'Espagne.

Le *kermès de Provence* donne, en l'écrasant, une poussière rouge qui est contenue dans son intérieur. Il fait pâte dans le mortier lorsqu'on le pile, et il est presque impossible de le tamiser.

Le *kermès d'Espagne* est en grains secs et plats : il ne contient dans son intérieur qu'une très-petite quantité de poussière de couleur terreuse, souvent même blanchâtre, et on le pulvérise bien plus facilement.

Il se pourrait que ces différences fussent principalement dues à la manière dont on le prépare en Espagne. On assure qu'au lieu de le soumettre à l'action du vinaigre, on le fait périr dans des fours. Ce qu'il y a de certain, c'est que celui de Provence donne plus de couleur, et qu'il coûte toujours 4 à 6 fr. de plus par kilogr.; aussi les marchands font très-souvent un mélange des deux qualités, qu'ils vendent sous le nom de *kermès de Provence*.

En 1856, la France a importé 22,130 kilogrammes de kermès, qui, à raison de 7 francs le kilogramme, représentent une valeur de 154,910 francs. L'Espagne seule en a fourni 20,235 kilogrammes; l'Algérie, 733 kilogrammes.

D'après Lassaigne, la composition chimique de cette substance est absolument la même que celle de la cochenille des cactiers; aussi se comporte-t-elle généralement comme cette dernière dans les opérations de teinture. Toutefois, il faut employer bien plus de kermès que de cochenille pour avoir le même ton de couleur.

La couleur du kermès, fixée par l'alun et le tartre, est d'un rouge brun qui n'a pas ce feu qui caractérise l'écarlate de cochenille; mais la première a cet avantage, sur la seconde, qu'elle est plus solide, et qu'elle n'est tachée ni par la boue ni par les eaux alcalines ou savonneuses.

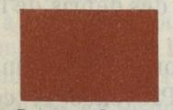
Le kermès, depuis l'introduction de la cochenille en Europe, est beaucoup moins usité en teinture. Cependant il est certaines couleurs pour lesquelles on ne peut pas encore s'en passer : telle

---

vents et aux chefs, parmi les autres tributs agricoles, une certaine quantité de kermès. On le recueillait à la Saint-Jean, entre onze heures et midi, avec des cérémonies religieuses, et on le désignait, à cause de cela, sous le nom de *sang de Saint-Jean*. A Venise, on en consommait beaucoup pour la fabrication de la couleur sur laine, qui portait le nom d'*écarlate de Venise*, et qui ne doit pas être confondue avec l'*écarlate par la cochenille*, qui a été appelée *écarlate des Gobelins* ou de *Hollande*, et qui n'a été préparée que beaucoup plus tard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est celle que les Orientaux préfèrent pour leurs calottes ou bonnets nommés *Fez* ou *Tarbouches*. Ce n'est qu'avec le kermès qu'on peut obtenir ce reflet d'un rouge pourpre que possèdent les bonnets fabriqués à Fez et à Tunis. On en confectionne de très-grandes quantités à Constantinople, en Égypte, en Angleterre, en Allemagne (Linz en Autriche, Bautzen en Saxe), et en France (Orléans, Paris, Rueil, Chatou, Condom).



20. *Rouge au kermès.*

La couleur rouge de sang, très-solide, qu'on obtient, dans les ateliers d'Orléans, avec moitié kermès et moitié garance, était connue autrefois sous le nom d'*écarlate demi-graine*, et le rouge pur, sans garance, s'appelait *écarlate de graine*, parce que l'on prenait alors le kermès pour une graine. On retrouve cette couleur de sang dans certaines parties des anciennes tapisseries.

A Montpellier, on fait un sirop avec le suc rouge qu'on extrait par expression du kermès récent. A Milan, à Naples, à Rome et surtout à Florence, on prépare, avec ce suc, une espèce d'élixir ou de liqueur de table, d'une saveur délicate et fort agréable, qui est très en vogue en Italie, sous le nom d'*alkermès* (1).

III. *Kermès de Pologne.* — Il a les mêmes propriétés que le précédent, mais il est bien inférieur à la cochenille. En Pologne, on le fait bouillir avec de la bière aigrie, et on teint la laine alunée dans cette décoction. Les Turcs, les Arméniens, les Cosaques, teignent avec ce kermès les maroquins, le drap, la soie, la crinière et la queue des chevaux. Les femmes turques en extraient la couleur avec du vin, ou du suc de citron et de grenade, et se servent de cette liqueur pour se teindre les ongles.

IV. *Gomme* ou *résine-laque.* — La cochenille qui fournit cette matière vit sur des figuiers et autres arbres des Indes orientales (*a*, fig. 533). Les femelles se fixent seules sur les jeunes branches, où elles s'accumulent en si grand nombre, qu'elles ne laissent aucun vide entre elles. Là, elles se soudent au moyen d'une matière résineuse qui provient sans aucun doute de l'arbre, puis elles pondent et meurent. On casse les branches avant la sortie des jeunes insectes, et on les fait sécher au soleil. Cette opération se fait deux fois par an; la première en mars, la seconde en octobre.

(1) Le kermès est la seule récolte abondante qui se fasse régulièrement dans le Maroc, la seule à peu près qui ne manque jamais et puisse être considérée comme la vraie richesse des populations montagnardes. Les Amazirgans et les Skilogs (Montagnards) vont le vendre dans les villes. Les teinturiers marocains savent en extraire une couleur rouge d'une qualité à l'épreuve des ans. Les Arabes des provinces d'Alger et d'Oran récoltent annuellement 2,000 kilogr. environ de kermès. Le chêne coccifère est fort répandu dans ces provinces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les cellules qui adhèrent aux branches (*b*, fig. 533) sont mises dans le commerce sous le nom de *résine* ou *gomme-laque*. La matière colorante de cette substance appartient à la cochenille, et non au végétal qui la nourrit. Elle se trouve en partie dans les débris de l'insecte, restés dans l'intérieur des cellules, et en partie dans la résine même, qu'elle colore en rouge clair.

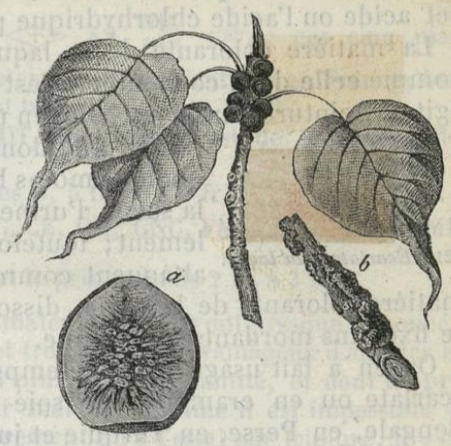


Fig. 533.

On nomme *laque en bâtons* celle où les cellules sont encore attachées aux branches de l'arbre; *laque en grains* celle qui a été détachée des branches et qui est en fragments brisés; *laque en écailles*, en *oreilles*, en *tablettes*, en *gâteaux* ou en *pains*, la laque en grains qui a été fondue, passée à travers une toile et coulée en plaques minces ou en masses plus ou moins épaisses. Ces diverses sortes commerciales diffèrent peu les unes des autres; cependant la *laque en bâtons* renferme plus de matière colorante rouge que les autres, qu'on en dépouille souvent pour les usages de la peinture.

Voici, d'après Hatchett, la composition chimique des laques :

	Laque en bâtons.	Laque en grains.	Laque en écailles.
Résine.....	68	88,5	90,9
Matière colorante.	10	2,5	0,5
Cire.....	6	4,5	4,0
Gluten.....	5,5	2,0	2,8
Corps étrangers..	6,5	»	»
Perte...	4,0	2,5	1,8
	100,0	100,0	100,0

L'eau a peu d'action sur la laque, en raison de la grande quantité de résine qu'elle contient; toutefois, l'eau froide dissout plus de matière colorante que l'eau chaude, par la raison que celle-ci ramollit la résine, qui retient alors plus fortement la couleur.

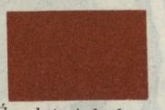
L'alcool en contact avec cette matière produit une liqueur d'un fort rouge, parce qu'il dissout presque toute la résine qui entraîne avec elle la matière colorante.

Les liqueurs alcalines dissolvent facilement le principe colorant. Les acides faibles agissent de même. Une mesure d'acide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sulfurique, étendue de 100 mesures d'eau, dissout dix fois plus de matière colorante que 100 mesures d'eau pure. On emploie souvent cet acide ou l'acide chlorhydrique pour faire les bains colorants.

La matière colorante de la laque se comporte avec les sels comme celle de la cochenille. C'est comme cette dernière qu'elle agit en teinture; aussi est-elle en usage pour teindre la laine en rouge. Elle donne des couleurs plus solides, quoique moins belles et moins vives. La boue, la sueur, l'urine ne les tachent pas aussi facilement; toutefois, les alcalis et le savon les attaquent comme celles de la cochenille. La matière colorante de la laque, dissoute dans les liqueurs acides, se fixe sans mordants sur la laine.



21. *Écarlate à la laque.*

On en a fait usage de tout temps pour les teintures en rouge écarlate ou en cramoisi sur soie et laine, dans l'Indostan, au Bengale, en Perse, en Turquie et jusqu'au Japon. Les beaux maroquins rouges du Levant sont encore teints avec la laque, avivée par les acides et l'alun. Ce n'est que depuis les premières années de ce siècle qu'on en fait usage en Angleterre, en France et en Allemagne.

Le *lac-lake*, ou *lack-lake*, qui nous vient des Indes par la voie de l'Angleterre, depuis 1796, est une substance en pains ou carreaux très-irréguliers, d'une teinte lie de vin à l'extérieur et d'une cassure luisante; elle arrive en caisses de 90 à 139 kilog. On l'obtient en épuisant la laque en bâtons par une eau de soude très-faible, et précipitant cette dissolution par de l'alun; il se fait un précipité composé d'alumine, de matière colorante et de résine, qu'on sèche et qu'on moule en pains. Cette préparation est donc une laque analogue à la laque carminée. D'après John, 100 parties de *lac-lake* contiennent :

Matières colorantes	50
Résine	40
Alumine	9
Matières étrangères	1
	100

On y incorpore fort souvent du sable et autres matières analogues pour en augmenter le poids.

Une autre préparation indienne, plus estimée que la précédente, est celle qui porte le nom de *lac-dye* ou *lac-des-teinturiers*. Elle est en tablettes carrées de 67 millimètres environ de longueur et de largeur, sur 13 à 20 millimètres d'épaisseur, et en morceaux irréguliers, couverts à l'extérieur d'une croûte tantôt rougeâtre et crasseuse, tantôt d'un gris noirâtre. Sa cassure offre un intérieur d'un brun noir, rempli d'évents. La poudre est douce au toucher et d'un brun velouté.

La *lac-dye* vient de Calcutta en caisses de 80 à 150 kilogr., à peu près semblables à celles de l'indigo. Il y en a au moins de vingt qualités diffé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rentes; chaque sorte porte les lettres initiales du nom du fabricant. Voici les principales marques :

En première ligne : F M & C, <+>, AS, $\frac{\text{WB}}{\text{ID}}$, <PC>; ces cinq marques sont très-estimées en Angleterre; il n'en vient pas en France; leur prix de 9 fr. à 10 fr. le kilogr. est trop élevé.

En seconde ligne : véritables DT, dont le prix est de 7 fr. le kilogramme.

En troisième ligne : merzapores B, 5 fr. 50 à 6 fr., BB 5 fr.

Puis les petites marques : JEC, CE, CM, GNC, FM, [BMB], HNR, RMB, petit DT, RM, (TL), KCK, dont le prix varie de 2 fr. à 3 fr.

Depuis douze ans, les consommateurs de Paris ont presque renoncé à employer les bonnes marques, et trouvent plus avantageux d'acheter les petites marques qui viennent en plus grande quantité, et dont les prix sont de 50 à 60 p. 100 meilleur marché. Comme il est impossible de juger de cette marchandise autrement qu'à l'essai par teinture, il s'est trouvé de petites marques qui paraissaient très-mauvaises à l'œil, et qui ont cependant donné d'excellents résultats. C'est ce qui a engagé les teinturiers à ne plus faire usage que des petites marques.

La *lac-dye* ne paraît différer du *lac-lake* que parce qu'on apporte plus de soins à sa préparation, qu'on ne connaît pas bien, toutefois. Elle renferme aussi beaucoup de résine, mais la matière colorante y est assez libre pour y être un peu attaquée par l'eau. Les acides sont les meilleurs agents pour dissoudre cette matière colorante. On se sert de préférence d'acide sulfurique; 2 à 3 kilogrammes de *lac-lake* et un peu moins de *lac-dye* produisent en teinture l'effet d'un kilogramme de cochenille. Un grand avantage de ces laques artificielles sur cette dernière, c'est non-seulement la plus grande solidité des couleurs qu'elles fournissent, mais l'économie et la facilité avec lesquelles on prépare l'écarlate; seulement il est nécessaire, pour obtenir la même vivacité, d'employer 1/6 ou 1/8 de plus de dissolution d'étain, afin de s'opposer au ton cramoisi donné par l'alumine contenue dans ces laques, et qui se trouve entraînée par l'acide dans les bains.

AUTRES MATIÈRES TINCTORIALES ROUGES.

Il est encore quelques matières tinctoriales, d'un usage beaucoup plus restreint que les précédentes, telles que le *chayaver*, de la même famille que la garance, et dont la racine est la substance tinctoriale rouge des Indiens; les graines du *peganum harmala*, plante des steppes de la Crimée, qui renferment un alcaloïde que toutes les réactions oxygénantes transforment en une matière colorante rouge magnifique qu'on appelle *rouge de harmala;* la racine d'*orcanette*, l'*alloxane* qui fournit le *rouge de murexide* et l'*aniline* qui produit le *violet* et le *rouge d'aniline*. Je dirai quelques mots de ces dernières matières dont l'industrie européenne tire maintenant parti.

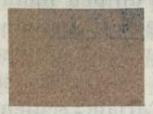
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1. ORCANETTE. — Les racines de plusieurs plantes de la famille des bourraches, et notamment celles de l'*anchusa tinctoria* (*fig.* 534), renferment, dans leur partie corticale, une belle matière colorante rouge que l'on peut isoler au moyen de l'éther bouillant, de l'alcool ou des huiles. Ces racines nous viennent du Levant, mais principalement de l'Allemagne méridionale. Leur emploi se réduit maintenant à peu de chose, attendu que l'*orcanettine* ou l'*anchusine* est fort peu soluble, et que, d'ailleurs, elle est insoluble dans l'eau.



Fig. 534.

L'*anchusine* jouit de propriétés si manifestement acides, que Pelletier l'avait nommée *acide anchusique*. Hausmann est le premier qui ait teint le coton au moyen de l'orcanette, en gris par le mordant de fer, en lilas et en violet par le mordant d'alumine; ces couleurs résistent jusqu'à un certain point aux chlorures et autres agents chimiques, mais elles sont peu stables à la lumière, aux acides et au savon. Ce dernier les fait virer au bleu. On se sert pour teindre d'une dissolution alcoolique faite avec 62 grammes d'orcanette par litre d'alcool à 35°.



22. *Lilas à l'orcanette.*



23. *Violet d'orcanette.*

Ce sont surtout les parfumeurs qui utilisent cette racine pour colorer les huiles et les graisses.

2. ALLOXANE et MUREXIDE. — L'acide propre à l'urine de l'homme, que Scheele découvrit en 1776 et qu'il nomma *acide urique*, peut être métamorphosé par une légère action oxydante, en un corps blanc, salé et astringent, très-soluble dans l'eau, cristallisant en beaux prismes à base rectangle ou en octaèdres volumineux, que Brugnatelli décrivit en 1817, sous le nom d'*acide érythrique*, mais que MM. Wœhler et Liebig ont nommé plus récemment *alloxane*.

Le meilleur procédé pour l'obtenir consiste, d'après M. Gregory, à mettre dans un vase, maintenu dans de l'eau froide, 75 gram. d'acide azotique d'une densité de 1,41, et à y faire tomber peu à peu 1,200 gram. d'acide urique sec, en ayant soin d'agiter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

continuellement pour éviter l'agglomération du mélange, et d'attendre, après chaque addition d'acide urique, que l'effervescence soit apaisée. On abandonne ensuite le vase dans un endroit frais pendant 24 heures, et l'on recueille les nombreux cristaux formés sur un entonnoir bouché avec de l'amiante ou du coton-poudre. C'est de l'alloxane anhydre, qu'on purifie par une nouvelle cristallisation dans l'eau chaude ; elle est alors hydratée. On en obtient 102 parties pour 100 d'acide urique.

Anhydre, l'alloxane est représentée par $C^8H^4Az^2O^{10}$.

Cristallisée en prismes, elle contient 8 équivalents d'eau ; en octaèdres, elle n'en renferme que 2.

La dissolution d'alloxane rougit le tournesol et colore, au bout de quelque temps, les tissus animaux en rouge pourpre. Quelques gouttes d'une solution de couperose lui donnent une teinte de bleu indigo. Sous l'influence de l'ammoniaque, elle se transforme en une belle matière colorante d'un rouge pourpre, que le docteur Prout nomma, en 1818, *acide purpurique*, et qui est actuellement connue sous le nom de *murexide* depuis les travaux de MM. Wœhler et Liebig.

Pour obtenir cette matière colorante avec facilité on verse goutte à goutte du carbonate d'ammoniaque dans une solution bouillante d'alloxane jusqu'à ce que la liqueur ait une légère odeur ammoniacale. Pendant l'opération, il se dégage de l'acide carbonique, la liqueur se colore en pourpre à chaque addition du réactif et se trouble bientôt en déposant des cristaux de murexide.

Ces cristaux sont des prismes quadrilatères d'un vert d'or métallique comme les élytres de la cantharide, mais ils paraissent d'un rouge grenat par transmission ; leur poudre est rouge, ils sont représentés par la formule = $C^{12}H^6Az^5O^6$.

La murexide est très-peu soluble dans l'eau, toutefois elle la colore fortement en rouge, à cause de sa grande richesse tinctoriale. Elle est insoluble dans l'alcool et l'éther. Elle se dissout dans les eaux alcalines en leur communiquant une belle nuance bleue, mais par la chaleur cette nuance disparaît par suite de la décomposition de la murexide.

Sa dissolution aqueuse se comporte ainsi qu'il suit avec les réactifs :

Azotate de soude (par ébullition).....	précipité rouge peu soluble.
Azotate de potasse (par ébullition).....	précipité d'un rouge brun.
Chlorure de calcium (les deux solut. bouillant).	précipité rouge d'écrevisse, soluble dans l'eau bouillante qui devient d'un beau rouge pourpre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chlorure de baryum..... précipité vert foncé.
Sels de zinc..... — jaune d'or.
— de bismuth..... — orange.
Bichlorure de mercure. { précipité d'un beau rouge pourpre. La solution se décolore entièrement.
Azotate de protoxyde de mercure..... } précipité violet, complétement insoluble.
Azotate de plomb..... { la liqueur se colore en rouge rosé, mais sans donner de précipité.
Sels d'argent..... précipité violet.
Bichlorure de platine..... pas de précipité, mais la liqueur devient jaune.

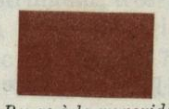
Prout qui, en 1818, fit connaître les belles couleurs que présentent les sels d'*acide purpurique*, indiqua l'emploi en peinture du purpurate de chaux, et il recommandait d'appliquer ce sel à la teinture de la laine et des autres fibres animales. Mais il a fallu quarante-cinq ans pour que l'industrie s'emparât de cette idée; il est vrai que le haut prix de l'acide urique, qui a valu jusqu'à 200 fr. le kilogr., tandis qu'aujourd'hui il ne coûte que 10 fr. depuis qu'on sait l'extraire du guano, a présenté le plus grand obstacle à la mise en pratique de la belle découverte du chimiste anglais.

Ce sont MM. Sacc et Albert Schlumberger, de Mulhouse, qui, en 1853, ont eu la pensée de faire servir la murexide en teinture. Ils opéraient sur laine, non avec la murexide toute formée, mais avec l'alloxane. La laine, mordancée avec le bichlorure d'étain et l'acide oxalique à parties égales, ou même sans avoir reçu aucune préparation, était imbibée d'une solution d'alloxane, séchée à une douce chaleur, puis abandonnée dans une atmosphère chaude et humide, ou mieux exposée à des vapeurs ammoniacales très-fortes. Il se produit, dans ces conditions, une magnifique teinte amarante, plus belle que celle qu'on obtient avec la cochenille ammoniacale ou les bois rouges. Il suffit de laver à l'eau froide pour donner à la nuance tout son brillant.

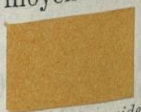
Depuis, MM. Depouilly, Lauth, Meister et Petersen sont parvenus à résoudre le problème de la teinture de la laine, de la soie et du coton, directement avec la murexide qu'on trouve dans le commerce au prix de 50 à 60 fr. le kilogr. Au moyen des sels de



24. *Amarante de murexide sur laine.*



25. *Rouge à la murexide sur soie.*



26. *Orange de murexide.*

mercure et de plomb dont on imprègne les tissus, qu'on plonge ensuite dans une solution de murexide à 30 à 40°, on obtient de beaux rouges pourpres qu'on fait virer au violet par les alcalis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou le savon; avec les sels de zinc, on obtient des jaunes et des orangés.

Malheureusement les couleurs à la murexide sont très-peu solides, puisque, sous l'influence de l'humidité, elles sont détruites par l'air, la lumière, une chaleur de 80°, les vapeurs ammoniacales, l'hydrogène sulfuré; qu'elles sont attaquées par les acides, les alcalis, le savon, et qu'elles sont même tachées ou altérées par le café, le vin, la transpiration, etc.

Il est fâcheux qu'il en soit ainsi, car cette matière colorante possède une telle énergie de coloration qu'un décigramme fournit un litre de couleur d'impression; c'est donc une des couleurs les moins chères. C'est surtout pour les tapis, les tentures, les broderies en laine que le rouge pourpre de murexide peut offrir quelques avantages sur la cochenille.

La laine étant la seule fibre textile qui puisse se teindre en rouge par la dissolution d'alloxane, il s'ensuit qu'on peut se servir de cette dernière substance pour distinguer la laine de la soie comme, d'ailleurs, de toutes les autres matières filamenteuses.

Si l'on plonge, en effet, dans une dissolution d'alloxane des écheveaux ou des tissus de diverses natures, qu'on les exprime et qu'on les sèche dans une étuve, ou même devant le feu, voici ce que l'on observe :

La laine prend une couleur amarante foncée;
La soie ne fait que se colorer en jaune rosé ;
Le coton et le lin ne prennent qu'une teinte jaunâtre, que le moindre lavage fait disparaître.

On pourra donc, en se basant sur cette différence d'effets, constater nettement si un tissu de soie est falsifié avec de la laine, et si un tissu de laine est falsifié avec du lin ou du coton.

3. ANILINE ET SES DÉRIVÉS COLORANTS. — L'aniline est, je l'ai déjà dit, un alcaloïde artificiel, liquide et volatil. Signalée pour la première fois, en 1826, par le chimiste suédois Unverdorben, dans les produits de la distillation sèche des matières animales et de l'indigo, puis successivement reconnue dans les produits de la distillation de la houille, du goudron, et procréée par la désoxygénation de certains composés nitrés, elle a reçu une foule de noms différents : *cristalline*, *aniline*, *kyanol*, *benzidam*, *amide phénique*, *phénylamine*, *phéniliaque*, *phény-ammoniaque*. Tous ces noms, dans l'opinion de leurs auteurs, s'appliquaient à autant de principes différents; mais un examen plus approfondi a prouvé qu'après une purification convenable, tous ne constituent réellement qu'une seule et même substance alcaline, $C^{12}H^7Az$, à laquelle on a conservé le nom d'*aniline*, qui rappelle le nom portugais de l'indigo, l'*anil*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pure, c'est un liquide incolore, pourvu d'une saveur brûlante, d'une densité de 1,028 et bouillant à + 182° ; très-peu soluble dans l'eau, il se dissout, au contraire, en toutes proportions, dans l'alcool et l'éther. Il forme des sels cristallisés avec les principaux acides. Tous les agents d'oxydation (acide azotique, hypochlorites alcalins, bichromate de potasse et acide sulfurique, etc.) développent avec cette base une belle coloration d'un bleu violacé intense; tandis que les chlorures et les sels d'étain, de mercure, de fer, et certains agents réducteurs: tels que le sesquichlorure de carbone, l'iodoforme, etc., produisent avec elle une belle couleur rouge.

Avant 1856, l'aniline n'était qu'un produit de laboratoire, dont les procédés de préparation, assez nombreux, étaient tous fort dispendieux. Un jeune chimiste anglais, M. Perkin, en tirant parti des faits signalés par M. Béchamp, parvint à rendre industrielle la fabrication de cette substance, qui ne revient plus qu'à 20 fr. le kilogramme. Voici quel est son mode opératoire:

On mélange dans une cornue de fer 100 parties de nitro-benzine à 100 parties d'acide acétique du commerce, puis on ajoute peu à peu environ 200 parties de limaille de fer préalablement décapée dans une solution de soude caustique. Bientôt la masse s'échauffe, s'épaissit et se boursoufle. Lorsque la réaction est terminée, on distille les trois quarts du liquide; on verse alors dans la cornue un lait de chaux très-épais, et on chauffe à siccité tant qu'il passe des produits à la distillation. On ajoute à ceux-ci un excès de potasse caustique ou carbonatée en solution concentrée, ou d'hydrate de chaux en pâte. L'aniline hydratée se sépare et vient nager à la surface; on la recueille et on la purifie par la distillation.

Dans ce procédé, le fer, sous l'influence de l'acide acétique, enlève tout l'oxygène contenu dans l'eau et la nitro-benzine pour passer à l'état de peroxyde, tandis que l'hydrogène de l'eau décomposée, en se fixant sur le restant des éléments de la nitro-benzine, la métamorphose en aniline. Cette théorie est rendue évidente par l'équation suivante :

$$\underset{\text{nitro-benzine.}}{C^{12}H^5AzO^4} + 2HO + 4Fe = 2(Fe^2O^3) + \underset{\text{aniline.}}{C^{12}H^7Az}$$

L'aniline est devenue, depuis qu'on sait la fabriquer en grand, la matière première d'une ou plusieurs matières colorantes violettes (*aniléine*, *indisine*, *harmaline*, *pourpre d'aniline* ou *pourpurine*, *violet d'aniline* ou *violine*, *phénaméine*), d'une ou plusieurs matières colorantes rouges, présentant des nuances diverses, depuis le carmin le plus riche jusqu'au rose le plus tendre (*fuch-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sine, azaléine, roséine, mauve d'aniline, rubine, fuchsiacine, rouge d'aniline, cristallinéine, etc.), et enfin de matières colorantes brunes, bleues, vertes et jaunes (acide picrique).

Il règne encore une assez grande incertitude sur le mode de formation et l'individualité de ces différentes matières colorées. Dans tous les cas, les teinturiers et les indienneurs se sont empressés d'utiliser plusieurs de ces matières colorantes artificielles. En ce moment, je ne vous parlerai que du *violet d'aniline* ou *indisine*, et du *rouge d'aniline* ou *fuchsine*, me réservant de vous signaler les matières colorantes bleues, après l'étude de l'indigo.

A. *Violet d'aniline ou Indisine.* — C'est M. Perkin qui, le premier, isola cette matière, résultant de l'action des agents oxydants sur l'aniline, et qui fit l'examen de ses propriétés tinctoriales. Ses expériences datent du commencement de 1856, et le brevet qu'il prit en Angleterre est du 2 février 1857; son procédé de fabrication est le suivant:

On fait dissoudre à froid dans l'eau 100 parties de sulfate d'aniline; on y ajoute 33 parties de bichrômate de potasse, et on laisse en contact pendant 10 à 12 heures. Il se fait peu à peu un dépôt noir consistant en *indisine* et en une matière brune résineuse. On le lave et on le dessèche à 100°: on le traite alors par de la benzine ou de l'huile de houille qui dissout la matière résineuse, sans toucher à la matière colorante violette. On purifie celle-ci en la dissolvant dans l'esprit de bois ou l'alcool; on filtre et on évapore la solution à siccité dans une cornue chauffée au bain-marie. Le résidu est le *violet d'aniline* ou l'*indisine*.

Le bichrômate de potasse peut être remplacé, dans cette réaction, par le chlorure de chaux, le chlore dissous, l'acide chloreux, le chlorate de potasse, le peroxyde manganèse ou le peroxyde de plomb en présence d'un acide, le permanganate de potasse, l'acide azotique, et probablement encore par d'autres agents oxydants. M. Greville (Williams) donne la préférence au permanganate de potasse, parce que, outre la matière violette qui se précipite, il reste en dissolution une matière colorante qui peut communiquer à la soie une belle couleur *écarlate*.

L'*indisine*, quand elle est pure et sèche, ressemble à la murexide; elle colore l'eau en violet intense, quoiqu'elle y soit peu soluble. Ses meilleurs dissolvants sont l'alcool, l'acide acétique, la glycérine, l'esprit de bois, l'acétone, l'aniline, l'acide tartrique. Elle vire au bleu par les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés; l'addition d'eau rétablit la couleur violette.

D'après MM. Persoz, de Luynes et Salvetat, l'indisine est un corps tout à fait semblable à l'indigo, facilement réductible et capable de se réoxyder sans altération : ce serait un véritable *indigo violet*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'indisine sert à obtenir sur la laine et la soie des pourpres, des violets et des lilas d'un magnifique éclat, susceptibles d'une grande variété de nuances, mais qui se modifient à l'air et changent



27. *Violet d'aniline sur laine.*



28. *Pourpre d'aniline sur coton.*

de ton, même assez rapidement. 1 gramme de cette substance peut servir à teindre 6 mètres carrés de soie. En l'associant au carmin d'indigo, on obtient un bleu violacé magnifique. Les teintures sur laine et soie n'offrent aucune difficulté, puisqu'il suffit de délayer la couleur dans l'eau chaude, et d'y passer ensuite les tissus non mordancés pendant 20 à 25 minutes; on lave ensuite. Pour le coton, il y a plus de difficultés; il faut d'abord mordancer le tissu avec un oxyde de plomb ou, mieux, avec de l'albumine à raison de 50 grammes de cette substance par litre d'eau. MM. Franc et Tabourin emploient de préférence le biphosphate de chaux. Le coton préparé comme pour le rouge des Indes prend des nuances plus solides et plus belles que par tout autre moyen.

B. *Rouge d'aniline ou Fuchsine.*—Un autre dérivé coloré de l'aniline a été entrevu par M. Hoffmann, de Londres, mais nettement indiqué et préparé par M. Verguin, de Lyon. Ce dernier céda son procédé à MM. Renard frères, de la même ville, qui le firent breveter en France le 8 avril 1859; ce sont ces industriels qui donnèrent au nouveau produit le nom de *fuchsine* pour rappeler la similitude de sa couleur avec celle de la fleur des fuchsia.

Voici l'un des modes opératoires qui peuvent fournir la fuchsine:

On chauffe pendant 15 à 20 minutes, dans une marmite de fonte émaillée, à une température de 200°, 100 parties d'aniline et 68 parties de bichlorure d'étain anhydre. Le mélange, qui a d'abord une teinte jaune, devient peu à peu rouge foncé tellement intense qu'il en paraît presque noir; ce n'est qu'en le regardant en couches très-minces qu'on aperçoit sa belle nuance rouge. Le liquide, abandonné au refroidissement, s'épaissit, devient gluant et comme gélatineux. On le traite par l'eau bouillante, on filtre, et en y ajoutant une solution concentrée de sel marin, on fait déposer la fuchsine à l'état solide, parce qu'elle n'est pas soluble dans les dissolutions salines. On la sépare par décantation ou filtration.

Le bichlorure d'étain peut être remplacé par le bichlorure de mercure, le perchlorure de fer, les azotates des mêmes métaux, et une foule d'autres composés métalliques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fuchsine est sous la forme de paillettes non cristallines d'un vert métallique éclatant. Elle est peu soluble dans l'eau à laquelle elle communique une belle couleur rouge; elle se dissout avec la même couleur dans l'alcool, l'esprit de bois et l'acétone. Elle forme avec les acides des composés cristallisables dont les dissolutions sont rouges lorsqu'ils sont neutres et jaunes en présence d'un excès d'acide. Elle se dissout dans les alcalis caustiques et carbonatés en perdant sa couleur, mais celle-ci reparaît par l'intervention d'une quantité convenable d'acide. Elle se comporte donc tout à la fois comme une base organique et comme un acide.

La fuchsine se distingue nettement de l'indisine parce qu'elle se dissout dans l'ammoniaque, dans l'acide sulfurique qu'elle colore en jaune, et parce qu'elle est décolorée par l'acide sulfureux, tandis que l'indisine est insoluble dans l'ammoniaque, colore en bleu l'acide sulfurique en s'y déposant et résiste à l'action de l'acide sulfureux.

La fuchsine donne à la laine et à la soie toutes les nuances du rouge le plus pur sans le secours d'aucun agent. 1 gramme de cette substance en dissolution dans l'eau peut teindre 2 mètres carrés



29. *Rouge de fuchsine sur laine.*



30. *Rose Solferino.*

de soie, et avec le résidu on peut encore teindre 2 mètres en rose. Elle ne colore le coton qu'autant qu'il a été albuminé. Malheureusement, les rouges et les roses de fuchsine ne résistent pas très-longtemps à l'insolation. Quoi qu'il en soit, ils ont détrôné les mêmes nuances au safranum, et ils rendent déjà de grands services aux fabricants de fleurs artificielles pour la coloration des mousselines, jaconas ou tulles qui servent à imiter les pétales et les boutons de rose. La teinture des plumes en tire aussi un brillant parti.

On trouve dans le commerce de Paris et de Lyon des liqueurs tinctoriales toutes préparées et qu'il suffit d'ajouter à de l'eau chaude pour avoir immédiatement des bains colorants pour violet ou pour rouge d'aniline.

Autres matières rouges artificielles.— Dans ces derniers temps, plusieurs matières rouges distinctes ont été produites dans les laboratoires des chimistes et signalées à l'attention des praticiens. Ainsi :

1° La substance résinoïde de couleur orangée que Bunge a obtenue en faisant réagir l'huile de houille sur les alcalis, et à laquelle on a donné

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le nom d'*acide rosolique*, fournit avec certains mordants des couleurs et des laques rouges qui peuvent rivaliser pour la beauté avec celles de garance et de cochenille. D'après M. Jules Persoz, qui s'est occupé de ces acides au point de vue de la teinture, la laine et la soie alunées sont colorées par lui en un très-bel orangé qu'on vire au rouge-cerise par l'eau de baryte chauffée à + 25°.

2° L'alcaloïde incolore et cristallin, connu sous le nom de *naphtylamine* et qui dérive de la naphtoline, peut, d'après M. Perkin, donner naissance en présence de l'azotite de potasse à un principe rouge. Au moyen de l'alcool qui se dissout, on l'obtient en petits cristaux très-foncés d'un reflet vert métallique comparable à celui de la murexide. Gerhardt a désigné ce principe colorant sous le nom de *nitrosonaphtyline*. On le produit directement sur les laines et la soie, et on en teint les fibres d'une manière très-solide, en les trempant successivement dans un bain chaud de chlorhydrate de naphtylamine et dans une solution étendue et froide d'azotite de potasse. Les nuances varient de l'aurore au rouge marron intense avec l'état de concentration et le degré d'acidité des liqueurs.

3° La naphtaline traitée par l'acide azotique et changée en ce qu'on appelle la *binitronaphtaline*, peut, d'après M. Roussin, engendrer des produits colorés en violet, rouge et bleu de la plus grande richesse, lorsqu'on la soumet à l'action des agents réducteurs, et entre autres des sulfures alcalins, du protosile d'étain dissous dans les alcalis caustiques.

Voilà quelques-unes des conquêtes récentes de la science; elles s'augmenteront encore par suite des recherches multipliées qu'on poursuit dans cette voie féconde. Dans un avenir prochain, la palette du teinturier et de l'indienneur s'enrichiront de nouvelles et brillantes couleurs que les fabricants de produits chimiques livreront à des prix assez bas pour en permettre l'emploi général.

B. Matières tinctoriales jaunes.

Les principales sont : le curcuma, le fustet, le bois jaune, le quercitron, la gaude, les graines jaunes, le rocou. D'autres, d'un emploi plus restreint, sont : le suc d'aloës, l'acide picrique, l'épine-vinette, le safran, le purrée ou jaune indien, la sarrette, le genêt, la camomille, le fenugrec, etc.

CURCUMA.

Le curcuma, nommé aussi *terra merita*, *souchet* ou *safran des Indes*, est une plante des Indes Orientales, le *curcuma tinctoria* de M. Guibourt (*fig.* 535), dont la racine grise ou jaunâtre à l'extérieur, d'un jaune orangé foncé ou rouge à l'intérieur, d'une odeur forte et d'une saveur chaude et aromatique, est remarquable par l'abondance de son principe colorant. Cette racine ou plutôt cette tige souterraine est tantôt cylindrique, allongée, tantôt en tubercules ronds de la grosseur d'un œuf de pigeon; de là les dénominations commerciales de *curcuma long* et de *curcuma rond*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il vient du curcuma du Bengale, de Java, de Batavia et de Barbados. Le plus estimé est celui de la première provenance (1). On le vend aux teinturiers après qu'il a été réduit en poudre fine; celle-ci est remarquable par sa couleur orangée et son odeur très-forte; il faut qu'elle soit exempte de sable; on le reconnaît par la lévigation.



Fig. 535.

Vogel et Pelletier ont isolé, en 1818, la matière colorante spéciale de cette racine, la *Curcumine*, en l'épuisant par l'alcool bouillant, et reprenant l'extrait alcoolique par l'éther, mais ce mode d'opérer ne fournit jamais la matière pure. Il est préférable, comme l'a constaté M. Lepage, de Gisors, de débarrasser d'abord le curcuma de son huile volatile et de la majeure partie de ses principes résineux en le traitant à deux reprises par le sulfure de carbone; on sèche la poudre et on l'épuise par une eau alcaline; en saturant ensuite celle-ci par un acide, on en précipite la curcumine qu'on purifie par l'éther. L'évaporation spontanée de la solution éthérée fournit la matière colorante en petites lames minces, inodores, d'un brun cannelle, qui prennent une belle couleur jaune par la trituration.

La *curcumine* est très-peu soluble dans l'eau, même bouillante. Elle est si sensible à l'action des alcalis que la plus petite quantité de ces agents la fait virer au rouge brun; voilà pourquoi les chimistes emploient si souvent, comme réactifs, la teinture et le papier de curcuma. Comme cette racine est très-riche en couleur jaune orangé, on en fait souvent usage pour teindre les papiers, les bois, les cuirs, les vernis, les pâtisseries, le beurre, les fromages, les huiles, les pommades, et comme couleur de fond pour les dorures. Les Indiens s'en servent à aromatiser et à colorer le riz dont ils font, comme on le sait, leur principal nourriture; c'est encore avec elle qu'ils se teignent la peau.



31. *Jaune de curcuma.*



32. *Jaune de curcuma traité par un alcool.*

Il est regrettable que le principe colorant du curcuma ait si peu

(1) En 1857, nous avons reçu, en France, principalement des Indes anglaises, 976,782 kilogrammes de curcuma.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de solidité, et ne puisse en acquérir par les mordants, car aucun végétal ne fournit un jaune doré ou orangé aussi éclatant que cette racine. La soie et la laine prennent mieux sa couleur que le coton et le lin. On l'utilise quelquefois pour donner une nuance orange à l'écarlate, pour dorer les jaunes de gaude, de bois jaune, pour faire des verts sur laine. Mais toutes ces teintes ne se soutiennent pas longtemps; les verts deviennent bientôt bleuâtres. — Dans les fabriques d'indiennes, il est employé à donner une nuance de soie écrue au blanc des imitations de foulard orange et noir.

FUSTET.

Le *Fustet*, *Fustel* ou *Fustic*, souvent nommé encore *bois jaune de Hongrie*, est un arbrisseau du genre des sumacs, *Rhus cotinus* des botanistes (*fig.* 536), qui croît à la Jamaïque, à Tabago, dans les autres Antilles et dans les parties méridionales de l'Europe et de la France. C'est son bois qui est employé en teinture.

Tel que le commerce le présente, le bois de fustet est formé de souches et de branches tortueuses, de 27 millimètres de diamètre environ. Il est pourvu d'un aubier blanc, poreux, que les vers attaquent facilement, et d'un cœur assez dur, d'un jaune foncé, à la fois brunâtre et verdâtre. Les grosses souches, sciées et polies, offrent, comme la racine de buis, des dessins et des couleurs variées qui les font rechercher des tourneurs et des tabletiers. Le tronc et la souche ne font quelquefois qu'un seul morceau, ce qui indiquerait qu'il est plutôt arraché que coupé.



Fig. 536.

On trouve aussi du fustet provenant de troncs cylindriques et réguliers, dépourvus d'aubier et ayant cependant encore 54 millimètres de diamètre, mais il est moins riche en principe colorant que le précédent.

Le fustet arrive en paquets de baguettes, en branches refendues, dépouillées de leur écorce; quelquefois, mais rarement, en tiges tortueuses un peu grosses. Il faut le choisir sec, d'un beau jaune, dépouillé de son écorce. Le fustet d'Amérique est préféré au fustet d'Italie.

Ce bois contient une matière tinctoriale jaune, une matière rouge, une matière brune et un principe astringent. La matière jaune, nom-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mée *fustine*, est cristallisable, soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Les alcalis lui donnent immédiatement une belle couleur rouge, et, seule, au contact de l'air, elle se colore rapidement en s'oxygénant.

La décoction de fustet, qui a une teinte jaune orangé foncé, se comporte ainsi qu'il suit avec les réactifs :

Eau de potasse.....	La fait passer à un très-beau rouge sans précipiter.
Ammoniaque.....	Id. Id. Id.
Eau de chaux, de baryte.....	Mêmes coloration et précipité.
Sel d'étain	Précipité en flocons d'un orangé rougeâtre.
Alun.....	En affaiblit la couleur et la précipite légèrement.
Acétate de plomb. .	Précipité en flocons d'un rouge orangé.
Acétate de cuivre..	— d'un rouge marron.
Sulfate ferrique...	La fait passer au vert olive et précipite des flocons bruns.
Acides.....	Trouble léger ; la couleur passe au jaune verdâtre.
Gélatine.....	Précipité floconneux roux.
Chlorure de baryum.	Flocons roux verdâtres, peu solubles dans l'acide azotique.
Azotate d'argent..	Précipité d'un roux brun, peu soluble dans l'acide azotique.
Chlore.....	Précipité et décoloration partielle.

On emploie le fustet dans la teinture des laines ; mais la couleur jaune orangé qu'il donne avec les mordants d'alumine est très-fugace. Associé à la cochenille, il sert à faire des écarlates jaunes, des aurores, des capucines, des orangés, qui ont beaucoup de feu, mais qui passent au rose par le contact de la lumière, et au rouge par les alcalis et le savon. Ce sont surtout les peaussiers qui en font usage. Il sert en Turquie et dans le Tyrol pour tanner les cuirs fins, et principalement ceux qui doivent être teints en jaune ou en rouge.



33. *Écarlate jaune au fustet.*

BOIS JAUNE.

Le *Bois jaune* ou *Mûrier des teinturiers*, *Bois de Brésil jaune*, *vieux Fustic des Anglais*, est le tronc d'un arbre de la famille des orties, le *Morus tinctoria* (*fig.* 537), qu'on trouve au Brésil, au Mexique, à la Jamaïque, à Tabago et à Cuba.



Fig. 537.

Il y en a plusieurs espèces dans le commerce :

1. *Bois de Cuba.* — Ce bois est dur, pesant, compacte, d'un extérieur jaune quand la coupe est fraîche, et d'un jaune noirâtre quand elle est vieille. L'intérieur doit être jaune et parsemé de filets rougeâtres orangés. Quand il est d'un jaune serin ou pâle, il contient moins de parties colorantes.

Il vient à nu, en grosses bûches, généralement rondes, dont le poids

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

varie de 15 à 150 kilogrammes, quelquefois fendues en deux, et en majeure partie sciées aux deux bouts.

2. *Bois de Tampico.* — Ce bois est, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, d'une couleur moins vive que celui de Cuba ; il contient moins de parties colorantes. J'ai vu cependant du Tampico plus foncé en couleur que le Cuba.

Il vient à nu, en bûches plus longues que celles de Cuba, coupées à la hache, d'un côté en forme de coin obtus, et de l'autre carrément. La partie extérieure, qui est exposée aux émanations atmosphériques, est d'un brun noirâtre.

On ne reçoit plus que très-rarement cette sorte de bois dont les forêts paraissent épuisées. Il est remplacé par l'espèce suivante.

3. *Bois de Tuspan.* — Il provient de nouvelles coupes exploitées sur un point de la côte à 120 kilomètres nord de Tampico. — Il a les mêmes caractères que le bois de cette dernière provenance, mais sa qualité est préférée. — Il est en billes ou bûches plus courtes, assez fortes, sciées perpendiculairement, d'une longueur de 75 à 85 centimètres.

De Carmen, il vient aussi du bois jaune assez estimé, qui peut prendre rang après le Tuspan.

4. *Bois de Côte-Ferme.* — On comprend sous ce nom tous les bois jaunes provenant des Antilles, qu'on distingue ensuite en *bois de Zapote, de Carthagène, de Maracaïbo, de Santo-Domingo.* — La longueur et l'épaisseur des bûches varient selon les usages de chaque contrée ; mais toutes les dimensions sont bonnes, dès que la couleur jaune est vive, et le rendement en teinture abondant.

5. *Bois jaune de Fernambourg.* — Cette espèce n'arrive que depuis très-peu de temps sur les marchés français. — Il est ordinairement en bûches d'un faible diamètre, d'une bonne couleur, mais il est très-noueux, ce qui en rend la trituration difficile. — Il tient le milieu entre le Santo-Domingo et le Tuspan.

6. *Bois des Indes orientales.* — En bûches de très-fortes dimensions : il est filamenteux, plus léger que les précédents ; sa couleur est jaune verdâtre. Il contient peu de matière colorante, aussi n'est-il employé qu'en ébénisterie.

Quelle que soit la provenance du bois jaune, il faut le choisir compacte, dense, non piqué, offrant dans l'intérieur une couleur jaune garancée, autrement dit parsemée d'une infinité de petites lignes rougeâtres tirant sur l'orangé ; c'est là un indice certain de richesse tinctoriale.

On trouve souvent, dans l'intérieur des bûches de Cuba, de Tampico et de Tuspan, une matière pulvérulente jaune ou d'un blanc tirant sur la couleur de chair, et une matière rouge dont l'aspect est résineux. Cette poudre est très-riche en matière colorante.

On vend fréquemment les bois jaunes en poudre et en effilures.

M. Chevreul dit qu'il existe dans ces bois deux principes colorants, capables de teindre en jaune les étoffes alunées ; il les a nommés *morin jaune* et *morin blanc*. Tous les deux sont susceptibles de se sublimer en cristaux. La dissolution aqueuse du *morin jaune* devient verte par les sels de peroxyde de fer, tandis que celle du *morin blanc* acquiert, par le même réactif, une couleur rouge marron.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tous deux sont facilement altérables par l'air qui leur donne une teinte rousse, en les oxygénant. Le *morin blanc* serait le principe colorable qui n'a pas encore subi l'influence de l'air; le *morin jaune* serait le premier degré d'oxydation de ce principe ou la véritable matière colorante, et le principe rouge en serait le dernier degré d'oxydation.

M. Wagner qui, en 1851, a étudié le bois jaune, considère comme des acides les deux *morins* isolés par M. Chevreul et les nomme *acide morique* (morin blanc) et acide *morintannique* (morin jaune); ils sont isomères. D'après ce même chimiste, le dépôt qui a lieu dans la décoction de bois jaune qu'on laisse refroidir, se compose d'acide morintannique et de morate de chaux, et c'est le premier de ces deux principes qui constitue la plus grande partie de la poudre qu'on observe au centre des bûches de ce bois.

La décoction de bois jaune, qui est sans odeur, pourvue d'une saveur amère et astringente, se comporte ainsi qu'il suit avec les réactifs :

Alcalis solubles....	Virent la couleur au jaune orangé brun verdâtre.
Chaux.....	Idem.
Acides sulfurique, azotique, oxaliq.	Léger précipité.
Acide acétique.....	Pâlit et éclaircit la liqueur.
Alun.....	Précipité jaune-serin.
Sulfate ferrique..	Colore en brun olivâtre et y détermine un précipité noir-olive.
Sulfate de cuivre...	Précipité vert foncé.
Chlorure d'étain...	— jaune.
Chloride d'étain...	— jaune doré.
Acétate de plomb..	— jaune orangé.
— de cuivre..	— jaune brun.
Gélatine.....	— floconneux, d'un jaune orangé.
Chlore.....	Précipite légèrement, y développe une couleur rougeâtre, qu'un excès de chlore fait disparaître.

Le bois jaune est principalement employé pour teindre la laine, non seulement en jaune avec les sels d'alumine, mais en vert, vert-olive, bronze et noir, concurremment avec l'indigo, les sels de fer et de cuivre et d'autres matières tinctoriales. Cinq à six parties de ce bois suffisent pour teindre en jaune citron seize parties de drap. Les couleurs jaunes qu'il fournit sont très-belles, mais elles passent au roux à l'air. Sa matière colorante a beaucoup de tendance à s'appliqner sur les



34. *Jaune*



35. *Vert*

sur laine, au bois jaune.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toiles de coton non mordancées. Chaptal a remarqué que la gélatine, ajoutée dans le bain de bois jaune, lui fait donner des jaunes bien plus beaux, plus intenses, se rapprochant beaucoup de ceux de la gaude et du quercitron. Les décoctions obtenues au moyen de la vapeur sont plus riches, plus pures et donnent des couleurs plus vives.

CINQUANTE-SEPTIÈME LEÇON.

DES MATIÈRES TINCTORIALES. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Suite des matières tinctoriales jaunes. — *Quercitron*. — *Gaude*. — *Graines jaunes*. — *Rocou* et *Bixine*. — Suc *d'aloès* et acide chrysammique. — Acide picrique. — *Safran*. — MATIÈRES TINCTORIALES BLEUES. — *Indigo*. — Manière de l'obtenir. — De ses diverses espèces commerciales.

QUERCITRON.

Le *Quercitron* ou *Chêne jaune* est une grande espèce de chêne, le *quercus tinctoria* (*fig.* 538), indigène de l'Amérique, dont l'écorce est employée en teinture. Cet arbre existe en abondance dans les forêts de la Pensylvanie, des Carolines et de la Géorgie.



Fig. 538.

On a tenté de l'acclimater en France. En 1818, on en a fait un très-grand semis dans le bois de Boulogne, aux portes de Paris; à partir de 1821 jusqu'à 1833 de nombreux semis ont été effectués dans la Seine-Inférieure, et jusqu'à présent on a tout lieu d'espérer un plein succès de ces entreprises.

C'est en 1775 que le chimiste Bancroff fit connaître, en Angleterre, l'écorce du quercitron comme matière tinctoriale. Un acte du Parlement lui en accorda l'emploi exclusif pendant un certain nombre d'années. Bunel, de Rouen, eut ensuite un privilége de six ans, en France, pour vendre cette substance, dont l'usage est devenu général dans nos fabriques d'indiennes.

En Amérique, on dépouille l'écorce du quercitron de son épiderme, qui contient beaucoup de matière colorante fauve, puis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on pulvérise avec des meules la deuxième écorce, et on nous l'expédie ainsi pulvérisée. Il se forme, par cette pulvérisation grossière, une poudre fine et des fibres courtes; celles-ci contiennent deux fois moins de matière colorante que la poudre.

De quelque contrée de l'Amérique que nous soit expédié le quercitron, il nous arrive en boucauts de 500 à 700 kilogr., en demies, tiercons et quarts, de poids proportionné. Les fûts sont frappés, sur le fond, d'une marque à feu qui indique la qualité de la marchandise.

On distingue dans le quercitron les espèces suivantes :

1. *Quercitron de Philadelphie.* — Brins menus, légers ; couleur blonde; odeur assez prononcée ; saveur amère et astringente.

2. *Quercitron de New-York.* — Beaucoup de ressemblance avec le précédent, toutefois inférieur en qualité. Brins légers, effilés, moins menus, et par conséquent plus longs et plus gros.

3. *Quercitron de Baltimore.* — Brins plus gros que ceux du premier, et accompagnés de morceaux d'écorce qui n'ont point été effilés.

Le quercitron est d'autant plus estimé qu'il est en poudre plus fine et moins chargé de fibres. La couleur jaune pâle et un excès de poudre sont des indices de bonne qualité; une couleur jaune foncée et un excès de fibres promettent moins de matière colorante. Il faut avoir égard à la proportion des fibres peu colorantes, pour régler, en teinture, les dosages du quercitron.

Cette écorce contient, d'après M. Chevreul, beaucoup de tannin, un principe colorant rouge, un principe brun et une matière jaune soluble dans l'eau. Cette matière, qui peut cristalliser en lamelles ou écailles, est le *quercitrin* ou l'*acide quercitrique* de M. Bolley, qui lui a reconnu des propriétés acides (1). On peut l'avoir en aiguilles tout à fait incolores. Mais alors, dès qu'elle a le contact de l'air ou des agents oxydants, elle prend une belle couleur jaune, et constitue ainsi la véritable matière colorante du quercitron. Elle devient brune sous l'influence des alcalis, probablement en absorbant une nouvelle quantité d'oxygène.

D'après M. Rigaud, le *quercitrin* ($C^{36}H^{20}O^{21}$), en présence de l'acide sulfurique étendu, fixe 2 équivalents d'eau et se dédouble ensuite en glucose et en un nouveau principe colorant qu'il a nommé *quercétin* :

$$\underbrace{C^{36}H^{20}O^{21}}_{\text{Quercitrin.}} + 2\,HO = \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}} + \underbrace{C^{24}H^{10}O^{11}}_{\text{Quercétin.}}.$$

Le *quercétin* est une poudre jaune-citron, avec un léger reflet vert, qui est à peine soluble dans l'eau. Il possède une des propriétés caractéristiques du quercitrin, celle de se colorer en vert foncé en présence du

(1) M. Rochleder a trouvé le quercitrin dans les fleurs et les fruits du marronnier d'Inde. Les marrons coupés en morceaux minces et mis à macérer pendant 8 à 10 jours dans l'alcool à 89°, donnent une dissolution jaune d'or qui contient du quercitrin. De 100 kil. de fleurs, on peut extraire aussi par l'alcool bouillant près de 36 gram. du même principe colorant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chloride de fer ; mais il donne aux tissus une couleur bien plus pure et plus vive que le quercitrin.

La décoction du quercitron est d'un rouge orangé brun ; elle se trouble bientôt et dépose de la matière colorante jaune cristallisée ; à la longue, elle se colore fortement en brun rouge, et finit par se prendre en une matière qui rappelle le caillot du sang. D'après cela, il ne faut donc préparer cette décoction qu'au fur et à mesure du besoin, d'autant plus que, pour l'impression, elle est plus souvent faite dans les proportions de 1 kil. de quercitron pour 1 kilogr. d'eau. Une pareille décoction, au bout de quelques jours, abandonne une grande partie de sa matière colorante ; la liqueur surnageante est d'un brun roux et se prend en une masse comme couenneuse. Parvenue à cet état, on ne pourrait l'employer, pour la préparation des couleurs, sans de graves inconvénients.

Voici comment les réactifs agissent sur la décoction récente de quercitron :

Alcalis solubles....	Foncent sa couleur.
Chaux.....	Id. et précipité floconneux, d'un jaune roux.
Alun.....	Éclaircit la liqueur et ne forme qu'un léger précipité.
Chlorure d'étain...	Précipité roux.
Chloride d'étain...	— jaunâtre.
Acétate de plomb..	Flocons épais, d'un jaune roux.
— de cuivre.	Précipité jaune tirant sur le vert-olive. La liqueur reste d'un vert jaunâtre.
Sels de fer.....	Colorent la liqueur en vert et précipitent ensuite des flocons d'un brun-olive.
Acides.....	Éclaircissent la liqueur et font naître des flocons roux.
Acide acétique...	Enpâlit la couleur ; mais si la liqueur est trouble, il l'éclaircit.
Gélatine.....	Précipité floconneux rougeâtre.
Chlore.....	Flocons roux abondants. Un excès de chlore fait disparaître la couleur rougeâtre de la liqueur.

On emploie le quercitron pour la teinture en jaune du coton, auquel il donne de très-belles nuances par le moyen de l'alun ou du sel d'étain. — Il ne sert presque jamais, du moins en France, pour la teinture des soies. — C'est avec lui qu'on colore la lisière des étoffes en laine, dites *nouveautés*, dont la fabrication a pris une très-grande extension, depuis quelques années, à Elbeuf et à Sédan.



36. *Jaune au quercitron.*

Malheureusement la couleur jaune fournie par cette écorce, qui est bien plus riche que le bois jaune et la gaude, a l'inconvénient de passer peu à peu au roux, et elle ne résiste pas autant aux acides que celle du bois jaune.

C'est surtout dans les fabriques d'indiennes qu'on en fait un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grand usage ; il y a presque entièrement remplacé la gaude, parce qu'il a sur celle-ci l'avantage de ne pas s'appliquer d'une manière bien sensible sur les parties dépourvues de mordant, conséquemment il ne colore presque pas les fonds blancs, si l'on a l'attention de ne pas trop élever la température du bain. Pour atteindre ce but, après avoir délayé le quercitron dans l'eau froide, l'on y introduit les pièces, et l'on chauffe graduellement, de manière que la température s'élève, au plus, vers la fin, de 45 à 50°.

On ajoute toujours un peu de gélatine dans la décoction de cette écorce, afin de précipiter le tannin et d'obtenir ainsi un jaune plus tendre et plus brillant avec les mordants d'alumine. En combinant ces derniers à l'acétate de fer, on produit des nuances olives. On associe fréquemment le quercitron à la garance pour avoir des nuances orange, acajou, écorce d'arbre, Jean-de-Paris. On l'unit encore au sumac, au campêche, à la cochenille, pour modifier un peu les teintes fournies par ces ingrédients.

Le commerce livre à l'industrie des extraits de quercitron à 10 et 15°, qui se conservent fort bien et peuvent être employés jusqu'au bout en donnant toujours les mêmes résultats.

En 1849, l'un des plus habiles chimistes industriels de la Normandie, M. Duperray, eut l'idée de faire bouillir le quercitron avec de l'acide sulfurique étendu d'eau, afin de débarrasser la poudre de toutes les matières étrangères au principe tinctorial. Il réussit, en effet, à obtenir un produit plus riche, mais trop fugace pour pouvoir remplacer, en teinture ou en impression, le quercitron brut. C'est ce produit que longtemps après on se remit à fabriquer en Angleterre et en Alsace, sous le nom de *quercétine*. Son usage a été bien vite abandonné, parce qu'il ne fournit que des couleurs trop fugaces.

Depuis sept à huit ans, les teinturiers et les indienneurs anglais font usage, sous le nom de *flavine*, d'un produit tinctorial qui vient d'Amérique sous la forme d'une poudre légère d'un brun foncé et d'une grande finesse. Elle a toutes les propriétés du quercitron, avec un pouvoir tinctorial seize fois plus considérable, dit-on ; elle paraît être un mélange de quercitrin et de quercétin. Son mode de fabrication n'est pas bien connu.

GAUDE.

La *Gaude* ou *Vaude* est une plante herbacée qui croît naturellement dans presque toute l'Europe, mais plus particulièrement dans les lieux sablonneux. C'est une espèce de réséda, le *reseda luteola* (*fig.* 537), qui a 1 mètre à 1 mètre 30 de haut. On la cultive, en raison de la belle couleur jaune qu'elle fournit, dans le midi de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la France et en Normandie, dans le canton d'Elbeuf, mais surtout aux environs du Pont-de-l'Arche et de Louviers; on porte à 320 le nombre d'hectares de terre consacrés à cette culture dans le département de l'Eure.

On sème la gaude en juin et juillet, et, un an après, on en fait la récolte, en arrachant à la main la plante entière. On la laisse toujours munie de sa racine, non pas que celle-ci contienne sensiblement de matière colorante, mais parce qu'elle donne meilleure façon à la plante, et que cette dernière est alors, comme l'on dit, *plus de vente*. On dessèche la gaude en plein air, soit en la dressant contre des murs, des haies, ou tout autre appui, soit en la déposant, à mesure qu'on l'arrache, en javelles peu épaisses. Le dessus est promptement jauni par le soleil et la rosée; on retourne alors les javelles pour laisser sécher et jaunir pareillement le dessous. En moins d'une semaine, par un beau temps, la dessiccation est complète. Les pluies brunissent la plante et lui ôtent presque toute sa valeur. Les teinturiers n'achètent que la gaude d'un beau jaune. Cependant j'ai constaté, avec Mathieu de Dombasle, que la gaude qui a conservé en séchant sa couleur verte, à cause de la rapidité de la dessiccation, est tout aussi riche en principe colorant et donne d'aussi belles nuances en teinture que celle qui est devenue jaune.



Fig. 539.

C'est principalement dans la partie supérieure de la plante, surtout dans les dernières feuilles et les enveloppes du fruit, que réside le principe colorant. M. Chevreul le premier lui a donné le nom de *lutéoline* et l'a obtenu en cristaux aiguillés, transparents et jaunâtres; mais pur, il est complétement incolore; seulement, dès qu'il a le contact de l'air, il jaunit, et par l'action des corps oxydants, notamment du bichrômate de potasse, il acquiert une couleur jaune intense, et constitue alors la véritable matière colorante qui se fixe sur les tissus. La *lutéoline* est accompagnée, dans la plante, de plusieurs matières azotées, d'une substance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

amère, d'un principe odorant, de sucre, d'acide tannique, d'un acide libre et d'un grand nombre de sels.

M. Moldenhauer, qui vient d'étudier la *lutéoline* pure, lui donne pour formule $C^{40}H^{14}O^{16}$ (1). Il la considère comme un acide faible. Elle est à peine soluble dans l'eau; son véritable dissolvant est l'alcool; elle se dissout aussi sans altération aucune dans l'acide sulfurique. Le perchlorure de fer donne à sa dissolution la plus étendue une belle coloration verte.

La décoction de gaude est d'un jaune peu prononcé; elle dépose bientôt des flocons d'un brun olivâtre qui sont formés de lutéoline impure et d'oxyde de fer; elle passe peu à peu au roux, par suite de l'oxygénation du tannin; elle rougit sensiblement le tournesol. Cette décoction, filtrée après le refroidissement, se comporte de la manière suivante avec les réactifs :

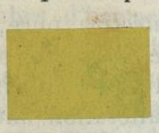
Alcalis solubles....	Virent la couleur au jaune d'or verdâtre.
Eau de chaux, eaux calcaires.....	Foncent la couleur.
Eau de baryte.....	Précipité floconneux d'un beau jaune.
Acide azotique.....	Fonce la couleur sans la précipiter.
Autres acides.....	La troublent.
Alun.....	Léger précipité jaune.
Chlorure d'étain. Acétate de plomb.	Précipité jaune abondant.
Sulfate ferrique..	Colore en brun olivâtre, et forme à la longue un précipité brun.
Acétate de cuivre..	Précipité jaune roux, tirant sur le vert.
Gélatine.....	Trouble léger.
Chlore.....	Fait passer la couleur au roux et donne un précipité floconneux ; décoloration partielle par un excès du réactif.
Bichrômate de potasse.	Comme les alcalis, puis dépôt de paillettes jaunes.

La gaude est une matière précieuse en teinture, à cause de la beauté et de la solidité du jaune pur qu'elle communique aux étoffes alunées, depuis le jaune-paille jusqu'au jaune-citron. Cependant, depuis une quinzaine d'années, on en consomme

(1) MM. Schuetzenberger et Paraf qui viennent d'obtenir la lutéoline en belles aiguilles jaunes d'une grande pureté, lui donnent une autre formule. Ils la représentent par $C^{24}H^{10}O^{12},HO$ et quand elle est complétement desséché à $+150^{o}$ ou en combinaison avec l'oxyde de plomb, par $C^{24}H^{8}O^{10}$. — Pour la préparer, ces chimistes ont épuisé la gaude par l'alcool, précipité la solution par l'eau et chauffé le précipité avec de l'eau à $+250^{o}$ dans un cylindre en acier fondu fermé par une vis en acier. Ils ont trouvé, après refroidissement, les parois du cylindre tapissées de belles aiguilles, et au fond un culot de résine. Ces cristaux ont été purifiés par deux dissolutions dans l'eau du cylindre réchauffée, avant d'être analysée.

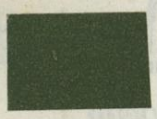
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

beaucoup moins, surtout dans les fabriques d'indiennes, où on l'a remplacée par le quercitron. Cela tient à ce que, d'une part, cette dernière substance tinctoriale est 7 à 8 fois plus riche en principe colorant que la première, et que, de l'autre, celle-ci a l'inconvénient de tacher facilement les parties des toiles qui doivent rester blanches et de se fixer trop fortement sur les parties garancées, inconvénients qu'on évite avec le quercitron.



37. *Jaune de gaude.*

Mais si, sous ce rapport, la gaude est inférieure au quercitron, d'un autre côté, elle a sur lui, aussi bien que sur toutes les autres matières tinctoriales jaunes, l'avantage de fournir des jaunes purs et brillants qui s'altèrent moins par l'air et la chaleur, et qui ne passent pas aussi facilement au roux. Voilà pourquoi, pour la teinture des laines et des soies, la gaude est toujours préférée.



38. *Olive de gaude.*

Pour nuance olive, on ajoute au mordant d'alumine des sels de fer; pour jaune d'or, un peu de garance à la gaude; pour couleur de tan, un peu de suie.

D'après M. Alb. Schlumberger, la gaude traitée par l'acide sulfurique étendu, dans les mêmes conditions que le quercitron, acquiert aussi un pouvoir colorant considérable, tout en donnant des nuances plus pures.

On prépare avec cette plante une laque jaune très-belle pour les peintres, mais surtout pour les fabricants de papiers peints. La laque surfine est à base d'alumine; la laque n° 1 est faite avec un mélange de craie et d'alun. La France a été pendant très-longtemps tributaire de la Hollande pour la préparation de la belle laque de gaude.

GRAINES JAUNES.

Les *graines jaunes* sont les baies non mûres et desséchées de plusieurs arbrisseaux du midi de la France, de l'Espagne, de la Turquie d'Europe, de la Perse, qui sont compris sous la dénomination générale de *nerprun des teinturiers* (*fig.* 340). Ces graines sont distinguées, dans le commerce, par les noms des contrées qui les produisent ou les expédient; elles varient entre elles de grosseur et de couleur. En général, elles ont la grosseur d'un grain de poivre, sont d'un vert jaunâtre ou noirâtre, unies, ridées ou sillonnées à leur surface, et contiennent deux, communément trois et quelquefois quatre semences aplaties d'un côté et convexes de l'autre; elles ont une saveur amère, désagréable, et une forte odeur nauséeuse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici les espèces qu'il est le plus nécessaire de connaître :

1. Graines d'Avignon. — Produites par le *rhamnus infectorius*. Baies inégales, offrant rarement trois coques réunies, plus souvent deux par l'avortement des autres. Vert jaunâtre ou vert foncé. Surface unie ; la forme ressemble à celle d'un cœur. Elles sont mêlées de grains noirs avortés et d'une grande quantité de bûchettes.

Emballage. Balles de 120 kilogr.



Fig. 540.

2. Graines d'Espagne. — Produites par le *rhamnus saxatilis*. Ressemblent assez aux précédentes, mais elles contiennent moins de grains à trois coques. Vert moins foncé et tirant un peu sur le jaunâtre.

Emballage. Futailles et balles de différents volumes et poids.

3. Graines de Morée. — D'une belle grosseur ; paraissent être les plus grosses des graines jaunes. Elles ont deux coques, sont assez égales, d'une couleur jaune pâle ou blonde. Les balles contiennent des bûchettes et des impuretés.

4. Graines de Turquie. — Elles tiennent le milieu, pour la grosseur, entre celle du poivre lourd et celle du poivre léger. On les subdivise en :

A. *Graine de Valachie*. La plus grosse, la plus ronde, la plus pleine, d'un vert gris ; rarement accompagnée de son pédoncule. Offre quelques grains noirâtres.

B. *Graine de Bessarabie*. Plus régulière ; contient peu de grains noirs. Vert pâle. Préférée tant pour la richesse que pour la beauté de sa partie colorante.

C. *Graine du Levant ou d'Andrinople*. A peu près du même vert. Contient des grains noirs.

Emballage. Balles de crin, recouvertes d'une toile, du poids de 120 kil.

5. Graines de Perse. — Composées de quatre coques monospermes, réunies au centre, ce qui donne au fruit une forme tétragone régulière. Saveur amère très-désagréable, odeur nauséeuse assez forte. On les classe en :

A. *Graine de Perse, grosse*. Grains de la grosseur d'un pois, arrondis, ridés, d'un vert pâle, assez égaux entre eux, accompagnés ou quelquefois privés de leur pédoncule. Très-riches en principe colorant d'une grande beauté.

B. *Graine de Perse, moyenne*. Grains plus petits, un peu moins ridés, moins égaux et plus souvent accompagnés de leur pédoncule.

C. *Graine de Perse, petite*. Mélange de grains plus petits encore et irréguliers.

Emballage. Balles de crin, recouvertes de toile, pesant 150 kilogr.

La graine de Perse est la plus estimée de toutes les graines jaunes (1).

(1) C'est surtout dans l'Asie Mineure que le *rhamnus infectorius* est le plus commun. On le trouve dans presque toutes les localités volcaniques. Cet arbuste

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Généralement toutes les *graines jaunes* sont cueillies avant leur maturité; voilà pourquoi elles ont une teinte verdâtre. Elles ne donnent de bons résultats qu'autant qu'elles sont récemment récoltées; après une année de conservation, elles fournissent déjà des couleurs moins vives; aussi ne doit-on les acheter que lorsqu'elles ont une teinte vert jaunâtre; lorsqu'elles sont plus foncées et, à plus forte raison, noires, il faut les rejeter; c'est un signe qu'elles ont plusieurs années de récolte, ou qu'elles ont séché trop lentement et souffert par l'humidité.

Ces graines cèdent à l'eau un principe colorant jaune, une matière très-amère et un principe rouge qui passe au brun par le contact de l'air.

On peut isoler le principe colorant en traitant les graines par l'éther; celui-ci le laisse cristalliser en belles aiguilles d'un jaune d'or. M. R. Kane l'a nommé *Chrysorhamnine* et lui donne pour formule $C^{23}H^{11}O^{11}$. Ce principe est aussi soluble dans l'alcool, mais insoluble dans l'eau. Lorsqu'on le fait bouillir avec celle-ci, en présence de l'air, il s'hydrate en s'oxydant et produit un nouveau corps, la *Xanthorhamnine*, qui a pour formule, d'après le chimiste irlandais, $C^{23}H^{12}O^{14}$.

Suivant MM. Bolley et Térisse, qui ont repris tout récemment l'analyse des graines de Perse, la matière colorante jaune ou la *Chrysorhamnine* de M. Kane, qu'elles cèdent à l'éther, ne serait autre chose que la *Quercétine*, ce dérivé du quercitrin dont il a été question précédemment. Les chimistes suisses doutent qu'elle se décompose facilement et donne lieu à la formation du principe appelé *Xanthorhamnine*.

La décoction des graines jaunes, colorée en brun verdâtre, odorante, d'une saveur très-amère, ne se trouble pas par le refroidissement; elle se comporte ainsi qu'il suit avec les réactifs :

Alcalis.....	Virent à l'orangé.
Acides.....	La troublent un peu.
Acide azotique....	Éclaircit la liqueur.
Eau de chaux.....	Vire au jaune verdâtre; léger précipité.
Alun.....	En affaiblit la couleur sans la précipiter.
Acétate de plomb..	Ne la trouble qu'après 1/2 heure.
— de cuivre..	Léger précipité d'un jaune roux verdâtre.

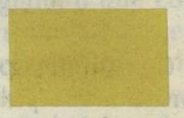
---

est connu dans tout l'Orient sous le nom de *djéhri*. Il est particulièrement cultivé à Konia, Angora et Kaïsaria. On le propage par boutures; celles-ci portent fruit la troisième année; la plante produit pendant trois ans, après quoi elle s'épuise et devient improductive, si l'on n'a pas soin de la greffer. — Kaïsaria, avec sa banlieue, récolte annuellement 400,000 kil. de graines, dont la majeure partie est expédiée à Smyrne et à Samsun, d'où on les exporte en Europe et particulièrement en Angleterre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sulfate ferrique... La fait passer au jaune vert olive sans la troubler.
— de cuivre.. Idem.
Chlorure d'étain... Vire au jaune verdâtre; léger précipité.
Gélatine..... Trouble léger ; flocons au bout de 1/4 d'heure.
Chlore..... Fonce au rouge, puis fait passer au jaune.

Les graines jaunes donnent, en teinture, une couleur jaune intense, très-belle, mais peu solide avec les mordants d'alumine et les sels d'étain. On les emploie dans les mêmes circonstances que la gaude, mais surtout dans les fabriques d'indiennes, pour obtenir des jaunes, des verts et des olives d'application. Dans ces fabriques, pour avoir les beaux jaunes foncés, supérieurs à ceux du quercitron pour la vivacité, mais non pour la solidité, on emploie toujours la graine de Perse moulue, et on n'utilise que la première décoction, réservant les autres pour faire les verts. Dans tous les cas, ces décoctions ne donnent des nuances fraîches et vives qu'autant qu'elles sont récentes. En vieillissant, elles deviennent filantes, surtout lorsqu'elles sont concentrées; on évite cet inconvénient en ajoutant aux graines, avant de les faire cuire, quelques noix de galle; le tannin que celles-ci fournissent empêche les décoctions de *tourner au gras*, comme on dit en termes d'atelier.



39. *Jaune de graines de Perse.*

On consomme encore beaucoup de graines jaunes pour la coloration des papiers de tenture et pour la fabrication de la laque spécialement désignée sous le nom de *Stil de grain*. Les Hollandais ont eu longtemps le privilége de fournir cette laque au commerce, et ils en font encore aujourd'hui une exportation considérable.

On obtient le *stil de grain* en introduisant, dans une décoction alunée de graines d'Avignon, de la craie très-blanche et très-fine, en suspension dans l'eau, jusqu'à ce que toute la couleur jaune soit précipitée. La pâte, bien égouttée, est moulée en trochisques qu'on fait sécher à l'ombre. Mais le plus souvent, la décoction alunée est faite avec des proportions variables de gaude, de quercitron, de carthame, de curcuma, de bois jaune, de graines d'Avignon.

Le *stil de grain* possède une teinte jaune plus ou moins intense; on l'emploie pour peindre les parquets, les décors de théâtre, les cuirs, etc.; mais il ne jouit pas d'une grande solidité.

Le *vert de vessie* du commerce, qui sert comme couleur verte, dans la peinture à l'eau, pour teindre les papiers et les cuirs, et pour faire du stil de grain, est préparé dans les environs de Nuremberg et dans le midi de la France, avec les baies mûres du *nerprun purgatif*. Pour cela, on laisse fermenter ces baies dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une cuve, pendant huit jours environ, puis on en exprime le suc. Il a une couleur rouge pourpre foncée, mais il devient rouge clair par les acides et vert par les alcalis. On y ajoute un peu d'alun et de potasse, ou de l'eau de chaux et de la gomme, et on le concentre en consistance de sirop épais. On le renferme alors dans des vessies de porc, qu'on suspend à l'air pour achever la dessiccation.

ROCOU.

On désigne sous ce nom une matière tinctoriale qui, sous la forme d'une pulpe gluante, d'un rouge de vermillon, entoure les graines du rocouyer, *Bixa orellana* des botanistes (*fig.* 541), arbrisseau des contrées méridionales de l'Amérique.

Lorsque les fruits sont mûrs, on isole les graines des capsules épineuses (*a*, *fig.* 541) qui les renferment, on les broie grossièrement, on les met tremper dans l'eau, pendant plusieurs semaines, pour en détacher la matière colorante, on filtre à travers un tamis, et, par le repos, la couleur, qui était en suspension dans le liquide, se dépose. On l'épaissit au moyen du feu et on l'enferme dans des caisses qu'on expose à l'air, mais à l'abri du soleil, jusqu'à ce que le rocou soit convenablement séché.

Cette matière arrive en Europe, du Mexique, du Brésil, des Antilles et surtout de Cayenne, sous la forme d'une pâte ordinairement façonnée en pains ou gâteaux de 5 à 8 kilogrammes, enveloppés de feuilles de balisier, de bananier ou de roseau.



Fig. 541.

Elle vient aussi en masses plus volumineuses dépouillées de feuilles, et dans des fûts d'origine ou dans des barriques à vin de Bordeaux ou de la Rochelle, les uns et les autres du poids de 200 à 250 kilogrammes. Les pains sont entassés et fortement comprimés dans ces fûts, dont ils occupent toute la largeur.

La fabrication du rocou à Cayenne est vicieuse et fournit un produit plus ou moins altéré par la fermentation et une mauvaise cuisson, mais, dans tous les cas, surchargé d'une grande quantité de matières inertes. En effet, une barrique de rocou, du poids net de 218 kilogrammes, contient :

Eau	157k,5
Feuilles	8 ,4
Fécule, mucilage, fibre ligneuse	39 ,9
Matière colorante	12 ,2
	218k,00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, lorsqu'un manufacturier, un teinturier, un fabricant de couleurs, achètent une barrique de rocou, pour laquelle, quand le cours de cette pâte est à 1 fr. 20 le kilogr., ils déboursent environ 300 fr., ils n'ont, en réalité, que 12 kilogr. 200 de matière tinctoriale; et cette matière leur revient à 24 fr. 60 le kilogr., sans compter la dépense à faire pour en séparer les parties étrangères.

Quoi qu'il en soit, le rocou est une pâte homogène, d'une consistance butyreuse et d'un toucher gras et onctueux; sa couleur habituelle est un rouge terne, mais la teinte est toujours plus vive au dedans qu'à l'extérieur des pains. Il y a quelquefois des rocous bruns, que certains consommateurs préfèrent. Il exhale une odeur désagréable, qui rappelle celle de l'urine en putréfaction; mais cette odeur lui est communiquée, dans les magasins, par l'urine qu'on y incorpore de temps en temps pour l'entretenir humide, augmenter son poids et rehausser sa couleur.

Le rocou cède à l'eau froide un principe colorant jaune, nommé *orelline*, et à l'esprit-de-vin, ainsi qu'aux liqueurs alcalines, un autre principe colorant rouge, appelé *bixine*, qui participe de la nature des résines et se rapproche singulièrement de la matière colorante rouge du carthame. Un caractère propre à ce principe rouge, c'est de devenir d'un très-beau bleu d'indigo par le contact de l'acide sulfurique concentré, caractère qu'on retrouve dans le rocou du commerce. Du reste, le principe jaune devient d'un rouge foncé, sous l'influence de l'air et de l'ammoniaque, tandis que, d'un autre côté, la *bixine*, maintenue dans l'air humide, se convertit, d'après M. Kerndt, en principe jaune ou *orelline*.

La dissolution du rocou dans les liquides alcalins est d'un rouge orangé; elle se comporte de la manière suivante avec les réactifs :

Acides	Précipité orange qui est soluble dans un excès d'alcali. La liqueur devient jaune pâle.
Alun	Précipité orange.
Sulfate de fer	Id.
— de cuivre	Précipité jaune brun.
Chlorure d'étain	— jaune citron.

La consommation de cette matière tinctoriale est généralement assez restreinte, à cause de son peu de solidité à l'air et à la lumière. Elle sert pour la teinture des soies en aurore et en orangé, plus rarement pour celle du lin et du coton; les chamois petit teint sur coton sont obtenus avec elle. Comme les couleurs fournies par le rocou sont très-brillantes, on en fait souvent usage



40. *Aurore au rocou.*



41. *Orange au rocou*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour modifier et aviver certaines nuances de grand ou de petit teint. C'est ainsi qu'on l'emploie pour rehausser le ton des chamois, les jaunes par la gaude, le rouge des Indes ou d'Andrinople, pour donner un pied à la soie, au coton et au lin teints en ponceau, cerise, nacarat, avec le carthame ou la cochenille. Dans les fabriques d'impressions, on l'utilise quelquefois spécialement pour les genres vapeur : ainsi il sert pour obtenir des orangés sur coton, sur soie, sur laine et soie (châlys).

Les couleurs du rocou résistent assez longtemps à l'action du savon et des acides, et plus longtemps à celle du chlore que le rouge de garance ; mais elles passent assez rapidement à l'air.

Comme le rocou se dissout très-bien dans les huiles grasses et volatiles, on en fait fréquemment usage pour colorer les vernis, les huiles, les graisses, le beurre, le fromage. Les indigènes de l'Amérique l'employaient pour teindre, et les Caraïbes s'en frottaient le corps avant de combattre. Il vint en Europe peu de temps après la découverte du nouveau continent.

La forme sous laquelle le rocou est expédié prête singulièrement à l'introduction de substances étrangères, aussi est-il rare qu'il ne soit pas additionné frauduleusement d'ocre rouge, de brique pilée ou de colcothar.

La calcination est le seul moyen de constater exactement l'absence ou la proportion des substances minérales. Mais cette calcination ne doit être faite que sur le rocou desséché à 100°, autrement on arriverait à des résultats erronés, la quantité d'eau d'interposition variant beaucoup dans ce produit commercial. On prend 5 gram. de rocou séché à 100° et pulvérisé, et on les calcine dans un creuset de platine, en opérant comme pour la garance (*fig.* 542).

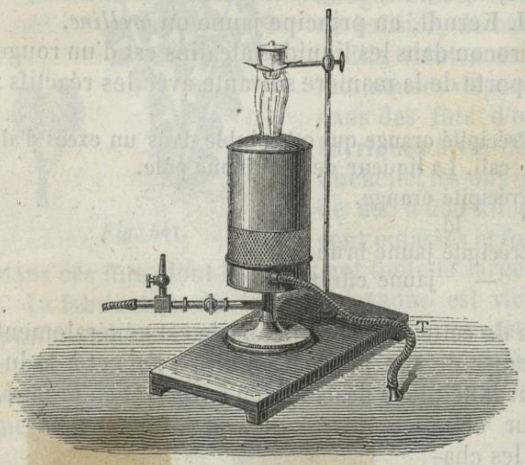


Fig. 542.

Les bons rocous donnent de 8 à 13 p. 100 de cendres grisâtres ou jaunâtres. Tout ce qui dépasse ce poids doit être attribué à un mélange frauduleux.

Le second essai auquel il faut soumettre le rocou, et qui a pour but d'éclairer sur sa richesse tinctoriale, doit se faire en teignant comparativement avec un rocou pris comme type de pureté, des poids déterminés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de coton ou de soie. On monte des bains avec les échantillons, dans les proportions suivantes :

	Bain pour le coton.	Bain pour la soie.
Rocou desséché à 100° et pulvérisé. ...	5 gr.	0,5
Sel de tartre.....	10	1,0
Eau pure.....	400	200,0

On fait chauffer jusqu'à l'ébullition, après avoir plongé dans les bains des écheveaux de coton blanc du poids de 12 gram. ou des écheveaux de soie blanche du poids de 2 gram. On entretient l'ébullition pendant 15 minutes; on retire du feu, et, après une heure de repos, on relève les écheveaux, on les tord, on les lave à grande eau et on les sèche à l'ombre. On peut alors comparer la hauteur des nuances des rocous. Le rocou essayé est d'autant meilleur que la teinte qu'il a donnée aux tissus s'éloigne moins de celle fournie par le rocou employé comme terme de comparaison; on peut donc voir si son prix est en rapport avec sa qualité tinctoriale.

Si l'on veut établir un rapport numérique exact entre les deux rocous, ou, en d'autres termes, déterminer leur valeur vénale comme matière colorante, il faut recourir à l'emploi du *colorimètre* (*fig.* 543), en opérant sur des teintures alcooliques. L'expérience m'a appris qu'il faut 350 gr. d'alcool à 82°,5 fractionnés en 7 parties, pour enlever à 5 décigrammes d'un bon rocou toute sa matière colorante. On agit comme pour la cochenille, en se servant d'alcool pour étendre ou affaiblir la teinture la plus forte (1).

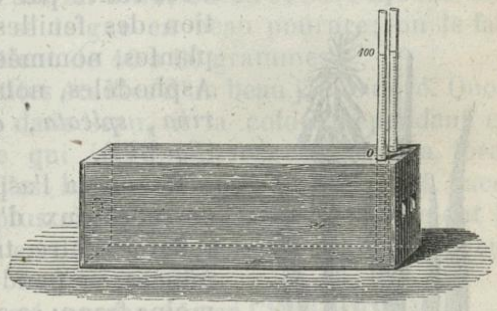


Fig. 543.

On peut aussi doser la matière colorante dans les deux échantillons, en les épuisant par de l'eau de soude ou de potasse, et sursaturant les deux dissolutions par de l'acide chlorhydrique étendu. La *bixine* se précipite à peu près pure; on recueille les précipités sur des filtres doubles, on les lave soigneusement, et, après dessiccation à 100°, on a les poids comparatifs de bixine, ce qui permet d'établir la valeur réelle des deux échantillons.

Un Français établi à Cayenne depuis une trentaine d'années, M. du Montel, frappé de l'imperfection du système de fabrication en usage dans la colonie, s'est efforcé d'y porter remède. Remplaçant dans la manipulation de la graine du rocouyer, l'écrasement et la pression par le lavage; prévenant, par des agents chimiques

(1) Voir, pour plus de détails, mon *Mémoire sur les falsifications qu'on fait subir au rocou*.— Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires, t. XXII, cahier de mars 1836.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et la célérité du travail, l'action si nuisible de la fermentation, il obtient un précipité d'une extrême finesse, d'une odeur agréable et d'un très-beau rouge, ne contenant rien autre chose que la pulpe extérieure des graines. C'est ce produit, mis sous la forme de tablettes, qu'il a livré au commerce, dès 1848, sous le nom de *bixine*. D'après mes expériences, cette substance a un pouvoir tinctorial trois à quatre fois plus considérable que le rocou ordinaire en pâte; les nuances aurore et orangé qu'elle donne sont bien plus vives et plus brillantes que celles fournies par ce dernier (1).

En 1857, M. Daubriac, de Cayenne, a expédié du rocou en pâte, dans des boîtes de fer-blanc soudées, qui paraît préparé avec soin, et qui a un pouvoir tinctorial double de celui du rocou ordinaire. Il ne donne que 5 p. 100 de cendres blanches, mais il renferme de 67 à 70 p. 100 d'eau. Sa couleur est belle, et son odeur est agréable.

SUC D'ALOÈS.

C'est un suc épaissi qui arrive en masses, plus ou moins considérables, de Bombay, de la Barbade, de la Jamaïque, du Cap de Bonne-Espérance, etc. Il est retiré par expression ou par décoction des feuilles charnues de plusieurs plantes, nommées *Aloès*, de la famille des Asphodèles, notamment des *Aloe socotorina*, *spicata*, *elongata*, *vulgaris*, etc. (*fig.* 544).

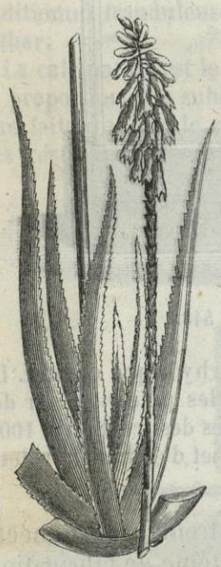


Fig. 544.

Ce suc a l'aspect d'une résine; il est en morceaux d'un brun foncé avec un reflet verdâtre, translucide dans les lames minces; sa poudre est d'un jaune plus ou moins franc; sa saveur est très-amère, son odeur forte et aromatique. Il est imparfaitement soluble dans l'eau froide, entièrement dans l'eau bouillante, dans l'alcool, l'éther, les huiles. Outre de l'albumine, quelques sels de potasse et de chaux, des traces d'acide gallique, et du suc pur que Robiquet fils a nommé *aloétine*, il s'y trouve un principe cristallin jaunâtre, fort peu soluble, que les alcalis dissolvent aisément avec une couleur orangée foncée; ce principe a été nommé par MM. Smith et Stenhouse, qui l'ont isolé, *aloïne;* il est représenté par la formule $C^{34}H^{18}O^{14}$.

(1) Voir, pour plus de détails, mon *Mémoire sur la Bixine*. (Journal de pharmacie et de chimie, 3e série, t. XXI, p. 174.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est M. Boutin qui, en 1840, a songé le premier à utiliser, pour la teinture, la grande puissance colorante de l'aloès. Edmond Robiquet, en 1847, MM. Sacc et Schlumberger, en 1854, ont repris ces essais. M. Sacc, surtout, a montré que ce suc, en colorant très-bien la soie, la laine et le coton, donne, suivant les préparations qu'on lui fait subir, une foule de nuances différentes, telles que rose, hortensia, raisin de Corinthe, violet, gris, puce, marron, cannelle, bois, olive, myrte, orange, jaune, etc.

C'est surtout l'acide jaune qu'on en obtient par la réaction de l'acide azotique à 36°, et que M. Schunck a nommé *acide chrysammique*, qui peut prendre rang parmi les matières colorantes usuelles. On le prépare en chauffant au bain-marie 8 kilogr. d'acide, dans lequel on a mis 1 kilogr. d'aloès en gros morceaux. Quand l'effervescence s'est calmée, on ajoute encore 1 kilogr. d'acide et on chauffe derechef, aussi longtemps que le développement de gaz continue. La liqueur est versée alors, en petit filet, dans une grande masse d'eau froide qu'on agite fortement. Immédiatement l'acide chrysammique se sépare en flocons. On le lave par décantation jusqu'à ce que l'eau commence à se teindre en rose; puis on jette l'acide sur un filtre, où on le lave à l'eau distillée, jusqu'à ce qu'elle se teigne en beau pourpre; on le fait ensuite sécher. On en obtient de 40 à 50 grammes.

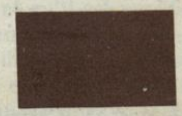
Il est sous forme de petites écailles d'un beau jaune doré. Quoiqu'à peu près insoluble dans l'eau, il la colore cependant en pourpre magnifique, ce qui indique assez combien sa force tinctoriale est immense. C'est bien certainement, d'après M. Sacc, la matière colorante la plus riche que possède actuellement la teinture. Les nuances qui en dérivent sont remarquables par leur grande vivacité.

L'acide chrysammique est représenté par $C^{15}H^2Az^2O^{12},HO$.

En imprimant de l'eau gommée, dans laquelle on a fait dissoudre 2 gr. d'acide chrysammique par litre, on obtient des teintes roses sur coton et laine, mais plus belles encore sur soie, qui résistent très-bien au lavage, et dont la nuance ne change pas avec les mordants d'étain. Si on expose ces tissus à l'action de la vapeur d'eau, il y a changement complet, et, au lieu d'avoir du rose, on a du violet sur les trois espèces de tissus; mais alors, c'est la laine qui prend la teinte la plus nourrie et la plus riche.



42. *Rose à l'acide chrysammique.*



43. *Violet à l'acide chrysammique.*

Si, au lieu d'imprimer l'acide chrysammique, on opère par teinture, et que l'on immerge les tissus dans une très-faible dissolution aqueuse de cet acide, en chauffant jusqu'à l'ébullition,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on trouve que la soie se teint en raisin de corinthe, la laine en marron très-foncé, et que le coton ne se colore pas.



44. *Raisin de Corinthe sur soie.*



45. *Marron foncé sur laine.*

Si le coton est mordancé en fer et en alumine, comme pour la teinture en garance, on s'aperçoit que l'alumine se teint en violet et qu'aucune portion du colorant ne se porte sur le fer. C'est assurément un des faits les plus curieux de la teinture.

Les chrysammates d'ammoniaque et de soude donnent avec le concours des sels métalliques réducteurs des nuances grises, et, avec les sels non réducteurs, une grande variété de couleurs très-différentes des premières.



46. *Gris au chrysammate d'ammoniaque.*

Comme l'aloès est à très-bon marché dans le commerce, les dérivés impurs de cette substance pourront devenir d'un usage économique dans la teinture; ils seront surtout très-précieux par le nombre et la variété des couleurs qu'ils permettent d'obtenir d'une manière aussi simple que rapide.

ACIDE PICRIQUE.

Cet acide, qui se produit en petites quantités dans la préparation de l'acide chrysammique, prend naissance dans la réaction de l'acide azotique sur un très-grand nombre de substances organiques, azotées ou non, telles, entre autres, que la soie, la laine, l'indigo, la salicine, l'huile de goudron de houille, la résine ou cire de Carnauba.

Il a été découvert, en 1788, par Haussmann, et désigné successivement sous les noms de : *amer de Welter*, *acide carbazotique*, *acide nitro-picrique*, *acide nitro-phénisique*, etc. C'est Thenard qui lui a donné le nom d'*acide picrique*, du mot grec *picros*, amer, pour rappeler son excessive amertume.

Laurent et M. Dumas le représentent par la formule :

$$C^{24}H^{6}Az^{6}O^{14}.$$

C'est M. Guinon, de Lyon, qui, le premier, en 1847, eut l'idée de l'appliquer comme corps colorant sur la soie.

Le procédé le moins coûteux pour l'obtenir en grande quantité est celui que Laurent (1) a fait connaître en 1841 et que M. Guinon

(1) Laurent (Auguste), né en 1807, à la Folie, près de Langres, est mort en 1853 à Paris, après une vie de travail et de misères. Mais il aura laissé une trace

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a légèrement modifié. Il consiste à faire réagir 6 parties d'acide azotique à 36° sur une partie d'*huile légère* de houille, c'est-à-dire bouillant entre + 160 et 190°; cette sorte d'huile est ce que les chimistes désignent sous le nom d'*acide phénique*. Comme la réaction entre les deux liquides est très-violente et peut occasionner des accidents quand le mélange a lieu trop brusquement, M. Guinon opère ainsi qu'il suit :

L'acide azotique est réparti dans huit grands ballons de verre B (*fig.* 545)

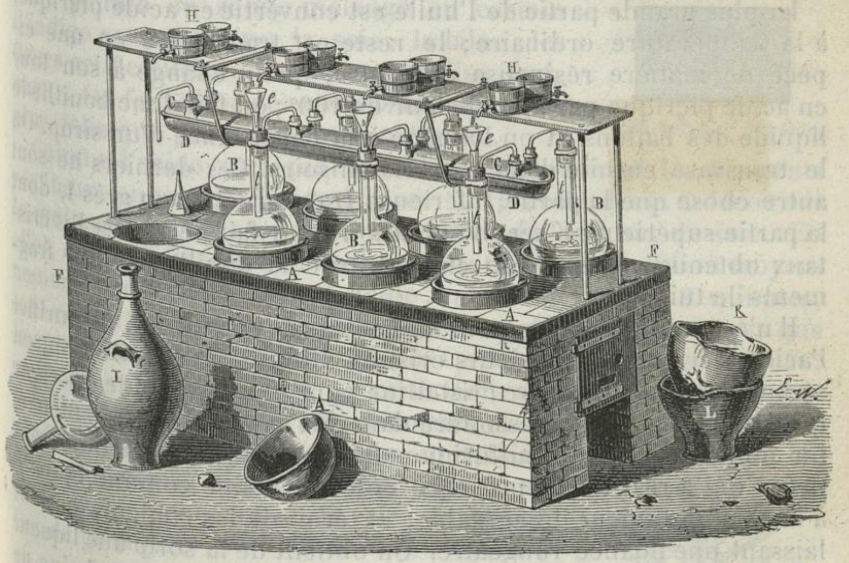


Fig. 545.

placés au bain de sable AA sur un fourneau long en briques FF. L'huile

---

profonde de son passage, car il a entrepris d'intéressants travaux sur la constitution des corps, et il est devenu le chef de l'*École unitaire* qui compte de nombreux adhérents parmi les jeunes chimistes de notre époque. Quelques mots suffiront pour faire comprendre en quoi cette École diffère de celle de Lavoisier. Ce dernier fit admettre que, dans tous les composés, il existe deux éléments, doués de propriétés opposées, réunis entre eux par l'affinité, et qu'il est possible de séparer. C'est là le principe du *dualisme* soutenu et défendu par Berzelius, Thenard, Gay-Lussac, etc. Laurent prétend, au contraire, que dans tout composé, il est impossible de reconnaître deux éléments préexistants, et qu'un composé organique constitue un ensemble arbitraire formé par la réunion directe d'éléments simples ou composés, éléments qu'on peut remplacer par des groupes analogues, sans altérer l'harmonie du composé ou du type. Son livre, intitulé : *Méthode de chimie*, publié après sa mort, renferme le résumé des pensées de toute sa vie à ce sujet, et mérite l'attention des esprits philosophiques. Beaucoup des travaux de Laurent ont été faits en collaboration avec Gerhardt, qui partageait les mêmes vues réformatrices. Après avoir professé pendant quelques années à la Faculté des sciences de Bordeaux, Laurent avait été nommé, en 1848, essayeur à la Monnaie de Paris. C'est là qu'il mourut. Il était correspondant de l'Institut depuis 1845.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de houille est renfermée dans des réservoirs en bois H, qui contiennent chacun la quantité nécessaire pour la dose d'acide de chaque ballon. Elle arrive dans ceux-ci, goutte à goutte, à l'aide de l'entonnoir *e* et du large tube *t*. Par suite de la réaction qui se produit au moment du contact, il se dégage des torrents d'acide carbonique et de deutoxyde d'azote qu'on fait rendre dans l'eau d'un réservoir commun en grès C, soutenu par un support en métal D; ce qui échappe à la condensation se rend dans une cheminée commune, qu'on ne voit pas dans la figure.

La plus grande partie de l'huile est convertie en acide picrique, à la température ordinaire; le reste est transformé en une espèce de matière résineuse rougeâtre, qu'on change à son tour en acide picrique par une chaleur de 100°; on fait donc bouillir le liquide des ballons et on l'amène à la consistance d'un sirop. On le transvase ensuite dans des cristallisoirs. Ces derniers ne sont autre chose que la partie inférieure L du cruchon en grès I, dont la partie supérieure K sert d'entonnoir pour faire égoutter les cristaux obtenus, après qu'on en a obstrué la douille par des fragments de tuiles.

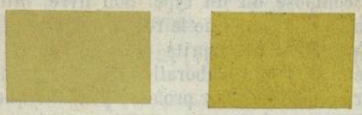
Il n'est pas nécessaire, pour les besoins de la teinture, de purifier l'acide picrique par plusieurs cristallisations. Chez M. Guinon, on se borne à laver la masse cristalline pour enlever l'acide azotique qui l'imprègne, et à la dissoudre dans de l'eau bouillante contenant un millième d'acide sulfurique afin de séparer la matière résineuse qui a résisté. La présence de cette résine communiquerait à la soie une odeur désagréable, et ternirait les couleurs en leur laissant une nuance rougeâtre. On obtient de la sorte une liqueur suffisamment pure, qu'on étend d'eau pour monter les bains de teinture.

M. Bobeuf prétend obtenir l'acide picrique, à moins de frais, en substituant aux *huiles légères* de houille les *huiles lourdes* saponifiables isolées de l'huile brute au moyen de la soude.

La cire de Carnauba, mise à bouillir avec les 3/4 de son poids d'acide azotique à 40°, fournit 30 p. 100 d'acide cristallisé.

Il est en prismes transparents, d'un jaune citron clair. Il jouit d'un pouvoir colorant tellement prononcé qu'il ne faut que 6^{gr}84 d'acide cristallisé pour teindre, en jaune paille, 1 kilogramme soie, et seulement 3^{gr}73 pour 1 kilogramme de laine en beau jaune citron.

Il teint tous les tissus animaux sans l'intermédiaire des mordants, mais malheureusement les nuances jaunes qu'il donne ne sont pas d'une grande solidité, bien qu'elles résistent à l'air et au soleil. M. Guinon en a fait adopter l'usage pour obtenir sur



47. *Jaune paille sur soie.* 48. *Jaune citron sur soie.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soie les jaunes clairs et moyens (paille, nankin, soufre, citron clair, maïs, etc.). J'ai constaté qu'en mordançant à l'avance la soie par un mélange d'alun et de crème de tartre, on rend les couleurs plus solides et susceptibles de subir impunément plusieurs lavages, ce qui n'a pas lieu lorsqu'on teint sans le secours d'aucun mordant. J'ai également reconnu qu'en imprégnant le coton d'albumine ou de caséine, on lui donne la propriété de se teindre en beau jaune dans la solution d'acide picrique.

Le picrate de soude mélangé au carmin d'indigo sert à colorer la soie, la laine, les fleurs artificielles en vert d'une exquise fraîcheur. On fait ainsi des *verts-printemps* bien plus jolis que par toute autre méthode.



49. *Vert à l'acide picrique.*

Comme l'acide picrique ne colore aucunement les filaments végétaux, on peut l'appliquer avec un grand succès à découvrir le mélange de ceux-ci dans les tissus de laine ou de soie. En effet, en introduisant un morceau d'étoffe dans la solution moyennement concentrée de cet acide, au bout de 6 à 8 minutes, tout ce qui est laine ou soie s'est coloré en beau jaune, tandis que le coton ou le lin est resté blanc. On lave le tissu avec de l'eau, et au moyen d'une loupe, on peut facilement apprécier les proportions relatives des fibres animales et des végétales. — Lorsque les tissus sont teints ou imprimés, on commence par faire disparaître les couleurs avant de faire intervenir l'acide picrique.

SAFRAN.

C'est, non la fleur entière, comme on le croit généralement, mais une partie de l'organe femelle ou *stigmate* d'un oignon de la famille des Iris, le *Crocus sativus* des botanistes (*fig.* 546).



Fig. 546.

Cette petite plante, comme vous avez pu le remarquer dans nos jardins, montre ses fleurs dans le courant du mois d'octobre, avant l'apparition des feuilles. En Autriche, en Espagne, en France, surtout aux environs d'Avignon, d'Orange, de Carpentras et dans le Gâtinais, des femmes récoltent les fleurs et enlèvent de leur intérieur le stigmate qui a une couleur rouge orangé foncée. On fait sécher ces filaments au soleil ou sur des tamis de crin chauffés par de la braise. Un kilogramme de safran exige plus de deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cent mille fleurs, et encore faut-il 5 kilogrammes de safran vert pour en faire un de sec; voilà pourquoi le prix en est si élevé; le kilogramme coûte habituellement 200 francs. Indépendamment de celui qu'elle récolte dans le Midi et le Gatinais, la France en importe annuellement pour plus de 120,000 fr.

Le safran, pourvu d'une odeur pénétrante assez agréable, d'une saveur piquante et amère, renferme plusieurs huiles volatiles, de la cire, de la gomme, de l'albumine et une matière colorante jaune dont une très-petite quantité suffit pour colorer fortement en jaune doré une grande masse d'eau ou d'alcool. Cette matière, nommée *safranine*, a cela de singulier, que l'acide sulfurique la fait passer au bleu et au lilas, et l'acide azotique au vert. C'est pour rappeler ces propriétés qu'on l'avait appelée *polychroïte*, ce qui veut dire *plusieurs couleurs*. Elle se fixe sur les étoffes et leur communique une belle couleur jaune, mais peu solide. Les anciens teinturiers employaient beaucoup le safran; mais aujourd'hui, il n'y a plus guère que les confiseurs et les médecins qui en fassent usage.

C. Matières tinctoriales bleues

Ces matières sont en fort petit nombre, puisqu on ne connaît guère que l'indigo, le pastel, la renouée tinctoriale et le tournesol.

INDIGO.

On donne le nom d'*indigo* à une matière tinctoriale bleue que l'on retire de plantes cultivées particulièrement dans les Indes orientales, à Java, dans l'île de Ceylan, au Bengale, à la côte de Coromandel, en Chine, au Japon, à Manille, à l'Ile de France, dans l'Amérique septentrionale, au Mexique, au Brésil, en Égypte, etc. Ces plantes, auxquelles on a donné le nom commun d'*indigotiers* ou d'*indigofères* (indigofera), appartiennent presque toutes à la même famille que nos haricots, nos trèfles, nos luzernes, etc., c'est-à-dire à la famille des Légumineuses. L'*indigotier bâtard* ou *anil*, l'*indigotier franc* ou *des teinturiers* (*fig.* 547), l'*indigotier argenté*, l'*indigotier de la Caroline*, l'*indigotier de la Jamaïque*, et l'*indigotier bleu*, sont les principales espèces que l'on exploite (1).

(1) L'indigo a été connu dans les Indes avant l'ère chrétienne. Les Égyptiens l'ont employé pour teindre, mais les Romains, qui ne savaient pas le dissoudre, s'en sont servis seulement comme couleur de peinture. On attribue généralement aux Juifs l'introduction, en Italie, de l'art de teindre les étoffes avec cette substance; ils exerçaient ce métier dès le moyen âge dans le Levant, d'où il s'est répandu dans le reste de l'Europe. L'usage de l'indigo se propagea peu à peu lorsqu'on se fut ouvert un nouveau chemin des Indes, par le cap de Bonne-Espérance. Ce fut Odoardo Barbora qui, le premier, en apporta par cette voie en 1516.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le suc de ces plantes, dépourvu de couleur tant qu'il est emprisonné dans le tissu végétal, devient bientôt vert, puis bleu, lorsqu'on écrase les feuilles au contact de l'air, et il laisse alors déposer une sorte de matière féculente d'un bleu intense. C'est cette matière qui constitue l'indigo du commerce.



Fig. 547.

La manière d'obtenir ce produit précieux est assez simple. On agit avec les feuilles vertes ou sèches. Lorsque la plante est en pleine fleur, on la fauche à 10 ou 15 centimètres de terre, puis on la met à macérer dans l'eau pendant environ 8 à 9 heures. Une sorte de fermentation s'établit dans la masse; le liquide, de jaune qu'il était d'abord, passe peu à peu au vert foncé; la température s'élève, et, au bout d'un certain temps, la surface de l'eau se couvre d'une écume violette et d'une pellicule cuivrée. On soutire alors le liquide dans une autre cuve, où on l'agite, pendant 1 heure 1/2 à 2 heures, avec des bâtons ou une roue à palettes, de manière à mettre toutes ses parties en contact avec l'air; il prend une couleur bleue, se trouble et laisse déposer de petits flocons grenus d'indigo, dont on facilite la précipitation en ajoutant une certaine quantité d'eau de chaux. Après quelques heures de repos, on décante la liqueur éclaircie, et l'on fait chauffer le précipité, qui a la consistance d'une bouillie, avec une grande quantité d'eau. On écume, on laisse reposer de nouveau: on jette le dépôt sur des toiles pour qu'il s'égoutte; quand il est en pâte un peu ferme, on en remplit de petites caisses carrées en bois, munies d'un fond de toile, et on le soumet à l'action de la presse. On achève la dessiccation de la pâte, d'abord au soleil, puis à l'ombre, en ayant soin de faire disparaître les gerçures qui se produisent à la surface des petits pains d'indigo. Secs, ceux-ci pèsent environ 96 grammes chacun.

Ce procédé est modifié de plusieurs manières dans les diffé-

Ce ne fut pas sans beaucoup de difficultés que l'indigo a été adopté dans les teintureries européennes; on l'interdit en Angleterre, en Allemagne et même en France, sous des peines sévères, parce qu'on regardait cette couleur comme très-passagère, et même corrosive, mais en réalité parce que les cultivateurs européens craignirent pour leurs champs de pastel. Henri IV prononça la peine de mort contre tous ceux qui emploieraient cette *drogue fausse et pernicieuse*, appelée *Inde*. Dans l'ordonnance rendue en Saxe, en 1650, contre l'indigo, on l'appelait l'*aliment du Diable*. A Nuremberg, les teinturiers juraient tous les ans de ne teindre en bleu qu'avec le pastel, et il paraît qu'en 1799, tout en violant ce serment, ils le prêtèrent encore. Même sous Colbert, en France, l'usage de l'indigo ne fut permis que sous la condition d'employer avec cette substance cent fois autant de pastel. Ce ne fut qu'en 1737, d'après les essais et les représentations de Dufay, que nos teinturiers obtinrent l'entière liberté de se servir absolument comme ils voudraient de l'indigo et du pastel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rentes contrées où l'on se livre à la fabrication de l'indigo. L'abondance et la richesse de la couleur de cette matière tinctoriale dépendent des soins qui ont été apportés à sa préparation. De là, les nombreuses variétés ou qualités d'indigo qu'on distingue dans le commerce, non-seulement d'après les pays de production, mais aussi d'après les nuances qu'elles présentent. Il faut une longue habitude pour pouvoir, à la seule inspection, distinguer les qualités les unes des autres et les classer suivant leur valeur respective. Je vais vous indiquer les caractères distinctifs des principales variétés, réparties en trois genres : *indigos d'Asie*, *indigos d'Afrique*, *indigos d'Amérique*.

§ I. — Indigos d'Asie.

Les indigos d'Asie, qui arrivent en France, sont ceux du Bengale, d'Oude ou de Coromandel, de Manille, de Madras, de Java.

1. Indigos du Bengale.

Ces indigos sont, sans contredit, les plus nombreux, puisque les connaisseurs habiles admettent jusqu'à 43 variétés. Les différences qui existent entre elles dépendent non-seulement de la nature des terrains qui les produisent, mais encore des soins donnés à la plante, et surtout à l'extraction de la substance tinctoriale. En raison des nuances extrêmement délicates qui séparent les diverses variétés de ces indigos, il est vraiment impossible de les décrire toutes et surtout de les classer convenablement. Je me bornerai à vous indiquer les principales d'entre elles, en suivant l'ordre de leur plus grande valeur.

1. *Indigo bleu surfin léger ou flottant*. En pierres cubiques de 5 à 8 centim. dites *pierres* ou *carreaux*, quelquefois cassées, légères, friables, d'une belle couleur bleue vive, douces au toucher; d'une pâte nette, pure, adhérant à la langue et très-spongieuse, prenant un beau cuivré par le frottement de l'ongle. — C'est le plus beau des indigos connus aujourd'hui; il est employé dans la teinture des soies.

2. *Indigo fin bleu*. Mêmes caractères; couleur bleue un peu moins vive, mais bien décidée. — Employé dans la teinture des soies.

3. *Indigo bleu violet*. Ne diffère du précédent qu'en ce qu'il est un peu moins léger et friable, et parce qu'il reflète une légère nuance de violet.

4. *Indigo surfin violet*. Mêmes caractères, à très-peu de chose près, que le n° 3; nuance violette plus prononcée et plus facile à remarquer. — Employé pour les indiennes de belle qualité.

5. *Indigo surfin pourpré*. Pâte fine, légère, reflétant une belle couleur de pourpre, c'est-à-dire la nuance *fleur de pensée* avec reflet rougeâtre.

6. *Indigo fin violet*. Ne diffère du n° 4 que parce que sa pâte est un peu moins légère et sa nuance moins vive. — Fabrication des belles indiennes et teinture des cotons.

7. *Indigo bon violet*. Un peu moins léger que le précédent; pâte plus serrée et d'une nuance encore moins prononcée. — Teinture des cotons et des fils dans les cuves au pastel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8. *Indigo violet rouge*. Pâte encore plus lourde et plus serrée que celle du n° 7 ; nuance violette avec reflet rougeâtre.

9. *Indigo violet ordinaire*. Pâte serrée, pesante, nuance violette, sans mélange d'autres couleurs.

10. *Indigo bon rouge tendre*. Plus lourd que les précédents. La pâte a un reflet rouge qui s'écarte déjà beaucoup de la nuance des fins bleus. — Employé pour les *bleus-réserves* des indienneurs.

11. *Indigo bon rouge*. Pâte plus serrée, plus compacte que le n° 10. — Employé dans les cuves à la potasse pour la teinture des laines.

12. *Indigo fin cuivré*. Plus lourd que le n° 11 ; pâte plus serrée et moins spongieuse, nuance cuivrée assez pure. — Teinture des cotons et des fils; bleus-réserves des indienneurs.

13. *Indigo moyen cuivré*. Qualité intermédiaire entre le n° 12 et le n° 14 qui suit. Pâte serrée, lourde, déjà difficile à rompre.

14. *Indigo cuivré ordinaire*. D'un bleu cuivré rouge ; pâte serrée, assez difficile à rompre, ni aussi pure, ni aussi vive que celle des précédents. — Employé dans les cuves à la potasse pour la teinture des laines.

15. *Indigo bas cuivré*. Pâte dure, pesante, difficile à rompre, chargée d'impuretés, et d'un bleu cuivré sombre.

Les divers indigos du Bengale viennent en caisses de 100 à 130 kilogrammes bruts.

II. Indigos d'Oude ou improprement du Coromandel.

Ces indigos, qui viennent d'une province intérieure de l'Indostan, sont loin de valoir ceux du Bengale ; les basses qualités de ces derniers sont cependant inférieures aux bonnes et premières qualités d'Oude. Celles-ci ont beaucoup de rapport avec les qualités moyennes du Bengale.

Les indigos d'Oude sont généralement bien pierrés; c'est la sorte qui se brise le moins ; leur grande solidité paraît être due à la quantité considérable de chaux qui entre dans leur composition.

Ils viennent en caisses de différents poids. On les classe de la manière suivante :

1. *Indigo d'Oude violet*. Pâte généralement serrée, dure et pesante, couleur d'un assez beau violet. Difficile à distinguer de certaines qualités du Bengale ; mais à l'emploi, on le reconnaît bientôt à cause de son faible produit.

2. *Indigo d'Oude cuivré*. Plus lourd que le précédent et de couleur cuivrée rouge, quelquefois noirâtre; pâte serrée, dure, contenant souvent du sable qu'on voit briller en cassant l'indigo, et qui laisse un dépôt considérable.

3. *Indigo d'Oude ordinaire*. En carreaux durs, pesants, d'une cassure difficile à opérer, d'une pâte tantôt terne et terreuse, tantôt d'un bleu louche et ardoisé. Chargé de beaucoup d'impuretés, cet indigo est d'un fort mauvais emploi.

III. Indigos de Manille.

Cette sorte d'indigos, extrêmement légère, arrive en caisses et demi-caisses de 50 à 60 kilogr. Elle est en pierres cubiques, en carreaux plats et souvent en morceaux irréguliers qui présentent fréquemment à leur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surface l'empreinte des joncs sur lesquels ils ont été séchés. Elle est très-mélangée. Dans les caisses, on trouve de très-beau bleu approchant du bel indigo fin du Bengale, réuni à des indigos rouges, cuivrés, secs, arides, à des morceaux bleu terne et à d'autres qu'on nomme *faux* dans le commerce.

Les qualités supérieures sont ordinairement en carreaux plats et allongés, un peu poreux et par conséquent légers. Les qualités moyennes sont violettes, mais toujours inférieures au violet du Bengale. Les qualités inférieures sont souvent recouvertes par la poussière des qualités supérieures, parce que, pendant le voyage, celles-ci, plus friables, se réduisent en une poudre qui recouvre les premières et en rehausse ainsi, en apparence, la qualité.

Les indigos Manille sont achetés par les épiciers et ne conviennent qu'à l'azurage du linge; quand les Bengales sont chers, on s'en sert quelquefois en teinture; mais il n'y a pas d'avantage, attendu que cette sorte rend peu à l'emploi, à cause d'une terre légère incorporée à la pâte lors de la fabrication.

IV. Indigos de Madras.

Ils ont quelquefois, dans leurs qualités supérieures, l'apparence d'un indigo fin du Bengale; la pâte en est aussi légère, mais pourtant beaucoup plus grosse; ils sont moins spongieux, et, lorsqu'on les applique sur la langue, il faut quelques instants avant que l'humidité soit absorbée; ils fournissent, en outre, bien moins de parties colorantes. Ils sont en carreaux cubiques, portant ordinairement à leur surface l'empreinte de la toile dans laquelle on les a mis lorsqu'ils étaient en pâte.

Ils viennent en caisses de 80 à 90 kilogr. Ils sont employés seulement dans quelques teintureries de coton, quand leur qualité est belle. Ils servent plus particulièrement pour l'azurage du linge. On en distingue trois variétés principales.

1. *Indigo fin bleu.* Pâte fine, légère, d'un beau bleu tendre et d'une nuance assez vive. Se rapproche le plus de l'indigo du Bengale.

2. *Indigo bleu violet mélangé.* Diffère du précédent en ce que les pierres sont plus lourdes, les unes d'une couleur bleue, les autres tirant sur le rouge. N'est que peu ou point cuivré. Cette sorte présente beaucoup de mélange, et il est rare qu'on en trouve des parties bien homogènes.

3. *Indigo ordinaire.* Qualité fort mélangée; pâte grossière, impure, de couleur pâle, tantôt noire, lourde et chargée de sable, tantôt grise ou verdâtre. Elle trouve difficilement des acheteurs, parce qu'elle est d'un fort mauvais emploi.

V. Indigos de Java.

Ils se présentent généralement en carreaux aplatis ou cubiques. Les premières qualités sont fines et aussi belles que les indigos du Bengale, mais elles contiennent moins de parties colorantes. Ils offrent toutes les nuances. On les rencontre rarement en France; ils arrivent en petites caisses de 20 à 60 kilogr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ II. — Indigos d'Afrique.

Les indigos préparés en Afrique sont ceux d'Égypte, de l'Ile de France et du Sénégal.

I. Indigos d'Égypte.

Depuis une vingtaine d'années, le pacha d'Égypte a établi des indigoteries à Chôbra, Mekaleh-el-Kébir, à Menouf, à Achmoun, à Birkez-el-Kessab, dans les provinces de Charkyeh et de Kélyoub; il en existe aussi à Fayoum et à Bénissouef. Les produits de la récolte s'élèvent de 25 à 30,000 okes (1). Ce sont des ouvriers de l'Inde qui ont appris aux Arabes les procédés suivis dans le pays pour la manipulation de l'indigo. L'exportation de cette denrée s'est élevée, en 1836, à 1,591,000 fr.

Les indigos d'Egypte sont en carreaux un peu plus plats que ceux du Bengale. Ils contiennent des matières étrangères, de la poussière et autres corps légers que le vent y introduit quand on les fait sécher en plein air. On en distingue surtout deux variétés :

1. *Indigo bon violet et rouge.* Pâte fine et assez légère. C'est un mélange de violet tirant au bleu, de bon violet et de bon rouge. Cet indigo est partout inférieur aux sortes qui portent les mêmes qualifications dans es indigos du Bengale.

2. *Indigo fin bleu.* Plus léger que le précédent; pâte très-fine; couleur d'un beau bleu un peu faible. On trouve parfois dans les caisses quelques pierres tirant sur le noir.

II. Indigos de l'Ile-de-France.

Ils sont en petits carreaux assez semblables à ceux des indigos Manille. Ils ont une pâte très-fine et une cassure nette. Il y en a de *violet*, de *violet rouge* et de *cuivré*. Mais aujourd'hui ils sont rares dans le commerce.

III. Indigos du Sénégal.

Ils sont très-rares dans le commerce, en raison du peu d'extension de la culture des indigotiers dans le Sénégal. Ceux qui ont été fabriqués avec soin sont d'une bonne qualité, mais ils contiennent plus de matières terreuses que les indigos des autres provenances.

§ III. Indigos d'Amérique.

Les indigos préparés dans cette partie du monde sont ceux de Guatimala, de Caraque, du Mexique, du Brésil, de la Caroline et des Antilles. Mais les trois dernières contrées n'en produisent plus qu'une très-petite quantité, et encore d'une qualité bien inférieure. La culture des indigotiers, qui était autrefois si florissante dans ces pays, a été peu à peu abandonnée, depuis surtout qu'elle est devenue si répandue et si prospère dans le Bengale. Il n'y a donc, à vrai dire, dans le commerce, que les indigos de Guatimala, de Caraque et du Mexique.

(1) L'oke d'Egypte est de 1k,197.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces trois sortes d'indigos sont classées en *flor, sobre, corte,* et peuvent être subdivisées à l'infini, suivant les modifications que présente la pâte dans sa nature et dans sa couleur.

I. Indigos de Guatimala.

Ils sont très-estimés ; cependant, à nuance égale, ceux du Bengale leur sont préférés, parce que ces derniers n'offrent pas de menus tandis que les Guatimalas en ont beaucoup et sont, en outre, très-variables de qualités. Ils sont en morceaux petits, irréguliers, brisés, plus légers que l'eau, d'un bleu éclatant et prononcé, ou d'un bleu foncé tirant sur le violet, d'une pâte unie, dense, plus ou moins facile à rompre et percée de quelques trous presque imperceptibles.

Ces indigos arrivent en surons de 50 à 80 kilogr. Voici les principales variétés :

1. *Indigo de Guatimala flor.* D'une très-belle couleur bleue vive, d'une pâte unie, tendre, légère, absorbant très-promptement l'humidité et se rapprochant beaucoup des indigos fins du Bengale. — Cette variété et le *surfin bleu du Bengale* sont les qualités les plus estimées.

2. *Indigo de Guatimala sobre saliente.* Diffère du *flor* en ce qu'il est moins léger, d'une pâte plus ferme et d'un bleu moins beau. Il a quelquefois une nuance violette.

3. *Indigo de Guatimala corte.* Ordinairement d'un rouge cuivré, d'une pâte plus serrée, plus ferme, plus pesante, offrant des aspérités aiguës et résistant fortement sous le doigt quand on veut l'écraser.

Pour la teinture des cotons, on emploie le *flor*, le *bon sobre*, le *petit sobre rouge* ; pour la teinture des laines, on utilise le *sobre ordinaire*, le *fin corte*, le *corte ordinaire et bas.*

II. Indigos de Caraque.

Ils prennent rang après ceux de Guatimala, avec lesquels ils ont une grande analogie. Ils sont en morceaux irréguliers, à pâte fine, légère, d'une texture molle et parsemée de petits trous ; leur couleur est tantôt d'un beau bleu, tantôt d'un bleu violet se fonçant, approchant du noir ou pâlissant et devenant louche, à mesure qu'on descend des sortes supérieures aux basses qualités.

Ils viennent en surons de 60 à 70 kilogr., et rarement sous une autre forme. Voici les principales variétés :

1. *Indigo de Caraque flor.* Pâte très-fine et très-légère, d'une belle couleur bleue tirant quelquefois sur le violet. Cette variété est plus particulièrement que les autres percée de petits trous.

2. *Indigo de Caraque sobre.* Pâte plus ferme, plus pesante et absorbant plus difficilement l'humidité.

3. *Indigo de Caraque sobre ordinaire.* Pâte encore plus lourde et plus serrée ; inférieur au précédent.

4. *Indigo de Caraque corte supérieur.* Pâte moins fine que les précédents, ayant encore cependant quelque légèreté ; percée intérieurement de petits trous ronds et nombreux que la cassure met à découvert, comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les sortes supérieures. — Cet indigo est déjà chargé de quelques impuretés — couleur partie violette et partie bleue.

5. *Indigo de Caraque bon corte.* Pâte plus lourde, plus serrée, moins grasse, ayant de la sécheresse et de l'aridité. Couleur violette, violet rouge et cuivrée. Pâte percée à l'intérieur des morceaux de trous arrondis. Contient plus d'impuretés que les précédents.

6. *Indigo de Caraque corte ordinaire.* Sec, dur, difficile à rompre, pesant et chargé d'impuretés. Il offre des morceaux noirs et d'autres d'un bleu ardoisé. C'est une des plus basses qualités.

Les indigos de Caraque sont surtout employés dans la teinture des cotons, notamment : le *petit flor*, le *bon sobre*, le *petit sobre*.

III. Indigos du Mexique.

Plus récemment connus que les précédents. Les uns ont beaucoup de ressemblance avec ceux de Guatimala, les autres se rapprochent davantage des indigos de Caraque, en sorte qu'ils sont, pour ainsi dire, intermédiaires entre ces deux qualités.

Ils arrivent en surons de cuir, moins bien cousus et d'un poids moins régulier que ceux de Guatimala.

IV. Indigos du Brésil.

Ils sont en petits parallélipipèdes rectangulaires ou en petits morceaux irréguliers d'un gris verdâtre à l'extérieur, d'une cassure nette, d'une pâte ferme, et d'un rouge cuivré plus ou moins vif; il y en a aussi dont la pâte est d'un gris verdâtre.

V. Indigos de la Caroline.

Ils sont gris à l'extérieur et en petits carreaux. La première qualité est un cuivré lourd tirant sur le violet ou sur le bleu. Les qualités communes sont presque toujours d'un bleu verdâtre; il est rare qu'elles soient cuivrées.

Ces indigos sont bien inférieurs aux précédents.

La production moyenne de tous les pays précédents est évaluée ainsi qu'il suit :

Bengale, Oude, Manille, Madras.....	3,500,000 kil.
Java.....	550,000
Amérique centrale et la Colombie....	300,000
Tous les autres pays.....	100,000
	4,450,000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CINQUANTE-HUITIÈME LEÇON.

DES MATIÈRES TINCTORIALES. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Suite de l'*indigo*. — Ses caractères; sa composition. — *Indigotine*. — Carmin d'indigo. — Essais des indigos. — Plantes diverses qui fournissent de l'indigo : *Pastel*, *Renouée* des teinturiers.— Du *Tournesol*. — MATIÈRES BLEUES ARTIFICIELLES. — MATIÈRES TINCTORIALES VERTES. — *Chlorophylle*. — *Vert de Chine*. — MATIÈRES TINCTORIALES BRUNES OU NOIRES. — *Noix de galle*. — *Gallons* du Piémont et du Levant. — *Cachou*, *Gambir* et *Kino*. — *Sumac* et autres matières astringentes moins employées.

Dans le choix des indigos, on ne tient pas seulement compte de la nuance plus ou moins riche et pure qu'ils présentent, on fait aussi attention aux défauts ou imperfections qu'ils offrent, et qui se rencontrent dans les qualités les plus belles et les plus chères comme dans les qualités communes. Ces défauts proviennent soit d'une mauvaise fabrication, soit d'accidents survenus à la pâte sèche après sa préparation, soit enfin de fraudes pratiquées par les fabricants ou les vendeurs. La plupart de ces défauts ont reçu des noms dans le commerce; je dois vous les faire connaître.

On donne les noms de :

Grand cassé ou *grand carré*, aux carreaux d'indigo contenus dans une caisse, dont la plupart ont été réduits par accident en morceaux plus ou moins gros ; ainsi marqués sur les caisses ΔΔΔ ;

Demi-pierré, à l'indigo dont les carreaux ont été accidentellement cassés en deux; ce qu'on exprime par le signe ⊡ ;

Grabeaux, aux carreaux qui ont été réduits en fragments irréguliers et assez petits pour passer au crible;

Éventés, aux indigos qui se cassent facilement au sortir des caisses, qui s'ouvrent en plusieurs morceaux dès qu'on les met sur toile, et qui présentent dans leur intérieur une sorte de moisissure blanche. Ce défaut, qui tient sans doute à une mauvaise dessiccation, nuit beaucoup à la vente ;

Piqués ou *piquetés*, aux indigos qui présentent dans l'intérieur des pierres des points qui leur donnent l'apparence du granit ;

Rubanés, à ceux qui offrent des couches superposées de diverses nuances de bleu dans les mêmes carreaux, nuances tantôt plus rouges, tantôt plus pâles que la pierre même, quelquefois blanchâtres ;

Brûlés, aux indigos qui, serrés fortement dans la main, se divisent en petits fragments plus ou moins noirs;

Sablés, aux pierres qui présentent dans leur pâte des parcelles brillantes de sable. Ce sable interposé ne fait qu'augmenter le poids sans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ternir la couleur, tandis que la terre qui peut s'y trouver rend les indigos lourds et ternes;

Écorcés, aux indigos qui sont couverts d'une légère croûte grisé verdâtre, comme autrefois ceux de Coromandel. Ceux de Java offrent ordinairement une croûte grise et même blanchâtre, qui n'a, d'ailleurs, aucune influence sur leurs qualités.

Robés, aux indigos dont la surface est recouverte d'une couleur qui n'est pas celle de la masse et qui provient du frottement de la substance dans les caisses et surons, ou des matières étrangères qu'on y a introduites;

Froids, aux indigos nouveaux qui contiennent de l'humidité et sont, pour cette raison, peu absorbants, quoique fins. Souvent cette humidité provient ou d'avaries ou de fraudes; elle ne fait qu'ajouter du poids et nuit peu à la qualité. Cependant, quand un indigo a été totalement avarié, il perd beaucoup à la vente; le travail qu'il faut lui faire subir pour le remettre en état le ternit extérieurement et le fait tomber en grabeaux.

Lorsqu'on achète un indigo, il faut commencer par vider sur une toile le baril ou suron qui le contient; examiner s'il est le même partout, car il n'est pas rare de trouver en dessus des morceaux d'une qualité supérieure et dans le fond des morceaux de basse qualité; juger la robe de l'indigo, c'est-à-dire la beauté et l'éclat de la nuance; faire attention si les pierres sont bien entières, parce que, s'il en est ainsi, c'est une preuve que la pâte est bien homogène, qu'elle a subi une dessiccation soignée et un bon ressuage; considérer la cassure de la pierre et voir si elle est nette, d'un grain fin et uniforme, d'une teinte cuivrée, sans rubans ni sable, exempte, en un mot, de tous les défauts que je viens de vous signaler; enfin constater si la *pousse* ou *menu* qui se trouve dans la caisse est bien pure et de même nature que les pierres; car cette portion, étant la plus facile à mélanger, est presque toujours altérée. On a remarqué, en effet, des cailloux robés dans de la pousse d'indigo, de l'ardoise pilée, du sable noir, de la poudre ou *crasse* de plomb, de la plombagine, de l'amidon, de la fécule bleuie par l'iode, et autres matières aussi communes. Souvent la pousse est d'une autre qualité que celle des pierres, attendu que certains marchands ont l'habitude, pour se débarrasser de celle qui leur reste toujours de leur détail, d'en mettre une certaine quantité dans les caisses qui n'en comportent pas trop. On a aussi trouvé, dans les surons de Guatimala, des trochisques faits de terre et de poussière d'indigo. Il y a quelques années, à Bordeaux, on a vendu de l'indigo en pains fraudés avec une laque alumineuse de campêche!

Le prix toujours très-élevé des indigos, 12 à 18 francs le kilogramme, suivant les qualités, doit faire comprendre la nécessité de toutes les vérifications que je viens d'indiquer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1856, la France a importé, pour sa consommation, 1,034,349 kilogrammes d'indigo, représentant une valeur de 20,500,000 fr. En 1858, ces chiffres ont singulièrement fléchi, puisque l'importation n'a été que de 756,522 kilogrammes, soit en argent 14,400,000 francs. Les Indes anglaises, les Indes françaises, le Vénézuéla sont les principaux pays de provenance.

La consommation annuelle du monde entier en indigo peut être évaluée à 5,000,000 de kilogrammes au maximum. Nous avons vu précédemment que la production moyenne est de 4,450,000 kilogrammes. Par conséquent, il n'y a jamais d'excédant, ce qui contribue à maintenir le haut prix de cette substance.

Quelles que soient, au reste, les différences que présentent entre elles les nombreuses qualités commerciales de l'indigo, toutes ont des caractères communs qu'il est essentiel de connaître.

L'indigo n'a aucune saveur, mais il happe à la langue, à la manière des argiles, ce qui tient à son état de porosité. Il n'a d'odeur sensible qu'en grandes masses; cette odeur devient surtout très-prononcée lorsqu'on le brûle, ou lorsqu'on le soumet au travail de la cuve.

Chauffé fortement, il répand des vapeurs pourpres, qui se condensent sur les corps froids en jolies petites aiguilles brillantes, d'un aspect métallique et de couleur cuivrée. C'est la matière colorante pure ou l'*indigotine*, dont la proportion varie beaucoup dans les diverses sortes d'indigo (1). Dans les premières qualités du Bengale, j'en ai trouvé plus des 3/5 du poids.

Inaltérable à l'air, ce produit est insoluble dans l'eau et dans les autres véhicules, excepté dans l'acide sulfurique concentré, auquel il communique sa belle couleur. Cette dissolution, connue sous les noms de *bleu de Saxe*, de *bleu de composition*, de *bleu en liqueur*, de *sulfate d'indigo*, est facilement décolorée par le chlore et les hypochlorites. L'acide sulfurique de Saxe dissout bien plus facilement l'indigo que l'acide ordinaire, et la dissolution a une couleur pourpre. Lorsque nous aurons étudié l'indigotine, je reviendrai sur ces dissolutions pour vous apprendre leur composition.

L'acide chlorhydrique n'a presque pas d'action sur l'indigo. Il n'en est pas de même des acides azotique et chromique qui le décolorent complétement et le transforment en produits très-

(1) Lorsqu'on veut extraire toute l'indigotine contenue dans un indigo commercial, il faut se servir de l'appareil que M. Kopp a imaginé pour l'extraction de l'alizarine, et dont j'ai donné la figure et la manœuvre, à la page 526. On substitue tout simplement l'indigo à la garancine dans le cylindre; mais l'opération est plus difficile à conduire, parce que l'indigo se boursouffle très-facilement et qu'on est obligé d'employer une température plus élevée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

variables suivant les circonstances dans lesquelles on opère. L'un de ces produits est une matière neutre, cristalline, d'un rouge brun, l'autre un acide cristallisable en aiguilles jaunes et fort analogues à l'acide picrique :

Le premier s'appelle *Isatine*, et a pour formule.... $C^{16}H^{5}AzO^{4}$;
Le second, *Acide indigotique*, et est représenté par. $C^{14}H^{4}AzO^{9},HO$.

Les alcalis en dissolution concentrée et bouillante le changent aussi en partie en *Isatine*, et par une action plus prolongée et plus profonde, ils le convertissent en deux acides nouveaux azotés (acides *anthranilique* et *chrysanilique*), dont le premier, par une brusque action de la chaleur, se dédouble en acide carbonique et en cet alcaloïde liquide et volatil qu'on a nommé *aniline* ($C^{12}H^{7}Az$).

Les alcalis en dissolution faible n'exercent pas d'action sensible sur l'indigo pris dans son état ordinaire; mais ils en opèrent la complète solution lorsqu'il a été modifié par la réaction simultanée de certains corps désoxydants, tels que la couperose, le sulfure d'arsenic, l'hydrate d'étain, le sucre et la plupart des substances végétales susceptibles de fermenter, qui lui font perdre sa belle couleur bleue et le rendent jaunâtre. C'est en le soumettant ainsi à l'action des alcalis et des corps désoxygénants, qu'on parvient à faire ce qu'on appelle les *cuves d'indigo*. Pour bien comprendre la théorie des cuves, il est nécessaire de connaître la constitution chimique de l'indigo et les propriétés essentielles de l'*indigotine*.

L'indigo du commerce renferme plusieurs principes organiques et un grand nombre de sels de chaux, de potasse et de magnésie, avec de l'oxyde de fer. Voici, en résumé, ce qu'on y trouve; je prends, comme exemple, l'*indigo Bengale cuivré bon ordinaire :*

Eau.....	5,7
Matière azotée analogue au gluten.....	1,5
Matière brune, dite *brun d'indigo*.....	4,6
Matière rouge, dite *résine rouge d'indigo*..	7,2
Matière colorante bleue ou *indigotine*.....	61,4
Matières minérales.....	19,6
	100,0

Parmi toutes ces substances, il n'en est qu'une qui soit propre à la teinture en bleu : c'est l'*indigotine*, que nous devons étudier particulièrement.

Cette matière colorante se présente à nous sous deux états très-différents de composition élémentaire et de propriétés. Elle peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

être d'un *bleu violet* ou absolument *incolore;* et ce qu'il y a de plus remarquable, c'est qu'on peut, à volonté, la faire passer d'un de ces états à l'autre, sans en altérer la nature essentielle.

Dans les indigotiers, la matière colorante est tout à fait blanche; elle est alors en mélange avec les autres principes, et elle se dissout dans l'eau qu'on met en contact avec ces plantes. Mais, dès que l'infusion a le contact de l'air, l'*indigotine blanche*, en absorbant de l'oxygène, passe à l'état d'*indigotine bleue*, et devient, dès lors, insoluble. C'est pour produire ce résultat qu'on bat l'infusion, ainsi que je l'ai dit précédemment.

L'*indigotine bleue*, en contact avec une liqueur alcaline et une matière désoxygénante, perd sa couleur, redevient *indigotine blanche*, en abandonnant de l'oxygène, et se dissout dans le véhicule. Mais, dès que la solution subit le contact de l'air, l'*indigotine bleue* se reforme et s'isole de l'alcali.

Si l'on met dans un vase, hors de l'influence de l'air :

1 partie d'indigo en poudre,
3 parties d'hydrate de chaux,
2 parties de sulfate de fer,
150 parties d'eau,

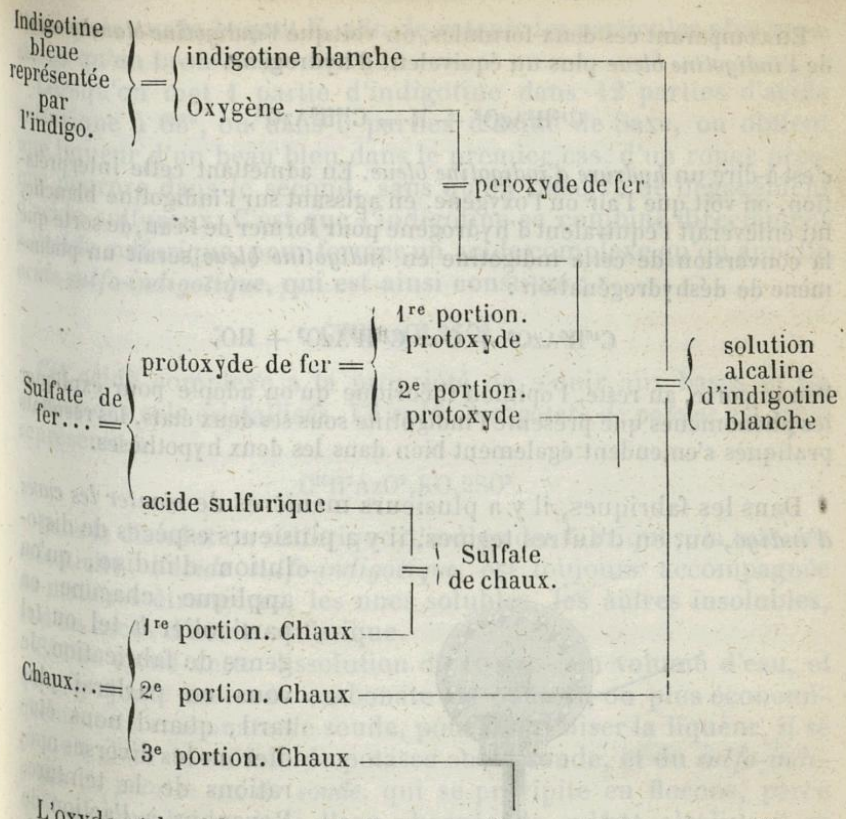
et qu'on agite souvent le mélange, il ne faudra pas longtemps pour que l'indigo perde sa couleur et que le liquide soit coloré en jaune foncé. Au fond de la cuve se trouvera un dépôt de sulfate de chaux et d'oxyde de fer dont une partie est à l'état de peroxyde.

Voici la réaction chimique qui s'établit dans ce cas :

Une portion de la chaux s'empare de l'acide du sulfate de fer et forme du sulfate de chaux insoluble. Le protoxyde de fer, devenu libre, se partage en deux parties. L'une réagit sur l'*indigotine bleue*, lui enlève une certaine quantité de son oxygène, la ramène ainsi à l'état d'*indigotine blanche*, et se convertit en peroxyde de fer qui se dépose. L'indigotine désoxygénée demeure en solution dans la liqueur alcaline. Le reste du protoxyde de fer et de la chaux se trouve en partie dans le dépôt et en partie dans la liqueur.

La légende suivante va vous faire mieux saisir l'ensemble de ces phénomènes curieux :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



L'oxyde et le chlorure d'étain, les sulfures alcalins, les sulfures d'arsenic, les substances végétales, son, garance, etc., l'urine, réduisent aussi l'indigotine bleue, sous l'influence d'un alcali capable de la dissoudre lorsqu'elle est désoxygénée.

On sait depuis longtemps que l'*indigotine blanche*, ou dissoute dans les liqueurs alcalines, redevient subitement bleue en présence des sels de cuivre, parce que ceux-ci lui cèdent de leur oxygène. Or, Berzelius a reconnu que, dans ce cas, ils lui en fournissent une quantité telle, qu'on peut dire que 100 parties d'indigo bleu ont pris 4 parties 6/10 d'oxygène pour passer de l'état blanc à l'état bleu.

Suivant M. Dumas, voici quelle est la composition des deux indigotines :

	Indigotine blanche.		Indigotine bleue.
Carbone.....	73,0	.....	73,1
Hydrogène.....	4,5	.....	4,0
Azote.....	10,6	.....	10,8
Oxygène.....	11,9	.....	12,1
	100,0		100,0
Formules.. :	$C^{16}H^{6}AzO^{2}$	...	$C^{16}H^{5}AzO^{2}$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En comparant ces deux formules, on voit que l'*indigotine blanche* serait de l'*indigotine bleue* plus un équivalent d'hydrogène.

$$C^{16}H^5AzO^2 + H = C^{16}H^6AzO^2,$$

c'est-à-dire un *hydrure d'indigotine bleue*. En admettant cette interprétation, on voit que l'air ou l'oxygène, en agissant sur l'indigotine blanche, lui enlèverait l'équivalent d'hydrogène pour former de l'éau, de sorte que la conversion de cette indigotine en *indigotine bleue* serait un phénomène de déshydrogénation :

$$C^{16}H^6AzO^2 + O = C^{16}H^5AzO^2 + HO.$$

Peu importe, au reste, l'opinion théorique qu'on adopte pour expliquer les phénomènes que présente l'indigotine sous ses deux états, les résultats pratiques s'entendent également bien dans les deux hypothèses.

Dans les fabriques, il y a plusieurs manières de *monter les cuves d'indigo*, ou, en d'autres termes, il y a plusieurs espèces de dissolution d'indigo, qu'on applique chacune en particulier à tel ou tel genre de fabrication. Je vous en parlerai plus tard, quand nous étudierons les diverses opérations de la teinture. Revenons à l'action de l'acide sulfurique sur l'indigotine, afin de vous faire comprendre la nature des dissolutions sulfuriques d'indigo, employées dans la teinture des laines.

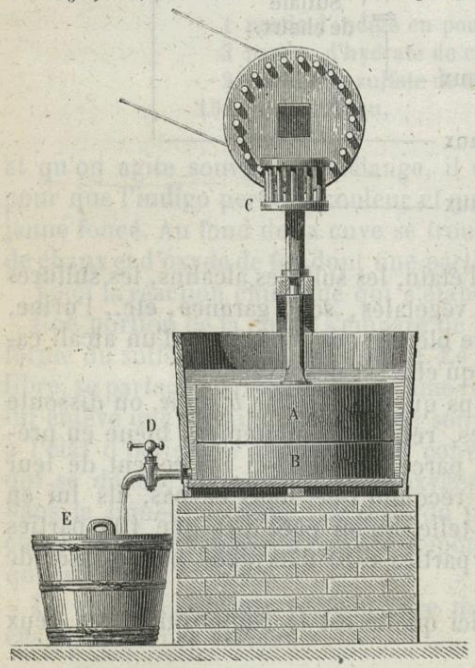


Fig. 548.

Disons d'abord que, pour que l'indigo soit plus facilement attaqué par les agents qui doivent en opérer la solution, on le réduit en pâte aussi fine que possible, en le broyant avec de l'eau dans le moulin représenté ci-contre (*fig.* 548). C'est un tonneau dans lequel il y a une paire de meules A,B, dont la supérieure A, seule mobile, est mise en mouvement par la lanterne C. Lorsque la pâte est réduite à peu près à la consistance de l'huile, on la fait écouler par le robinet D sur un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tamis posé sur le baquet E, afin de retenir les particules plus grossières qu'on broie de nouveau.

Lorsqu'on met 1 partie d'indigotine dans 12 parties d'acide sulfurique à 66°, ou dans 6 parties d'acide de Saxe, on obtient une liqueur d'un beau bleu dans le premier cas, d'un rouge presque pourpre dans le second, sans qu'on observe de dégagement d'acide sulfureux. C'est que l'indigotine se combine directement à l'acide sulfurique, pour former un acide complexe qu'on appelle *acide sulfo-indigotique*, qui est ainsi constitué :

$$C^{16}H^{5}AzO^{2},2SO^{3}.$$

Cet acide complexe a la propriété de s'unir aux bases et de donner des sels cristallisés. Le *sulfo-indigotate de potasse* est ainsi représenté :

$$C^{16}H^{5}AzO^{2},KO,2SO^{3}.$$

Dans la dissolution sulfurique d'indigo des fabriques, la matière essentielle, l'*acide sulfo-indigotique*, est toujours accompagnée de matières étrangères, les unes solubles, les autres insolubles, et d'un excès d'acide sulfurique.

Si l'on étend cette dissolution de 10 fois son volume d'eau, et qu'on y ajoute assez de carbonate de potasse, ou plus économiquement de carbonate de soude, pour neutraliser la liqueur, il se produit alors du sulfate de potasse ou de soude, et du *sulfo-indigotate de potasse* ou *de soude*, qui se précipite en flocons, parce qu'il est insoluble dans l'eau chargée de sulfate alcalin; il se sépare donc ainsi des autres matières solubles qui l'accompagnent. On lave ce précipité à l'eau pure jusqu'à ce qu'il commence à la colorer; et lorsqu'il est suffisamment égoutté, on le met en pâte dans le commerce, sous le nom de *carmin d'indigo* (1).

Quand on opère en grand, voici les proportions qu'on suit :

Indigo pulvérisé.....	10 kil.
Acide sulfurique surconcentré.....	40
Cristaux de soude.....	110 à 115.

Lorsque la dissolution sulfurique d'indigo est effectuée, on la verse dans un grand baquet conique en bois, contenant déjà 60 à 80 fois plus d'eau, puis, après un mélange parfait, on y projette peu à peu le carbonate de soude en morceaux aussi gros que possible, afin que la neutralisation s'opérant lentement ne produise pas d'écume ou de mousse qui pourrait déborder du vase, si l'on n'agissait pas prudemment.

Pendant la préparation du carmin d'indigo, il se produit une substance

(1) Ce produit est encore désigné sous les noms d'*indigo soluble*, de *bleu soluble*, d'*indigo précipité*, d'*indigo-carmin*, de *céruléine*, de *céruléo-sulfate*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

verte qui nuit beaucoup à la teinture, sur soie principalement. Plus les carmins sont lavés à l'eau, mieux ils sont dépouillés de cette matière verte, plus ils sont propres à teindre.

Pour reconnaître la qualité d'un carmin en peu de temps, il suffit d'en étendre une faible quantité sur un carré de papier non collé. Si le produit est impur, il ne tarde pas à se faire, autour du pâté de carmin, une auréole d'un vert sale. Il peut cependant arriver que ce phénomène n'apparaisse pas, si le carmin d'indigo a été trop desséché. Il faut alors, pour que l'essai donne des résultats, étendre le produit d'eau, de manière à le ramener à l'état de bouillie très-claire, puis procéder à son étalage sur le papier.

Un bon moyen pour reconnaître également la qualité d'un carmin, consiste à faire un bain de teinture, que l'on épuise de sa matière colorante bleue par de la laine mordancée en alun et tartre. On a pour résidu une liqueur contenant toute la matière verte, qui possède la singulière propriété de ne pas se fixer sur la laine, mais, au contraire, de teindre la soie.

Il existe dans le commerce trois sortes de carmin: le *carmin simple*, le *carmin double*, le *carmin triple* (1).

Voici, en moyenne, leur composition d'après mes analyses:

	Eau.	Indigo.	Résidu salin.
Carmin simple.....	89	4,96	5,7
— double.....	85	10,2	4,8
— triple.....	73,7	12,4	13,9

Le sulfo-indigotate de potasse ou de soude est soluble dans l'eau pure. Tous les corps qui opèrent comme agents réducteurs sur l'indigotine colorée, réduisent et décolorent ce sel. Ainsi, le zinc, sous l'influence de l'eau, s'oxyde et produit, avec ce composé, une combinaison incolore, mais qui repasse peu à peu au bleu par le contact de l'air.

En raison des variations nombreuses qu'on remarque dans la même espèce d'indigo, variations qui dépendent d'une foule de causes, et notamment des procédés d'extraction, des avaries auxquelles ce produit a pu être exposé pendant son transport, des fraudes qu'il a pu subir en passant dans tant de mains différentes, depuis le moment où il sort des ateliers de fabrication jusqu'à celui où on l'achète pour l'employer à la teinture, vous devez comprendre, Messieurs, combien il est important d'avoir des moyens simples et prompts de constater avec exactitude la richesse en matière tinctoriale de cette précieuse substance. Les caractères extérieurs ne fournissent que des indications fautives. Il faut, de toute nécessité, recourir aux procédés chimiques. Voici ceux qu'il faut préférer :

(1) On trouve dans le commerce, sous le nom d'*indigotine*, un carmin double et triple à l'état de poudre cuivrée; il est employé de préférence pour l'azurage du linge, parce qu'il donne des teintes plus fraîches que le carmin ordinaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1. Pour découvrir la présence des matières minérales ajoutées : poudre de plomb, sable noir, terre, etc., on fait d'abord dessécher les indigos, finement pulvérisés, à la température de + 100°, afin de chasser l'eau interposée, qui varie de 3, 5 à 6 p. 100 dans les indigos non mouillés frauduleusement. On opère ensuite la calcination dans un creuset de platine (*fig.* 549) sur 1 gramme de poudre sèche. Les bons indigos ne donnent, généralement, pas plus de 7 à 10 p. 100 de cendres. Il est facile, par l'inspection et le lavage des cendres, d'y reconnaître le sable, la poudre de plomb, etc.

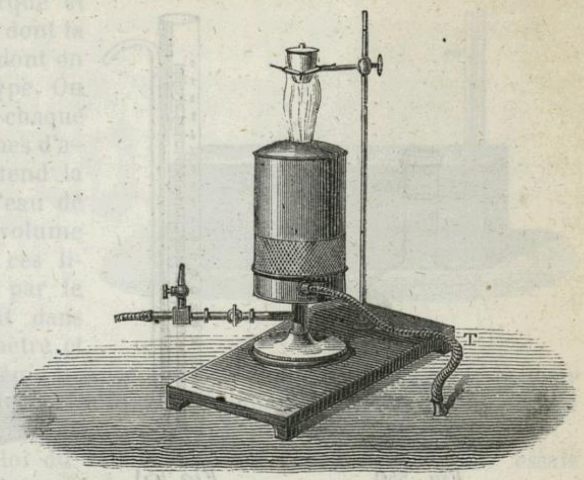


Fig. 549.

2. Quand on soupçonne l'existence de l'amidon ou de la fécule colorée ou non par l'iode, en raison de la couleur pâle, de la densité et de la friabilité de la pâte, on fait chauffer la poudre d'indigo avec de l'eau de potasse, on filtre, et dans la liqueur on verse quelques gouttes de teinture d'iode, qui décèle la fécule par la belle couleur bleue ou pourpre qu'elle y développe.

3. Pour déterminer la richesse comparative de divers indigos en matière colorante, on peut, à l'exemple de M. Chevreul et de Schlumberger (1), faire usage du chlorure de chaux, attendu que la quantité de ce chlorure nécessaire pour décolorer les indigos est assez exactement dans le rapport de leur pouvoir tinctorial. On agit de la manière suivante :

On met 1 gramme de chaque indigo finement pulvérisé dans une capsule de porcelaine avec 12 grammes d'acide sulfurique de Saxe, et on maintient le mélange pendant 4 heures à la température de + 50

(1) Henri Schlumberger, né à Mulhouse, le 11 avril 1805, mort en cette ville dans le courant de mai 1852, a été l'un des plus savants chimistes praticiens qui aient doté l'industrie des toiles peintes de découvertes utiles. Ce fut sous la direction de Kœchlin-Schouch, très-habile fabricant, qu'il acquit les premières notions des sciences chimiques et de leur application à l'art de l'impression. Après un séjour de quelques années à Paris, où il compléta ses connaissances, il revint dans sa ville natale et il s'y plaça bientôt à la tête de tous ces *coloristes* qui ont tant contribué à étendre la réputation scientifique et industrielle de l'Alsace. La plupart des nombreux mémoires que Schlumberger a publiés dans les *Bulletins de la société de Mulhouse*, sont relatifs à la garance; on peut dire avec justice qu'il a plus que tout autre avancé l'histoire technique de cette précieuse matière tinctoriale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à 60°. La dissolution étant opérée, on la délaie exactement dans 1 litre (*fig.* 550) d'eau distillée. On remplit alors de cette liqueur un tube

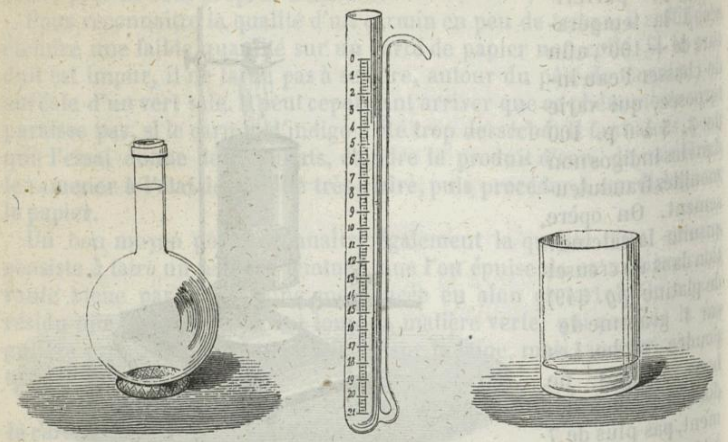


Fig. 550. *Fig.* 551. *Fig.* 552.

gradué en 100 parties comme l'alcalimètre de Gay-Lussac (*fig.* 551), et on en verse dans une mesure connue de chlorure de chaux (*fig.* 552), à 1° de l'aréomètre de Baumé, soit, par exemple, 4 millilitres, jusqu'à ce que ce chlorure cesse de décolorer la liqueur bleue. On arrête l'addition de celle-ci lorsque le mélange des deux liquides a acquis une légère teinte vert olivâtre. On compte le nombre de degrés de sulfate d'indigo employé, et on recommence l'opération afin d'obtenir, par un seul mélange du chlorure et du sulfate bleu, le degré exact, c'est-à-dire la décoloration complète de ce dernier. — On procède de la même manière avec la dissolution d'un indigo pris comme type, et dont la richesse en matière colorante est représentée par 100°. — La richesse tinctoriale des indigos essayés est en proportion inverse de la quantité de sulfate bleu consommée dans chaque essai. Si donc on trouve que l'indigo pur exige 54 parties de sulfate pour être décoloré par le chlorure, et que l'un des indigos éprouvés comparativement demande 64 parties de sulfate, on dit :

$\frac{100 \times 54}{64} = 84{,}5$; c'est-à-dire que 100 parties de cet indigo renferment 84,5 d'indigo pur.

En divisant le prix coûtant de l'indigo par son degré de pureté, on obtiendra le prix d'un degré d'indigotine; ce qui produira le rapport exact entre les divers indigos essayés, eu égard à leur prix et à leur degré de pureté. Ainsi, un indigo de 73°, coûtant 28 fr. le kilogr., on aura $\frac{28}{73} = 0^{fr},38$ c. pour 1 degré d'indigotine; tandis qu'avec une autre qualité d'indigo de 85 degrés et coûtant 23 fr. le kilogr., on aura $\frac{23}{85} = 0^{fr},27$ c. pour 1 degré d'indigotine, ce qui établit une différence de 30 p. 100 sur le prix en faveur de ce dernier indigo, comparativement au précédent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4. On peut encore, ainsi que l'a proposé M. Labillardière, recourir à l'emploi du *colorimètre* (*fig.*553), en opérant comparativement avec un indigo de même marque et de même provenance, dont la qualité est connue et dont on se sert comme d'un type. On dissout un gramme de chaque indigo dans 20 grammes d'acide de Saxe, et on étend la dissolution avec de l'eau de manière à avoir un volume de 3 litres. Ce sont ces liqueurs bien éclaircies par le repos qu'on introduit dans les tubes du colorimètre et qu'on amène à la même nuance par l'addition d'eau dans la liqueur la plus colorée. La richesse des indigos comparés est proportionnelle au volume de leur dissolution avant et après l'addition de l'eau.

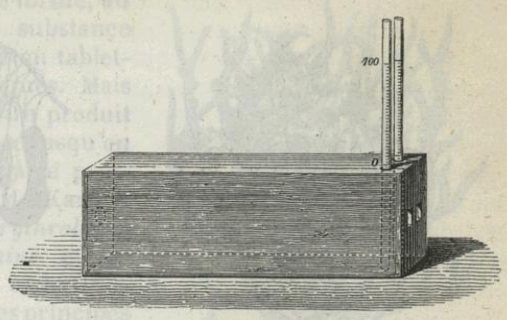


Fig. 553.

Ce qui rend l'emploi du *colorimètre* très-précieux pour les essais de l'indigo, c'est que, parmi les substances que l'on peut mêler à ce produit pour le frauder, il n'y en a aucune qui puisse augmenter l'intensité de sa couleur et apporter, dans les circonstances ordinaires, de l'incertitude dans l'appréciation de la qualité relative des indigos par ce moyen métrique.

Les indigotiers ne sont pas les seules plantes qui renferment de l'indigotine dans leurs feuilles; le *laurier-rose des teinturiers* (wrightia tinctoria), la *renouée des teinturiers* (polygonum tinctorium), le *pastel* (isatis tinctoria), l'*eupatoire des teinturiers* (eupatorium tinctorium), etc., peuvent aussi fournir de l'indigo; dans plusieurs contrées du globe, on les utilise pour son extraction, ou on les emploie directement pour la teinture en bleu; c'est ce qui a lieu à Salem, sur la côte de Coromandel, pour le *laurier-rose tinctorial*; en Chine, pour le *polygonum* (*fig.* 554); et autrefois, en Europe, pour le *pastel*. Cette dernière plante (*fig.* 555), qui, avant l'époque où l'indigo devint une drogue générale de teinture, fournissait toutes les nuances bleues sur les


Fig. 554.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tissus, et était l'objet, jusqu'à la fin du XVIe siècle, d'un commerce considérable, surtout pour les environs de Toulouse, n'offre plus

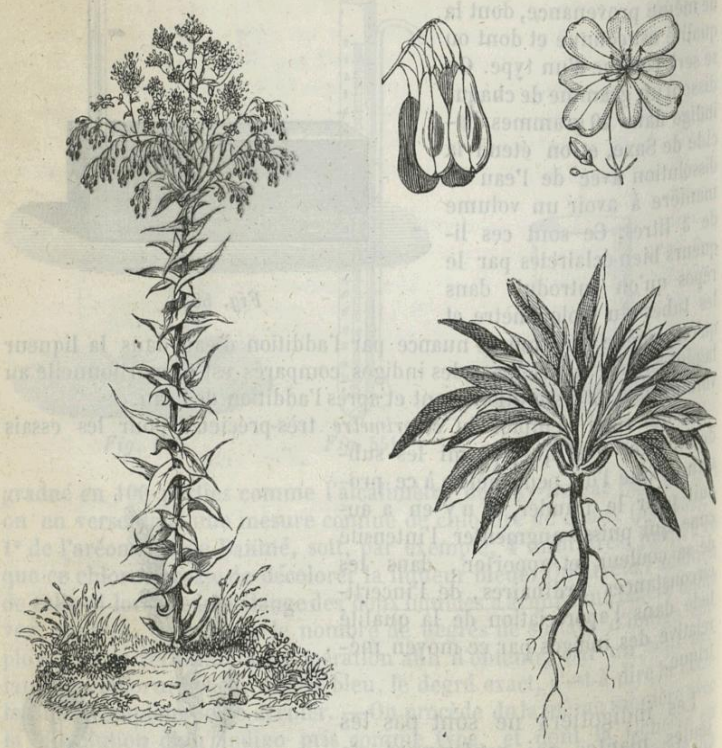


Fig. 555.

quelques traces de culture qu'aux alentours d'Albi et sur les bords de la mer, à Luc et à Langrune en Basse-Normandie.

TOURNESOL.

Vous savez l'emploi fréquent du tournesol par les chimistes, et je vous ai donné l'explication des modifications de couleur que le *papier* et la *teinture de tournesol* éprouvent par l'action des acides et des alcalis. Il est nécessaire maintenant, pour compléter l'étude de cette matière tinctoriale, de vous apprendre comment on l'obtient.

Il y a deux sortes de tournesol : le *tournesol en pains* et le *tournesol en drapeaux*.

Le *tournesol en pains* est préparé, d'après M. Gélis, avec les mêmes li-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chens qui fournissent l'orseille (*fig.* 556), à la seule différence qu'on ajoute au mélange des matières du carbonate de potasse ou de soude ; il se forme, au bout de cinq semaines, la substance tinctoriale bleue qu'on moule en tablettes ou en petits pains cubiques. Mais cette couleur bleue n'est pas un produit unique, comme on l'avait pensé jusqu'en 1841, puisqu'elle renferme quatre principes colorés distincts, que M. Kane a désignés sous les noms d'*Érythroléine*, d'*Érythrolitmine*, d'*Azolitmine* et de *Spaniolitmine*. La deuxième et la troisième de ces matières sont les principes colorants les plus abondants du tournesol; toutes, du reste, ont une couleur rouge ou pourpre, sans aucun indice de bleu, et la couleur bleue du tournesol en pains dépend de la présence de l'ammoniaque, ainsi que Peretti, de Rome, l'a indiqué, le premier, en 1828.

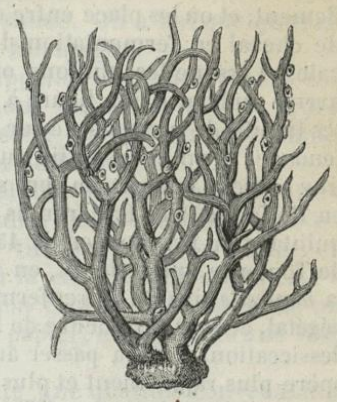


Fig. 556.

Quant au *tournesol en drapeaux* ou *tournesol de Provence* qu'on prépare uniquement au Grand-Gallargues, village des environs de Nîmes, depuis

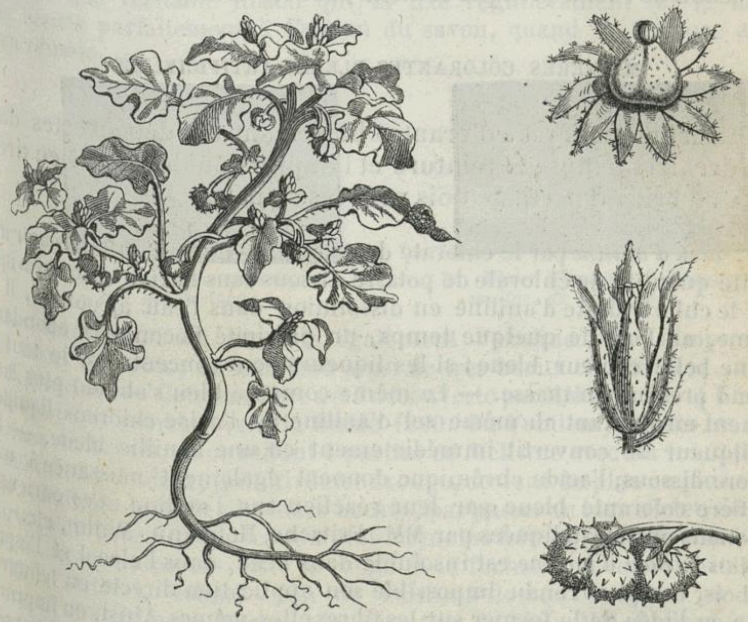


Fig. 557.

plusieurs siècles, et qui est employé exclusivement par les Hollandais pour la coloration de leurs fromages, on le fabrique avec le suc verdâtre de la *maurelle* (*fig.* 557), espèce d'euphorbe nommée par les botanistes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chrozophora tinctoria. On trempe dans ce suc récent, mêlé ou non d'urine, des lambeaux de toile d'emballage très-grossière, on les fait sécher rapidement, et on les place entre deux couches de paille sur un tas de fumier de cheval en fermentation dégageant d'abondantes vapeurs ammoniacales. Lorsque les chiffons ont acquis une belle couleur bleue, ce qui arrive au bout d'une heure à une heure et demie, on les fait sécher, on les imbibe de nouveau de suc mélangé d'urine, on les porte encore à l'étendage, et on ne les retire qu'après qu'ils ont acquis par la dessiccation une couleur pourpre ou vert sombre. C'est dans cet état qu'on les expédie en Hollande. Les Gallarguois en produisent annuellement 1000 à 1200 quintaux au prix moyen de 45 à 50 fr. le quintal. M. le professeur Joly, de Toulouse, qui a décrit, en 1842, cette industrie locale, a constaté que la *maurelle* vivante ne renferme qu'un suc incolore qui, après la mort du végétal, et sous l'influence de l'oxygène atmosphérique et d'une prompte dessiccation, tend à passer au bleu, transformation que l'ammoniaque opère plus rapidement et plus complétement. Il a, de plus, démontré que le *tournesol en drapeaux* diffère du tournesol en pains, en ce que les alcalis ne peuvent le ramener au bleu lorsqu'il a été rougi par un acide. — Pour donner aux croûtes des fromages de Hollande cette teinte rouge qui les distingue, on trempe tout simplement les fromages dans un baquet d'eau bleuie par les chiffons, et on les fait sécher immédiatement. La teinte rouge, qui apparaît ensuite sur la croûte, est probablement due à l'action de l'acide acétique contenu dans les fromages.

MATIÈRES COLORANTES BLEUES ARTIFICIELLES

Plusieurs matières colorantes bleues ont été découvertes dans ces derniers temps ; la teinture et l'impression des tissus en tirent déjà un brillant parti. Je dois vous les signaler.

1. *Bleu d'aniline* par le chlorate de potasse. — Lorsqu'on fait réagir une petite quantité de chlorate de potasse dissous dans l'acide chlorhydrique sur le chlorhydrate d'aniline en dissolution dans l'eau alcoolisée, il se forme, au bout de quelque temps, un précipité floconneux abondant, d'une belle couleur bleue ; si les liqueurs sont concentrées, le tout se prend presque en masse. — Le même composé bleu s'obtient plus facilement en ajoutant au même sel d'aniline de l'acide chloreux liquide ; la liqueur se convertit immédiatement en une bouillie bleue. — Le chlore dissous, l'acide chrômique donnent également naissance à une matière colorante bleue par leur réaction sur l'aniline. Ces curieuses réactions ont été indiquées par MM. Fritzche, Hofmann, Willm, etc.

Mais le *bleu d'aniline* est insoluble dans l'eau, dans l'alcool et l'esprit de bois, ce qui a rendu impossible son application directe en teinture. On a eu l'idée de le former sur les fibres elles-mêmes. Ainsi, on imprime sur un tissu de coton un mélange de chlorhydrate d'aniline, d'acide acétique et de chlorate de potasse, le tout épaissi à la gomme, puis on expose à l'air jusqu'à ce qu'il y ait formation d'une couleur verte, ce qui exige au plus 2 ou 3 heures ; après quoi, on passe le tissu à chaud dans un bain d'alcali ou de bichrômate de potasse ; aussitôt la couleur passe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du vert à un bleu intense, qui paraît complétement noir si l'on a employé une trop forte proportion de sel d'aniline.

Le bleu ainsi obtenu est extrêmement solide. On a fait quelques impressions de ce genre en Angleterre et en Allemagne.

2. *Azuline.* — Ce bleu, dont l'intensité rappelle l'outremer, a paru dans l'industrie vers la fin de 1860. MM. Guinon, Marnas et Bonnet, qui le fabriquent à Lyon par un procédé tenu secret, l'emploient en quantités considérables pour la teinture de la soie et de la laine.

Cette nouvelle matière colorante est soluble dans l'alcool, l'esprit de bois, l'éther, l'acide acétique et l'acide sulfurique concentré, mais non dans l'eau et les acides étendus. Elle ne vire point par les acides, elle devient d'un bleu violet par les alcalis. On la vend dans le commerce en solution dans l'esprit de bois; cette solution contient un peu d'une matière rouge, puisqu'en l'étendant sur du papier, elle produit une tache bleue bordée de rouge.

Pour teindre la soie en *azuline*, on ajoute une quantité convenable de la solution commerciale à un bain d'eau tiède, en ayant soin d'agiter vivement pendant qu'on fait le mélange; de cette manière, la couleur se maintient en suspension dans l'eau. La soie plongée dans ce bain prend rapidement une nuance bleu gris de fer, mais peu uniforme; si alors on la passe dans l'eau bouillante aiguisée d'acide sulfurique, elle devient d'un bleu vif et brillant. Dans cette opération, la matière colorante éprouve une véritable fusion qui la fixe régulièrement sur la fibre; elle résiste parfaitement à l'action du savon, quand la teinture a été bien réussie.



50. *Bleu azuline sur soie, de M. Guinon.*



51. *Violet d'azuline et d'harmaline, de M. Guinon.*

En Angleterre, on emploie également l'azuline pour l'impression sur tissus de coton ; on a obtenu ainsi de très-beaux résultats.

3. *Bleuine.* — Cette matière a été découverte par MM. Delaire et Girard, qui l'ont fait breveter vers la fin de 1860. On l'obtient, d'après les indications du brevet, en chauffant 4 parties de fuchsine avec 1 à 1 1/2 partie d'aniline. La couleur, primitivement rouge, devient de plus en plus violacée et finit, au bout de plusieurs heures, par passer au bleu violet, de telle sorte qu'en poussant l'opération plus ou moins loin on peut obtenir toutes les nuances composées entre le rouge et la fuchsine et le bleu violacé.

Pour éviter la volatilisation de l'aniline lorsqu'on opère en vases ouverts, et aussi pour favoriser la formation du bleu, MM. Renard frères, de Lyon, qui exploitent actuellement ce procédé, opèrent à haute pression dans des chaudières closes, en maintenant le mélange entre 150° et 155° pendant 30 heures. Au sortir de la chaudière, la matière est broyée avec de l'acide chlorhydrique concentré qui dissout complétement l'aniline et le rouge restant, sans altérer le bleu. Après quelques heures

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de repos, on étend d'eau, puis on lave à plusieurs reprises avec le même véhicule. Enfin le produit restant est traité par l'alcool qui sépare la matière colorante bleue des substances minérales qui avaient servi à préparer la fuchsine. MM. Renard donnent la préférence à la fuchsine obtenue au moyen de l'acide arsénique.

La *bleuine* est peu soluble dans l'eau, très-soluble dans l'alcool et l'esprit de bois. Elle résiste parfaitement aux acides, passe au violet par les alcalis. Ces propriétés paraissent la rapprocher de l'*azuline*, mais elle ne donne pas des bleus aussi purs ni aussi francs.

Soit que jusqu'à présent MM. Renard n'aient fabriqué leur bleu que sur une petite échelle, soit qu'ils le consomment eux-mêmes dans leurs ateliers de teinture, le fait est qu'ils ne l'ont pas encore livré à la consommation.

4. *Bleu de quinoléine ou cyanine.* — Cette nouvelle matière, signalée par M. G. Williams en octobre 1860, s'obtient au moyen d'une base volatile artificielle, la *quinoléine* ou *leukol*, qui se produit pendant la distillation de la bouillie et prend aussi naissance quand on chauffe la quinine où la cinchonine avec la potasse caustique. Cette base odorante, très-analogue à l'aniline, a pour formule $C^{18}H^{7}Az$; elle bout à + 239° et résiste à la température la plus élevée sans subir la moindre altération.

Si, à 1 partie de quinoléine rectifiée, on ajoute 1 p. 1/2 d'iodure d'amyle, et qu'on fasse bouillir pendant 10 minutes, le mélange, qui était jaune-paille, se colore en brun rouge foncé et se solidifie par le refroidissement en une masse cristalline. On traite celle-ci par 6 fois son poids d'eau bouillante; la solution, après filtration, est additionnée d'ammoniaque et entretenue pendant une heure à une faible ébullition. On a soin de faire des additions successives d'ammoniaque pour remplacer celle qui s'évapore. Lorsqu'on laisse refroidir le mélange, la matière colorante bleue se précipite presque en totalité. On décante la liqueur incolore, et on recueille sur un filtre une masse d'apparence résineuse, qui se dissout avec facilité dans l'alcool, formant ainsi une solution d'un pourpre bleu très-riche, qui peut être employée pour la teinture et l'impression.

La laine et la soie se teignent directement par immersion à froid ou à chaud. Elles prennent très-rapidement des nuances bleues magnifiques qui résistent assez bien au savonnage, mais non aux acides et au soleil. Il est douteux, à cause de cela, que ce nouveau bleu ait de l'avenir. Cela est fâcheux, car c'eût été un débouché pour ces masses de cinchonine qui s'accumulent dans les fabriques de sulfate de quinine.

5. *Bleu à la naphtaline.* — L'année dernière, M. Troost a fait breveter un bleu qu'il prépare au moyen de la binitronaphtaline parfaitement pure. En chauffant cette substance avec du sulfhydrate de sulfure de sodium, il obtient un produit violet, virant au vert par les acides et teignant sans mordant la soie, la laine et le coton ; malheureusement il faut teindre sous l'influence d'un sulfure alcalin. En traitant la solution alcaline violette par l'acide chlorhydrique, on précipite une matière bleue qui donne, dit-on, de très-jolis résultats en teinture.

Ce bleu n'a pas encore été employé dans l'industrie.

6. *Bleu de Paris.* — MM. Persoz, de Luynes et Salvétat ont découvert, au commencement de 1861, qu'en faisant réagir 9 grammes de bichlorure

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'étain anhydre sur 16 grammes d'aniline dans un tube scellé à la température de + 170° à 180°, on obtient au bout de 30 heures une substance bleue nouvelle, qui vient s'ajouter à la série très-remarquable des riches couleurs dérivées de l'aniline. Ils lui ont donné le nom de *bleu de Paris*.

Si l'on traite par l'eau bouillante la masse noirâtre et visqueuse qui se trouve dans le tube après la réaction, si, à la solution filtrée, qui est d'un bleu foncé, on ajoute du sel marin, la matière colorante se précipite, tandis que la liqueur reste verte. En répétant plusieurs fois la dissolution dans l'eau et la précipitation par le sel marin, lavant finalement les flocons bleus avec de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, puis avec de l'eau pure, traitant enfin ces flocons par de l'alcool bouillant, on finit par obtenir le *bleu de Paris*, sous forme d'aiguilles d'une grande netteté et très-brillantes qui rappellent par leur aspect le sulfate de cuivre ammoniacal.

Ce bleu est soluble dans l'eau, l'alcool, l'esprit de bois, l'acide acétique, l'acide sulfurique. Il résiste à l'action de l'acide sulfureux, mais il est détruit par le chlore et l'acide azotique. Il est précipité de sa dissolution aqueuse par les acides, les alcalis et les sels. Il se fonce par les alcalis faibles et passe au groseille violacé par les alcalis concentrés.

Comme il conserve sa nuance et sa pureté à la lumière artificielle, l'industrie ne peut manquer de tirer partie de ce nouveau bleu qui n'exige qu'un traitement par l'eau pour teindre les fibres animales en nuances dont l'éclat ne laisse rien à désirer.

Vous voyez, Messieurs, combien les découvertes de laboratoire tendent chaque jour à agrandir le domaine des applications, et quelles ressources infinies le teinturier et l'imprimeur sur tissus trouvent dans les recherches de chimie organique, entreprises avec tant d'intelligence et de désintéressement par les savants contemporains.

D. Matières tinctoriales vertes.

Il n'y a que deux matières vertes sur lesquelles il soit nécessaire de vous donner quelques renseignements.

CHLOROPHYLLE.

La *chlorophylle* ou *chrômule*, nommée improprement, par les anciens chimistes, *résine* ou *fécule verte*, est la substance qui colore, en vert plus ou moins intense, les feuilles des arbres et les plantes herbacées. Elle s'y trouve en mélange avec des matières extractives, de l'amidon, de la cire, une huile grasse, du gluten et des sels.

On peut l'obtenir en épuisant l'herbe par de l'alcool bouillant, précipitant par un lait de chaux, et reprenant la laque calcaire par un mélange d'acide chlorhydrique et d'éther. La solution verte éthérée laisse, par son évaporation, une poudre d'un vert foncé, inaltérable à l'air. Cette matière colorante est insoluble

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans l'eau, mais soluble dans l'alcool, l'éther, les acides et les alcalis concentrés. La solution d'alun la précipite de ses dissolutions. L'hydrogène naissant la décolore à la manière de l'indigo.

Depuis les premières études de Pelletier et Caventou, qui remontent déjà à 1817, tous les chimistes qui s'en sont occupés, tels que Berzelius, Clamor Marquart, Mulder, Morot et Verdeil, ont considéré cette matière verte comme un principe immédiat défini, azoté, et renfermant même une grande quantité de fer, ce qui augmenterait les analogies qu'elle offre avec la matière colorante du sang. M. Morot, qui lui assigne la formule $C^{18}H^{10}AzO^3$, affirme qu'elle est toujours accompagnée d'une graisse ayant pour formule C^8H^7O.

Les recherches toutes récentes de M. Fremy semblent démontrer que la chorophylle, telle qu'on l'a étudiée jusqu'ici, n'est pas une matière colorante simple, mais un mélange ou une combinaison d'une matière bleue avec une matière jaune. En faisant agir simultanément sur elle l'acide chlorhydrique faible et l'éther, M. Fremy en a obtenu le dédoublement, puisque l'acide s'est coloré en bleu, et l'éther en jaune. Ces deux nouvelles substances colorantes étant retirées des liquides précédents, et mélangées entre elles sous l'influence de l'alcool qui les dissout, elles donnent immédiatement une teinte verte comparable à celle que présente la chorophylle.

M. Fremy a donné le nom de *phylloxanthine* à la matière jaune soluble dans l'éther, et celui de *phyllocyanine* à la matière bleue qui reste en dissolution dans l'acide chlorhydrique faible. La matière jaune est beaucoup plus stable que la matière bleue ; c'est elle qui apparaît en premier lieu dans les feuilles, elle se retrouve encore dans celles qui tombent ; cette persistance de la matière jaune empêche que la phyllocyanine ne devienne apparente dans l'organisation végétale ; en effet, on n'a jamais vu de feuilles bleues. Dans les feuilles étiolées, la phyllocyanine peut prendre naissance, puisqu'elles verdissent rapidement par l'action des vapeurs acides ; mais dans les feuilles jaunies par l'automne, la phyllocyanine a disparu pour ne plus reparaître, car les vapeurs acides sont impuissantes à leur redonner une coloration verte.

En 1854, MM. Hartmann et Cordillot, de Mulhouse, ont réussi à obtenir de belles nuances vertes, assez solides sur soie, laine et coton, au moyen de la chlorophylle. Ils préparent cette substance d'une manière économique, en traitant les herbes, préalablement dépouillées de toutes les matières solubles dans l'eau bouillante, par une lessive de cendres à 3° et chaude, puis neutralisant la liqueur verte alcaline par l'acide chlorhydrique. Il se forme ainsi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un beau précipité vert floconneux. Cette laque, étant délayée dans de la soude caustique, additionnée de phosphate de soude et d'oxyde d'étain, puis épaissie avec la gomme, est imprimée et fixée par le vaporisage. On peut aussi teindre dans un bain composé des mêmes ingrédients, moins la gomme. On obtient par ces deux procédés des nuances très-vives et très-foncées.



52. *Vert de chlorophylle.*

VERT DE CHINE.

Les teinturiers chinois emploient depuis longtemps, pour donner des nuances vertes à la soie et au coton, l'écorce des branches de deux nerpruns (*rhamnus utilis* et *chlorophorus*) qu'ils désignent sous le nom de *lo-chou*. Les toiles étant passées à plusieurs reprises dans la décoction de lo-chou, additionnée de chaux ou de carbonate de soude, ou d'alun, puis séchées entre chaque immersion et étendues sur le sol à la tombée de la nuit ou le matin, prennent une couleur verte sur la face qui est exposée à la lumière. Lorsqu'elles ont acquis la nuance voulue, on les lave pour les débarrasser de la matière colorante qui ne s'est pas combinée à la fibre végétale ; cette matière colorante qui reste en suspension dans l'eau de lavage est recueillie, puis séchée sur des papiers. C'est alors ce qu'on nomme le *lo-kao*, espèce de laque qui sert pour la teinture des tissus de prix.

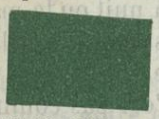
C'est cette laque, qui, sous le nom de *vert* ou *indigo vert de Chine*, a été importée en France, depuis 1852, d'abord par M. Guinon, teinturier à Lyon, et ensuite par la Chambre de commerce de cette dernière ville. D'après M. Persoz, elle contient de 61 à 62 p. 100 de matière colorante et de 21 à 33 p. 100 de matières minérales (argile, chaux, oxyde de fer, phosphates de chaux, de soude et de potasse). Elle est en écailles minces, d'un bleu foncé, avec reflets violacés ou verts ; sa cassure a l'éclat pourpre métallique de l'indigo, mais le frottement le fait disparaître. Elle se dissout en partie dans l'eau distillée, en la colorant en bleu foncé avec reflets verdâtres. Elle est insoluble dans l'alcool, l'éther, les huiles, le sulfure de carbone. L'acide acétique favorise sa dissolution dans l'eau, sans l'altérer. Tous les agents réducteurs la transforment en une matière d'un rouge sanguin, qui reprend sa couleur primitive par l'action de l'air ou de corps oxydants convenablement employés. Ceux-ci, trop concentrés, la détruisent, de même que les alcalis et les acides trop énergiques. Les phosphates et acétates alcalins, les sels ammoniacaux, l'alun, le savon, etc., la dissolvent avec facilité ; ces dissolutions teignent directement le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coton et la soie ; la laine a beaucoup plus de peine à prendre cette matière colorante.

M. Persoz a été conduit par ses expériences sur le *lo-kao* à admettre que cette couleur ne peut être confondue avec l'indigo, puisqu'elle se compose d'une matière jaune et d'une matière bleue toute spéciale, qu'il nomme *cyanine*. Les teintures et les peintures faites avec le vert de Chine paraissent bleuâtres à la lumière du jour, mais elles ont ceci de particulier qu'elles prennent à la lumière artificielle une couleur verte franche et acquièrent même une beauté qui efface complétement tout ce que les autres principes colorants peuvent fournir en pareil cas. Cela tient à ce que les matières colorantes jaune et bleue, qui entrent dans la constitution du *lo-kao*, ne sont point altérées dans leurs nuances par la lumière artificielle, tandis que l'indigo et la plupart des couleurs jaunes changent plus ou moins de teinte dans les mêmes circonstances.

M. Guinon, de Lyon, est le premier qui ait employé en grand le *lo-kao* pour la teinture des soies. Dès le printemps de 1855, il teignait les velours épinglés et coupés en une belle couleur verte qui reçut le nom de *vert-Vénus*, et les soieries en cette nuance qui a pris le nom de *vert-azof* et qui est admirable à la lumière. Le prix de cette matière, qui, jusqu'en 1858, a été d'environ 300 fr. le kil. est actuellement descendu à moins de 100 fr. Cette énorme réduction, malgré laquelle le *lo-kao* n'est presque plus employé, a pour cause le peu de solidité des nuances, soit au soleil, soit dans les magasins éclairés par le gaz sous l'influence duquel elles ont souvent subi des altérations considérables.



53. *Vert-Vénus.*



54. *Vert-Azof.*

Tout récemment M. Charvin, provoqué par le concours ouvert à la Chambre de commerce de Lyon, a pu extraire d'un nerprun indigène (le *Rhamnus catharticus*) une matière colorante de même nature que le lo-kao des Chinois, et pouvant teindre la soie en un vert aussi solide et aussi beau à la lumière artificielle.

Voici comment M. Charvin prépare cette nouvelle matière tinctoriale :

On plonge les écorces de nerprun dans de l'eau en pleine ébullition, que l'on maintient dans cet état pendant quelques minutes, et on abandonne au refroidissement ; le lendemain le liquide a acquis une coloration jaune fauve. On y verse alors de l'eau de chaux limpide qui y détermine immédiatement une coloration brun rougeâtre, et on répartit ensuite le liquide en couches minces sur des assiettes que l'on expose en plein air, pour y subir l'action de la lumière et des agents atmosphériques. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liquide ne tarde pas à se métamorphoser ; au bout de quelques heures, il est devenu vert, et laisse déposer en même temps une matière verte.

On recueille alors le liquide des assiettes, on le traite par le carbonate de potasse qui précipite toute la matière colorante verte, que l'on rassemble sur des filtres.

De cette manière le vert de Chine peut être livré au commerce à moins de 100 fr. le kilogramme. La Chambre de commerce de Lyon a récompensé les travaux de M. Charvin, en lui décernant une prime de 6,000 francs.

M. Verdeil a extrait des fleurs non encore développées du chardon et de l'artichaut, une matière colorante nouvelle qui a beaucoup d'analogie avec le lo-kao, en ce qu'elle fournit des laques d'un vert foncé qui conservent leurs nuances par la dessiccation et résistent à l'action de la lumière.

E. Matières tinctoriales brunes ou noires.

Tous les organes des plantes qui contiennent les acides que nous avons étudiés sous les noms d'*acide tannique* (tannin) et d'*acide gallique* constituent des matières tinctoriales d'une haute importance, puisqu'elles sont employées à produire les couleurs foncées, les gris, les bruns et les noirs. Ceci tient à la remarquable tendance qu'ont ces deux acides astringents à s'unir au peroxyde de fer, et à former avec lui des composés colorés et solides. C'est à la plus ou moins grande proportion de ces deux principes qu'est dû le plus ou moins grand pouvoir tinctorial des substances astringentes, dont je vais signaler les principales.

EXCROISSANCES LIGNEUSES, DITES GALLES.

On nomme *galles*, et plus ordinairement *noix de galle*, des tumeurs ou excroissances arrondies, dures, solides, pesantes, qui se développent sur les rameaux et sur les feuilles des chênes, par suite de la piqûre de petits insectes du genre *cynips*. C'est surtout sur un chêne arbrisseau du Levant, le *quercus infectoria* (*fig.* 558), qu'elles naissent en plus grande quantité.



Fig. 558.

La femelle du *cynips* perce le bourgeon des jeunes rameaux et y dépose un œuf ; bientôt le bourgeon dénaturé se développe d'une manière anormale, et représente une grosse cerise de couleur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brune, verte, rouge ou rosée, de nature celluleuse, et qui ne retient plus de sa forme primitive que les aspérités qui sont l'extrémité des écailles soudées. L'œuf, ainsi renfermé, éclôt, et l'insecte passe par toutes ses métamorphoses, jusqu'à ce qu'il soit insecte parfait (*fig.* 559). Alors il perce sa prison en dévorant une partie de la substance qui la compose, et s'échappe (*fig.* 559 *b*). On cueille les galles, autant que possible, avant la sortie de l'insecte et on les dessèche.

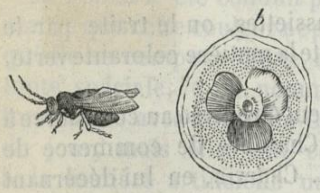


Fig. 559.

On distingue dans le commerce :

1° Sous le nom de *noix de galle noire, noix de galle verte,* ou *noix de galle vraie* (*fig.* 560), celle qui, ayant été récoltée avant le développement de l'insecte, est compacte à l'intérieur, et conséquemment pesante ;

2° Sous le nom de *noix de galle blanche* ou de *noix de galle fausse* (*fig.* 561), celle qui a été cueillie après la sortie de l'insecte.

La première est bien plus estimée que la seconde ; elle est beaucoup plus riche en tannin. Les noix de galle paraissent être d'autant meilleures qu'elles ont été récoltées dans un pays plus chaud.

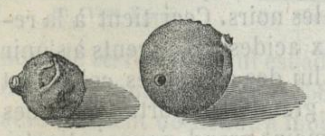


Fig. 560. *Fig.* 561.

D'après ce qui précède, la bonne noix de galle doit être d'une couleur foncée, pesante et exempte de piqûres à l'extérieur. On trouve aussi quelquefois, mais rarement, des galles blanches qui ne sont pas percées.

Les principales espèces de galles qui arrivent dans le commerce sont les suivantes :

1. Galles d'Alep. — Noix de 1 à 2 centimètres de diamètre. — Alep, Magnésie, Natolie.

A. *Galles noires.* — D'un noir grisâtre avec efflorescence blanchâtre. — Plus petites, plus épineuses, plus pesantes et moins piquées que les autres.

B. *Galles vertes.* — D'un vert jaunâtre avec efflorescence blanchâtre.

C. *Galles blanches.* — Blanc verdâtre et quelquefois jaune rougeâtre. Les plus grosses, les plus légères, les plus piquées et les plus ridées.

Emballage. Balles de crin de 140 à 150 kil.

2. Galles de Morée. — Plus petites qu'une noisette, d'une nuance plus brune et plus rougeâtre que celles d'Alep, très-irrégulières, peu résineuses, beaucoup plus creuses que les précédentes.

Emballage. Sacs en toile légère de 75 kilogr.

3. Galles de Smyrne. — Se divisent, comme celles d'Alep, en *noires,*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vertes et *blanches*; inférieures à celles-ci. — Moins pesantes, moins vives en couleur et moins épineuses.

Emballage. Balles de crin pesant 140 à 150 kilogr.

4. Galles Marmorines. — Petites noix rondes et allongées du côté qui adhérait à la plante; couleur de fer un peu grise; unies à la surface ou hérissées d'aspérités et de pointes peu saillantes; intérieur jaune ou couleur de rouille avec une espèce de germe au centre.

Emballage. Balles de crin de 100 à 150 kilogr.

5. Galles d'Istrie. — Très-petites noix, légères, de couleur jaune pâle, jaune rouge et brune, sans aspérités, mais avec des rides profondes; intérieur de couleur semblable à la surface, avec une cavité au centre. — Les jaunes sont les plus estimées; c'est en vieillissant qu'elles deviennent rouges ou brunes.

Emballage. Sacs de toile légère de 75 kilogr.

6. Galles de France légères. — Boules très-légères, généralement rondes, unies, sans aspérités, d'un jaune pâle ou couleur de bois, presque toutes percées, faciles à briser; intérieur compacte, d'un jaune fauve, avec cavité au centre.

Emballage. Sacs de toile de 50 à 75 kilogr.

Les noix de galle entrent de différentes manières dans la consommation. La *noire* du Levant est employée préférablement en teinture; la *blanche* est en grande partie consommée par les maroquiniers, et la *verte*, qui est une qualité intermédiaire, sert dans la teinture et la fabrication de l'encre, concurremment avec les noires, mais avec moins de succès.

Il vient annuellement de l'étranger en France pour près de 670 à 700,000 fr. de noix de galle.

D'après M. Guibourt, la noix de galle renferme un assez grand nombre de substances; voici sa composition :

Acide tannique	65	*Report*	76,7
— gallique	2	Ligneux	10,5
— ellagique — lutéo-gallique	2	Sucre liquide, albumine. Sulfate de potasse et chlorure de potassium	1,3
Chlorophylle et huile volatile.	0,7	Gallat. de pot^{sse} et de chaux Oxalat. et phos^{hte} de chaux.	
Matière extractive brune	2,5		
Gomme	2,5		
Amidon	2,0	Eau	11,5
A reporter	76,7		100,0

L'acide tannique est, comme vous le voyez, le principe le plus abondant dans cette excroissance, et c'est à lui qu'elle doit toutes ses propriétés.

La noix de galle est susceptible de teindre les étoffes en une couleur peu intense assez difficile à définir : c'est un gris-fauve-jaune-rougeâtre. La couleur appliquée sur la laine est plus jaune

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et moins haute que celle appliquée simultanément sur la soie et le coton non mordancés.

Les étoffes alunées, plongées dans un bain de galle, prennent une couleur bien plus prononcée que les mêmes étoffes non mordancées; cet effet est surtout sensible sur la laine.

Un fait remarquable, c'est que la couleur donnée par la galle et l'alun aux étoffes est bien différente, relativement à la hauteur du ton, suivant que l'alunage suit ou précède l'engallage. En effet, les étoffes engallées d'abord se colorent bien moins dans l'alunage que dans le cas où les étoffes sont d'abord alunées, puis engallées.

Les étoffes piétées de fer prennent, par l'engallage, un noir ou un gris-noir bleuâtre.

Les étoffes alunées, qu'on passe dans un bain de sulfate ferrique, prennent ensuite moins de noir par l'engallage que celles qui n'ont pas été alunées.

La galle sert surtout pour teindre en noir et en gris avec les sels de fer et de cuivre. Elle sert aussi à faire de beaux noirs d'application.

On donne ordinairement un pied de bleu plus ou moins fort à la laine qu'on veut teindre en noir. Souvent aussi l'on se sert de campêche.

La galle est employée à disposer le coton à prendre le rouge de garance dans la teinture en rouge d'Andrinople.

GALLONS DU PIÉMONT.

Il naît sur la cupule du gland du chêne ordinaire, le *quercus robur*, une espèce de galle très-irrégulière, qu'on connaît dans le commerce sous les noms de *Gallons du Piémont* ou de *Hongrie*, de *Falonia*, de *Knoppern* (*fig.* 562). Cette excroissance, qui envahit presque toujours toute la cupule et empêche le gland de se développer, présente, au centre d'une enveloppe ligneuse, une cavité unique prenant de l'air par le sommet, contenant une coque blanche qui a dû servir aux métamorphoses de l'insecte, et quelquefois le *cynips* lui-même, pourvu de ses ailes. Elle est raboteuse, légère, d'une couleur jaune pâle, quelquefois d'un jaune rougeâtre ou s'approchant du brun. Son odeur est nulle, et sa saveur un peu astringente.

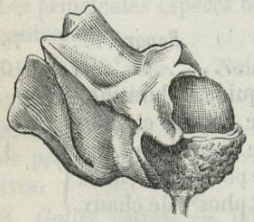


Fig. 562.

C'est surtout dans les pays chauds que cette galle se produit, mais particulièrement en Hongrie, en Styrie, en Croatie, dans l'Esclavonie, dans la Natolie, dans le Piémont. Elle arrive en sacs de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grosse toile appelée *corda* du poids de 90 à 100 kilog.; il vient aussi de l'extrait de knoppern de la Hongrie.

Les knopperns servent pour le tannage des cuirs. Ils ne sont pas aussi bons pour teindre que la noix de galle, mais meilleurs, à ce qu'il paraît, pour tanner. On peut tanner avec eux le cuir beaucoup plus vite qu'avec l'écorce de chêne. — Dans les imprimeries et teintureries d'Allemagne, on les utilise pour les couleurs fauves, grises et noires. Kurrer obtenait avec eux principalement les nuances grises sur les étoffes de deuil, pour lesquelles, auparavant, on employait le bois de Campêche. On obtient ainsi des nuances plus solides. — La laine traitée par le sulfate de zinc prend, avec le knoppern, un jaune nankin grisâtre.

GALLONS DU LEVANT OU AVELANÈDES.

On donne, dans le commerce, les noms de *Gallons du Levant*, *Avelanède*, *Vallonnée* (*fig.* 563), au calice ou cupule du fruit du chêne velani, *quercus ægilops*, qui croît dans les îles de l'Archipel grec, dans les forêts de la Cilicie et de l'Isaurie, sur les côtes de l'Asie Mineure, et dans d'autres endroits de l'Orient. Il s'en fait un assez grand commerce dans le Levant et notamment à Smyrne, d'où l'on peut en enlever chaque année jusqu'à 2,500,000 kilogrammes. C'est vers Trieste que s'acheminent les plus grands envois de cet article. L'Angleterre en consomme beaucoup; la France en importait dans ces dernières années jusqu'à 700,000 kilogrammes.



Fig. 563.

L'avelanède se compose :

1° D'une cupule ou forte coupe hémisphérique, épaisse de 2 à 4 millimètres, assez légère, sèche, résistant quand on veut la rompre, d'un gris rougeâtre en dedans, et hérissée à l'extérieur d'aspérités ou écailles libres d'un gris sombre;

2° D'un gland quelquefois beaucoup plus gros que le pouce, blanchâtre dans la partie qui a été enfermée dans la coupe, et rougeâtre dans celle qui était en dehors. Ce gland est toujours léger, souvent creux, et rempli d'une poussière noirâtre produite par la décomposition de sa partie charnue.

L'avelanède arrive en sacs de *corda*, pesant 90 à 100 kilogrammes. Quelquefois Marseille la reçoit en vrague, c'est-à-dire à nu dans les navires, et, pour l'expédier, la met en barriques et balles de différents poids.

Cette substance, qui est styptique et astringente, a tous les ca-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ractères de la noix de galle, et sert comme elle à la teinture en noir. Mais on l'applique surtout à la préparation ou au passage des cuirs. On l'estime d'autant plus qu'elle offre comparativement plus de cupules que de glands.

CACHOUS, GAMBIRS ET KINOS.

Il y a, dans le commerce, plusieurs espèces de sucs astringents desséchés qui ont beaucoup d'analogie et qui servent ou peuvent servir aux mêmes usages. Ce sont ceux qu'on désigne sous les noms de *Cachou*, *Gambir* et *Kino*.

Il a régné pendant longtemps beaucoup d'incertitude



Fig. 564.



Fig. 565.

sur l'origine de ces divers sucs; mais, grâce à M. Guibourt, nous sommes aujourd'hui assez bien fixés sur ce point.

Le *cachou* proprement dit, nommé *Catéchu*, *Cate*, *Catch*, *Cutt*, *terre du Japon*, est utilisé comme médicament, pour la teinture et le tannage des peaux, depuis la plus haute antiquité, chez les peuples qui habitent les contrées méridionales et orientales de l'Asie. On l'obtient, tantôt avec la partie interne du bois de l'*acacia catechu*, de la famille des légumineuses (*fig.* 564), tantôt avec les *noix d'arec*, fruit du palmier aréquier, l'*areca catechu* (*fig.* 565), que l'on fait bouillir dans l'eau, et dont la décoction est épaissie sur le feu jusqu'à ce qu'on puisse couler l'extrait sur des feuilles ou sur la terre.

Le *gambir* est tellement semblable au cachou par sa composition et ses propriétés, qu'on lui en donne le nom dans le com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

merce. Il est extrait des feuilles de l'*Uncaria gambir* de Roxburg (*fig.* 566), arbrisseau sarmenteux très-répandu dans l'Inde et principalement dans toutes les îles de la Malaisie. Cet arbrisseau appartient à la famille des Rubiacées et à la même tribu que les quinquinas.

Quant au *kino*, si improprement nommé dans le commerce *gomme kino*, *gomme astringente de Gambie*, il est fourni par plusieurs plantes fort différentes, notamment par le *butea frondosa* (*fig.* 567), de la famille des Légumineuses, par le *pterocarpus marsupium* de l'Inde, etc. Comme ce suc noir, astringent et amer n'a encore été employé qu'en médecine, je n'en parlerai pas davantage.



Fig. 566.



Fig. 567.

Ceci établi, occupons-nous spécialement des cachous du commerce. Il y en a un assez grand nombre d'espèces, mais au point de vue de la teinture, on en distingue surtout deux sortes principales : Le *brun* qui vient de Calcutta, et le *jaune* de Batavia; le premier est distingué en *brun luisant coulé sur feuilles*, et *brun coulé sur terre* ou *sur sable*.

1. Le *cachou brun coulé sur feuilles* (cachou du Pégu en masses, de Guibourt), a une couleur brune rougeâtre ou noirâtre uniforme; il est en pains de 35 à 40 kilogr., enveloppés dans des feuilles assez grandes qui paraissent provenir de plusieurs végétaux différents. Il est sec et luisant. Celui qui est en morceaux détachés est moins estimé. Il arrive dans des emballages de grosse toile et en sacs de 35 à 40 kilogr.

2. Le meilleur *cachou brun coulé sur terre ou sur sable* est celui qui contient le moins de terre ou de sable. Il arrive en sacs, en caisses, en barils de différents poids. Il est peu employé, parce qu'il est moins pur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le précédent, et qu'il donne beaucoup de déchet. Son prix est toujours très-inférieur.

Ces deux cachous sont produits par l'*acacia catechu*.

3. Le *cachou jaune* (cachou cubique résineux, Gambir cubique clair de Guibourt), est en petits pains cubiques de couleur cannelle; il doit être sec et d'une couleur brune dans sa cassure récente ; celui qui est d'un jaune pâle est moins estimé. Il est emballé dans une toile légère en forme de suron et recouverte d'une natte tressée; chaque suron pèse 75 à 80 kilogrammes (1).

Ce cachou est un Gambir produit par l'*Uncaria Gambir*.

Voici maintenant les propriétés communes à toutes les espèces de cachou.

Ce suc a une saveur astringente, suivie d'un arrière-goût sucré.— Il se dissout presque complétement dans l'eau bouillante, dans l'alcool, dans le vinaigre et dans les liqueurs alcalines, qu'il colore en rouge brun. Il ne donne pas plus de 4 à 5 p. 100 de cendres par l'incinération. Sa dissolution aqueuse se comporte ainsi qu'il suit avec les réactifs :

Alcool	Précipité floconneux abondant.
Chlore	Trouble fortement la liqueur.
Gélatine	Précipité glutineux, abondant, d'un blanc rougeâtre.
Acides	Faibles, ils éclaircissent la liqueur; concentrés, ils la troublent ou la précipitent.
Alcalis solubles	Rougissent fortement la liqueur.
Eau de chaux	Colore en jaune et précipite.
Sels d'alumine	Eclaircissent la liqueur en la jaunissant.
Sulfate ferreux	Coloration en vert olive.
Sulfate ferrique	Coloration en vert foncé.
Sulfate de cuivre	Coloration olive.
Acétate de cuivre	Précipité abondant brun noirâtre.
Sels de plomb	— gris jaunâtre.
Chlorure d'étain	— jaune brun très-abondant.
Chloride d'étain	— blanc jaunâtre, abondant, qui disparaît presque aussitôt.

(1) En raison du bas prix auquel il est tombé, on ne soigne plus la fabrication de ce cachou, pas plus que son emballage et son transport : aussi ne trouve-t-on plus dans le commerce que des masses agglomérées dont le pourtour a passé, par une demi-fusion, à l'état de cachou brun coulé; ce n'est qu'en les concassant qu'on les reconnaît pour du cachou jaune. Les nuances qu'on en obtient en teinture sont celles que donnerait un mélange de cachou brun et de cachou jaune. — On aurait une marchandise aussi bonne qu'autrefois, si, dans le pays de production, on séchait plus complétement les cubes, si on les emballait plus soigneusement et si l'on ne plaçait pas les balles, en guise de lest, à fond de cale dans les navires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chloride de mercure..	Précipité brun clair.
Azotate mercureux....	— jaune brunâtre.
Bichrômate de potasse..	— brun abondant.
Emétique.....	Louche et précipité brun peu abondant.
Sels de manganèse....	Coloration en solitaire.

Le cachou peut être fraudé par l'addition de sable, d'amidon, de sucs astringents de moindre valeur. J'ai trouvé, sous le nom de *cachou épuré de Paris,* des cachous noirs qui renfermaient jusqu'à 40 p. 100 de sang desséché. Par l'incinération, on reconnaît le sable; tout ce qui dépasse 5 p. 100 représente les matières terreuses ajoutées. Pour l'amidon, on traite le cachou par l'alcool; le résidu, bien lavé par l'alcool faible, est repris par l'eau bouillante; cette dissolution bleuit alors par la teinture d'iode, dans le cas de fraude. Quand le cachou est additionné de sucs astringents, la dissolution prend alors, par les sels ferriques, non pas une coloration vert foncé, mais une couleur noire plus ou moins prononcée. Enfin, quand le cachou contient du sang, le résidu laissé par l'alcool offre de la fibrine reconnaissable à sa forme, à sa solubilité dans les acides et les alcalis, et aux produits ammoniacaux de sa calcination. Les bons cachous ne doivent pas donner plus de 11 à 12 p. 100 de résidu dans l'alcool bouillant.

On transforme quelquefois le cachou jaune en cachou brun, en le fondant à une douce chaleur et en y ajoutant un centième de bichrômate de potasse réduit en poudre fine, qui abandonne vraisemblablement de l'oxygène au cachou; le cachou fondu est versé dans des vases de bois où il forme, après le refroidissement, une masse d'un brun noirâtre, à cassure conchoïde, qui, dans une atmosphère humide, devient un peu pâteuse, possède une saveur astringente, mais qui ne retient plus l'arrière-goût douceâtre du cachou jaune. On reconnaît ces cachous bruns factices par l'incinération et l'analyse des cendres, dans lesquelles on constate aisément la présence de l'oxyde de chrôme.

Les travaux récents de plusieurs chimistes allemands nous ont appris que le cachou renferme, outre le tannin, qui diffère de celui de la galle par sa plus grande solubilité dans l'eau et l'alcool, et par la couleur verte ou vert-olive qu'il donne aux sels de fer (1), une substance particulière, incolore, cristallisable, insoluble dans l'eau froide, qui en fait la majeure partie, et qui est la principale cause des propriétés tinctoriales que cet extrait possède. Cette substance, nommée *acide catéchucique* ou *catéchine*, ($C^{40}H^{18}O^{16}$), offre ceci de remarquable, qu'en présence de l'air et

(1) En raison de ses propriétés spéciales, Berzelius a cru devoir distinguer ce tannin du cachou par le nom d'acide *mimotannique;* Gerhardt l'appelle *acide cachoutannique.*

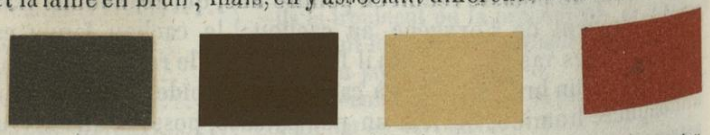
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des alcalis caustiques ou carbonatés, elle se colore rapidement, en absorbant de l'oxygène, et se change en deux acides nouveaux, différemment colorés, l'*acide japonique* et l'*acide rubinique*. Le premier prend naissance sous l'influence des alcalis caustiques, avec lesquels il forme des solutions noires ; le second, sous celle des carbonates alcalins, avec lesquels il donne des solutions rouges.

L'emploi des sels de cuivre ou du bichrômate de potasse opère immédiatement l'oxygénation de la *catéchine* et sa conversion en *acide japonique*, qui joue le principal rôle dans la teinture et l'impression des tissus au moyen du cachou. C'est lui, en effet, qui se fixe sur les tissus et les colore diversement, suivant les circonstances qui accompagnent sa formation et la nature des mordants qu'on fait intervenir. M. G. Schwartz prétend, toutefois, qu'il y a dans le cachou, indépendamment de la *catéchine*, un principe colorant jaune, qui brunit par l'action du bichrômate de potasse, et contribue à la production du brun de cachou, dont il modifie légèrement la teinte.

En tout cas, le cachou ne contient pas d'acide gallique, d'après M. Stenhouse, aussi ne donne-t-il aucune trace d'acide pyrogallique par la distillation.

Depuis vingt-cinq ans, ce suc astringent joue un très-grand rôle dans les fabriques d'indiennes et les teintureries. Il donne des couleurs très-solides sans l'emploi des mordants, et il colore le coton et la laine en brun ; mais, en y associant différents sels ou mordants,



55. *Carmélite au cachou.* 56. *Bois au cachou.* 57. *Chamois au cachou.* 58. *Rouge au cachou et au santal.*

on obtient une grande variété de teintes ; ainsi, des carmélites, des couleurs de bois foncées et claires, avec le vert-de-gris et le sel ammoniac ; des gris, des olives, des bronzes, des bruns plus ou moins foncés, avec les sels de fer et de cuivre ; des jaunes paille et chamois avec le sel d'étain ; des rouges et des rouges bruns avec l'écorce de saule ou le santal et le chrômate de potasse. Généralement, après avoir teint en cachou, on passe les tissus ou les fils dans un bain de bichrômate de potasse, ce qui rend les couleurs plus foncées et plus solides.

Le tannage des peaux, en Angleterre et en Allemagne surtout, consomme une assez grande quantité de cachou. Avec cette substance, la fabrication du cuir est opérée dans l'espace de cinq jours, et il n'en faut qu'un kilogr. pour remplacer 7 à 8 kilogr. d'écorce de chêne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SUMAC.

La matière tinctoriale connue, dans le commerce, sous le nom de *Sumac*, est la poudre grossière qu'on obtient par la trituration des tiges et des feuilles de plusieurs arbrisseaux de la famille des Térébinthacées.

L'espèce la plus employée pour la teinture ou le tannage, est celle qu'on désigne vulgairement sous le nom de *sumac des corroyeurs*, *rhus coriaria* des botanistes (*fig.* 568). C'est un arbrisseau de 3 1/2 à 4 mètres de haut, qui croît naturellement dans les lieux les plus arides du midi de



Fig. 568.



Fig. 569.

la France et de l'Europe, en Espagne, en Portugal, en Italie, en Sicile. Il est originaire d'Asie.

Chaque année, on coupe les tiges jusqu'à la racine, on sèche et l'on passe tiges et feuilles sous des meules. On obtient ainsi cette poudre grossière d'un jaune verdâtre, d'odeur particulière et douée d'une saveur astringente assez développée, qu'on appelle *sumac*.

Dans le commerce, on trouve un grand nombre d'espèces ou de qualités différentes de *sumac*, qu'on distingue, en général, par les noms des pays d'où elles sont expédiées. Les meilleures ne contiennent que du *rhus coriaria*. Il en est une espèce qui appartient à un autre genre de plantes; c'est celle qu'on appelle le *redoul* ou *redon*; elle est produite par une plante du midi de la France (*fig.* 569), qu'on nomme vulgairement *sumac des teinturiers*, *cor-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

royère, herbe aux teinturiers, herbe aux tanneurs, herbe au noir; c'est le *coriaria myrtifolia* des botanistes (1).

Voici toutes les espèces de sumacs qu'on trouve dans le commerce :

I. Sumacs de Sicile. Ce sont les plus estimés.

1re *sorte. Sumac Alcamo ou de Carini.* — Poudre plus ou moins fine, bien tamisée, exempte de bûchettes, douce au toucher, d'un beau vert tendre velouté et tirant sur le jaune. Odeur agréable et assez pénétrante; saveur très-astringente.

2e *sorte.* D'un jaune un peu plus roux, moins d'odeur, saveur moins astringente.

Emballage. Ces deux sortes arrivent en balles de toile de 50 à 60 kilogrammes (2).

II. Sumacs d'Espagne.

1re *sorte. Sumac de Malaga ou Priego.* — Poudre fine, mais chargée de bûchettes rougeâtres assez bien écrasées, et contenant souvent des semences de la plante. Couleur plus claire que celle des sumacs de Sicile. Odeur forte, ressemblant à celle du thé.

2e *sorte. Sumac Molina.*
3e *sorte. Sumac de Valladolid.* } Moins estimés; poudre plus pâle, plus chargée de bois blanc et en général moins soignée.

Emballage. Balles de toile de 50 à 60 kilogr.

III. Sumac de Portugal ou sumac de Porto. — A beaucoup d'analogie avec le sumac de Malaga; mais il est en poudre moins fine, d'un vert jaunâtre; il contient plus de bûchettes, qui sont plus grosses, plus blanches, moins écrasées. Souvent chargé de sable.

Emballage. Balles de toile de 50 à 60 kilogr.

IV. Sumac d'Italie. — Poudre d'un vert foncé, grenue sous les doigts, sans bois ni bûchettes. — Son odeur rappelle celle du cuir tanné. Il marche de pair avec le sumac de France.

Emballage. Balles de toile de 50 à 60 kilogr., expédiées de Trieste.

V. Sumacs de France.

1re *sorte. Sumac Fauvis.* — Ressemble au sumac de Sicile ou à celui de Malaga, suivant sa trituration plus ou moins complète et suivant qu'on y a ajouté plus ou moins de bûchettes; cependant sa couleur est en général plus terne, sa saveur plus aromatique; il se conserve moins longtemps.

---

(1) En Dalécarlie, on fait du sumac avec les feuilles du raisin d'ours, *arbutus uva-ursi* de Linné. Les Arabes de l'Algérie emploient pour la préparation et la teinture des cuirs dits *maroquins*, deux espèces de sumacs véritables : le *rhus coriaria* et le sumac tezera (*rhus pentaphyllum* de Desfontaines).

(2) Pendant longtemps la Sicile a seule cultivé en grand le sumac. On se contentait, dans les autres pays, de tirer parti des arbrisseaux croissant spontanément dans les forêts et les landes. — Un colon algérien des environs de Sidi-Bel-Abbès a planté 35,000 pieds de sumac venus de Sicile. La poudre qui en provient peut lutter facilement pour la qualité avec le sumac de cette dernière provenance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Emballage. Mêmes balles. — Département du Var, environs de Brignolles.

2e *sorte. Sumac de Donzère.* — Poudre grossière, grenue, mais égale, d'un vert foncé et sombre ; odeur analogue à celle du cuir ; saveur acerbe et astringente. — Qualité très-estimée.

Emballage. Balles de toile de 100 à 150 kilogr. — Côtes-du-Rhône, Comtat. — Préparé à Donzère et à Montélimart.

3e *sorte. Sumac Redoul ou Redon.* — Poudre fine, nette, sèche, douce au toucher, d'un vert tendre grisâtre ; sa nuance se rapproche assez de celle du sumac de Sicile. Odeur herbacée. — Qualité peu estimée.

Emballage. Comme le précédent. — Midi de la France, surtout sur les bords du Lot, du Tarn, de la Garonne.

4e *sorte. Sumac Pudis.* — Poudre fine, mais sans consistance et comme mousseuse, d'une odeur forte, d'un vert jaunâtre clair. — Espèce la moins estimée.

Emballage. Comme les précédents. — Midi de la France.

Très-souvent on mélange du sable aux sumacs, surtout à celui de Sicile. Il suffit, pour s'en apercevoir, de jeter un peu de sumac sur de l'eau ; la poudre végétale reste quelque temps à la surface, tandis que le sable, plus lourd, tombe au fond. Il est d'autant plus nécessaire d'éviter ces mélanges, que souvent le sable est ferrugineux, et qu'alors il devient très-nuisible pour les opérations de teinture, parce que le fer communique aux infusions de sumac une couleur noire plus ou moins foncée.

D'après les analyses de Bartholdi, de Stenhouse, le sumac contient une assez grande quantité d'acide gallique tout formé ; il renferme aussi du tannin, mais en moindre proportion que la noix de galle, et de plus une matière non astringente, jaune, soluble, et des sels de potasse, de chaux et de magnésie. Dans le *redoul*, il y a, en outre, d'après M. Morin, de Rouen, une huile volatile, du sucre liquide, du soufre et de l'oxyde de fer.

La décoction de sumac est d'un jaune légèrement verdâtre ; elle a une odeur assez forte, une saveur astringente très-prononcée, rougit assez fortement le tournesol, et se trouble beaucoup par le refroidissement. Elle se comporte de la manière suivante avec les réactifs :

Gélatine	Précipité abondant, blanc.
Alcalis	— blanc, verdâtre ou rougeâtre, s'il y a excès d'alcali.
Chaux, baryte, strontiane	— blanc passant au verdâtre et au rougeâtre par le contact de l'air.
Acides	La troublent plus ou moins fortement.
Alun	Précipité abondant d'un jaune clair.
Acétate de plomb	— en flocons épais d'un jaune serin.
— de cuivre	— en flocons d'un brun jaunâtre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sulfate ferrique.....	Colore en bleu très-légèrement verdâtre, et en précipite d'abondants flocons bleus.
Chlorure d'étain.....	Flocons abondants d'un blanc jaunâtre.
Teinture d'iode.....	Produit un effet remarquable : c'est le développement d'une couleur rose qui se détruit bientôt.
Chlore.....	Semble agir d'une manière analogue, mais la couleur rose est plus faible et plus fugitive encore que celle développée par l'iode.

Le sumac est employé dans la teinture en noir, en gris, et en général dans tous les cas où l'on se sert de noix de galle, qu'il remplace avec assez d'avantage ; mais il en faut une proportion plus considérable, puisqu'il est bien moins riche en tannin. Il donne aux étoffes non mordancées un gris jaune très-légèrement rougeâtre, qui diffère de celui de la noix de galle en ce qu'il a moins de rougeâtre et plus de jaune. Les étoffes alunées, surtout la soie et la laine, prennent, dans le bain, une couleur jaune bien prononcée ; les étoffes piétées de peroxyde de fer y acquièrent un gris noir. Les étoffes alunées et piétées de fer sont plus difficiles à teindre que celles qui n'ont pas été alunées. D'après cela, il est évident que le sumac peut être représenté par une matière jaune, plus une matière astringente, semblable à celle de la noix de galle.



59. *Jaune au sumac.*



60. *Gris-noir au sumac.*

Souvent on l'associe avec la garance, le quercitron, le campêche. Dans les impressions, on l'utilise pour obtenir en même temps : *jaune* par l'acétate d'étain, *gris* et *noir* par l'acétate de fer plus ou moins étendu, et *jaune brunâtre* par le sulfate de zinc. La couleur du sumac s'enlève facilement des réserves, en n'employant pas une chaleur trop modérée ou en n'ajoutant pas au bain du quercitron. Introduit en petite quantité dans le garançage, il diminue la fixité de la matière fauve sur les parties blanches, mais il ne donne pas de beau violet.

Pour la teinture, l'eau doit être chauffée à + 50° seulement. On y jette le sumac et l'on y plonge aussitôt les étoffes, qui ne doivent pas y rester plus de 15 à 20 minutes ; pendant ce temps, on fait monter la chaleur du bain. Si l'on élève trop la température ou si les étoffes y restent trop, les couleurs s'affaiblissent, et celles obtenues avec le fer disparaissent presque entièrement ; cela provient de l'acidité du sumac. Lorsque celui-ci est ancien et qu'on en met un léger excès dans le bain de teinture, il y a redissolution du mordant de fer, le blanc se salit autant par le tannate ou gallate de chaux qui se forme avec la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie calcaire de l'eau, que par le tannate ou gallate de fer.

Le sumac *redoul* est tout à fait impropre à la fabrication des indiennes, parce qu'il ne ménage pas les blancs; on ne peut s'en servir que pour les teintures unies.

Chez les maroquiniers, qui ne travaillent que des peaux de chèvres et de moutons, destinées à recevoir des couleurs vives et délicates, on préfère le sumac à la noix de galle et au tan, parce qu'il n'a pas, comme ces dernières substances, l'inconvénient de colorer les peaux, et que, de plus, il leur conserve toute leur souplesse naturelle.

AUTRES MATIÈRES ASTRINGENTES.

Dans les teintureries d'Allemagne, on emploie, depuis plusieurs années, la racine du *nénuphar blanc* pour remplacer la noix de galle, le sumac et autres matières astringentes qui donnent des olives, des gris et des noirs. On s'en sert avec avantage pour économiser la garance et le quercitron. Les noirs au nénuphar sont plus solides que ceux au campêche; les gris sont bien plus beaux et plus solides que ceux obtenus avec les autres astringents. Cette racine renferme aussi une matière colorante jaune, qu'on peut fixer avec l'alun sur le coton.

La matière colorante de la racine du *noyer* se fixe solidement sur la laine, qu'elle colore en fauve sans le secours des mordants.

Les écorces d'*aune* et de *châtaignier* ont été employées pendant longtemps pour produire les noirs, les gris et les brunitures sur laine. La décoction de châtaignier, rapprochée à 20° de l'aréomètre, dite *extrait de châtaignier*, forme encore, dans le commerce lyonnais, l'objet d'un débit considérable; elle produit pour la teinture des soieries, avec beaucoup d'économie, un noir d'une belle nuance et d'une grande solidité; elle est encore très-employée dans la fabrication des lustrines. Quant à l'extrait sec de châtaignier, les fraudeurs l'introduisent dans les garancines.

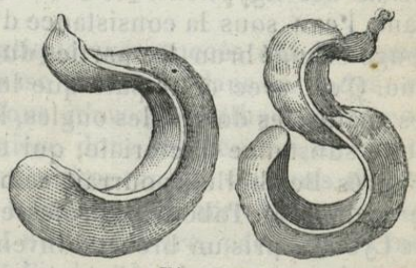


Fig. 570.

Plusieurs fruits sont riches en tannin, et appliqués, comme astringents, soit au tannage des peaux, soit à la teinture en noir. Tels sont surtout : les *myrobolans* de l'Asie; les gousses de *libidibi* ou *dividivi* de l'Amérique intertropicale et des Antilles (*fig.* 570), provenant de l'arbuste qui fournit le bois connu dans les teintureries sous le nom de *bresillet*; les gousses du *bablah* de l'Inde et de l'Égypte (*fig.* 571),

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui donne la gomme arabique et le *suc d'acacia* des pharmacies; enfin, le *brou de noix*, enveloppe verte et pulpeuse qui entoure les fruits du noyer, et qui, à la maturité de ces derniers, brunit, se détache et tombe. Ce *brou de noix*, que les anciens utilisaient déjà pour teindre, surtout les cheveux, sert encore, de nos jours, pour obtenir sur laine les couleurs dites de *racine;* il est d'un emploi d'autant plus avantageux, que, n'exigeant pas le concours des mordants, il conserve à la laine toute sa douceur; les mordants ne sont utiles que pour varier les nuances ou leur donner plus d'éclat. On ramasse le brou quand les noix sont très-mûres; on en remplit des tonneaux oudes cuves, on y verse de l'eau suffisamment pour que le liquide surnage de quelques doigts. De cette manière, le brou peut se conserver un an et même plus. Aux Gobelins, où l'on fait un grand usage du brou, on le conserve deux ans avant de s'en servir; on trouve qu'il fournit plus de couleur; il a alors une odeur putride très-désagréable. La décoction du brou précipite les sels de fer en gris tirant au rouge brun.

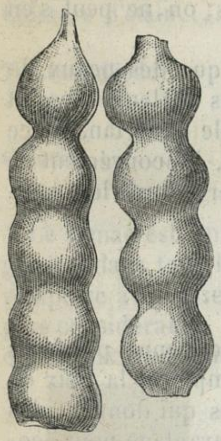


Fig. 571.



61. *Nuance dite de racine, au brou de noix.*

Depuis l'antiquité la plus reculée, on se sert dans tout l'Orient, en Égypte, en Arabie, en Algérie, pour teindre les crins des chevaux, la laine, les cuirs, etc., des feuilles d'un arbrisseau, le *lawsonia inermis*, qui paraît être l'*acopher* de l'Écriture. C'est le *Henné* des Égyptiens. Ses feuilles, réduites en poudre et délayées dans l'eau sous la consistance d'une pâte, colorent fortement en rouge orangé brun les parties du corps sur lesquelles on les applique. C'est avec cette pâte que les femmes de l'Orient se teignent les mains, les doigts, les ongles, les pieds, les orteils, les cheveux. Cette substance tinctoriale, qui est assez riche en acide gallique, d'après Berthollet, pourrait remplacer, jusqu'à un certain point, le cachou. M. Tabourin, professeur de chimie à l'École vétérinaire de Lyon, a pris un brevet d'invention pour l'application du *Henné* à la teinture en noir. Mon ami, M. Benner, chimiste et fabricant d'indiennes à Darnetal, a essayé d'en tirer parti, mais il n'a pu en obtenir que des nuances analogues à celles du sumac; or, comme le *Henné* est bien plus cher que celui-ci, il n'a trouvé aucun avantage à l'employer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CINQUANTE-NEUVIÈME LEÇON.

DES MATIÈRES TINCTORIALES. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Art de la teinture. — Principes généraux de la teinture *par immersion*. — Des mordants et du mordançage. — Des bains de teinture. — Chauffage à la vapeur. — Nettoyage des tissus teints. — Définition de certaines expressions techniques.

Art de la teinture.

Maintenant que vous connaissez les propriétés des substances tinctoriales, nous pouvons nous occuper de leur application à la coloration des fibres textiles. Deux industries très-importantes en découlent : la *teinture* et l'*impression*.

Les couleurs que les végétaux et les animaux renferment ont été utilisées de bonne heure par l'homme, qui, charmé de leur éclat et de leur harmonie, s'empressa de les appliquer sur les étoffes qu'il faisait servir à ses vêtements. L'art de peindre et de teindre commença, pour ainsi dire, avec l'enfance des sociétés ; car, comme le fait observer Berthollet, on remarque dans les hommes qui ont fait le moins de progrès dans l'art social le désir de s'attirer les regards de la multitude ; ils en saisissent avec empressement les moyens, et l'éclat des couleurs est l'un des premiers qui se présentent. Chez les peuples les plus barbares, on retrouve ce goût pour les couleurs ; ainsi, les sauvages se frottent le corps avec des terres colorées ou des sucs de plantes ; ils se teignent les cheveux, se colorent les dents, et cet usage, commun à tous les peuples de l'antiquité, s'est perpétué jusqu'à nos jours chez les nations orientales.

L'art de la teinture a été pratiqué avec succès dès les temps les plus reculés dont l'histoire fasse mention, dans les Indes, en Perse, en Égypte et en Syrie. Nous n'avons, malheureusement, aucun renseignement sur la manière dont les peuples de l'antiquité procédaient à la teinture et à l'impression de leurs tissus, par la raison que les Grecs et les Romains, qui héritèrent de leurs procédés industriels, négligèrent de les décrire, parce qu'ils méprisaient le travail et flétrissaient l'industrie comme une occupation indigne de l'homme libre.

Au ve siècle, tous les arts s'éteignirent dans l'Occident, par suite de l'invasion des barbares du Nord, mais ils se conservèrent mieux dans l'Orient, d'où l'on tira, jusqu'au XIIe siècle, les objets de luxe, et notamment les tissus colorés. C'est vers la fin du XIIe siècle et dans les premières années du XIIIe que l'art

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la teinture reparut en Italie, grâce aux relations commerciales que les Vénitiens et les Génois entretenaient avec l'Orient.

C'est seulement sous le ministère de Colbert que nos ateliers de teinture commencèrent à rivaliser et même à surpasser ceux des nations étrangères. Ce grand homme, parmi les établissements industriels dont il dota la France, créa les teintureries de Vanrobais et de Sédan ; il encouragea la culture de la garance et fit publier, en 1671, une instruction sur la culture et l'emploi de cette plante ; il rédigea, en 1672, une instruction pour les teintures qui mérite d'être remarquée, mais dans laquelle, à côté de règlements fort sages, il établit des mesures fiscales et prohibitives fort gênantes.

Le développement des sciences physiques à la fin du XVIIIe siècle, les recherches des chimistes Dufay, Hellot et Macquer (1), tant sur la théorie que sur la partie manuelle de la teinture, le rapide essor de l'art de l'impression qui s'appropria les perfectionnements des arts mécaniques et les découvertes journalières des laboratoires, enfin les écrits techniques de Haussmann (2),

---

(1) Dufay, Hellot et Macquer furent successivement chargés par le gouvernement de s'occuper de perfectionner l'art de la teinture, et on leur doit des travaux précieux. Dufay étudia principalement les matières colorantes et les mordants, et, le premier, il comprit le véritable rôle de ces substances minérales qui servent d'intermédiaire pour unir les couleurs aux tissus. Après avoir simplifié quelques procédés de teinture, il proposa une méthode aussi simple qu'exacte pour reconnaître la bonté et la solidité d'une couleur. — Hellot s'appliqua à la teinture des laines et publia sur cette branche importante de l'art le traité le plus étendu et le mieux fait que l'on possède. Son ouvrage a pour titre : *L'art de la teinture des laines et des étoffes de laine en grand et en petit teint*. Ce que Hellot fit pour les laines, Macquer l'exécuta pour la soie. L'excellence de son livre, intitulé : *L'art de la teinture en soie*, fait vivement regretter que la mort ait empêché ce savant chimiste d'achever le *Traité général des teintures*, dont il publia le prospectus en 1781.

En 1776, Lepileur d'Apligny recueillit, dans un ouvrage intitulé : *L'art de la teinture des fils et étoffes de coton*, toutes les connaissances acquises jusqu'alors sur cette partie. C'est dans cet ouvrage, recommandable à plus d'un titre, qu'on trouve décrit, pour la première fois, le procédé du *rouge des Indes*.

(2) Jean-Michel Haussmann, né à Colmar en 1749, était fils d'un pharmacien ; il fit ses études à Paris dans l'intention de succéder à son père, mais abandonnant plus tard cette pensée, il résolut d'appliquer à la teinture les connaissances chimiques qu'il avait acquises. D'abord établi à Rouen, puis au Logelbach près de Colmar, il ne tarda pas à devenir le meilleur teinturier de France. L'un des premiers, il adopta le blanchiment par le chlore, régularisa le garançage et une foule d'autres opérations, perfectionna la fabrication du rouge des Indes, et ouvrit à l'art de l'impression des voies nouvelles en inventant plusieurs mordants, créant le genre rongeant par l'acide oxalique, fixant le bleu de Prusse sur les tissus, etc. Les mémoires qu'il publia dans le *Journal de physique* et les *Annales de chimi* ont contribué puissamment au rapide essor des arts chimiques dont je parle, et le placent honorablement à la tête de ces nombreux chimistes manufacturiers qui font la gloire et la fortune de l'Alsace. Haussmann est mort en 1824.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Berthollet, de Chaptal régularisèrent les pratiques des ateliers et portèrent dans l'application des recettes de la teinture, cet esprit philosophique qui seul pouvait dégager l'art des entraves où la routine et l'empirisme l'avaient emprisonné depuis si longtemps.

Pour colorer les fibres textiles d'une manière permanente, il y a, je vous l'ai déjà dit, Messieurs, deux méthodes bien différentes, qui constituent deux industries distinctes, exécutées dans des ateliers spéciaux.

L'une d'elles consiste à donner à la masse entière des fils ou des étoffes une teinte uniforme par l'emploi de matières colorantes, que l'on rend solubles par des moyens convenables et que l'on fixe en faisant intervenir, le plus souvent, des agents intermédiaires, désignés sous le nom de *mordants*. Cette manière de procéder est ce que l'on appelle, à proprement parler, l'ART DU TEINTURIER, et ce que je nommerai plus scientifiquement TEINTURE PAR IMMERSION.

Dans l'autre méthode, on ne colore que certaines parties de l'une des faces des tissus, à l'aide d'une ou de plusieurs couleurs différentes, appliquées mécaniquement et disposées de manière à former des dessins réguliers et harmonieux. C'est alors ce qu'on nomme l'ART DE L'IMPRIMEUR SUR TISSUS, qui prend la désignation particulière d'ART DE L'INDIENNEUR, quand on agit sur le calicot ou les toiles de coton, ce qui est le cas le plus général. Je distinguerai ce second mode de procéder par le nom plus rationnel de TEINTURE PAR IMPRESSION.

§ 1. — Teinture par immersion.

La coloration uniforme des fibres textiles par le moyen de substances colorantes n'est pas le résultat d'une simple superposition mécanique ; c'est, en réalité, le plus généralement, l'effet d'une véritable pénétration et d'une sorte d'adhésion chimique. C'est là surtout ce qui distingue la *teinture* de la *peinture*.

Dans cette dernière, les couleurs sont seulement déposées ou plaquées à la surface des objets, sans qu'il y ait aucune pénétration, aucune adhérence chimique, si bien que de simples lavages, le grattage ou le frottement peuvent faire disparaître les couleurs appliquées. Dans la teinture, toutes les fibres du corps, surtout pour la laine et la soie, sont pénétrées de la substance teignante qui s'y attache avec une énergie marquée ; aussi les moyens mécaniques, lavages et frottement, sont impuissants à détruire cette espèce de combinaison qui, sans être positivement de l'ordre des combinaisons chimiques à proprement parler, y ressemble beaucoup.

Quelquefois, cependant, la couleur que l'on donne à une sub-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

stance provient, non de la fixation d'un principe colorant retiré d'une matière tinctoriale, mais d'une certaine altération chimique que la substance éprouve de la part de certains agents.

Ainsi, lorsque je plonge un morceau de soie dans de l'acide azotique, le tissu acquiert une belle couleur jaune, par suite d'une réaction que l'acide détermine dans les éléments de la soie, d'où résulte la production d'un composé nouveau teint en jaune.

Lorsque j'immerge du bois dans de l'acide sulfurique, le bois se colore en noir par la production, à ses dépens, d'une certaine quantité d'acide ulmique. Mais ce sont là de rares exceptions au principe que j'ai posé d'abord.

Pour opérer l'union des matières colorantes avec les tissus, c'est-à-dire pour *teindre* ces derniers, il y a nécessité que l'un des deux corps soit liquide. Or, c'est toujours la matière colorante qu'on met dans cet état, en la dissolvant dans un véhicule approprié à sa nature. On désigne sous le nom de *bains de teinture* les dissolutions de matières colorantes dans lesquelles on plonge les tissus pour les teindre.

Cette nécessité d'atténuer les molécules des matières colorantes que l'on veut faire adhérer aux tissus va vous être démontrée par des expériences bien simples. Si je plonge un lambeau de calicot dans de l'encre, il est certain que je le colorerai en noir, mais la teinture ne sera ni belle ni solide; un seul lavage la fera disparaître, parce que le *tannate ferrique* qui constitue l'encre, au lieu d'être en complète solution dans l'eau, y est simplement suspendu, et se trouve en particules trop grosses et trop denses. Mais si je produis instantanément sur le calicot le tannate de fer dans un très-grand état de division, comme cela a lieu en imbibant d'abord la toile dans une dissolution de couperose ou de tout autre sel de fer, faisant sécher, puis la plongeant dans une décoction de noix de galle, alors le tannate de fer, au moment de sa formation, pénètre les fibres les plus serrées du tissu et s'y unit d'une manière intime et durable. J'ai beau laver le calicot ainsi teint, je ne puis parvenir à entraîner la couleur, ainsi que j'ai pu le faire avec l'autre échantillon.

Mais pour que les couleurs que l'on fixe sur les étoffes, par la teinture, présentent tout l'éclat qui leur est naturel, il est indispensable que ces étoffes soient dépouillées des matières étrangères qui adhèrent habituellement à leur surface et qui les colorent. Il y a donc toujours une opération préliminaire à faire subir aux tissus avant de les teindre ; c'est le *blanchiment*. Il en a été suffisamment parlé dans la cinquante-troisième leçon.

Dans l'origine et pendant bien longtemps, c'est aux plantes et aux animaux qu'on a emprunté des couleurs pour en revêtir les tissus. Le règne minéral, si riche en combinaisons colorées, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plupart inaltérables à l'air, n'en fournissaient aucune aux teinturiers. Ce n'est que vers la fin du dernier siècle et surtout dans les premières années du XIXe, qu'on a commencé à faire dans les ateliers des applications de quelques-unes de ces productions minérales. Aux sels de fer, très-anciennement employés pour les couleurs noires, rouille et chamois, sont venus successivement se joindre : l'arsénite de cuivre, découvert par Schéele ; le bleu de Prusse, si heureusement employé, en 1811, par Raymond père, de Lyon ; les sulfures d'arsenic utilisés, en 1819, par Braconnot et, en 1828, par Labillardière ; le chrômate de plomb, indiqué par Lassaigne en 1820 ; les sels de manganèse, etc., qui ont fourni aux industriels de nouveaux moyens de varier leurs produits et de les obtenir avec plus d'économie.

Nous n'avons plus à nous occuper des matières tinctoriales, soit minérales, soit organiques, puisque leur étude a été faite précédemment. Je puis vous parler immédiatement des opérations générales de la teinture.

Puisque, comme je vous l'ai déjà dit plusieurs fois, la plupart des principes colorants ne peuvent contracter d'union intime et durable avec les fibres textiles qu'à la faveur d'un corps intermédiaire désigné, d'une manière générale, sous le nom de *mordant*, il en résulte que presque toujours, avant de mettre les substances tinctoriales en contact avec les étoffes, il faut préparer celles-ci par une opération préliminaire. Étudions donc, avant tout, cette opération, qui est de la plus haute importance, et, pour ainsi dire, la base fondamentale de la teinture.

1. Mordants. — Dans l'origine, les couleurs n'avaient aucune fixité ; elles s'altéraient en peu de temps, et souvent ne résistaient point à une simple immersion dans l'eau. L'emploi des substances minérales pour les unir plus intimement aux tissus remonte déjà très-haut dans l'histoire de la teinture, et il est assez difficile de préciser l'époque à laquelle l'usage de l'alun, des sels de fer, de la noix de galle, des apprêts huileux, comme mordants, a été introduit ; tout ce qu'on sait, à ce sujet, c'est que dans les Indes, on a fait usage de l'alun depuis un temps immémorial, et que ce sel était devenu d'un emploi général en Europe dans le courant du XVIe siècle (1).

(1) C'est ce que prouve le passage suivant de Palissy, qui se rendait déjà bien compte de la manière dont ce sel opère en teinture. « L'alun, qui est un sel, attire à soi les couleurs du Brésil, de la galle et autres matières, pour les donner aux draps, aux cuirs ou soies, tellement que les teinturiers, quelquefois, voulant teindre un drap blanc en rouge, le trempent dans de l'eau d'alun ; le sel d'alun étant dissous dans l'eau sera cause que le drap recevra la teinture que l'on lui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le nom de *mordant* fut créé par les teinturiers français du mot latin *mordere*, mordre, à une époque voisine de l'enfance de l'art, où l'on pensait que l'action de ces agents intermédiaires était mécanique, qu'ils étaient d'une nature corrosive ou *mordante*, et servaient simplement à ouvrir les pores de l'étoffe, dans lesquels la matière colorante pouvait ensuite s'introduire. Hellot et Lepileur d'Apligny, qui ont écrit les premiers d'une manière scientifique sur la teinture, à la fin du siècle dernier, ont soutenu cette manière de voir. Mais Dufay, en 1737; Bergmann, en 1776; Macquer, en 1778; Berthollet, en 1790, et, enfin, M. Chevreul, dans le courant de ce siècle, ont soutenu que l'action des mordants est toute chimique; qu'ils ont pour la matière de l'étoffe une affinité qui est la cause de leur adhérence, tandis que, de son côté, la matière colorante se fixe au mordant par l'affinité qu'elle a pour ce dernier. Cette opinion a longtemps régné sans partage. Aujourd'hui bien des savants la contestent, mais ils sont loin de s'entendre sur la manière d'interpréter les phénomènes.

Il est certain que les mordants et les principes colorants dissous réagissent chimiquement les uns sur les autres de manière à produire des composés colorés insolubles ou *laques*, qui imprègnent dans toute leur masse la laine et la soie, tandis qu'ils s'arrêtent seulement à la surface externe des tissus végétaux. C'est ce que l'on voit très-bien en observant au microscope les filaments teints. Mais le rôle de la fibre textile est moins bien défini. On semble maintenant disposé à admettre que son rôle est purement physique, et M. Bolley, entre autres, soutient qu'elle absorbe et retient les couleurs ou les laques absolument de la même manière que le charbon absorbe et fixe les matières colorantes et les sels métalliques.

Quoi qu'il en soit, les mordants, vous le savez, sont pris le plus ordinairement parmi les bases ou oxydes métalliques. Mais parmi ces derniers, il n'y en a qu'un bien petit nombre qui réunissent les conditions nécessaires à la fixation des couleurs.

En effet, il est indispensable que le composé qu'ils forment avec la matière colorante soit insoluble et puisse adhérer fortement aux différentes fibres textiles. Il faut, en outre, que ce composé résiste, autant que possible, aux agents extérieurs, et ne puisse être modifié par une réaction ultérieure qui dénaturerait la couleur.

Ces conditions font rejeter l'emploi de la potasse, de la soude,

---

aura préparée, et un autre drap qui ne sera point trempé en l'eau d'alun ne le pourra faire. Le sel donc est une chambrière qui ôte la couleur à l'un pour la bailler à l'autre. » (Œuvres diverses de Palissy. Édition de 1777, p. 214. — Édition de Cap, p. 249.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'ammoniaque, qui donnent des composés solubles dans l'eau ; celui de la chaux, de la magnésie, des oxydes de zinc et de plomb, qui ne sont pas susceptibles d'être absorbés ou fixés par les étoffes; enfin celui des oxydes de mercure, d'argent, d'or, de platine, parce que, outre leur prix trop élevé, ils ont encore l'inconvénient très-grave d'être désoxygénés par les matières colorantes, ce qui empêche les laques colorées de se former ou de persister dans leur état primitif.

Parmi les mordants métalliques, ceux qui sont incolores (alumine, oxydes d'étain) n'ont d'autre effet que de rendre plus solides les couleurs qu'il s'agit de déposer sur un tissu quelconque. Mais les oxydes colorés par eux-mêmes (oxydes de fer, de manganèse, de chrôme, de cuivre), remplissent un double rôle; ils fixent les matières colorantes, et, de plus, ils les modifient plus ou moins profondément dans leurs nuances.

C'est ainsi qu'en plongeant des échantillons différents de coton mordancés en alun, en sel de fer, en sel de cuivre, dans des bains de quercitron, le beau jaune de ce bois apparaît avec tout son éclat sur le coton aluné, tandis qu'il passe au fauve, à l'olive ou au vert dit *américain*, sur les cotons imprégnés des deux autres mordants. C'est encore ainsi que la garance donne des rouges et des roses avec les sels d'alumine, des bruns foncés ou des noirs avec les sels de fer, et des teintes puce et marron avec un mélange de ces deux espèces de sels.

Les oxydes précédents étant insolubles par eux-mêmes, il faut, de toute nécessité, les employer à l'état de sels solubles pour rendre leur combinaison possible avec les couleurs et les tissus. Les sels d'un usage habituel dans les ateliers sont :

Les aluns à base de potasse et d'ammoniaque, le sulfate simple d'alumine, le chlorure d'aluminium hydraté, l'acétate d'alumine, l'aluminate de potasse ou de soude, le sulfate, les azotates, l'acétate ou pyrolignite de fer, les deux chlorures d'étain, le chlorostannate d'ammoniaque, le stannate de soude, le sulfate de cuivre, les vitriols de Salzbourg et de Chypre, les acétates, l'azotate et le perchlorure de cuivre, le chlorure et l'alun de chrôme.

Parmi les produits organiques, le bitartrate de potasse, les huiles grasses, l'acide tannique, l'albumine, le gluten, la caséine sont à peu près les seules substances qui jouent le rôle de mordant.

Un mordant agit d'autant mieux, en général, pour fixer les principes colorants sur les tissus, qu'il cède plus facilement sa base métallique à ces derniers. Or, l'acide acétique étant de tous les acides celui qui adhère le moins aux oxydes métalliques auxquels il est combiné, et étant, d'ailleurs, susceptible de se volatiliser, il s'ensuit que les acétates d'alumine, de fer, de cuivre, etc., sont préfé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rables, comme mordants, aux sulfates de ces mêmes bases. Aussi a-t-on substitué maintenant, presque partout, au moins pour le mordançage du coton, l'acétate d'alumine à l'alun, l'acétate de fer à la couperose, etc., parce que l'acide acétique abandonne l'alumine et l'oxyde de fer avec une telle facilité, qu'une simple élévation de température suffit pour que l'isolement de l'acide et de ces deux bases puisse s'opérer.

Avant cette substitution de l'acétate, on ne se servait que de l'alun ; mais, sans en connaître le vrai motif, tous les teinturiers donnaient la préférence à l'*alun de Rome*, qu'ils regardaient comme le plus pur. On sait, aujourd'hui, que cette préférence est fondée sur ce fait que cet alun est plus riche en alumine que tous les autres, puisqu'il est représenté dans sa composition par de l'alun ordinaire anhydre combiné à 2 équivalents d'hydrate d'alumine. Or, quand on plonge un tissu dans la solution presque bouillante de cet alun basique, les 2 équivalents d'hydrate d'alumine se séparent et se fixent aux fibres textiles, ou plutôt il se précipite sur celles-ci un sulfate tri-aluminique qui est le mordant le plus énergique que l'on connaisse.

On remplace très-bien l'*alun de Rome* par l'alun ordinaire neutralisé par 2 à 3 centièmes de carbonate de soude, ce qui l'amène au même état que l'alun cubique. Tout ceci a lieu pour la teinture du coton, car, pour celle de la laine et de la soie, on emploie l'alun ordinaire tel quel.

Mordançage. — L'application des mordants ne se fait pas toujours de la même manière.

Tantôt on fait digérer le tissu, à une température variable, dans la solution du sel ou du mordant; puis, lorsque l'étoffe en est bien imprégnée, on la débarrasse par des lavages de la portion qui n'est pas combinée, et on teint ensuite. C'est presque toujours ainsi que l'on opère pour la teinture du coton et autres tissus ligneux.

Tantôt on mêle le mordant à la dissolution de la matière colorante, lorsque, toutefois, ils ne sont pas de nature à se précipiter mutuellement et instantanément, et dans ce mélange on plonge les étoffes qui enlèvent au bain des proportions déterminées du mordant et du principe colorant. On agit ainsi, le plus habituellement, pour la teinture des tissus animaux et surtout de la laine.

Tantôt enfin, pour ces mêmes tissus, on plonge dans un bain mixte de mordant et de couleur le tissu déjà mordancé.

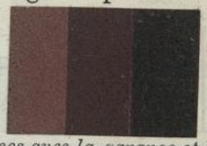
La quantité de mordant dont un tissu se charge est en raison directe de la concentration de la solution du premier; et, par une conséquence naturelle, la quantité de matière colorante fixée sur ce tissu est d'autant plus grande que le mordant aura été plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

concentré. Les teinturiers tirent parti de ce fait pour obtenir des nuances plus ou moins foncées avec la même substance tinctoriale. Ainsi, au moyen de l'alun ou de l'acétate d'alumine plus ou moins concentré et de garance, ils produisent toutes les nuances, depuis le rouge le plus foncé jusqu'au rouge le plus faible ; avec



62. *Trois rouges à la garance avec mordants alumineux.*



63. *Nuances avec la garance et les mordants ferrugineux.*

les mordants ferrugineux et la même racine, ils teignent depuis le noir jusqu'au lilas.

Le mordançage des laines s'effectue à la température de l'ébullition. Voilà pourquoi les teinturiers appellent *bouillon* le fil ou l'étoffe qui a reçu le mordant, et aussi l'opération qui le lui donne.

On mordance les soies à la température ordinaire, tandis que pour le coton, le chanvre et le lin, on opère à une température comprise entre + 35 et 40°.

Les appareils employés pour procéder au mordançage varient suivant qu'on travaille sur des flocons, des fils ou des tissus, et aussi en raison de la nature propre des fibres textiles.

A. *Mordançage des fils.* — On agit de la manière suivante pour les fibres ligneuses : dans un atelier se trouvent encastrées dans une maçonnerie à hauteur d'appui des jarres de terre, dans lesquelles on met le mordant, et des terrines dans lesquelles on passe les écheveaux ou mateaux. Six à sept litres de mordant étant introduits dans les terrines, l'ouvrier y plonge avec les mains un ou plusieurs écheveaux *abreuvés* d'eau, c'est-à-dire également imprégnés de ce liquide, les foule au sein du mordant, en les pressant à plusieurs reprises contre le fond et les parois du vase et les tourne entre les mains, jusqu'à ce qu'il juge que le mordant les a bien pénétrés ; il les enlève alors, et les exprime fortement en les tordant sur une cheville, en forme de corne de bœuf, fixée dans un poteau au-dessus de la terrine dans laquelle retombe l'excès du liquide. Il répète plusieurs fois l'immersion dans le bain et l'expression à la cheville, jusqu'à ce que le mordançage soit terminé ; il met ensuite les écheveaux à sécher.

Chez M. Léveillé, de Rouen, on se sert, depuis 1848, soit pour passer les fils dans les bains de mordants, soit pour dégorger après le mordançage, d'une machine de l'invention de M. Prévinaire, de Harlem, et qu'on appelle *machine à passer ou à dégorger*. On l'établit au-dessus de petits bassins lorsqu'on veut passer les pantes dans des bains gras,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des bains de galle ou les dissolutions de mordants; on la monte sur le bord postérieur d'un pont au-dessus d'un cours d'eau, dans le cas où il s'agit simplement de dégorger les pantes au sortir des bains.

Elle consiste essentiellement (*fig.* 572) en deux paires de cylindres hori-

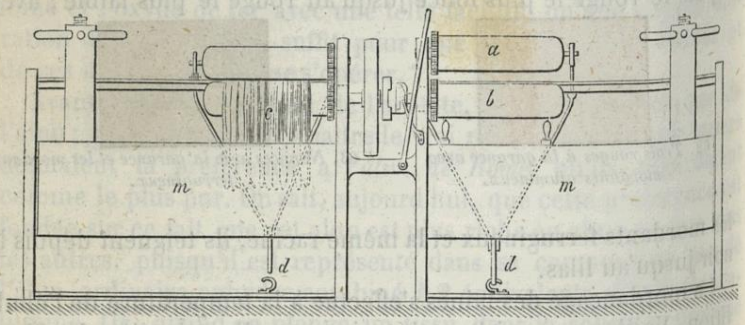


Fig. 572.

zontaux en bois *a*,*b*, de 0^{m},50 de longueur sur 0^{m},15 de diamètre; un bâti de fonte reçoit cette double paire de cylindres et leurs accessoires, ce qui forme deux machines symétriques ou jumelles. Les cylindres inférieurs ont une de leurs extrémités entièrement libre, pour pouvoir placer sur eux les pantes de coton *c*; ils sont portés par des coussinets et pourvus de pignons qui engrènent dans ceux que portent les cylindres supérieurs mobiles. Ceux-ci peuvent être abaissés sur les cylindres inférieurs, au moyen d'un déclanchement *dd* qu'on fait jouer à la main pour la *machine à dégorger*, avec le pied pour la *machine à passer*.

Le simple poids des cylindres supérieurs suffit, dans la première, pour expulser le liquide contenu dans les pantes, et comme les cylindres inférieurs sont placés à peu de distance de la surface de l'eau, de telle manière que les pantes mises sur ces cylindres trempent dans la rivière d'un tiers de leur hauteur, il en résulte que le dégorgeage s'opère très-rapidement et d'une manière complète.

Dans la *machine à passer*, on diminue à volonté la pression, au moyen d'un levier à poids qui exerce son action sur les cylindres supérieurs. Lorsque le bain doit être chaud pendant le mordançage, on fait circuler de la vapeur dans un serpentin de plomb placé au fond des bassins *m*, *m*. Un tuyau à robinet, disposé sur l'un des côtés et au-dessous des cylindres presseurs, permet de renouveler le mordant sans que l'ouvrier ait besoin de se déranger.

Un seul ouvrier suffit pour conduire une machine jumelle à dégorger qui lave avec une rare perfection 150 kil. de coton dans l'espace de 55 à 60 minutes; c'est le travail ordinaire de 6 hommes pendant 1 heure et demie. Chaque dégorgeuse coûte 225 fr. — Deux hommes manipulent avec la *machine à passer*, en moins de deux heures, 300 kil. dans les bains gras ou les autres mordants; elle coûte 600 francs avec tous ses accessoires. Indépendamment de l'accélération dans le travail qu'elle procure, elle permet d'économiser 20 à 25 p. 100 *d'huile tournante* dans les apprêts du coton pour le rouge des Indes; cette économie provient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la régularité avec laquelle le bain est présenté au coton, et à l'uniformité de combinaison de l'huile avec toutes les parties du fil. Il est certain, en outre, que les nuances sont beaucoup plus nourries, plus vives, plus unies, depuis l'emploi de cette machine pour tous les apprêts qui précèdent le garançage. Elle a, toutefois, l'inconvénient de retirer la rondeur au fil, en l'aplatissant trop.

Pour le mordançage des soies, on met le mordant dans un vase rectangulaire en bois, nommé *barque* (*fig.* 573), et on y plonge les écheveaux cordés les uns sur les autres, en ayant soin que les mateaux soient bien étendus. Après 10 à 12 heures d'immersion, on les lève, on les tord à la main ou à la cheville.

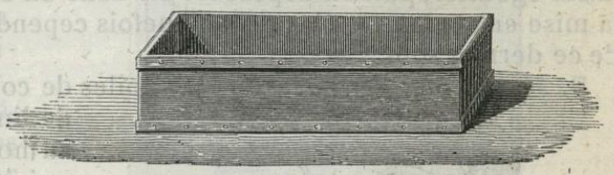


Fig. 573.

Le mordançage des fils de laine s'effectue dans une chaudière renfermant toute la quantité de mordant nécessaire. On passe au



Fig. 574.

centre des mateaux de longs bâtons nommés *lisoires* (*fig.* 574), qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peuvent s'appuyer par leurs deux extrémités sur les bords de la chaudière. On porte peu à peu le mordant à l'ébullition; avec la main on tourne les fils sur les lisoires, de manière à immerger successivement toutes les parties des écheveaux, et, après plusieurs *lises*, le liquide étant toujours au bouillon, on enlève les lisoires et on laisse tomber dans la chaudière tous les écheveaux réunis préalablement par une corde. Après 2 heures de bouillon, on cesse le feu, et 10 ou 12 heures plus tard on les retire de la chaudière; on laisse égoutter, puis on dépose les fils dans un endroit frais. Avant la mise en couleur, on lave; quelquefois cependant on se dispense de ce dernier soin.

B. *Mordançage des tissus.* — Les toiles de coton, de chanvre et de lin sont mordancées au moyen d'une machine qui porte le nom de *foulard*. En voici la figure (575) et la description.

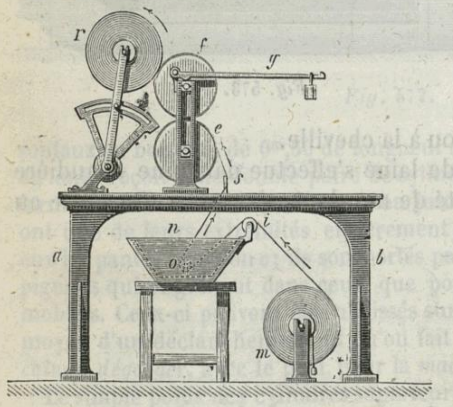


Fig. 575.

ab, bâti de fonte pour recevoir tous les organes de la machine. *e f*, cylindres de cuivre jaune garnis d'une toile qui les enveloppe 5 à 6 fois; ils sont placés l'un au-dessus de l'autre; le cylindre *f* exerce une certaine pression sur l'inférieur par le levier *g* chargé de poids à son extrémité. *m*, bobine sur laquelle sont enroulées les pièces à *fouler*. *n*, auge placée au-dessous des cylindres presseurs, et dans laquelle on met le mordant. *r*, cylindre sur lequel les pièces foulardées s'enroulent à leur sortie de dessous les rouleaux presseurs.

Lorsque le mouvement est communiqué à cette machine, les pièces, en se déroulant sur la bobine *m*, passent sur un rouleau *i*, qui les étend, puis elles entrent dans l'auge à mordant *n*, en glissant sous un rouleau de cuivre *o*, qui est à 54 millimètres du fond de l'auge. En sortant de celle-ci, les pièces frottent sur un segment de vis divergente *s*, qui fait tomber l'excès de mordant; elles s'engagent ensuite entre les deux cylindres *e*, *f*, qui les compriment et font pénétrer le mordant dans tous leurs pores; de là, elles s'élèvent sur le cylindre supérieur *f*, dont elles recouvrent le tiers environ de la circonférence, et elles s'enroulent enfin sur le cylindre *r*.

Pour les tissus de laine, on se sert d'un *tour*, *tringuet* ou *tour-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nette (*fig.* 576), dont les deux extrémités reposent sur des pieds de fer fixés sur les bords de la cuve carrée à mordant. On enroule sur le tour un bout de la pièce, et en le faisant mouvoir rapidement, il se charge du reste du tissu qui plonge dans le bain. A sa sortie du liquide, un ouvrier, armé d'un bâton, l'étend sur le tour dans toute sa largeur. Par un mouvement de rotation contraire, la partie de la pièce qui a d'abord été plongée la première, l'est la dernière à la seconde immersion, en sorte que, par cette manœuvre, le mordançage est aussi égal que possible. On continue ces manipulations pendant un temps suffisant. On porte ensuite à la rivière, et, pour bien enlever le mordant non combiné, on passe les pièces à la *dégorgeuse* ou dans le *dash-wheel*.

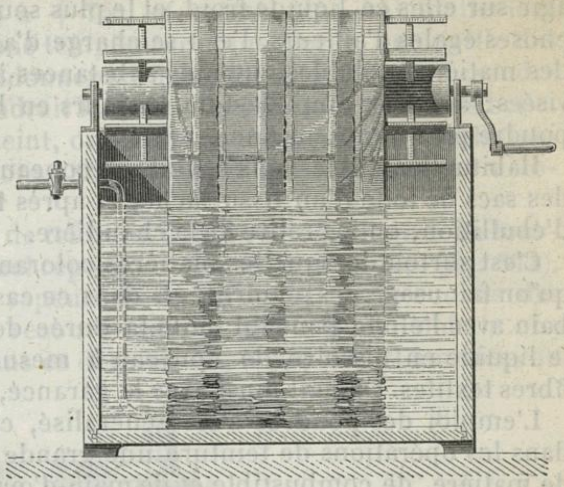


Fig. 576.

C. *Mordançage de la laine en toison.*—Après l'avoir bien abreuvée d'eau, on la jette en vrague dans une chaudière contenant le mordant déjà chaud. Des ouvriers, munis de longs crochets, l'agitent de manière à ramener à la surface celle qui se trouvait au fond du bain; cette manœuvre dure de 30 à 45 minutes ; on l'appelle une *renverse;* il en faut souvent quatre, pour que la laine soit uniformément imprégnée de mordant. On ne la retire du bain qu'après 12 à 15 heures. On la fait égoutter sur un *bard* au-dessus de la chaudière, puis on la lave à la rivière, en la mettant dans des paniers métalliques à larges mailles et dont le fond est garni de trous. Deux ouvriers la remuent avec des bâtons, tantôt de droite à gauche, tantôt de gauche à droite. Chaque fois qu'ils changent le sens du mouvement qu'ils impriment à leurs bâtons, on dit qu'ils donnent au bouillon un demi-tour.

J'abandonne les mordants, pour m'occuper des bains de teinture.

2. Bains de teinture. — On donne ce nom aux dissolutions de matières colorantes dans lesquelles on plonge les objets à teindre. La manière de les préparer dépend de la nature des substances tinctoriales.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand celles-ci cèdent facilement leurs principes à l'eau, on fait agir sur elles ce liquide froid, et le plus souvent bouillant. Toutes choses égales d'ailleurs, l'eau se charge d'autant plus rapidement des matières solubles, que les substances à épuiser sont plus divisées; aussi les emploie-t-on toujours en brins, en copeaux, en poudre plus ou moins fine.

Habituellement les bois réduits en copeaux sont renfermés dans des sacs de toile d'un tissu lâche, et après 1 heure 1/2 à 2 heures d'ébullition, on les retire de la chaudière.

C'est surtout lorsque les matières colorantes sont peu solubles qu'on fait usage des poudres, et, dans ce cas, on les laisse dans le bain avec l'étoffe pendant toute la durée de l'opération, afin que le liquide en dissolve de nouveau à mesure qu'il en cède aux fibres textiles. On agit ainsi avec la garance, le santal, etc.

L'emploi des poudres s'est généralisé, car elles ont introduit dans les opérations de teinture une grande économie de temps, de matière, de combustible et de main-d'œuvre. Les poudres sont toujours préférables aux copeaux ou aux effilures, parce qu'en raison de la forme de leurs particules, elles peuvent se détacher facilement, par le lavage, de la laine et autres tissus sur lesquels elles se déposent : c'est là un très-grand avantage, puisqu'il devient possible alors de teindre directement dans le bain même où se trouve la substance tinctoriale; on ne le pourrait pas avec les bois triturés ou effilochés, leurs fibres s'enchevêtrant dans la laine ou s'engageant dans les tissus de manière à résister aux lavages les plus prolongés.

Quand il faut opérer avec des bains très-chargés de principes colorants, ou, comme on le dit, *très-concentrés*, on se sert avec avantage, tant sous le rapport de l'économie que sous celui de la promptitude et de la commodité, des décoctions sirupeuses et des extraits secs que des fabriques spéciales livrent actuellement au commerce en grandes quantités.

Pour les matières colorantes insolubles, on a recours à l'emploi d'agents intermédiaires, appropriés à la nature de la substance qu'il s'agit de traiter. Ainsi, on se sert d'alcool pour dissoudre le principe colorant de l'orcanette, d'alcalis faibles pour préparer les bains de carthame et de rocou, d'alcalis et de corps désoxygénants pour *monter* les cuves d'indigo, ou d'acide sulfurique concentré pour dissoudre la même matière colorante, aussi bien que celle de la laque et de la lac-dye.

La température à laquelle on teint les tissus, varie non-seulement suivant leur nature, mais encore suivant celle du principe colorant. On teint à froid quand les couleurs sont aisément altérées par la chaleur, comme le rouge de carthame, ou lorsqu'elles ont une grande affinité pour les tissus; tel est le cas de l'indigo.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais plus généralement on teint à chaud; pour les laines à + 100°, pour les autres étoffes à + 75°, et même plus habituellement entre + 35° et 40°. A une température plus élevée, une partie des mordants pourrait abandonner les fibres textiles pour se dissoudre dans le bain, ce qui rendrait la nuance moins unie et moins belle. Pour les couleurs bon teint, on monte souvent jusqu'à l'ébullition, vers la fin des opérations, afin d'utiliser toute la matière colorante.

On chauffe les bains de teinture, soit directement avec un fourneau ordinaire sur lequel repose la chaudière de cuivre (*fig.* 574), soit au moyen de la vapeur d'eau qu'on fait arriver dans des cuves en bois nu ou recouvert d'une feuille mince d'étain. Le plus ordinairement, dans ce dernier cas, la vapeur est amenée, au

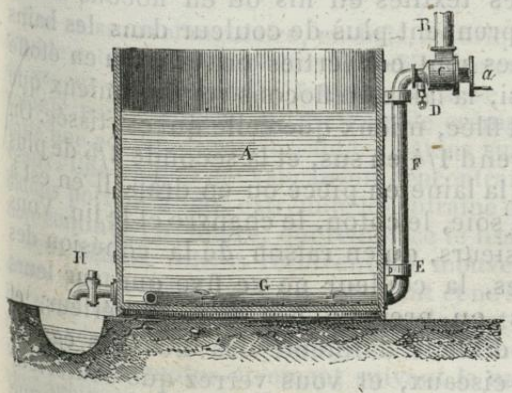


Fig. 577.

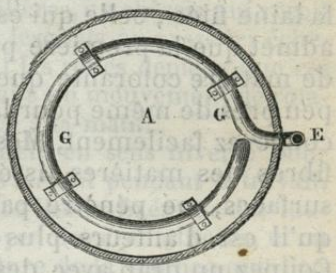


Fig. 578.

fond de la cuve (*fig.* 577, A) par un tube vertical EF, ouvert par le bas, et communiquant, par sa partie supérieure garnie d'un robinet α, avec le tube B d'un générateur. Mais pour éviter le bruit que les condensations subites de la vapeur occasionnent, on place au fond de la cuve un tube de cuivre GGE (*fig.* 578), contourné suivant la forme des appareils, et dont les parties latérales sont percées d'un grand nombre de petits trous, par lesquels s'échappe la vapeur.

Il y a toujours avantage à faire usage de ce dernier mode de chauffage, lorsqu'on a un certain nombre de bains à faire marcher ensemble et pendant un temps déterminé, comme, par exemple, pour le garançage des toiles. Il est important, dans ce cas, que la vapeur soit également répartie dans toute la masse du bain, afin que la substance tinctoriale soit toujours en présence de nouvelles couches de liquide, et qu'elle abandonne ainsi toutes ses parties solubles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si la proportion d'eau dans le bain de teinture peut être augmentée sans inconvénients, le chauffage à la vapeur directe est plus simple et plus économique. Mais si le bain doit rester à un degré de concentration donné, on a recours au chauffage par double fond ou par serpentin, ainsi qu'on le fait pour la cuisson du sucre.

Dans tout atelier un peu important, le chauffage à la vapeur procure une économie de combustible, et, dans tous les cas, le travail devient plus facile; car si le bain peut être promptement porté à la température nécessaire, il n'est pas moins aisé de l'y maintenir et de suspendre complétement l'action de la chaleur.

L'introduction du chauffage à la vapeur dans les ateliers de teinture et d'indiennes de France remonte à 1811, et est due à Engelmann, fabricant de toiles peintes, à Mulhouse.

En général, les matières textiles en fils ou en flocons se teignent plus facilement et prennent plus de couleur dans les bains de teinture que lorsqu'elles sont converties en toile ou en étoffe au moyen du tissage. Ainsi, la laine en flocons se teint mieux que la laine filée ; celle qui est filée, mieux que celle qui est tissée. On admet que la première prend 1/4 en sus, et la seconde 1/5 de plus de matière colorante que la laine en pièce ou en drap. Il en est à peu près de même pour la soie, le coton, le chanvre et le lin. Vous concevez facilement, Messieurs, qu'en raison de la cohésion des fibres des matières tissées, la couleur ne se fixe que sur leurs surfaces, ne pénètre pas ou presque pas dans l'intérieur, et qu'il est d'ailleurs plus difficile d'obtenir des nuances égales. Coupez un drap avec des ciseaux, et vous verrez que l'intérieur est blanc ou d'une nuance beaucoup plus faible. On dit alors que le drap *tranche*, et c'est une preuve incontestable qu'il a été teint en pièce.

Il est donc préférable de teindre en fils ou en flocons. Toutefois, la teinture, dans ce cas, est plus chère, et il n'est pas toujours possible de l'employer, parce que certaines couleurs sont altérées par les manipulations de la filature et du tissage, et surtout, quand il s'agit de la laine, par l'action du foulon.

Il est indispensable, pour obtenir des nuances unies, de renouveler souvent les surfaces de contact, et de tenir plongées pendant le même temps, dans les bains de teinture, les différentes parties des substances à teindre. Vous avez vu, à propos du mordançage, quels appareils sont mis en usage et quelles manipulations, minutieuses souvent, doivent être mises en pratique. Pour le travail dans les bains de teinture, on redouble de soins et de précautions, autrement les couleurs s'appliquent inégalement, et il en résulte des *nuances bringées*, comme on dit en termes techniques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A-t-on affaire à de la laine en flocons, on la remue au crochet longtemps et à diverses reprises ; on répète les *renverses* cinq à six fois. Les fils sont *lisés* jusqu'à ce que la nuance paraisse unie ; enfin, les tissus de coton et de laine, c'est-à-dire le calicot et le drap, sont travaillés sur le tour avec la précaution de changer continuellement le sens du mouvement rotatoire, afin de faire rentrer tout de suite dans le bain l'extrémité de la pièce qui, au premier tour, était entrée la dernière. On donne le nom de *passe* à chaque passage successif de la même pièce ou du même écheveau dans le bain.

Je crois devoir vous faire connaître un appareil fort ingénieux, qui a été imaginé par un teinturier de la Corneille (Orne), M. F. Deshayes, pour opérer mécaniquement la teinture en écheveaux. Voici en quoi il consiste :

Une caisse rectangulaire, en bois, en briques ou en métal, contient le liquide colorant ; il peut être chauffé directement ou par une circulation de vapeur placée dans le fond de la caisse. Dans cette caisse descend à volonté, par le moyen d'un système de crémaillères, un châssis qui reçoit dans une position transversale les bâtons sur lesquels on passe les écheveaux. Une chaîne de Vaucanson rencontrant les roues dentées que ces bâtons portent à leur extrémité les entraîne dans un mouvement de rotation continue circulaire, qui remplace le lisage à la main.

Deux bâtons voisins reçoivent un mouvement en sens inverse pour éviter que les écheveaux ne s'arrêtent et ne se mêlent pendant le travail. Lorsque les écheveaux sont mis en place et les lisoirs fixés sur les tourillons réservés sur le châssis, on abat au moyen des crémaillères, et on mène plus ou moins vivement suivant la nature de la nuance que l'on veut avoir, au moyen d'une manivelle qui commande les deux chaînes de Vaucanson.

Quand l'immersion est suffisante, on relève le châssis, on laisse égoutter, puis on procède à l'essorage.

A cet effet, la partie postérieure de l'appareil porte un bâti dans lequel sont engagés deux cylindres, l'un en bois, l'autre en caoutchouc qui frottent l'un sur l'autre, en vertu d'une pression qu'on règle à volonté. Le cylindre inférieur porte une échancrure dans laquelle on engage successivement chacun des bâtons chargés de ses écheveaux; par la rotation des deux cylindres les fils sont comprimés, et l'excédant du liquide se rend dans une rigole qui le ramène au bain de teinture sans aucune perte. Après s'être dégagés des cylindres, les écheveaux restent disposés pour recevoir une nouvelle passe. On répète les opérations de l'immersion, du lisage et de l'essorage sans remaniement, autant de fois qu'on le juge nécessaire pour arriver à l'échantillonnage définitif.

La figure 579 représente cet appareil. BB, châssis mobile qui descend dans la cuve A ; les lisoirs C, C supportent les écheveaux; ils portent l'un une rosette, l'autre une tige unie ; D, D, crémaillères qui, au moyen de la roue E, font monter le châssis ; F cylindre de l'essoreuse; G levier,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui, avec le poids, règle la pression pour chasser le liquide des fils dans le réservoir H, en agissant sur le cylindre supérieur I; K mani-

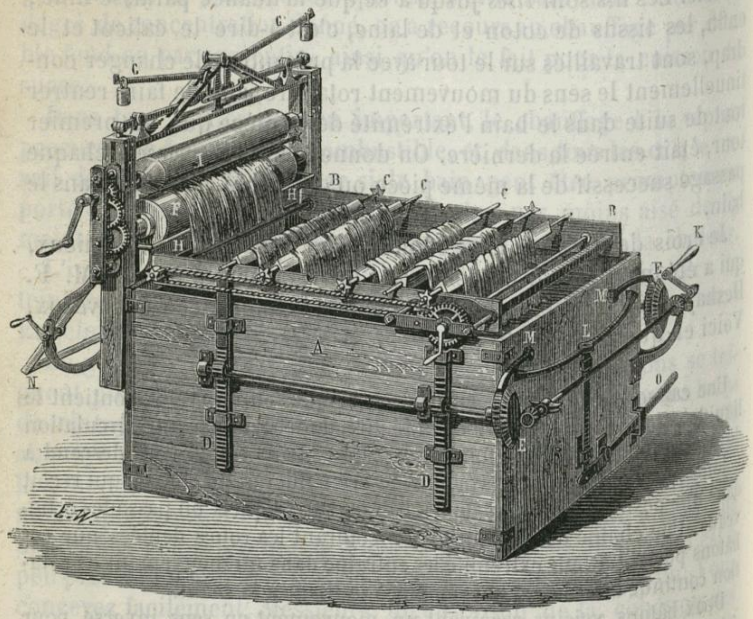


Fig. 579.

velle qui met en mouvement les crémaillères; L ressort qui soulève les cliquets MM quand on veut, en mettant le pied sur le bras du levier O, faire descendre le châssis par son propre poids. N armature de fer sur laquelle glisse le lisoire, après qu'il se dégage du cylindre, lorsque les écheveaux qu'il porte ont été essorés suffisamment.

La Boullaye-Marillac, ancien directeur des Gobelins, a indiqué un moyen pour teindre les pièces jusqu'au centre. C'est de les faire passer entre deux cylindres placés au fond de la chaudière et qu'on peut rapprocher à volonté. Le drap, fortement comprimé par eux, se débarrasse du liquide qui l'imprègne, se sature du bain coloré et arrive plus promptement au ton de nuance désirée, en même temps que la couleur pénètre plus profondément.

Le ton de couleur d'une étoffe ou de fils mouillés paraît plus foncé qu'il n'est réellement; aussi, lorsqu'on doit amener ces objets à un ton déterminé, on commettrait une grande erreur si l'on se contentait de comparer l'objet mouillé avec le modèle. Pour rapprocher autant que possible les objets à comparer, on tord

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec force une partie de l'échantillon mouillé, qui offre alors, à très-peu près, le ton réel.

Quand on ajoute dans un bain une nouvelle quantité d'ingrédients pour remplacer ceux qui ont été enlevés par les premières passes, on dit qu'on lui donne un *brevet* ou une *regreffe*. On le *pallie*, lorsqu'on le remue avec un *râble* pour le rendre homogène ou pour mettre en suspension les parties solides qu'il renferme.

Souvent on donne une première couleur à un tissu qui doit en recevoir une seconde par-dessus ; c'est ce qu'on appelle *donner un pied*. Ainsi, dans la teinture en noir bon teint sur laine, on donne un pied de bleu de cuve ; il en est de même pour les nuances de bronze, d'olive bon teint, pour celles qui portent les noms de *bleu national* ou *bleu Nemours*, de *bleu turc*, ou de *bleu avivé*. On donne souvent encore un pied de rocou, de campêche, de santal ou de garance à certaines nuances de bleu de cuve.

Quelquefois, après la teinture, on passe le tissu teint dans un bain de matière colorante tout autre, qui a pour effet de rehausser la première couleur. On agit ainsi dans l'intention d'économiser sur la première teinture en employant pour second bain des matières bien moins chères et qui montent ainsi, avec économie pour le teinturier, la nuance au ton voulu. C'est alors ce qu'on appelle des *couleurs remontées*. Ainsi on remonte :

Le rouge d'Andrinople, le rouge de garance avec le rocou et le Brésil ; le bleu d'indigo, avec le campêche et le santal ; les paliacats ou violets de garance avec le campêche et l'alun.

3. Nettoyage des tissus teints. — Après la teinture, on débarrasse par des lavages à l'eau froide les étoffes qui retiennent toujours du liquide du bain ou des matières ligneuses. Cette opération s'effectue à la main, dans un courant d'eau ou à l'aide des appareils dont on fait usage pour le dégorgeage des fils et tissus blanchis ou mordancés. Il est superflu de vous en parler de nouveau.

Mais je vous signalerai deux machines fort intéressantes, employées chez M. Léveillé, de Rouen, pour le nettoyage des filés sortant de la teinture.

L'une, nommée *dégorgeuse à excentrique*, est de l'invention de M. Prévinaire, de Harlem. Elle est représentée par la figure 580.

Elle consiste en un cylindre horizontal, en bois, à claire voie, d'environ $0^m,35$ de longueur et $0^m,25$ de diamètre, dont l'axe de mouvement (arbre de fer), est parallèle, mais ne se confond pas avec l'axe de figure ; il en résulte que ce cylindre sautille au lieu de tourner sur lui-même. Les pantes de fils placées dessus, et qui trempent en même temps dans le cours d'eau sur lequel est montée la machine, se déve-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

loppent successivement sur la surface du cylindre, et subissent un mouvement saccadé qui les ouvre et les débarrasse des impuretés, poudres ou copeaux, qu'elles contiennent. En une heure, une machine jumelle

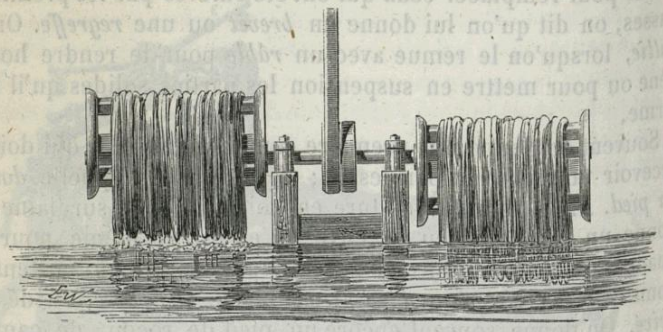


Fig. 580.

lave complétement 800 pantes sous la surveillance de deux ouvriers; elle fait donc le travail de huit hommes. Elle ne coûte que 80 à 100 fr.

Dans l'autre machine, dite *Laveuse de Rickly*, du nom de son inventeur, très-habile teinturier, en Suisse, les cylindres ou rouleaux sur lesquels sont enroulés les écheveaux à laver, sont disposés tout différemment. Dans la figure 581, il y a trois paires de rouleaux A,A,A, dont

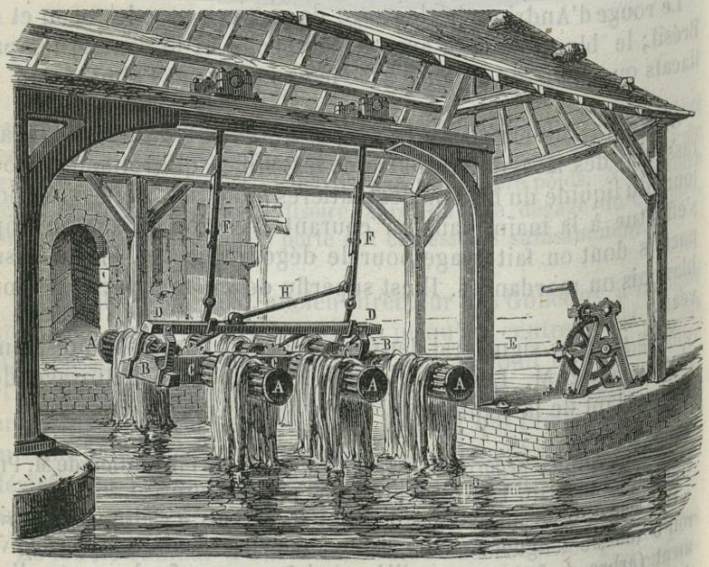


Fig. 581.

les axes traversent une forte pièce de bois BB, qui leur sert de support. Une rainure pratiquée dans cette pièce, reçoit trois rochets C,C,C,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui communiquent à chaque paire de rouleaux le mouvement de rotation qu'elles reçoivent elles-mêmes de trois cliquets fixés dans la pièce transversale DD. Une bielle E, mue à bras d'homme ou par un moteur hydraulique, ou par la vapeur, imprime à l'ensemble des rouleaux un mouvement de *va-et-vient*. Des tiges F, F soutiennent le mécanisme principal DD, BB, et contribuent, avec la tige inclinée H, retenue à chacune de ses extrémités par une charnière, à régler le mouvement de *va-et-vient*, et à en limiter l'étendue.

Il résulte de ces deux mouvements combinés de *rotation* et de *va-et-vient*, que les écheveaux, plongeant à moitié dans l'eau, sont lavés avec régularité. Chaque rouleau peut recevoir jusqu'à 4 kil. de coton (poids sec). Une machine à six rouleaux, servie par deux hommes, lave 4000 kil. de coton par jour, ou fait le travail de douze à quatorze ouvriers.

La *laveuse de Rickly* offre donc une grande économie de main-d'œuvre et une plus grande perfection dans le nettoyage, surtout pour les cotons mordancés, les garancés en rouge d'Andrinople, qui ont besoin de lavages énergiques. Elle est en usage dans tous les établissements de la Suisse.

4. Séchage des tissus teints. — Le séchage des objets teints s'effectue ordinairement à l'air libre, plus rarement dans des étuves ou séchoirs; mais il est utile auparavant d'en extraire le plus d'eau possible, afin de hâter la dessiccation; c'est ce qu'on appelle *essorer*. On se sert pour cela des diverses machines dont je vous ai parlé à propos du blanchiment, et on termine la dessiccation, soit à l'air libre, mais toujours à l'ombre, pour les couleurs délicates, soit dans les étendoirs à air, soit dans les étuves ou les séchoirs à air chaud ou à vapeur.

Pour les soies, on sèche toujours à couvert dans une chambre bien aérée, qu'on peut transformer à volonté en étuve en hiver et dans les temps humides (*fig.* 582). Pour y suspendre les écheveaux, on fait usage d'un châssis rectangulaire, nommé *branloire*, sur lequel on établit des perches qui traversent les pantes. Ce cadre est soutenu en



Fig. 582.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'air par des crampons de fer mobiles de manière à pouvoir prendre le mouvement d'une balançoire. On l'élève à l'aide de cordes jouant sur poulie jusque près du plafond; et, pour accélérer la dessiccation, un ouvrier l'agite continuellement au moyen d'une corde suffisamment longue.

Le séchage des soies doit être aussi rapide que possible, car la moindre humidité qui séjourne plus longtemps dans une partie d'un écheveau que dans une autre le tache sans remède. Le bleu de cuve est la couleur la plus sujette à cet inconvénient ; une goutte d'eau qui tombe sur une pante de soie teinte en indigo y fait une tache irréparable.

Une fois le séchage opéré, les étoffes en pièces, de quelque nature qu'elles soient, sont soumises au calandrage, puis à l'action de fortes presses. C'est ordinairement dans des ateliers spéciaux qu'on donne l'apprêt destiné à faire valoir les couleurs et à en rehausser l'éclat.

Après ces généralités, il me resterait à vous exposer, Messieurs, les procédés particuliers à l'aide desquels on communique aux fibres textiles les différentes nuances et les variétés de chaque nuance qu'il est possible de créer par l'emploi raisonné des substances tinctoriales et des mordants. Mais le nombre des couleurs tant simples que composées qu'on peut ainsi produire étant infini, il me serait impossible de vous les indiquer dans le court espace de temps dont je puis disposer.

Au reste, ce serait une énumération trop fastidieuse, puisque tout se réduirait à vous présenter des recettes qu'on ne pourrait exécuter sous vos yeux, car il est très-difficile de bien opérer en petit, pendant la durée d'une leçon. Un cours raisonné de teinture doit se borner à faire comprendre les principes, à rattacher l'immensité des détails à quelques règles générales, et à montrer le rôle et l'influence de la science de manière à donner le désir de l'acquérir. C'est ensuite dans les ateliers qu'on peut apprendre la connaissance parfaite des manipulations et devenir un bon opérateur. Je me bornerai donc à décrire quelques opérations de teinture, afin de vous donner une idée de la manière dont on arrive à revêtir le coton, la laine ou la soie de couleurs solides ou, au moins, vives et brillantes.

Ce sera l'objet de la prochaine leçon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SOIXANTIÈME LEÇON.

DE L'ART DE LA TEINTURE. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Différentes classes de couleurs pour le teinturier. — Moyens pratiques de les produire. — Exemples de la teinture en bleu, en rouge, en jaune, en noir et en vert. — Des cuves d'indigo et manière de les monter. — *Rouge des Indes*. — *Écarlate* et *cramoisi* de cochenille. — Couleurs à la murexide, à la pourpre française, à l'aniline.

Dans l'art du teinturier, on distingue deux classes principales de couleurs : les *simples* ou *primitives*, et les *composées*. Les premières sont : le *bleu*, le *rouge*, le *jaune*, le *fauve* et le *noir*. Les secondes résultent des couleurs simples, que l'on associe une à une, ou une à deux, etc. Ainsi :

A. Le mélange du rouge et du bleu donne le *pourpre*, le *violet*, le *lilas*, la *pensée*, l'*amarante*, la *prune-de-Monsieur*, le *paliacat*, la *gorge-de-pigeon*, les *mauves* et *fleurs-de-pêcher*, la *giroflée*, et un grand nombre d'autres nuances qui dépendent de la proportion des ingrédients, des différentes sortes de bleu et de rouge que l'on combine, de la prédominance du bleu sur le rouge, ou du rouge sur le bleu ;

B. Par le mélange du rouge et du jaune, on obtient : l'*aurore*, l'*orangé*, le *souci*, le *carmélite*, la *brique*, la *capucine*, le *coquelicot*, les couleurs de *biche*, de *feu*, de *grenade*, de *cassis*, etc. ;

C. Le mélange du jaune et du bleu produit les *verts* de toutes les nuances, depuis le plus tendre jusqu'au plus foncé ; le nombre en est considérable ; voici les principaux : *Vert-naissant*, *vert-gai*, *vert-d'herbe*, *vert-printemps*, *vert-de-laurier*, *vert-molequin*, *vert-de-mer*, *vert-céladon*, *vert-de-perroquet*, *vert-de-chou*, *vert-pomme*, *vert-pistache*, *vert-bouteille*, *vert-canard*, etc. ;

D. Enfin le jaune et le gris, qui n'est qu'un dérivé du noir, procurent les *olives* de toutes nuances.

On distingue encore les couleurs en *franches* et en *rabattues*.

Les premières sont le bleu, le rouge et le jaune, ainsi que leurs mélanges binaires, tels que le violet, le vert et l'orangé.

Les secondes, dites aussi couleurs *rompues*, *grises* ou *ternes*, et plus simplement *brunitures*, ne sont autre chose que les couleurs franches dont on a diminué l'éclat par le mélange du noir, depuis le ton le plus clair jusqu'au ton le plus foncé. On obtient de la sorte les nuances connues sous les noms de *café*, *pruneau*, *marron*, *couleur de Roi*, *cannelle*, *mordoré*, *puce*, *bronze*, *savoyard*, *tête de nègre*, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On fait ordinairement les *brunitures*, en passant, après la teinture, dans un bain formé de couperose, de campêche, de noix de galle et de sumac. Mais ces couleurs ne sont pas solides, et l'on arrive à de meilleurs résultats en *rabattant :*

Le rouge avec du jaune et du bleu ou avec du violet,
L'orangé avec du bleu,
Le jaune avec du rouge et du bleu ou du violet,
Le vert avec du rouge,
Le bleu avec du jaune et du rouge ou de l'orangé,
Le violet avec du jaune,

en ajoutant, d'ailleurs, d'autant plus de la couleur destinée à produire la *bruniture* que l'on veut *rabattre* davantage la couleur *simple* ou la couleur *franche*.

MOYENS PRATIQUES DE PRODUIRE LES COULEURS.

J'indiquerai maintenant, d'une manière succincte, comment l'on produit les principales couleurs franches dans les ateliers.

I. TEINTURE EN BLEU. — On obtient le *bleu* avec l'indigo, le bleu de Prusse, le campêche uni à l'oxyde de cuivre. Mais de ces trois substances, la première est la seule qui fournisse des bleus solides.

1° L'indigo ne peut se dissoudre que dans deux véhicules : les alcalis, en perdant sa couleur, et, suivant l'opinion la plus générale, en se désoxygénant; l'acide sulfurique concentré, en la conservant.

La teinture obtenue par le premier moyen est connue sous le nom de *bleu de cuve ;* l'autre s'appelle *bleu de Saxe* ou *bleu chimique*. Celle-ci est peut-être plus vive, mais bien moins durable que l'autre, car l'indigo ne supporte pas impunément l'action d'un agent aussi énergique que l'acide sulfurique.

La teinture en bleu de cuve étant plus généralement employée et d'une haute importance, tant sous le rapport technique qu'au point de vue scientifique, j'entrerai dans quelques détails à cet égard.

A. *Bleu de cuve.* — Sous le nom de *cuves d'indigo*, on désigne, vous le savez déjà, Messieurs, les bains dans lesquels on produit la transformation de l'indigotine bleue en indigotine blanche ou soluble. L'atelier où sont placées les cuves porte le nom de *guesdre* ou *guèdre*, et l'ouvrier qui les dirige s'appelle *guédron*.

Il y a plusieurs manières de monter les cuves d'indigo, autrement dit il y a plusieurs espèces de cuves qui sont appliquées chacune en particulier à tel ou tel genre de fabrication. Le teinturier fait usage des cuves *au pastel*, *à l'urine*, *à la potasse*, des cuves *allemandes* et des cuves *à la couperose*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La *cuve au pastel* est principalement d'usage dans la teinture des laines en poil destinées à la confection des draps et des tissus légers pour rubans. On la monte avec 200 kilogr. de pastel en coques, 10 kilogr. de garance, 10 kilogr. de potasse, 6 kilogr. de chaux, pour 8000 litres d'eau à + 80°. On y ajoute quelquefois un peu de son et d'indigo. Dans cette cuve, l'indigotine bleue est réduite par les principes immédiats du pastel, de la garance et du son ; l'indigotine blanche est dissoute par la potasse et la chaux, et peut-être aussi par un peu d'ammoniaque provenant de la fermentation du pastel.

La *cuve à l'urine* n'est plus employée que dans de petits ateliers et quelques pays, à Verviers, par exemple, pour la teinture de la laine qu'on destine à la confection des draps d'un bleu clair, des draps noirs et de couleur bronze bon teint. On la monte tantôt à froid, tantôt à chaud. C'est l'urine pourrie qui fournit tout à la fois et les principes organiques qui réduisent l'indigotine bleue, et l'ammoniaque nécessaire pour dissoudre l'indigotine désoxygénée.

La *cuve à la potasse*, dite aussi *cuve d'Inde*, est spécialement destinée à teindre la laine et la soie. On la monte avec 8 kilogr. d'indigo, 12 kilogr. de potasse, 3kil,500 de son et autant de garance pour 2000 litres d'eau. On fait chauffer graduellement jusqu'à + 90° l'eau dans laquelle on a introduit la potasse, le son et la garance ; on y ajoute l'indigo broyé ; on achève de remplir la cuve avec de l'eau chaude jusqu'à six doigts de son bord ; on pallie bien pendant une demi-heure, on couvre la cuve et on fait suffisamment de feu pour entretenir ce bain entre + 30 et 35°. Douze heures après, on pallie de nouveau, et ainsi de 12 heures en 12 heures, jusqu'à ce que la cuve soit venue à bien, c'est-à-dire que le bain soit d'un jaune verdâtre et qu'il offre à sa surface des plaques cuivrées, des veines bleues et une écume ou *fleurée* d'un beau bleu, ce qui arrive ordinairement au bout de 48 heures.

Dans cette sorte de cuve, les matières qui désoxygènent l'indigo sont la garance et le son ; l'indigotine blanche est tenue en dissolution par la potasse.

Généralement, après 25 jours de travail et après qu'on a introduit dans la cuve de nouvelles quantités d'alcali et d'indigo pour faire ce qu'on nomme des *regreffes*, on est obligé de remonter complétement et à neuf cette sorte de cuve, par l'impossibilité de continuer un travail avantageux. Cela provient de ce que la potasse est, pour ainsi dire, saturée par la matière grasse qui existait dans la laine et par celle qui provient de sa décomposition. Il en résulte une espèce de savon qui rend la potasse inhabile à dissoudre de nouvel indigo réduit. Dans le bain qu'on jette, il y a une grande quantité de potasse d'un prix très-élevé, ce qui cause une perte considérable en argent, puisque le remontage de la cuve a lieu au moins une fois par mois.

Aujourd'hui, dans les villes d'Elbeuf, de Louviers, de Sedan, on emploie une espèce de cuve, dite *cuve allemande*, qui présente les avantages de la précédente, en faisant éviter presque toute perte de substances. Voici comment on la monte :

Dans une chaudière placée sur son fourneau, on introduit 8500 litres d'eau, qu'on chauffe à + 55° : on y fait dissoudre 1 kilogr. de cristaux de soude et on y délaie 10 litres de son et 5 kilogr. d'indigo broyé; on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remue bien avec un râble. Douze heures plus tard la fermentation commence, de nombreuses bulles de gaz apparaissent quand on pallie, le liquide est d'un bleu verdâtre, d'une odeur douce de son aigri. On y ajoute 1 kilogr. de chaux éteinte; on pallie avec soin, on réchauffe un peu le bain, et on couvre la cuve. Douze heures après on ajoute une même dose de matières avec un peu de chaux, on pallie de nouveau, et ordinairement on peut, dès le lendemain, travailler sur la cuve, mais avec ménagement. Ce n'est que le troisième ou le quatrième jour qu'on ajoute 3 kilogr. de mélasse de betterave. Une fermentation trop vive est corrigée par une addition de chaux; dans le cas contraire, on ajoute du son et de la mélasse. Chaque fois, après le travail de la journée, on introduit dans la cuve les mêmes substances dans les doses indiquées.

La *cuve allemande* peut servir deux années, sans perdre sa propriété de donner des couleurs vives et d'une grande solidité. C'est le son et la mélasse qui transforment l'indigo; l'indigotine blanche est tenue en dissolution par la soude. Un seul homme suffit pour chaque cuve.

Voici comment on opère, dans les cuves précédentes, la teinture des laines:

Le matin, on pallie bien la cuve; deux heures plus tard, on enlève l'écume bleue ou *fleurée* qui est à la surface; on y enfonce un panier formé d'un cadre ou cercle en bois garni d'un filet de cordes, mais de manière qu'il ne touche jamais le dépôt ou *pâtée*; il s'appuie par ses rebords sur ceux de la cuve. La laine en fil y est travaillée sur des lisoirs assez longs pour porter leurs extrémités sur les bords de la cuve. L'ouvrier prend un lisoir chargé; il introduit les pantes dans le bain et les promène horizontalement pendant quelques minutes, en faisant tremper successivement toutes les parties des mateaux. Lorsque ceux-ci sont montés également en couleur, l'ouvrier les tord à la cheville et les immerge de nouveau, soit dans la même cuve, soit dans des cuves de plus en plus fortes, jusqu'à la nuance désirée.

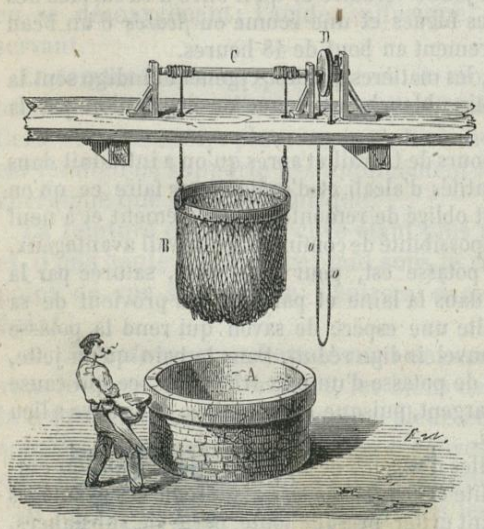


Fig. 583.

La laine en flocons est jetée en vrac dans le panier, par mises de 30 kilogr. On l'y laisse séjourner pendant 20 minutes, en l'agitant sans cesse avec de longs bâtons; puis on la retire en fixant au panier une corde qui enroule sur un treuil placé perpendiculairement au-dessus des cuves. La figure 583 montre une cuve allemande avec son panier et ses agrès.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A, cuve en maçonnerie, enterrée aux 2/3 dans le sol ; elle a 2^m,40 de diamètre et 3^m,80 de hauteur. B, panier de 1^m,30 de haut; il est attaché aux cordes qui s'enroulent sur le treuil C, que la roue D met en mouvement. A côté de cette roue se trouve une petite roue à engrenage munie d'un cran de sûreté qui permet aux hommes qui font monter le panier en tirant sur les cordes *o*, *o*, de reprendre haleine. — Pour renverser le panier, on se sert d'un cran de fer appuyé sur l'un des côtés.

Après l'égouttage, on renverse la laine sur le sol du guèdre; on l'évente bien en la secouant dans l'air avec la main. L'immersion dans le bain s'appelle *palliement*. On répète celui-ci jusqu'à ce que la nuance soit assez foncée, le plus ordinairement sur la même cuve, quelquefois sur une cuve qui a moins travaillé. Il y a toujours dans le guèdre une cuve plus faible que les autres; elle sert pour les nuances de bleu très-clair destinées à rester telles, ou à recevoir en chaudière d'autres couleurs.

Les draps se teignent en les faisant entrer à la main dans le panier, puis en les maniant à l'aide de crochets émoussés et renouvelant ainsi les surfaces. Le palliement dure 25 minutes environ. On place sur la cuve un bard, sur lequel on étend la pièce à mesure qu'elle sort du bain; à l'aide d'un fort crochet au centre des plis et d'une cheville placée à l'autre extrémité de la pièce, on tord fortement, on déroule, on évente et on recommence sur la même cuve autant de fois que le besoin s'en fait sentir.

Les matières, quand elles sortent de la cuve, sont d'un jaune verdâtre qui, au contact de l'air, *déverdit* très-rapidement, c'est-à-dire passe au bleu. Quand elles ont pris tout l'indigo qu'on veut leur donner, on les dégorge avec soin : les fils en les lavant à la main, les flocons en les lavant au panier avec des bâtons, les draps en les faisant passer entre deux rouleaux sur lesquels tombe un filet d'eau continu. Les flocons et les fils, destinés à rester en bleu, sont plongés dans de l'eau acidulée avant le dégorgeage à grande eau.

La *cuve à froid* ou *à la couperose* sert presque exclusivement pour la teinture des étoffes de coton, de chanvre et de lin et dans les fabriques d'indiennes. On la monte avec de l'indigo, de la couperose et de la chaux éteinte, dans des proportions qui varient suivant les nuances de bleu qu'on veut produire, ainsi que vous le verrez par les exemples suivants :

Cuve pour gros bleu : Eau, 600 seaux ; chaux vive, 40 kilogr.; couperose, 35 kilogr.; indigo broyé, 15 kilogr.

Cuve pour bleu moyen: Eau, 600 seaux; chaux vive, 15 kilogr.; couperose, 10 kilogr.; indigo broyé, 5 kilogr.

Cuve pour bleu clair : Eau, 600 seaux; chaux vive, 6 kilogr.; couperose, 2^{kil},500 gr.; sel de soude, 1 kilogr.; indigo broyé, 1 kilogr.



64. *Indigo gros bleu.*



65. *Indigo bleu moyen.*



66. *Indigo bleu clair.*

Dans la cuve à moitié remplie d'eau froide, on délaie l'indigo, puis la chaux, et on ajoute en dernier la couperose en poudre ou en dissolution ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on pallie pendant un quart d'heure et on laisse reposer. Après 2 ou 3 heures, c'est-à-dire lorsque le bain est devenu d'un vert jaunâtre et qu'il se manifeste à la surface des veines bleues, des plaques cuivrées et une belle fleurée, on achève de remplir la cuve d'eau, on la pallie, et, après plusieurs heures de repos, on peut s'en servir.

Vous savez sous quelles influences, dans cette sorte de cuve, l'indigotine bleue est rendue soluble; inutile de revenir sur ce point; mais comme dans l'indigo du commerce il y a autre chose que de l'indigotine, il est convenable de connaître le rôle que peuvent jouer dans la teinture en bleu sur coton le *gluten*, la *matière brune* et la *résine rouge* qui accompagnent l'indigotine, et d'apprendre à quels états ils se trouvent dans la cuve montée et prête à fonctionner.

M. Schwarzenberg, de Cassel, a fait de ces questions l'objet d'études sérieuses, en 1837, et voici ce qu'il nous a appris :

A. Le liquide de la cuve contient : de *l'indigotine blanche* unie à la chaux, un peu de *résine rouge*, presque tout le *gluten* de l'indigo, et des traces seulement de la *matière brune*.

B. Le dépôt ou *pied* de la cuve, renferme presque tout le *brun* d'indigo uni à la chaux, une quantité notable de *résine rouge*, une faible quantité de *gluten*, un composé insoluble d'indigotine et de chaux, du sulfate de chaux, du peroxyde et du protoxyde de fer, de la chaux en excès.

C. L'influence du *gluten*, du *brun*, de la *résine rouge*, est nulle en teinture. La quantité de cette dernière substance qui se dissout dans la cuve et se précipite ensuite avec le *bleu* sur la toile, est si petite qu'elle ne joue aucun rôle appréciable; et cela est si vrai, que l'indigotine pure ne produit pas de plus belles, ni de plus solides nuances, que l'indigo du commerce.

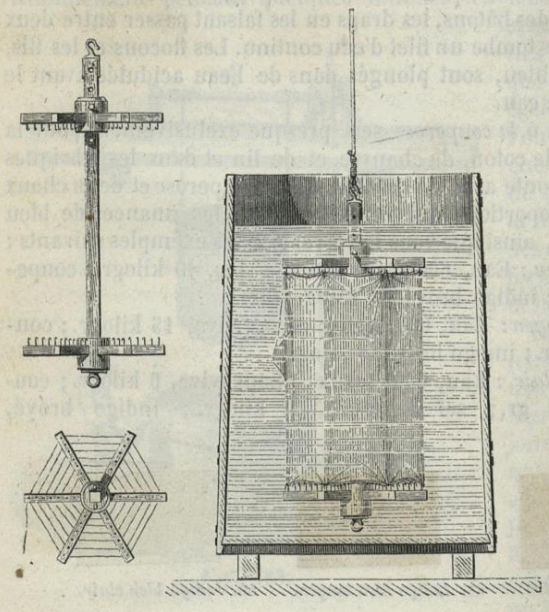


Fig. 584.

La teinture des fils, dans la cuve à froid, s'exécute comme pour la laine en écheveaux. On termine par un bain légèrement acidulé, qui enlève la chaux, et avive sensiblement la nuance; on lave en eau courante, on tord, et on fait sécher à l'ombre. On évite la trop grande chaleur, qui ternit toujours les bleus.

Pour la teinture des calicots, on se sert de cuves plus grandes, de 2 mètres de profondeur. On attache les toiles par leur lisière sur des cadres nommés *champagnes* (*fig.* 584),

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

garnis de clous à crochets, en commençant par un bout et finissant par l'autre. Les barres du haut de ces cadres sont mobiles dans leurs coulisses, afin de pouvoir être fixées et tendues suivant la largeur des toiles. Les plis sont séparés entre eux par une distance d'environ 27 millimètres. On attache la *champagne* à une corde avec laquelle, à l'aide d'une potence mobile sur son axe et de la poulie qu'elle porte, on la lève de terre et on la fait descendre dans la cuve, jusqu'à ce qu'elle soit totalement immergée. L'immersion dure de 7 à 8 minutes ; on soulève la champagne hors du bain, on laisse déverdir pendant quelques instants ; puis on plonge dans une cuve plus forte, jusqu'à ce qu'on soit arrivé au ton voulu. On détache la toile, on la passe aussitôt dans un bain acidulé ou dans un bain très-faible de chlorure de chaux, et on lave à grande eau.

On remplace souvent la champagne par la *cuve carrée à roulettes* (*fig.* 585), surtout pour les toiles meubles ; on évite ainsi la marque des

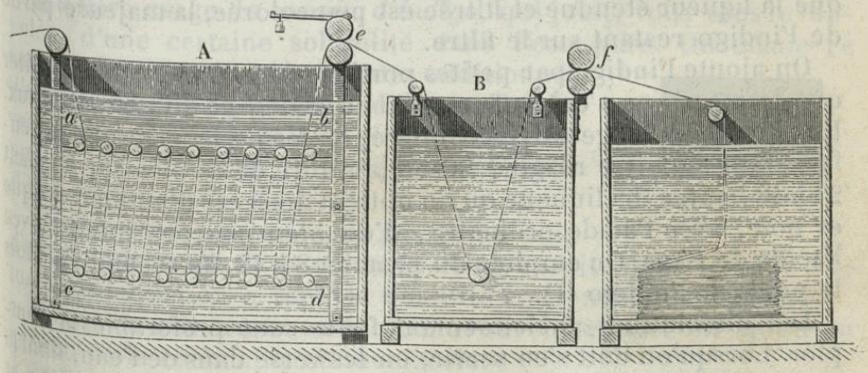


Fig. 585.

picots. Cette cuve A, qui vient d'Angleterre, a $2^m,92$ de long, $1^m,46$ de large et $2^m,60$ de profondeur. Un cadre à roulettes *abcd*, est placé dans son intérieur et peut en être enlevé. La pièce passe alternativement sur les rouleaux inférieurs et sur les supérieurs. En *e* sont deux rouleaux d'appel, entre lesquels passe la pièce au sortir de la cuve. Elle vient ensuite dans la cuve B, qui contient de l'eau acidulée ou une solution de chlorure de chaux excessivement faible. Elle entre dans cette cuve, glisse sur un rouleau placé au fond, et en sort entre les rouleaux d'appel *f*, pour tomber dans l'eau. Suivant l'intensité du bleu qu'on veut obtenir, on manœuvre plus ou moins de fois la pièce dans la cuve, et pour ne plus arrêter l'opération, quand on en a plusieurs, on les épingle à la suite les unes des autres.

Pour la soie, on recourt souvent à la cuve d'Inde ; mais, par ce moyen, on n'a jamais de bleu intense ; il faut, presque toujours, faire intervenir un pied d'orseille ou de cochenille. Quelquefois aussi on associe le bleu de cuivre, l'orseille et l'indigo. Ces sortes de bleu sont ternes, alors même qu'on emploie une cuve d'indigo à l'oxyde d'étain, marchant à froid d'après le procédé de M. Philippe, de Rouen ; aussi préfère-t-on teindre la soie au bleu de Prusse, en la mordançant préalablement en sel de fer et la passant ensuite en prussiate.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je dirai, en terminant ce qui a trait au travail important des cuves d'indigo, qu'il faut une longue habitude pour en bien conduire la fermentation. Celui qui n'a pas vu et suivi le travail d'un guèdre ne peut se faire une idée des difficultés que le guédron est appelé à surmonter à chaque instant.

B. *Bleus de Saxe.* — C'est en 1740 que le conseiller Barth de Grossenhayn, en Saxe, imagina d'employer à la teinture des laines la dissolution de l'indigo dans l'acide sulfurique.

Pour faire cette dissolution, l'indigo doit être en poudre aussi sèche et aussi fine que possible; l'acide sulfurique doit être aussi concentré que possible, et s'il a été conservé dans des vases mal bouchés, il faut le faire bouillir pour le dessécher, sans quoi il ne dissout pas l'indigo ou ne le dissout qu'incomplétement, en sorte que la liqueur étendue et filtrée est peu colorée, la majeure partie de l'indigo restant sur le filtre.

On ajoute l'indigo par petites portions dans l'acide, afin d'éviter que la masse ne s'échauffe et qu'il ne se dégage du gaz sulfureux. Lorsque le mélange est bien opéré, on ferme le vase qui le renferme, et on laisse réagir à la température de + 30 à 40, pendant 24 à 48 heures. La liqueur qu'on obtient ainsi est d'un bleu opaque et noir, avec l'acide ordinaire, d'un bleu pourpre intense avec l'acide de Saxe. On emploie du premier 8 à 12, du second 4 à 5 fois le poids de l'indigo (1).

Les dissolutions anciennement faites sont préférables à l'emploi. Lorsqu'on doit s'en servir, on les verse dans de l'eau, dont la proportion varie et s'élève à 20 fois le volume de la liqueur et plus. On filtre ensuite.

Cette préparation donne à la laine une teinte verdâtre désagréable, parce que l'acide sulfo-indigotique, en se précipitant sur le tissu, entraîne avec lui du *rouge*, du *brun* et du *gluten* de l'indigo. On ne peut obtenir, d'ailleurs, que des nuances faibles, car une immersion prolongée finirait par altérer les fibres textiles; les couleurs ne sont pas non plus très-solides.

Il y a deux manières de produire des couleurs plus belles et plus vives avec le sulfate d'indigo.

L'une d'elles consiste à étendre la solution sulfurique dans 80 parties d'eau à + 90°, et à y teindre 1 partie 1/2 à 2 parties de laine blanche. On lave celle-ci à l'eau froide, puis à l'eau tiède, jusqu'à ce que l'eau de lavage commence à bleuir; enfin, on la traite à chaud par une solution de carbonate de soude contenant

(1) L'acide sulfurique ordinaire du commerce est souvent altéré par des composés nitreux; dans ce cas, il y a perte d'indigo, et la dissolution est plus ou moins verdâtre. C'est ce qui a fait donner, depuis longtemps, la préférence à l'acide sulfurique de Saxe, toujours exempt de composés nitreux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au plus 1/2 pour 100 de sel. La liqueur se colore en bleu foncé, parce qu'il se fait un sulfo-indigotate de soude soluble, et la laine ainsi épuisée est d'un rouge brun sale. Cette couleur provient du *rouge* d'indigo qui s'était fixé sur la laine et qui ne se dissout pas dans le bain alcalin. — La liqueur bleue obtenue par ce moyen constitue ce qu'on appelle fort improprement le *bleu distillé*. En y teignant la soie et la laine, on obtient des nuances bien autrement belles que par le procédé ordinaire. Cela est dû à ce que la laine blanche prend plus d'acide sulfo-indigotique que des matières étrangères qui l'accompagnent dans le *bleu de composition*.



67. *Bleu de Saxe.*

L'autre méthode, bien préférable sous tous les rapports, consiste à faire usage du *carmin d'indigo*, qui jouit, vous vous le rappelez, d'une certaine solubilité dans l'eau pure. On délaie ce carmin dans de l'eau bouillante, additionnée d'alun et de crème de tartre, et on y manœuvre la laine qui se colore en un bleu très-pur et très-vif, mais qui n'a jamais la solidité du bleu de cuve.



68. *Carmin d'indigo sur laine.*

Pour la soie, après l'avoir passée au bain d'alun tiède, on la lave et on la teint ensuite dans le bain d'alun dans lequel on a versé la quantité convenable de carmin.

Lorsqu'on veut avoir un ton tirant sur le rouge, on ajoute au carmin de la cochenille ammoniacale.

2° *Bleus-prussiates*. — Le bleu de Prusse, avec lequel on colore en bleu la laine, la soie et le coton, est produit directement par voie chimique sur ces substances, au moyen des procédés suivants :

a. Tantôt on piète l'étoffe en peroxyde de fer, en la passant dans un bain froid de nitrosulfate de fer pour le coton et la soie, ou dans un bain chaud de couperose et de tartre acidulé pour la laine, puis dans un bain acide de prussiate jaune ou rouge de potasse, froid ou bouillant.

On obtient ainsi les bleus qui sont connus sous les noms de *bleu Raymond*, *bleu Napoléon*, *bleu Marie-Louise*.

b. Tantôt, et c'est ainsi qu'on agit sur le coton, on passe les fils ou les pièces dans un bain de nitrosulfate de fer additionné de sel d'étain, et on teint à froid dans un bain de prussiate jaune acidulé.



69. *Bleu de Prusse sur laine.*



70. *Bleu de France sur coton.*

On produit de cette manière un bleu bien plus intense, qui est connu sous les noms de *bleu de France*, *bleu de Saint-Denis*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c. Tantôt, et c'est surtout pour la laine qu'on agit ainsi, on fait chauffer le fil ou la pièce dans un mélange de prussiate rouge de potasse, d'acide tartrique et d'acide sulfurique, sans recourir aux sels de fer. Après 12 à 15 heures, la laine a acquis une couleur intense, qui est pâle ou verdâtre au sortir du bain, mais qui, à l'air, devient d'une magnifique teinte bleue.



71. *Bleu de France sur laine.*

C'est alors un *bleu de France*, mais bien plus uni et plus intense que par tout autre moyen.

Le bleu obtenu par les prussiates est très-brillant et surpasse de beaucoup, par son éclat, le plus beau bleu de cuve; mais il ne résiste pas à l'action de l'eau de savon, encore moins aux lessives. Il ne convient donc pas pour les étoffes de coton, qui doivent être souvent lavées, telles que les robes, cravates et mouchoirs. Il est préférable, au contraire, pour les étoffes de soie qui, n'étant jamais exposées à passer en savon, doivent conserver le brillant qui est propre à leur matière constituante.

3° *Bleus au campêche*. — Ces bleus, qu'on produit au moyen d'une décoction de bois d'Inde et du sulfate ou de l'acétate de cuivre, ont de l'éclat, mais nulle solidité. Ils pénètrent plus profondément le drap en pièces que ne le fait le bleu de cuve, qui laisse toujours l'intérieur du tissu sans le teindre.

Pour bleu sur coton, on emploie des dissolutions de campêche à 1/2, 1 ou 2°, suivant l'intensité de nuance qu'on veut avoir; on ajoute 1/32e de litre d'acétate de cuivre, et on entre l'étoffe à froid; on monte à + 50° en une heure, en ayant soin de manœuvrer continuellement pour éviter les inégalités. — Quelquefois aussi on commence par passer le coton dans le bain de mordant et on le maintient ensuite pendant 3/4 d'heure dans le bain de campêche. On rince, pour repasser encore une fois dans chaque bain.

En agissant ainsi, avec des bains de campêche à 2° ou 3°, on obtient des bleus très-foncés, qui imitent assez bien les gros bleus de cuve remontés.

En passant le coton dans un bain tiède monté avec :

Extrait liquide de campêche à 2°	50 litres.
Bichrômate de potasse	150 gram.
Acide chlorhydrique à 22°	350 —

et élevant graduellement la température jusqu'à l'ébullition, on obtient un bleu indigo très-foncé qui a un aspect cuivré.

Si l'on continue à teindre dans le bain de nouvelles pantes, en étendant d'un peu d'eau, on a des bleus plus ou moins foncés qui ont une légère nuance de violet. — Avec les proportions indi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quées ci-dessus, on peut teindre en une bonne nuance bleue 100kil à 120kil de coton.

Pour les bleus sur laine, on mordance d'abord en alun et tartre; on introduit ensuite dans le bain bouillant l'extrait ou les copeaux de campêche, en même temps que du sulfate de cuivre, et on teint au bouillon pendant plus ou moins de temps, en renforçant le bain avec de nouveau campêche, jusqu'à ce qu'on soit monté à la nuance voulue. On avive en passant la laine dans un léger bain bouillant de vitriol bleu.



72. *Bleu foncé au campêche.*



73. *Bleu au campêche sur laine.*

Pour le bleu de Roi, dit aussi bleu d'Enfer, on emploie, pour 100 kilog. de laine :

Alun	10 kil.
Tartre	2
Sulfate de cuivre	1
Campêche effilé	quant. suffis.

II. TEINTURE EN ROUGE. — La garance, la cochenille, la lac-dye, le kermès, l'orseille, le carthame, la murexide, les bois de Brésil et de santal donnent des couleurs *rouges*, qui diffèrent entre elles par leurs nuances et sont loin d'avoir la même solidité. Il n'y a véritablement que la première de ces matières tinctoriales qui fournisse des couleurs de grand teint.

1° *Rouges de garance.* — De tous ces rouges, qui s'appliquent sur les différents tissus, le plus important, à cause de sa beauté et de sa fixité, c'est assurément le *rouge des Indes* ou d'*Andrinople*, dit encore *rouge turc*, noms qui rappellent son origine asiatique. Cette magnifique couleur était connue dans les Indes dès le temps d'Alexandre, et, jusque vers le milieu du XVIIIe siècle, elle resta la propriété exclusive des teinturiers du Levant; c'est entre 1750 et 1760 que sa préparation fut importée à Rouen. C'est une des opérations les plus longues de nos ateliers; je ne pourrai vous en exposer qu'à grands traits les différentes phases.

Le coton décreusé, soit au savon, soit dans un liquide alcalin, est d'abord travaillé dans un bain de fiente de mouton monté avec 25 kil. de cette matière pour 100 kil. de coton; la fiente est délayée dans une lessive de soude à 8 ou 10° à l'aréomètre, à laquelle on ajoute 5 à 6 kil. d'*huile tournante*. On tord le coton, on le sèche, et on recommence deux ou trois fois la même opération.

On mêle 6 kil. d'huile tournante à 50 litres d'eau de soude à 1°, et, quand l'émulsion ne se sépare plus au bout de 5 à 6 heures, on y passe le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coton, on tord, on sèche, et on réitère deux ou trois fois les immersions. Ce sont là les *bains blancs* ou *huileux* (1).

On ajoute aux liqueurs restantes ou *amorces* 200 litres d'eau de soude à 2 ou 3°, et on y passe deux fois le coton, en le séchant à + 60° à chaque passage. Le reste du bain, dit *Sikiou*, sert pour l'avivage. On débarrasse le coton de l'huile non combinée par un trempage en eau de soude à 1°, tiède ; on lave, on tord et on sèche.

On donne ensuite un ou deux engallages dans un bain fait avec 200 litres d'eau et 20 à 25 kil. de noix de galle. On alune avec 25 kil. d'alun pur ; on lave, on tord, et enfin on teint dans un bain de garance par 25 kil. de coton et souvent moins à la fois. Le bain se prépare dans une longue chaudière carrée en cuivre, avec 200 litres d'eau, 50 kil. de sang de bœuf et 50 kil. de garance. On y lise les mateaux pendant une heure au moins. On laisse égoutter, on tord et on lave. Dans beaucoup de cas, on teint en deux fois.

Le coton offre alors un rouge brun terne ; on *l'avive* au moyen d'une ébullition dans un bain composé de 6 kil. de savon, 4 à 5 d'huile tournante et 1200 litres d'eau de soude à 2°. Enfin, pour donner de la vivacité et de l'éclat, on *rose* au moyen d'un bain bouillant formé de 1200



74. *Rouge garance.*



75. *Rouge garance avivé.*



76. *Rouge garance avivé et rosé.*

litres d'eau et de 16 à 18 kil. de savon blanc, dans lequel on ajoute, après l'ébullition, 1 kil. et demi de sel d'étain dissous dans 2 litres d'eau additionnés de 25 grammes d'acide azotique. On lave à grande eau et on sèche.

Je dirai que, dans la belle teinturerie de M. Léveillé, on emploie un moyen bien simple pour entretenir l'homogénéité des *bains huileux* pendant tout le temps qu'on y passe les cotons. Dans

---

(1) Dans les ateliers de teinture en rouge des Indes, voici l'essai auquel on soumet toujours l'*huile tournante* avant d'en faire usage, parce qu'elle est souvent allongée avec des huiles de graines :

On bat 1 partie de l'huile à essayer avec 36 à 40 parties de lessive de soude à 1° 1/4, 1° 1/2, 1° 3/4 de l'aréomètre. L'huile, en s'unissant à la soude, forme à l'instant un bain savonneux, d'un très-beau blanc et bien mousseux. On transvase ce bain à diverses reprises, pour que la combinaison s'opère complétement ; on laisse ensuite reposer le bain, et si, dans l'espace de 5 à 6 heures, il reste bien homogène et sans flocons, si l'huile ne se sépare pas de la lessive pour monter à la surface, on en conclut que l'huile est pure et bonne pour la préparation des bains huileux dans lesquels on passe les cotons à teindre. Dans le cas contraire, il est certain que l'huile d'olive est mêlée d'une certaine proportion d'huiles de graines qui ne se combinent pas aussi facilement à la lessive. Ce procédé n'est pas d'une exactitude rigoureuse, et ne peut dispenser de l'essai par l'oléomètre et les réactifs que j'ai indiqués à l'article des *corps gras*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaque tonne (*fig.* 586), où l'on opère le mélange de l'huile tournante avec la lessive de soude, il y a un *agitateur* muni à sa partie inférieure d'un plateau cylindrique de 20 centimètres de diamètre. Cet agitateur est mis en mouvement par un excentrique. La combinaison entre l'huile et l'alcali s'effectue rapidement, et l'émulsion qui en résulte demeure constamment liée, ce qui a rarement lieu dans les conditions ordinaires, car, presque toujours, l'huile remonte à la surface du bain en repos.



Fig. 586.

2° *Couleurs au santal.* — Le santal joue maintenant un grand rôle dans la teinture des draps et du coton, pour procurer des rouges corsés et des nuances dérivées plus ou moins brunies par un passage en bichrômate de potasse. Mais c'est surtout pour avoir la belle nuance connue sous le nom de *bleu Nemours* ou *bleu national* pour uniforme, qu'on en consomme à Elbeuf, à Sedan, etc. Voici comment on opère :



77. *Rouge au santal sur laine.*



78. *Bleu national pour uniforme.*

La laine, qui a reçu un fort pied de bleu de cuve, est passée en chaudière avec 30 kilog. de santal, $1^{kil},500$ de campêche, $2^{kil},500$ d'orseille et $1^{kil},500$ de noix de galle pour 100 kilog. de laine. Après une heure de bouillon et deux heures de repos, on ajoute $2^{kil},500$ de couperose dissoute. On lave ensuite au panier avec beaucoup de soin.

3° *Rouges à la cochenille.* — La cochenille, la laque, la lac-dye, le kermès, servent seulement pour la laine et la soie; on en obtient ces rouges si éclatants, désignés sous les noms d'*écarlate* et de *cramoisi*, par le moyen des mordants d'étain. La *composition* employée dans ce cas est préparée ainsi qu'il suit :

Dans 8 kilog. d'acide azotique à 38 ou 40°, on ajoute 8 litres d'eau, on y fait dissoudre 1 kilog. de sel ammoniac et 1 kilog. d'étain grenaillé; on n'introduit celui-ci que peu à peu, de manière que la réaction ne soit pas trop tumultueuse.

Voici comment on agit pour avoir l'*écarlate* à la cochenille :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans 2500 litres d'eau chauffée à + 60°, on verse d'abord pour la clarifier, 1 kil. de dissolution d'étain ; on enlève avec un tamis l'écume blanche qui vient surnager; lorsqu'il ne s'en produit plus, on y fait dissoudre 5 kil. de crème de tartre, et on y délaie 20 kil. de composition d'étain, puis on y abat 100 kil. de laine. On porte peu à peu au bouillon en maniant au crochet, afin que le mordant pénètre également; après une heure d'ébullition, on laisse reposer autant de temps, et on lève sur le bord.

Dans le même bain, on jette 14 à 15 kil. de cochenille pulvérisée; on fait bouillir 20 à 25 minutes ; on rafraîchit la décoction ; on y ajoute 6 à 7 kil. de composition d'étain, on pallie bien, et, sans plus tarder, on rabat la laine sans la laver ; on porte peu à peu à l'ébullition qu'on maintient pendant une heure ; on laisse le bain en repos, autant de temps; on donne une renverse pendant 30 minutes ; nouvelle pose de 30 minutes, suivie d'une renverse qui dure le même temps; dernière pose de 4 à 5 heures au moins, après laquelle on lève la laine qu'on lave avant ou après refroidissement.



79. *Écarlate de la cochenille.*

En remplaçant 1/4 de la composition d'étain par un même poids d'alun épuré, on obtient un *cramoisi* très-nourri et très-vif.



80. *Cramoisi à la cochenille.*



81. *Écarlate jaune au fustet.*

Le premier bain avec mordant se nomme *bouillon*; le second avec cochenille, *rougie*.

Si, sans rien changer au *bouillon*, on ajoute à la *rougie* 2 kil. 1/2 de fustet lavé à l'eau froide, ou bien 1 kil. 1/4 de curcuma, la laine prend une nuance écarlate jaune très-belle.

Pour la soie, on opère ainsi qu'il suit :

On commence par la laisser séjourner pendant 5 à 6 heures dans une dissolution faite avec 3 kil. d'alun pour 100 litres d'eau. On la lave ensuite, et on l'exprime. On prépare le bain de teinture avec 10 litres d'eau, 8 grammes de noix de galle et 90 grammes de cochenille ; dans la décoction, on ajoute 45 gram. de crème de tartre et environ 10 gram. de composition d'étain par demi-kil. de soie. On entre les écheveaux dans le bain tiède, on fait tourner sur les lisoirs, on porte le bain à l'ébullition, on retire les lisoirs, et la soie, nageant entre deux eaux, est maintenue pendant 5 à 6 heures. Après cette pose, on lève, on lave et on exprime.

4° *Couleurs à la murexide.* — La soie et la laine, surtout, peuvent acquérir par cette matière, des nuances pourpres ou cramoisies fort belles.



82. *Pourpre de murexide sur soie.*

Pour la soie, on la manœuvre continuellement à froid dans un bain contenant 5 pour 100 de *carmin de pourpre* de M. Depouilly, additionné d'une solution à 4 pour 100 de sublimé corrosif acidulée par l'acide acétique. Lorsqu'on est arrivé à la nuance voulue, on avive dans une solu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion de sublimé à 3 pour 100, on lave ensuite avec beaucoup de soin. La nuance est d'autant plus belle que le lavage a été plus complet.

Pour la laine, il faut d'abord la nettoyer à fond par des bains tièdes de cristaux de soude et de forts savonnages. Après dégorgeage et égouttage, on introduit la laine dans un bain monté avec 350 litres d'eau, 1/2 kilog. de murexide en poudre et 15 kilog. d'azotate de plomb (ces proportions sont pour 12 kilog. de laine). On entre à 38°, et après plusieurs lisages, on abat la laine et on l'y laisse pendant environ 20 heures. On lève alors, on rince légèrement et on plonge, pendant 5 à 7 heures, dans un bain froid de fixage ainsi composé : 400 litres d'eau, 1 kilog. de sublimé corrosif et 3 kilog. d'acétate de soude. On lave ensuite parfaitement pour bien aviver.



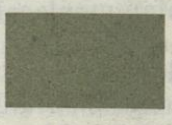
83. *Amarante de murexide sur laine.*

5° *Couleurs à la pourpre française.* — La belle laque calcaire préparée par M. Marnas avec les lichens de l'orseille est d'abord traitée par l'eau bouillante, additionnée d'une quantité d'acide oxalique égale au poids de la pourpre employée. On fait bouillir pendant 10 à 15 minutes, puis on filtre sur des chausses de laine. Le bain est alors chauffé à 30 ou 40°, additionné d'ammoniaque, et on y passe les soies et laines sans autre préparation, ou le coton après qu'il a subi les mêmes opérations que pour le rouge d'Andrinople, ou qu'il a été animalisé avec l'albumine. Un quart d'heure suffit pour que le tissu ait épuisé le bain colorant.



84. *Pourpre solide à l'orseille.*

Quand on opère avec la laine ou le coton, on monte le bain jusqu'à 60°. Après le lavage des fils ou tissus, on bleuit, si l'on veut, les nuances obtenues, avec un peu de carmin d'indigo, ou on leur donne un ton groseille avec le safranum.



85. *Violet à la pourpre.*



86. *Rose groseille à la pourpre.*

Déjà, en 1857, M. Helaine, chimiste à Lyon, était parvenu, avec l'*orseille pure et universelle* de M. Frezon, à obtenir sur soie, au moyen du stannate d'ammoniaque et des acides convenablement employés, des couleurs plus solides que celles qui sont fournies par l'orseille en pâte et les recettes ordinaires des ateliers.

6° *Rouge et violet d'aniline.* — La teinture de la laine et de la soie en rouge au moyen des dérivés de l'aniline est des plus faciles, puisqu'il suffit de plonger la fibre textile dans le bain de rouge légèrement acidulé, en se maintenant à une température basse pour la soie, en montant au bouillon pour la laine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais les opérations qui précèdent cette teinture ont plus d'importance. Elles ont pour effet de débarrasser la matière colorante des substances résineuses ou métalliques qu'elle renferme, suivant qu'elle a été préparée par tel ou tel procédé.

S'agit-il, par exemple, de *fuchsine* proprement dite (rouge au bichlorure d'étain), on sépare l'étain par l'ammoniaque ; la solution incolore est saturée en majeure partie par l'acide sulfurique étendu et finalement par l'acide acétique ou tartrique qui ramènent la couleur. C'est dans ce bain qu'on effectue ensuite la teinture.

Emploie-t-on de l'*azaléine* (rouge à l'azotate de mercure) ? On se contente d'en faire une solution aqueuse à chaud ; on filtre pour séparer une matière résineuse, et on ajoute un peu d'acide. On peut teindre alors directement dans la liqueur.

Lorsque les teinturiers ne prennent pas la précaution de purifier ainsi le rouge d'aniline, ils s'exposent souvent à obtenir de mauvais résultats.

Quelques fabricants livrent aujourd'hui de la fuchsine sensiblement pure, en masse ou cristallisée, au prix de 2000 fr. le kilog.



87. *Rouge de fuchsine, dit* Magenta, *sur soie.*



88. *Rose de fuchsine sur coton albuminé.*

Ce produit est très-employé. On trouve également dans le commerce des solutions ammoniacales de fuchsine qui donnent de très-bons résultats.

Pour la teinture du coton, on commence par charger le coton d'albumine, qu'on coagule ensuite par la chaleur. Ainsi *animalisé*, comme on dit, il attire très-bien la matière colorante.

Les teintures en violet se font d'une manière tout à fait semblable à celle de la fuchsine ; seulement on n'a pas à se préoccuper de la purification préalable de la matière colorante. (Voyez plus haut les échantillons nos 27 et 28, page 574.)

III. Teinture en jaune. — Les nuances *jaunes* s'obtiennent sur laine avec la gaude, le bois jaune, le curcuma, le fustet, en employant pour mordant l'alun et le tartre, quelquefois la composition d'étain qui sert pour l'écarlate. Pour le curcuma, toutefois, les mordants ne sont pas nécessaires; on ajoute seulement un peu de potasse à l'eau dans laquelle on fait la décoction de la racine; on obtient ainsi un jaune tirant un peu au brun, mais on le fait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

repasser au jaune clair par un bain de vinaigre, de jus de citron, de tartre ou d'alun.

Pour la soie, on utilise à peu près les mêmes jaunes, mais de plus le rocou. Dans ce cas, on ne mordance pas les écheveaux; on les passe simplement dans un bain chaud fait avec parties égales de rocou et de cristaux de soude. La soie acquiert ainsi une belle



89. *Jaune de curcuma sur laine.*



90. *Aurore au rocou.*



91. *Orangé au rocou.*

nuance *aurore* plus ou moins foncée, qu'on vire immédiatement à l'*orangé* en plongeant dans du jus de citron ou une solution d'acide tartrique.

On obtient aussi toutes les nuances jaunes faibles avec l'acide picrique, en immergeant les écheveaux dans la solution de cet acide, maintenue à la température de + 30 à 40°. A la sortie du bain, on met au séchoir sans aucune opération ou lavage.

Pour le coton, on utilise principalement le quercitron, la gaude,



92. *Jaune à l'acide picrique.*



93. *Jaune au quercitron.*



94. *Jaune des lisières en quercitron.*

le rocou, les graines jaunes et le chrômate de plomb. On doit toujours ajouter un peu de gélatine dans la décoction de quercitron, afin de précipiter le tannin et d'obtenir ainsi un jaune plus tendre et plus brillant avec les mordants d'alumine.

Pour obtenir de plus belles nuances avec la gaude, il faut la faire cuire, non à la température de l'ébullition, mais entre + 70 et 80°. J'ajouterai que, comme les acides affaiblissent la couleur de cette matière tinctoriale, il est nécessaire d'employer des eaux calcaires pour faire les bains, ou ajouter à ceux-ci un peu de craie; et que, pour rehausser les nuances, il est bon de passer le coton, après la teinture, dans une eau de savon, ou dans une lessive faible de potasse.



95. *Jaune de gaude sur coton.*

Règle générale : il ne faut pas teindre au bouillon les cotons alunés, parce qu'ils abandonnent dans le bain une partie de leur mordant. Avec l'acétate d'alumine, on obtient par la gaude des couleurs plus riches qu'avec l'alun. Pour le beau jaune sur coton, un kilog. de gaude par kilog. de coton suffit; mais il en faut davantage pour la laine et la soie. Pour les nuances olives, on ajoute

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au mordant des sels de fer ; pour le jaune d'or, un peu de garance ; pour la couleur de tan, un peu de suie.

Pour les jaunes au chrômate de plomb, on produit directement ce sel sur l'étoffe, en mordançant dans une solution, fortement acidulée, d'acétate de plomb, et en passant ensuite dans un bain de bichrômate de potasse. Il se fait ainsi sur le coton ce qu'on appelle le *jaune de chrôme* ou le *jaune Aladin*.



96. *Jaune de chrôme.*



97. *Orangé de chrôme.*

Si, maintenant, on passe les écheveaux, ainsi teints, dans un bain alcalin chaud, pendant quelques minutes, on vire la nuance à l'orange ou à l'orangé presque rouge, par suite de la conversion du chrômate neutre de plomb en sous-chrômate.

IV. Teinture en noir. — Les *noirs* et *les gris* sont toujours constitués chimiquement par du tannate de fer, associé ou non à du gallate. On produit ces sels colorants par des immersions successives des fibres textiles dans des solutions de sels de fer et dans des bains de substances astringentes, en tête desquelles se trouve la noix de galle. — On mélange souvent des sels de cuivre aux sels de fer ; fort souvent aussi on remplace tout ou partie de la noix de galle par le sumac, le campêche, les écorces d'aune et de châtaignier, etc.

a. Le noir sur laine s'obtient sans difficulté, tant cette matière textile est apte à s'emparer des principes qui produisent cette couleur. — Il y en a un très-grand nombre de nuances ; mais il en est deux surtout qui sont très-recherchées dans le commerce des draps : le *noir façon de Sedan*, le *noir façon d'Elbeuf*. Pour ces deux tons, on donne un pied de bleu de cuve, plus fort pour le premier que pour le second ; puis on passe en chaudière avec les ingrédients suivants, calculés pour 100 mètres de drap :

Pour le *noir de Sedan :* 25 kilog. de sumac et 25 kilog. de campêche ; et, après la teinture, 25 kilog. de couperose verte ;



98. *Noir de Sedan, teint en pièce.*



99. *Noir d'Elbeuf, teint en pièce.*

Pour le *noir d'Elbeuf :* 15 kilog. de sumac, 30 de campêche, 5 de bois jaune, 12 kilogr. de couperose verte et autant de couperose bleue.

b. Pour les *noirs petit teint*, on ne donne pas de pied de bleu, mais, en échange, on a recours à un bouillon avec 6 kilog. d'alun et 2 kilog. de tartre.

Pour la laine en flocons, destinée à l'article *nouveauté*, on emploie par 100 kilog. de laine : 40 kilog. de campêche effilé, 2 de bois jaune, 3 d'orseille, 1 1/2 d'alun, 1 1/2 de tartre et 4 de couperose.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais ces noirs déchargent et salissent les couleurs auxquelles on les associe. On évite cet inconvénient en remplaçant la couperose par le bichrômate de potasse. On opère ainsi qu'il suit :



100. *Noir sur indigo, pour nouveautés.*

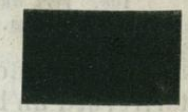
On donne un bouillon d'une heure à la laine dégraissée dans un bain fait avec 2500 litres d'eau, 2 kilog. 1/2 de bichrômate de potasse et 1 1/4 de tartre blanc. On lave ensuite la laine au panier, après une heure de pose sur la chaudière. On teint ensuite dans un bain monté avec 40 kilog. de campêche, 3 d'orseille et 1 1/2 d'alun.



101. *Noir au chrômate, pour nouveautés.*

c. La laine mordancée en bichrômate et tartre peut recevoir des couleurs *bronze*, qui n'ont rien de comparable pour l'éclat et la beauté.

Voici une dose de drogues qui fournit un bronze assez beau : 20 kilog. de bois jaune, 3 de campêche, 3 de santal, 6 de garance, 2 de curcuma et 1 1/2 d'alun.



102. *Bronze vert sur laine, au chrômate.*

d. La couleur noire sur soie est une des plus difficiles à fixer d'une manière solide et belle. On procède toujours par une combinaison préalable de la soie avec le tannin, dont elle s'empare avec une grande facilité et en abondance. Après l'engallage, on passe le tissu dans un bain de pyrolignite de fer à 4 ou 5°. On répète les mêmes manipulations dans les deux sortes de bains de plus en plus faibles, et on termine par une eau de savon chaude.

e. Pour le coton, on peut indifféremment commencer par le mordançage en sel de fer pour finir par le bain astringent (galle, campêche et sumac mélangés), ou exécuter l'opération inverse, c'est-à-dire, engaller d'abord et brunir ensuite avec le pyrolignite de fer à 2 ou 3°. — Pour donner aux nuances plus de brillant et de solidité, on passe en bain blanc fait avec 40 kilog. d'eau de soude à 1° et 1 kilog. d'huile tournante.

V. TEINTURE EN VERT. — Les *verts* sont obtenus avec le bleu de cuve ou le bleu de Saxe, et un jaune approprié à la nature de l'étoffe ainsi qu'au bleu qui sert de pied.



103. *Vert de cuve, pour nouveautés.*



104. *Vert de Saxe.*

Les *verts de cuve* sont solides ; les *verts de Saxe* sont plus brillants ; mais ils n'ont pas la fixité des premiers.

Dans le Midi, la gaude est employée, à l'exclusion de toutes les autres matières tinctoriales, pour la teinture des draps fins en *vert-dragon* et *vert-douane*. On applique le jaune sur l'étoffe teinte

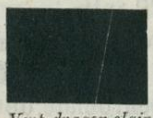
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en indigo et bien dépouillée par des lavages de l'alcali qu'elle a pris dans les cuves.

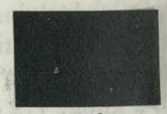
A Elbeuf, Louviers et Sedan, on se sert de la gaude et du bois



105. *Vert dragon foncé.*



106. *Vert dragon clair.*



107. *Vert douane.*

jaune pour les verts solides, dont on varie les nuances en changeant la force des pieds de bleu de cuve.

Depuis une quinzaine d'années, on fait des *verts printemps* et



108. *Vert au bois jaune.*



109. *Vert printemps à l'acide picrique.*



110. *Vert à l'acide picrique.*

nouveauté, au moyen du carmin d'indigo, qu'on fixe par l'alun et le tartre, et d'un bain de gaude, ou préférablement d'acide picrique.

Pour les *verts de Saxe*, on teint le plus souvent en curcuma, qui s'applique plus facilement.

C'est surtout pour les cotons filés, pour les étoffes en laine à bas prix, les tartans, les flanelles, qu'on utilise le carmin d'indigo.

L'exposé précédent, tout incomplet qu'il soit, suffit pour vous donner une idée convenable de la théorie et de la pratique de ce bel art de la teinture, qui s'enrichit chaque jour des découvertes de la chimie moderne. A ceux d'entre vous, Messieurs, qui voudraient en acquérir une connaissance plus profonde, je conseillerais la lecture attentive des ouvrages suivants :

Éléments de teinture, par Berthollet.

Art de la teinture du coton en rouge, par Chaptal.

Cours élémentaire de teinture, par Vitalis.

Chimie appliquée aux arts, VIIIe volume, par M. Dumas.

Traité de la théorie générale de la teinture, par M. Chevreul; et les remarquables articles du même savant, insérés dans le *Dictionnaire technologique* (t. XXI), la *Revue scientifique*, et les *comptes-rendus de l'Institut*.

Traité théorique et pratique de l'impression des tissus, Ier *volume*, par M. Persoz.

Art de la teinture des laines, par M. Gonfreville.

Traité sur la constitution des fibres textiles et base microscopique de la teinture, par M. Oschatz.

Recherches critiques et expérimentales sur la théorie de la teinture, par M. Bolley.

Enfin les *Bulletins de la Société d'encouragement*, ceux de la *Société industrielle de Mulhouse* et le *Technologiste*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SOIXANTE-UNIÈME LEÇON.

DE L'ART DE LA TEINTURE. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Principes généraux de la TEINTURE PAR IMPRESSION. — Des différents moyens mécaniques d'imprimer les tissus. — Mordançage des toiles. — Épaississage des mordants et des couleurs. — *Oxydation* et *Bousage* des pièces mordancées. — Du *garançage*. — Du blanchiment et de l'avivage des couleurs garancées. — Des différents genres d'impression.

§ 2. — Teinture par impression.

En teinture, on donne aux étoffes une couleur uniforme; mais, pour la fabrication des tissus imprimés, on ne colore que certaines parties de l'une de leurs faces, au moyen d'une ou de plusieurs couleurs différentes, de manière à y figurer des dessins. Le prix de ces tissus peints croît avec le nombre des couleurs (1).

(1) La peinture sur toiles est fort ancienne, puisque, dans l'Inde, on savait déjà du temps d'Alexandre recouvrir les tissus de dessins diversement colorés. Une foule de témoignages historiques nous démontre que tous les peuples de l'antiquité, notamment les Perses et les Égyptiens, ont connu les principes de ce bel art. Jusque vers le commencement du XVIIIe siècle, les toiles peintes furent tirées des Indes et de la Perse : de là les noms de *perses* et d'*indiennes* qu'elles portèrent dès l'origine de leur importation en Europe.

L'époque précise de l'introduction de leur fabrication en Occident n'est pas très-bien connue. M. Persoz attribue aux Hollandais, mais sans indiquer de date certaine, l'honneur d'avoir fait connaître et d'avoir imité les procédés des Indiens. Ce serait chez eux que beaucoup de réfugiés français, à l'époque de la révocation de l'édit de Nantes, auraient appris et singulièrement perfectionné la toile peinte, et ce seraient quelques-uns de ces réfugiés qui auraient importé cette industrie dans les deux contrées où elle avait déjà pris un développement marqué au commencement du XVIIIe siècle, à savoir en Angleterre (en 1690), et en Suisse (en 1689). C'est de la fabrique de Jacques Delure, établie au Bied dans le canton de Neufchâtel, que seraient sortis tous les chefs d'ateliers qui s'établirent peu de temps après en Allemagne, en Portugal, en France, notamment à Paris, à Orange, à Marseille, à Nantes, à Angers, à Rouen, à Bolbec, et à Mulhouse.

Les Indiens n'avaient exercé leur industrie que sur le coton, si abondant dans leur pays. On commença aussi en Europe par l'impression sur coton; on s'en tint là pendant très-longtemps, et ce n'est que depuis trente ans que l'on imprime, par des moyens analogues, les étoffes de laine, de soie et de lin. C'est surtout depuis 1834 que l'impression sur laine, soit pure, soit mélangée de coton ou de soie, a pris un très-grand essor et a singulièrement perfectionné ses procédés, grâce au concours des sciences physico-chimiques. Les tissus de laine imprimés font maintenant une concurrence redoutable aux indiennes proprement dites. — L'invention des impressions en relief sur les étoffes de laine feutrée et le velours date de 1788 et est due à Bonvallet ; ce n'est guère que depuis 1815 qu'elle a pris quelques développements comme art, chez Ternaux, à Saint-Ouen, où Bonvallet, fils, transporta l'industrie créée par son père.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a plusieurs manières de colorier les tissus :

1° On imprime immédiatement, sur les endroits qui doivent être coloriés, les couleurs qui ont été suffisamment épaissies au moyen de la gomme, de l'amidon ou de la farine, afin qu'elles ne s'étendent pas au delà des limites du dessin, et ne se mêlent pas quand on en emploie plusieurs à la fois ; car une des beautés des toiles imprimées, c'est la netteté. Dans cette manière de procéder, qui s'applique surtout aux tissus de laine et de soie, les mordants, destinés à fixer les couleurs, sont mêlés avec elles préalablement à l'impression.

2° On imprime des mordants convenables sur des points déterminés de la surface des toiles, puis on passe celles-ci dans un bain de teinture, comme pour la teinture ordinaire. La matière colorante s'attache et se combine fortement avec les parties imprégnées de mordants, de sorte qu'il en résulte, pour ces seuls endroits, des couleurs vives et inaltérables ; tandis que, ne tenant que faiblement sur les autres parties non imprégnées de mordants, on la fait disparaître par un simple lavage à l'eau courante et l'exposition pendant quelques jours sur le pré, ou par des passages dans des bains de chlorure de soude, de son ou de savon. C'est là le mode le plus général pour les calicots ;

3° Quelquefois on teint les étoffes comme à l'ordinaire, après avoir couvert les parties qu'on veut conserver blanches avec des matières qui les préservent de l'action du bain colorant, qui repoussent les matières colorantes, pour ainsi dire, et que l'on enlève après la teinture, afin de leur donner plus tard, si cela est nécessaire, une couleur différente de celle que la pièce a prise dans le bain. Les substances qui servent ainsi à empêcher les couleurs de s'appliquer sur certaines parties des toiles, portent le nom de *réserves*, quand la couleur générale de la pièce est du bleu d'indigo à la cuve, et celui de *résistes* pour toutes les autres couleurs ;

4° D'autres fois, enfin, après avoir appliqué les mordants sur toute l'étoffe, ou avoir teint une pièce d'une manière uniforme, on détruit le mordant ou la couleur, sur des points déterminés, au moyen de certains agents chimiques qu'on désigne sous le nom de *rongeants*. Ces parties, redevenues blanches, sont ensuite chargées de couleurs différentes, et forment ainsi des dessins d'une autre teinte que le fond.

L'application des couleurs ou des mordants, des réserves ou des rongeants, se fait par des moyens mécaniques. Il y a plusieurs procédés d'impression : au bloc ou à la planche ; à la planche plate ; au rouleau ; à la perrotine ; au métier à surface.

Le *bloc* ou la *planche* est une pièce de bois de poirier, de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

buis, ou de sycomore, portant en relief le dessin qu'on veut colorier sur les étoffes (*fig.* 587). Lorsque le dessin est trop compliqué, et que les traits doivent être très-fins, on les obtient au moyen de petites lames de cuivre qu'on fixe dans le bois et dont on remplit les intervalles avec du feutre ou du bois de tilleul; mais le plus souvent on se sert de clichés métalliques obtenus par la méthode du *polytypage*. Ce dernier mode permet d'avoir, avec une seule matrice, un grand nombre de cachets, ce qui diminue singulièrement les frais de la gravure. La planche gravée se charge de mordant ou de couleur, lorsqu'on l'appuie légèrement sur la surface d'un châssis qui repose sur une dissolution très-épaisse de gomme (c'est ce qu'on appelle dans les ateliers *fausse couleur*), et qui est recouvert uniformément de la matière à imprimer. On applique ensuite la planche sur la toile, de manière qu'elle dépose la couleur sur cette dernière, et on porte ainsi alternativement la planche sur le tamis et la toile jusqu'à ce que toute la pièce soit imprimée.



Fig. 587.

La *planche plate* est une planche de cuivre d'un mètre carré de surface environ, gravée au moyen du poinçon, ou à la manière usitée pour l'impression en taille-douce. On étend la couleur ou le mordant sur cette planche, que l'on retire ensuite; dans ce mouvement, elle est essuyée par une lame d'acier élastique appelée *docteur*, qui enlève toute la couleur, à l'exception de celle qui remplit la gravure. La planche est ensuite pressée contre l'étoffe qui passe au-dessus d'elle, et elle y dépose la matière dont elle est chargée.

Jusque vers 1801, les indienneurs n'avaient que ces deux moyens d'impression. Mais, à cette époque, le célèbre Oberkampf (1), de

(1) La vie d'Oberkampf peut offrir d'utiles enseignements, en montrant comment, avec de l'instruction, de la persévérance et une bonne conduite, il est possible à tout homme de s'élever de la situation la plus humble à la position la plus brillante. Né à Wisembach, dans le marquisat d'Anspach, le 11 juin 1738, Oberkampf apprit sous son père, habile teinturier fixé à Aarau, en Suisse, la pratique d'un art qui était alors nouveau pour l'Europe : la fabrication des toiles peintes. Poussé par les inspirations de son génie, et soutenu par le sentiment de sa force, il quitte la maison paternelle à dix-neuf ans, pour venir tenter la fortune en France, où l'impression des toiles commençait à s'introduire. Pauvre et inconnu, il débute comme dessinateur, coloriste et imprimeur, chez un nommé Cabannes qui venait de créer une fabrique d'indiennes au Clos-de-l'Arsenal, à Paris. Deux ans après, avec vingt-cinq louis pour toute fortune, il s'établit dans la vallée de Jouy, et là, dans une chaumière, avec quelques ares de prairie pour étendage, il jette les fondements d'une fabrique qui devait plus tard occuper mille ouvriers. Malgré les obstacles de toute nature contre lesquels il faut qu'il lutte dès son dé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jouy, essaya, dans sa belle manufacture, longtemps sans rivale, d'imprimer avec des cylindres de cuivre gravés. Ce nouveau mode d'opérer, que les fabricants de Manchester ne tardèrent pas à perfectionner et à rendre aussi simple qu'expéditif, causa une révolution dont les effets sur la prospérité de l'art furent incalculables. Ces cylindres ou *rouleaux* (*fig.* 588) ont environ 1 mètre de long sur 12 à 20 centimètres de diamètre; ils portent en creux, sur toute leur surface, les dessins à imprimer. Ils sont disposés dans un bâti en fonte (*fig.* 589), de manière à tourner et à se presser contre l'étoffe, en emportant avec eux les mordants ou les couleurs à fixer sur celle-ci. Ils se chargent de couleur en tournant dans une boîte qui contient la matière suffisamment épaissie, et, avant d'être pressés contre la toile, un *docteur*, en effleurant leur surface, la nettoie de l'excédant qui brouillerait le dessin. Pour rendre l'impression plus prompte, Adam Parkinson, de Manchester, a imaginé de disposer sur le même bâti, deux, trois et même un plus grand nombre de cylindres qui, en agissant successivement sur la toile qui passe au-dessus de chacun d'eux, donnent la facilité d'imprimer, à la fois, sur cette toile, deux, trois et même



Fig. 588.

---

but, Oberkampf ne tarde pas à voir son activité et son savoir couronnés du plus heureux succès. Une dame de la cour déchire une magnifique robe de Perse. Oberkampf lui en fournit une aussi belle, et bientôt il n'est bruit que de ce prodige. *L'indienne* de Jouy devient à la mode. La reine, les enfants de France, toute la cour de Versailles, veulent connaître l'habile ouvrier. Ses toiles meublent les demeures royales; sa réputation et son crédit s'étendent à l'étranger; et, en peu d'années, il voit la Normandie, Lyon et le Beaujolais, adopter une industrie qu'il a mise en honneur. Le roi Louis XVI reconnaît l'établissement de Jouy comme manufacture royale, et, par acte de 1787, il donne des lettres de noblesse à l'artisan luthérien d'Aarau. La révolution arrêta momentanément la prospérité croissante de la fabrique de Jouy, mais, après le 9 thermidor, une ère nouvelle se leva pour elle. Un des neveux d'Oberkampf, Samuel Widmer, rendit d'immenses services à son bienfaiteur, par les connaissances chimiques qu'il avait acquises sous Chaptal et Berthollet. Oberkampf fonda, plusieurs années après, une filature de coton à Essonne, de manière qu'il recevait le coton en balles, le filait, le tissait dans ses propres ateliers, et ne le rendait qu'en toiles peintes. Napoléon avait une haute estime pour cet homme, qui, ainsi que lui, avait fondé sa fortune de ses propres mains, et qui, dans la crainte de perdre sa liberté, avait repoussé les honneurs dont il voulait le combler. L'Empereur attacha un jour à son habit la croix d'or de la Légion d'honneur qu'il portait, en lui disant que personne n'en était plus digne. « Vous et moi, ajoutait le grand homme, nous faisons une bonne guerre « aux Anglais : vous par votre industrie, et moi par mes armes; mais c'est encore « vous qui faites la meilleure. » L'invasion de 1815, en portant l'inaction et la terreur dans les ateliers d'Oberkampf, abrégea les jours du noble vieillard, qui répétait souvent : « Ce spectacle me tue. » Il mourut, dans les bras de ses enfants, le 4 octobre 1815, âgé de 77 ans, laissant à sa patrie adoptive un nom glorieux, dont elle est fière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un plus grand nombre de couleurs ou de mordants différents.

Les machines à rouleaux permettent ainsi, non-seulement de fabriquer, en fort peu de temps et avec une grande économie, des

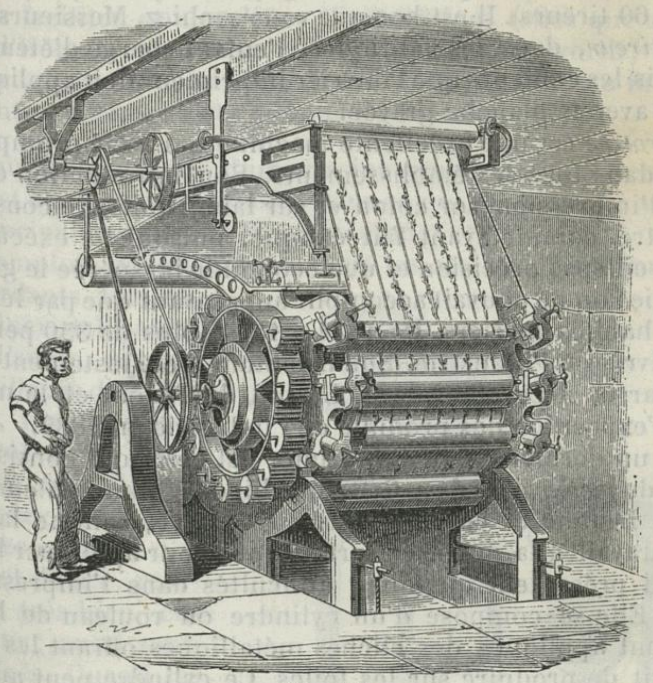


Fig. 589.

masses de toiles peintes, mais elles apportent, dans la fabrication, une précision et une correction inconnues avant leur emploi.

Depuis 1834, M. Perrot, de Rouen, a doté les ateliers d'impression d'une nouvelle machine que la reconnaissance publique a nommée *perrotine*, non moins précieuse que la machine à rouleaux, et qui remplace entièrement dans les fabriques le travail à la planche, toujours si lent et si coûteux. La perrotine se compose de 3, 4 et même 6 planches de bois, gravées en relief, à la manière des planches ordinaires, ou de planches de fonte revêtues de clichés métalliques, d'une longueur égale à la largeur du tissu à imprimer, et larges de 5 à 15 centimètres environ. Elles sont placées, comme les rouleaux, sur un bâti en fonte. Par un mécanisme très-simple, elles sont chargées de couleur, puis pressées successivement contre la pièce qu'il s'agit d'imprimer, et qui passe d'elle-même, comme dans les machines à rouleaux, devant chacune de ces planches. Deux hommes, avec cette perrotine, suffisent pour imprimer en trois couleurs 25 pièces environ de calicot par jour. Ils font donc le travail de 25 imprimeurs et de 25 tireurs, puisque le travail d'un imprimeur aidé d'un *tireur* ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépasse guère, terme moyen, une pièce à 3 couleurs ou à 3 mains. La perrotine à 6 couleurs frappe à la minute 280 coups de planche, et fait par conséquent l'ouvrage de 120 ouvriers (60 imprimeurs et 60 tireurs). Il est bon que vous sachiez, Messieurs, qu'on appelle *tireur*, dans les fabriques, l'enfant chargé d'étendre sur les châssis les couleurs que l'ouvrier imprimeur doit appliquer sur les toiles avec la planche gravée.

La *perrotine* est une excellente machine qui a été promptement adoptée dans tous les établissements. Son introduction dans les ateliers d'impression sur coton et sur laine doit être considérée, à juste titre, comme ayant fait époque, puisqu'elle exécute avec une merveilleuse précision et une économie inespérée le genre de travail que l'on ne pouvait accomplir auparavant que par les mains des plus habiles ouvriers. De 1834 à 1844, plus de 350 perrotines ont été livrées à l'industrie. Son inventeur a été justement récompensé, par la décoration de la Légion d'honneur et la médaille d'or, à l'exposition des produits de l'industrie en 1839.

Enfin, un dernier mode d'imprimer est celui qui consiste dans l'emploi du *métier à surface*. Cette machine, connue seulement jusqu'ici en Irlande et en Angleterre, remplace, comme la perrotine, le travail à la main, et sert surtout pour appliquer les couleurs qui présentent quelques difficultés dans l'impression au rouleau. Elle se compose d'un cylindre ou rouleau de bois sur lequel sont appliqués des clichés métalliques offrant les dessins qu'il s'agit de produire sur les toiles. Ce cylindre peut aussi être gravé à la manière des planches ordinaires. Il est disposé sur un bâti en bois ou en fonte, mais la couleur lui est fournie par un drap sans fin qui passe dans une auge remplie de la matière convenablement épaissie. Avant de déposer cette dernière sur le cylindre de bois gravé, le drap est essuyé par un *docteur* qui enlève l'excès de la couleur et sert en outre à régler la fourniture. Le drap, en tournant, dépose sa couleur sur le cylindre, et celui-ci, à son tour, l'applique sur la toile, qui marche en sens contraire du drap. Aujourd'hui on n'a plus recours au drap sans fin ; des fournisseurs élastiques en colle et glucose, recouverts d'une mince couche de caoutchouc et se réglant au moyen de vis et de leviers, simplifient le travail de cette machine.

A vrai dire, le métier à surface n'est autre chose que l'ancienne *Plombine* de Jouy, mais singulièrement perfectionnée dans les ateliers de M. Duffey, de Dublin. Burton, puis M. Howston, de Manchester, ont construit des machines dites *Mule-Machine*, qui ne sont que la réunion, dans un même système, de cylindres en cuivre gravés en creux et de cylindres en bois gravés en relief. Elles participent donc de la machine à rouleaux d'Oberkampf et du métier à surface. Leur emploi permet d'obtenir une grande

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

perfection et des effets qu'il serait impossible de produire avec le seul rouleau, sans le concours de la planche.

Je ne vous parle pas de plusieurs machines qui ont été inventées pour faciliter et simplifier l'impression, telles que celles de Geers, d'Hémet, de Miller, d'Héruville, d'Unsworth, de Dubosq, etc., parce que ces machines, dérivant plus ou moins des précédentes, n'ont pas été adoptées généralement (1).

Quel que soit le mode d'impression employé, le traitement des étoffes est à peu près le même. Dans ce qui va suivre, je vous parlerai principalement des toiles de coton.

On n'emploie généralement, dans les ateliers d'indiennes, que des mordants très-solubles, incristallisables et dont l'acide, susceptible d'ailleurs de se volatiliser, n'adhère que faiblement à sa base. Les chlorures d'étain, l'acétate de cuivre, mais surtout les acétates d'alumine et de fer, remplissent très-bien ces conditions ; aussi sont-ils préférés. Quand les toiles doivent être entièrement imprégnées de ces mordants, on n'épaissit pas ceux-ci, mais on passe deux fois les toiles au *foulard* (*fig.* 590). C'est là ce qu'on appelle *fouldrer* ou *plaquer de mordant*.

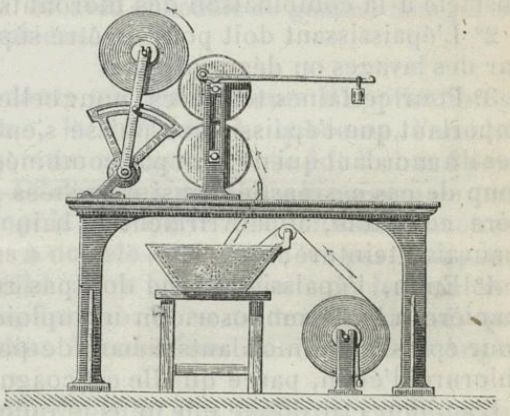


Fig. 590.

Après le placage, on laisse presque toujours les pièces enroulées pendant quelques heures, pour qu'elles s'imprègnent bien du mordant dans toutes leurs parties, puis on les sèche dans une chambre chaude à 35 ou 40°, qu'on nomme *Hott-flue*.

Lorsque les mordants doivent être seulement appliqués en des points déterminés, au moyen des planches, des rouleaux ou de la perrotine, on leur donne une certaine consistance avec de la gomme du Sénégal, de l'amidon cru ou torréfié, du léïocome, de la dextrine blanche, de la gommeline, de la fleur de farine, ou un mélange de gomme et de terre de pipe, suivant le genre d'ou-

(1) Pour plus de détails, tant sur les machines à imprimer que pour toutes les autres parties de l'art de l'imprimeur sur tissus, je renvoie à l'excellent et classique ouvrage de mon honorable ami M. Persoz : *Traité théorique et pratique de l'impression des tissus*. — 4 vol. in-8°, avec atlas. — Chez Victor Masson, libraire éditeur, place de l'École de médecine, Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vrage. On emploie encore parfois la gomme adragante, le salep, la gélatine, le saccharate de chaux.

Afin d'apercevoir plus facilement les dessins sur les toiles, on colore habituellement les mordants avec une légère dose d'une décoction de la matière colorante qui doit servir à la teinture définitive.

L'art d'épaissir les mordants, selon la nature de l'impression, est une des opérations les plus importantes de la fabrication des indiennes; il exige une longue pratique, et de lui dépend souvent tout le succès. En général, on a égard aux quatre conditions suivantes :

1° Pendant l'impression, l'épaississant ne doit pas être un obstacle à la combinaison des mordants avec le tissu;

2° L'épaississant doit pouvoir être séparé facilement de l'étoffe par des lavages ou dégorgeages;

3° Pour certaines teintures, pour celle en garance surtout, il est important que l'épaississant puisse s'enlever sans retenir les parties du mordant qui ne sont pas combinées au tissu, car dans beaucoup de cas ces parties ainsi détachées précipiteraient de la matière colorante, appauvriraient le bain et occasionneraient une mauvaise teinture;

4° Enfin, l'épaississant ne doit pas réagir sur le mordant de manière à le décomposer. On n'emploie donc jamais la gomme pour épaissir les mordants à base de peroxyde de fer, de protochlorure d'étain, parce qu'elle est coagulée par ces sels.

L'amidon cru donne une plus grande consistance que tous les autres épaississants. La gomme du Sénégal épaissit plus que le léïocome, et celui-ci plus que la dextrine. Les trois dernières substances conviennent particulièrement pour les solutions alcalines et acides, et surtout pour les impressions délicates au rouleau et à la planche plate.

Deux mordants de même densité, mais épaissis avec des matières différentes, donnent des teintes dont l'éclat et l'intensité varient suivant la nature de l'épaississant : ainsi, on remarque qu'un mordant à l'amidon se combine plus facilement avec l'étoffe, et fournit des teintes plus foncées que le même mordant à la gomme; cette variation tient, en général, à ce que les épaississants étendent plus ou moins les couleurs; ainsi, il est évident que 250 grammes d'amidon blanc étendent bien moins que 750 grammes de gomme du Sénégal, ce qui donne cependant à peu près le même degré de consistance.

Pour certaines couleurs, la gomme est préférable, parce qu'elle communique aux nuances plus de transparence, attendu que, malgré les lavages, il reste toujours un peu d'amidon avec le mordant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici quelles sont, le plus habituellement, les doses de chaque matière épaississante par litre de mordant, suivant les modes d'impression et la saison :

	grammes.		
Amidon blanc ou cru.	150.	pour imp.	au rouleau.
	170.	—	à la planche.
Léïocome, amidon grillé, dextrine blanche, gommeline.	375 à 525 en hiv.	—	au rouleau.
	500 à 700 —	—	à la planche.
	600 à 750 en été.	—	au rouleau.
	800 à 1000	—	à la planche.
Gomme Sénégal ou arabique.	280 à 350	—	des mordants d'alum.
	600 à 680	—	des mord. de violet.
	345 à 500	—	peu profonde.
	450 à 680	—	profonde.
Gomme adragante...	25 à 35 avec le double de gomme Sénégal ou d'amidon.		

L'épaississage des mordants ou des couleurs d'application se fait à froid, avec la gomme, la dextrine, le léïocome, l'amidon grillé, la gommeline, la gomme adragante. Il se fait à chaud pour l'amidon cru et la farine. Dans ce cas, on opère la cuisson du mélange, jusqu'à ce que l'empois soit arrivé à la consistance convenable, dans des chaudières à double fond chauffées par la vapeur. Voici la figure de l'appareil à cuire les mordants ou les couleurs généralement adopté dans les fabriques modernes, depuis que mon ancien élève Claudius Arnaudtizon l'a importé d'Angleterre (*fig.* 591).

Après la cuisson des mordants ou des couleurs, on les passe

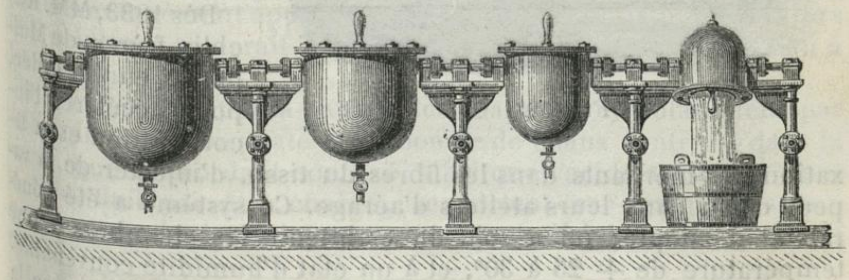


Fig. 591.

toujours à travers un tamis de crin ou une toile plus ou moins serrée, afin qu'ils soient en pâte bien homogène.

Un bon épaississant doit être assez hygrométrique pour que l'acide acétique du mordant puisse se dégager librement à travers la masse qui recouvre le tissu. Suivant la nature des mordants, on ajoute au moment de l'épaississage, pour remplir l'objet en ques-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion, un peu d'azotate ou de chlorure de zinc, d'huile tournante, d'essence de térébenthine, de glycérine, etc.

Une température de + 18 à 25°, combinée avec une humidité modérée, constitue les conditions d'un milieu favorable pour l'impression des mordants. Lorsque l'air des ateliers est trop sec, les mordants se dessèchent, deviennent trop cassants, et se combinent mal avec les tissus.

Après l'impression, on sèche les toiles pour vaporiser les acides des mordants, et pour que leurs bases se fixent solidement au tissu; mais il ne faut pas que cette dessiccation soit trop prompte. Le mieux, c'est de suspendre les toiles pendant 4 à 5 jours, dans des étendages ou des chambres chaudes, dites *chambres d'aérage* ou *d'oxydation* (*fig.* 592), où elles sont exposées à un courant ascendant d'air chaud et humide qui se renouvelle continuellement.



Fig. 592.

Dès 1833, MM. Kœchlin frères, de Mulhouse, eurent l'idée, pour accélérer l'incorporation et la fixation des mordants dans les fibres du tissu, d'injecter de la vapeur d'eau dans leurs ateliers d'aérage. Ce système a été généralement adopté; on a soin de maintenir les chambres à une température de + 25 à 30°, et à un état d'humidité convenable.

La durée du séjour des pièces dans ces chambres varie avec la nature des mordants, leur état hygrométrique, l'épaisseur de l'impression, etc.; elle va de 1 à 6 jours. Plusieurs fabricants ont augmenté le degré de chaleur et celui d'humidité au point d'obtenir en quelques heures des résultats satisfaisants. Les Anglais, en cousant les pièces bout à bout et les faisant passer d'une manière continue sur un grand nombre de rouleaux placés au haut et au bas de la chambre chaude dans laquelle de la vapeur s'é-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chappe constamment, sont arrivés à dégager, en quelques minutes, l'acide acétique des mordants.

C'est dans ces conditions que les sels de protoxyde de fer passent à l'état de sels de peroxyde, en absorbant l'oxygène de l'air; que l'aluminate de potasse absorbe l'acide carbonique et cède sa base au tissu dans un grand état de division; que l'acétate d'alumine, en perdant son acide acétique, abandonne sur la toile le sous-sulfate d'alumine qu'il tenait en dissolution, etc. Vous voyez par là, Messieurs, combien est importante cette partie de la fabrication qu'on désigne sous le nom général, mais assez impropre toutefois, d'*oxydation*. Il vaudrait mieux l'appeler, à l'exemple des Anglais, *aérage* (*ageing*).

L'opération qui succède à celle-ci n'est pas moins utile et délicate. Comme il y a toujours sur les toiles mordancées et sèches une partie du mordant qui n'est pas combinée, et de plus, l'épaississant et les matières colorantes qui ont servi à colorer le mordant, dont le rôle est terminé, on soumet ces toiles, au sortir des étendages, à ce qu'on appelle le *bousage* ou *dégommage*. C'est un passage en bains chauds, dont la nature varie avec celle des genres d'impression; le plus habituellement c'est la *bouse de vache* qu'on emploie, de là le nom de *bousage* adopté dans les ateliers depuis 1790.

Le bousage a pour but :

1° De déterminer l'entière combinaison de l'alumine avec l'étoffe, en séparant presque tout l'acide acétique qui ne s'était point volatilisé pendant la dessiccation du mordant;

2° De faire disparaître la plus grande partie de l'épaississant;

3° De détacher la partie du mordant non combinée, qui n'est que mécaniquement appliquée sur les fibres du tissu, et qui, lors de la teinture, coulerait sur les autres parties, et donnerait lieu à des taches;

4° D'empêcher, par la nature des matières, et notamment par l'albumine, les phosphate et carbonate de chaux contenus dans la bouse, que le mordant non fixé, ainsi que l'acide acétique, dont le bain finit par être chargé, se portent sur les parties non mordancées de la toile et soient préjudiciables au mordant fixé.

Le bain de bouse est renfermé dans une cuve plus longue que large AA (*fig.* 593), au fond de laquelle sont établis des rouleaux sur lesquels les toiles passent en serpentant, d'abord sur un rouleau, puis sous le suivant, et ainsi de suite; à l'extrémité de la cuve, il y a deux rouleaux de pression, *a*, qui débarrassent les toiles du bain de bouse. Il est difficile de déterminer la quantité de pièces que l'on peut passer dans le même bain; ordinairement celui-ci est composé de 30 kilog. de bouse pour 12 à 1500 litres d'eau; le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nombre de pièces qu'il peut bouser dépend entièrement de la nature des mordants et des dessins plus ou moins chargés.

La durée du bousage varie d'après les mêmes causes; elle est de 1 à 1 minute 1/2 dans la cuve continue, et de 15 à 20 minutes dans la cuve en second. On règle également la température du bain d'après la nature des mordants, ainsi que d'après celle des épaississants qui ont servi. Les mordants épaissis à l'amidon ou

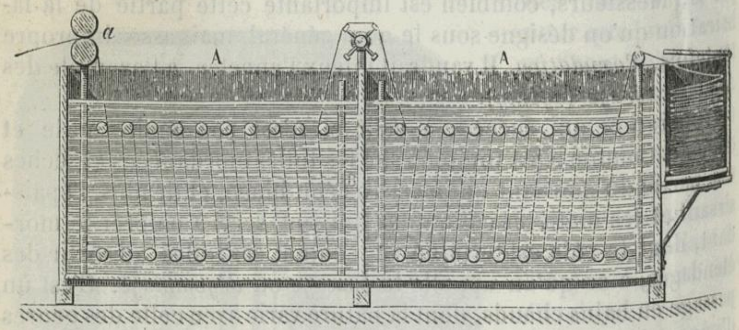


Fig. 593.

à la farine exigent une température plus élevée que ceux à la gomme, au léïocome ou à la dextrine; pour ceux-ci, on ne dépasse jamais 60 à 65°. On rafraîchit et on alimente constamment le bain, en y ajoutant en même temps un peu de craie pour l'empêcher de devenir acide.

On remplace souvent la bouse par le son, notamment pour les nuances jaunes et roses, qui seraient altérées par la couleur verdâtre que la première de ces substances communique toujours aux toiles.

Depuis 1840, on substitue à l'une et à l'autre, dans la plupart des fabriques, non pas pour tous les genres d'impression, mais dans plusieurs cas particuliers, certains sels, tels, entre autres, que le phosphate double de soude et de chaux, l'arséniate double de potasse et de chaux, le silicate de soude, etc. On les désigne d'une manière collective sous le nom de *sels à bouser*. Ils paraissent surtout préférables pour la fixation des mordants de fer. On les emploie à la dose de 50 à 80 grammes par chaque hectolitre d'eau. Presque toujours, on y associe un peu de bouse ou de gélatine pour préserver les parties blanches des pièces.

Après le bousage, on dégorge les toiles à plusieurs reprises à l'eau froide, soit dans des roues à laver, soit dans l'eau courante, pour séparer les dernières parties de l'épaississant et les matières étrangères provenant du bain de bouse. Cette opération devient surtout essentielle lorsqu'on veut teindre en garance; alors le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mordant ne saurait être trop neutralisé et dépouillé de toutes les substances qui pourraient intercepter son contact immédiat avec les parties colorantes.

Lorsque les toiles sont ainsi préparées, on les teint, à la manière ordinaire, dans des bains de garance ou d'autres matières tinctoriales. La couleur se fixe solidement sur les parties mordancées.

Le *garançage* ou la teinture des pièces mordancées s'effectue

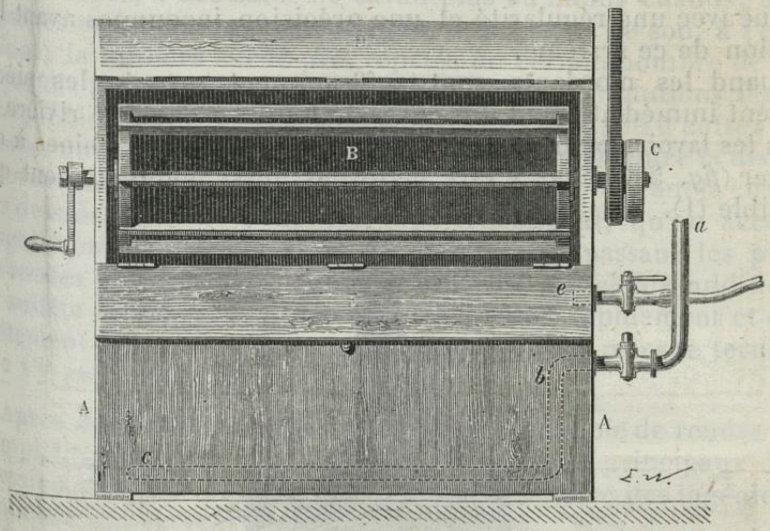


Fig. 594.

maintenant presque partout dans des caisses de bois qu'on chauffe à la vapeur, et qui sont surmontées d'un tourniquet sur lequel la pièce étendue au large passe continuellement jusqu'à ce que la couleur soit montée au ton convenable, ce qui demande un temps variable, suivant la nature et la force des mordants qu'il s'agit de teindre. Les figures 594 et 595 vous donneront une idée satisfaisante des *cuves à teindre* AA, A, qui sont ordinairement placées les unes à côté des autres, en plus ou moins grand nombre, dans un atelier qui porte le nom de *garancerie*, bien qu'on y teigne avec toute autre ma-

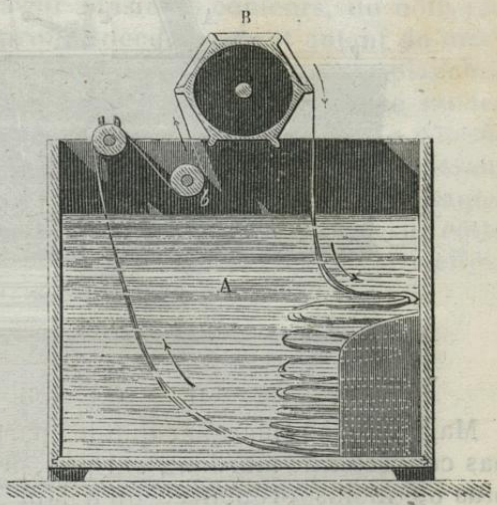


Fig. 595.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tière tinctoriale que la garance. Un grand tuyau qui part du générateur fournit de la vapeur à tous les tuyaux secondaires *abc*, munis de robinets, qui ont pour fonction de distribuer cette vapeur au fond de chaque cuve. Les tourniquets B,B sont mis en mouvement par un mécanisme simple C; de sorte que la main-d'œuvre, le combustible et le temps sont économisés d'une manière remarquable, en même temps que l'opération de la teinture en elle-même s'effectue avec une régularité et une précision inconnues avant l'adoption de ce système.

Quand les mordants sont suffisamment *saturés*, les pièces passent immédiatement des cuves de teinture dans la rivière ou dans les lavoirs pour y être rincées, puis dans les machines à dégorger (*fig.* 596) pour y être nettoyées aussi complétement que possible (1).

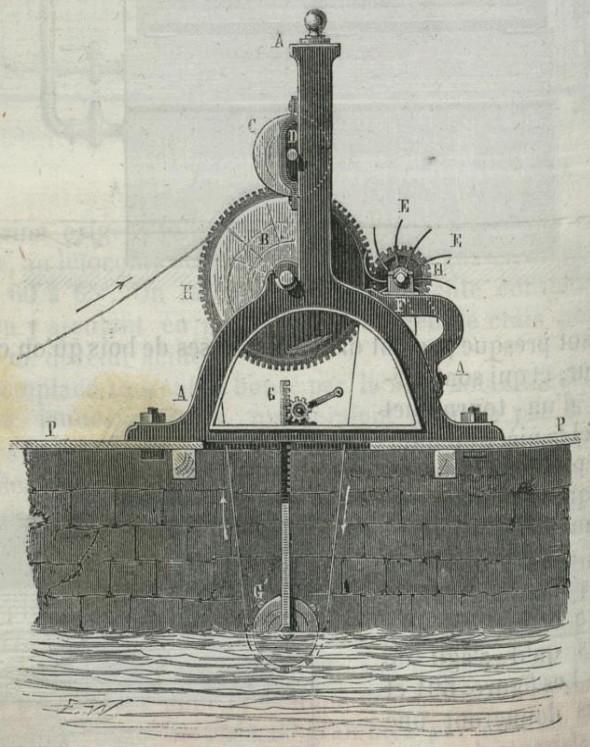


Fig. 596.

Mais il est à remarquer que les parties des pièces qui n'étaient pas couvertes de mordant, ont pris, pendant la teinture, une teinte plus ou moins prononcée qu'il faut faire disparaître; et, d'un autre côté, les couleurs fixées par les mordants n'ont pas encore

(1) Pour comprendre le jeu de cette figure, se reporter à la page 488 du tome II.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tout l'éclat et toute la solidité qu'elles peuvent acquérir. De là, l'opération dite *avivage*, qui suit immédiatement le garançage, et qui a le double effet de ramener au blanc les parties non mordancées et de rendre plus vives et plus stables les laques colorées qui se sont déposées sur les parties pourvues de mordant.

Pour ce blanchiment et cet avivage, on a recours, suivant les circonstances, à des bains de savon plus ou moins chauds, à des passages en acides ou en sel d'étain, à des bains de son, à l'exposition à la lumière sur le pré, répétés un certain nombre de fois, et parfois aussi on fait intervenir l'action de dissolutions légères d'hypochlorites de potasse, de soude ou de chaux, ou d'autres substances qui ont la propriété de dissoudre ou de détruire la matière colorante non combinée au mordant, tout en découvrant la couleur des dessins. M. Sacc a montré, tout récemment, qu'on accélère singulièrement les opérations de l'avivage, en passant les pièces savonnées dans un bain léger de chlorure de chaux additionné de sulfate de zinc; les tissus s'y blanchissent rapidement et complétement sans que la nuance des rouges et des roses se ternisse; elle s'y avive au contraire.

Après ces généralités qu'il ne m'est pas possible de rendre plus complètes, faute de temps, voyons les genres principaux d'impression, afin de vous donner une idée sommaire des ingénieuses pratiques qui servent à embellir les tissus.

1er GENRE : MORDANTS ET GARANCÉS. — C'est le genre fondamental et le plus important.

Lorsque l'indienne doit avoir plusieurs couleurs, du noir, du rouge, du lilas, etc., on imprime successivement autant de mordants qu'il y a de couleurs différentes, à l'aide de petites planches dites *rentrures*, qui ne portent les nouveaux mordants que sur les endroits du dessin réservés par la première planche, dite *planche d'impression*, ou par les rouleaux, ou par la perrotine. En passant ensuite la pièce dans le même bain de teinture, ou, après chaque impression, dans des bains différents, on voit apparaître sur cette pièce autant de nuances distinctes, qui s'harmonisent entre elles, et produisent des dessins variés d'un très-bel effet.



111.

Voici un échantillon de calicot sur lequel nous avons, à l'a-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vance, imprimé des dessins avec de l'acétate d'alumine, d'autres avec de l'acétate de fer, à deux degrés différents de concentration, et, enfin, quelques-uns avec un mélange de ces deux sels. En passant la toile dans un bain de garance ou de garancine, nous aurons des dessins rouges avec le premier mordant, des dessins noirs avec l'acétate de fer concentré, des dessins violets avec le même mordant affaibli, et des dessins puces avec les acétates d'alumine et de fer réunis. Je vous ferai remarquer que, dans l'échantillon présent, les pièces ont été passées en savon après la teinture, afin de nettoyer les blancs.

De même, en passant dans un bain de quercitron une toile chargée, par places, de mordant d'alumine, puis de mordant de fer, puis d'un mordant mixte des deux premiers, on a des dessins jaunes, fauves-verdâtres et olives.

Pour avoir une indienne fond blanc, chargée de dessins noirs et rouges ou violets, on imprime d'abord le mordant de fer, et on *rentre* le mordant de rouge ou de violet, ou mieux, on imprime à la fois les deux mordants, au moyen du rouleau ou de la perrotine, puis on passe dans un bain de garance ou de garancine; on blanchit le fond par un passage en savon. Les deux échantillons suivants donnent une idée de ces indiennes fond blanc :



112.



113.

Pour les indiennes à fond puce, chargées de dessins rouges, lilas et jaunes, on rentre sur l'indienne déjà garancée, un jaune au quercitron épaissi et additionné de sel d'étain, ou un jaune-vapeur à la graine de Perse ; on savonne ensuite, s'il y a, comme dans l'échantillon ci-joint, des dessins blancs :



114.

Pour les dessins bleus, on rentre sur l'indienne, déjà garancée, un mélange d'indigo, de soude caustique et de chlorure d'étain

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

convenablement épaissi, puis on passe dans une solution légère de potasse ou de soude, ou dans une eau de chaux saturée.

Pour les dessins chamois ou rouille, on rentre avec un mordant d'acétate de fer plus ou moins concentré et épaissi; on passe dans



115.

une eau de savon, puis on rince. C'est alors du peroxyde de fer qui est fixé sur la toile.

Pour les dessins *solitaire* ou bronze, on rentre avec une solution de sulfate ou de chlorure de manganèse, puis on passe dans de la lessive caustique, et ensuite dans un bain de chlorure de chaux, qui fait déposer et qui fixe sur la toile du peroxyde de manganèse qui la colore.

Pour les couleurs brunes, carmélites et de bois, on rentre avec



116.

une décoction de cachou, épaissie et additionnée de vert-de-gris et de sel ammoniac.

Ces exemples suffisent, je crois, Messieurs, pour vous faire comprendre comment on peut ainsi varier à l'infini les couleurs sur les toiles, et produire ces admirables tissus dont les dames se parent.

2e Genre : réserves. — Le bleu solide sur les toiles se produit avec l'indigo. Pour obtenir des dessins blancs ou colorés sur un fond bleu, on imprime à l'avance, sur les endroits qui doivent présenter ces dessins, des compositions qui portent le nom de *réserves*, et qui ont pour objet, en fournissant de l'oxygène à l'indigo dissous dans les *cuves*, de le rendre insoluble et impropre, dès lors, à se fixer sur la toile. Le sulfate et l'acétate de cuivre, jouissant de la propriété de réoxygéner instantanément l'indigo soluble, sont surtout les substances qui font la base des réserves. Les sels de zinc servent aussi au même usage. On épaissit la dissolu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion de ces sels, mêlés en proportions convenables, avec de la gomme et de la terre de pipe, ou de la farine.

On imprime la réserve comme les mordants, et, vingt-quatre heures après, on passe la toile dans une cuve de bleu à froid. L'indigo teint en fond uni toutes les portions non réservées. Après la mise en teinture, on passe la pièce dans de l'acide sulfurique faible, pour enlever l'oxyde de cuivre qui s'est précipité dessus. Au sortir de ce bain acide, les toiles sont portées tout de suite à la rivière, où on les laisse tremper jusqu'à ce que la réserve ait disparu en totalité. Les dessins blancs apparaissent alors sur le fond bleu. Ces indiennes sont connues sous le nom de *bleus en réserves*. En voici un échantillon :



117.

Lorsqu'on veut produire des dessins colorés sur un fond bleu, on introduit des mordants dans la réserve; puis, au sortir de la cuve à indigo, on lave la pièce pour enlever la réserve, et on la teint dans un bain de garance ou de quercitron, selon la couleur qu'on veut obtenir. Ce genre d'indiennes par *réserves mordancées* est connu sous le nom de *lapis*. En voici un exemple :



118.

Quelquefois aussi, on introduit dans la réserve des sels qui, devant se trouver plus tard en présence de certains autres, produiront sur le fond bleu des dessins colorés, dus aux précipités résultant de la double décomposition qui s'effectuera au moment du contact des sels différents. C'est ainsi que, si l'on ajoute à la réserve des sels de plomb, et qu'on passe ensuite la toile, au sortir de la cuve au bleu, dans un bain de chrômate de potasse, on aura des dessins jaunes. Ils seraient oranges, si le bain de chrômate était additionné d'une certaine quantité de chaux, et main-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tenu à la température de l'ébullition. Voici un échantillon de ce genre d'indiennes :



119.

3e GENRE : RONGEANTS. — Ce genre est très-varié, et peut se subdiviser en plusieurs catégories.

A. *Rongeants sur mordants.*—Très-souvent on s'y prend d'une tout autre manière que ci-dessus pour avoir des dessins de diverses couleurs sur un fond uni. Tantôt, après avoir mordancé une toile, on applique en des points déterminés, au moyen de planches, des substances qui ont la propriété de dissoudre le mordant et d'empêcher ainsi que la couleur ne prenne dans ces endroits, ce qui produit des dessins blancs sur le fond coloré. On nomme ces substances des *rongeants*. Ce sont ordinairement des acides végétaux, *citrique*, *tartrique*, *oxalique*, auxquels on associe quelquefois les acides minéraux, en petites quantités, pour aider à leur action. Tous dissolvent très-bien l'alumine et le peroxyde de fer appliqués sur les toiles. On les épaissit avant de les imprimer.

Supposons qu'on ait appliqué sur du calicot un mordant d'acétate de fer pour le teindre en noir. Si, lorsque le mordant est bien sec, on imprime un mélange d'acides tartrique, oxalique et sulfurique, épaissi avec de la terre de pipe et de la gomme, qu'on fasse sécher, qu'on lave et qu'on garance, la couleur noire se produira sur toute la toile, à l'exception des points où le rongeant aura été imprimé, parce que ce rongeant aura enlevé le mordant en formant des sels de fer solubles. Ces points resteront donc blancs. C'est ainsi qu'on fait les toiles pour deuil. Voici un exemple de ce genre d'impressions :



120.

Vous concevez que ce qu'on fait sur le mordant de noir peut se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faire de même sur des fonds de couleur puce, carmélite, violette, rouge, etc., puisqu'il ne s'agira que d'imprimer d'abord un mordant de l'une de ces couleurs, puis d'appliquer un rongeant blanc convenable, et enfin de garancer.

B. *Rongeants sur couleurs.* — Tantôt, après avoir teint une toile en couleur déterminée, on imprime sur elle des rongeants qui détruisent la couleur qu'elle a reçue.

Voici une toile teinte en *solitaire* au moyen du peroxyde de manganèse. Si j'imprime sur cette étoffe teinte une dissolution épaissie de sel d'étain, celui-ci va ramener le peroxyde à l'état de protochlorure de manganèse que le lavage entraînera, et par conséquent la toile redeviendra blanche là où le rongeant aura



121.

porté son action. J'aurai donc des dessins blancs sur un fond solitaire ou bronze.

Si je veux que les dessins, au lieu de rester blancs, aient une couleur différente, alors je mêle au rongeant, avant de l'appliquer, la couleur que je veux produire, parce qu'aussitôt que la nuance du fond est détruite, la couleur s'applique aux endroits que le rongeant a blanchis. Soient des dessins jaunes sur fond carmélite; j'imprime un *rongeant jaune* composé de sel d'étain et de



122.

chrômate de plomb épaissis, ou bien un mélange de sel d'étain, d'alun et de décoction de quercitron concentrée.

Pour des dessins *bleus*, on ajoute au rongeant du bleu de Prusse délayé dans de l'acide chlorhydrique; pour les *verts*, on emploie un mélange de ce bleu avec le jaune ci-dessus indiqué; pour les teintes *orange*, on se sert de sous-chrômate de plomb. Voici un exemple de ces *solitaires enluminés* :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les rongeants qui portent ainsi avec eux une couleur se nomment des *couleurs rongeantes*. Ils se composent le plus ordinaire-



123.

ment, avec un mélange d'acides, de sel d'étain et de la couleur que l'on veut obtenir. Les exemples précédents suffisent pour vous faire comprendre et leur action et la manière dont on les emploie.

C. *Enlevages par le chlore*. — Souvent pour ronger les couleurs, et surtout les couleurs de grand teint avec la garance, on se sert duchlore. C'est ce qu'on appelle alors des *enlevages*. M. Daniel Kœchlin, de Mulhouse, a fait connaître ce mode d'opérer, il y a une quarantaine d'années. Il consiste à imprimer, à la manière ordinaire, un rongeant blanc composé d'acides oxalique, tartrique ou citrique, sur les parties que l'on veut avoir blanches, et à passer ensuite l'étoffe dans une solution de chlorure de chaux, additionnée de chaux caustique, qu'on appelle *cuve décolorante*. L'acide



124.

du rongeant appliqué sur la toile décompose le chlorure, s'empare de sa base et met en liberté le chlore. Ce dernier ronge la couleur rouge et laisse du blanc partout où il a exercé son action. On lave tout de suite à grande eau, au sortir de la cuve décolorante, pour éviter que les liquides ne s'étendent et ne rongent plus qu'il ne faut.

En Angleterre et en Écosse, on parvient au même résultat par un mode différent, mais qui ne s'emploie que pour des mouchoirs d'une dimension égale. On superpose une quinzaine de mouchoirs teints en rouge des Indes sur une plaque de plomb de même grandeur; on recouvre la pile d'une autre plaque de plomb, et on rapproche les deux plaques l'une de l'autre de manière à presser les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouchoirs les uns contre les autres aussi fortement que possible (*fig.* 597). Les plaques métalliques sont entaillées de dessins à jour qui se correspondent et qui sont semblables à ceux qu'on veut produire sur les mouchoirs. A l'aide d'une presse hydraulique, l'on fait passer à travers la pile de mouchoirs une solution de chlore. Cette liqueur ronge seulement sur les parties des mouchoirs qui sont en regard des dessins, tandis que ne pouvant pénétrer le restant des tissus, en raison de la violente pression qui s'exerce sur eux, elle ne change pas leur couleur rouge primitive. La décoloration s'opère en 8 ou 10 minutes. On fait passer immédiatement une grande quantité d'eau pour enlever la liqueur corrosive, afin que les contours des dessins blancs soient bien nets; puis on blanchit et on nettoie les mouchoirs sortis de la presse pour donner au blanc un plus grand éclat.

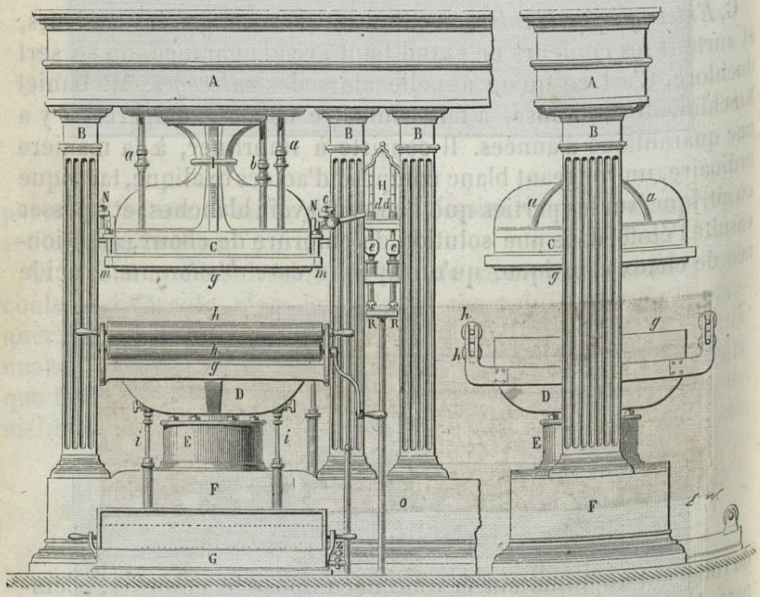


Fig. 597.

Voici la description de la presse employée dès 1823 dans la manufacture de MM. Monteith et Ce, à Glascow. La figure 597 représente l'appareil vu de face et en élévation :

A est le sommet ou entablement; B,B, les pilastres ou jumelles; C, le chapeau auquel est attachée la planche supérieure; D, le plateau mobile; E, le cylindre ou corps de pompe; F, le sommier de la presse; G, réservoir plein d'eau, dans lequel tombe l'étoffe en sortant de la presse; H, récipient contenant la liqueur décolorante.

a, *a*, tuyaux qui conduisent l'eau sur le tissu; *b*, tuyau à air; *c*, robinet qui permet à la liqueur de passer du réservoir H sur le tissu; *d*, *d*, tubes de verre gradués pour indiquer la hauteur de la liqueur dans le récipient; *e*, *e*, robinets de verre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour admettre la liqueur dans le récipient; R, R, robinets d'introduction de l'eau; *g*, *g*, les planches de plomb couvertes du dessin; *h*, *h*, rouleaux placés en avant de la presse et à travers lesquels passe l'étoffe, après avoir été soumise à l'action de la liqueur pour tomber ensuite dans le réservoir G; *ii* tuyaux de décharge pour l'eau et la liqueur; Z robinet pour remplir d'eau le réservoir G; *o*, tuyau qui conduit la liqueur dans le réservoir H; *m*,*m*, repères adaptés à chaque angle du plateau supérieur, et dans lesquels s'engagent des broches fixées sur la planche inférieure; NN vis pour régler la parfaite horizontalité des planches de plomb, de manière qu'elles correspondent exactement l'une avec l'autre.

Au lieu d'employer la presse hydraulique pour faire passer la liqueur décolorante à travers les mouchoirs, on a, d'abord, eu recours à l'effort de la pression atmosphérique. Pour cela, on faisait le vide sous la plaque métallique inférieure, et on laissait ensuite écouler le chlore sur la plaque supérieure; le liquide était ainsi poussé dans les vides des plaques par la pression de l'air.

C'est avec ces *presses à décharger* que les Anglais imitent ainsi les mouchoirs rouges à dessins blancs, qui sont connus dans les Indes sous le nom de *bandanas*, et qu'on avait été si longtemps sans pouvoir imiter. MM. Monteith fabriquèrent les premiers ces mouchoirs en 1822, et firent, par ce moyen, une fortune considérable.

D. Enlevages au chrômate. — Il est un autre genre d'*enlevage* que M. Thomson, fabricant d'indiennes à Manchester, a fait connaître en 1831, et qu'on emploie spécialement pour ronger les fonds bleus solides, obtenus au moyen de l'indigo. Ici on se sert du chrômate rouge de potasse, dont l'acide, une fois mis en liberté, exerce la même action destructive que le chlore sur les matières colorantes, ainsi que je vous l'ai montré déjà dans la première partie du cours (1).

Voici, en peu de mots, comment on obtient des dessins blancs sur bleu, tels que vous les offre l'échantillon ci-joint :



125.

On commence par donner à la toile, dans une cuve d'indigo, une teinte bleue plus ou moins foncée, puis on la *foularde* dans une dissolution de chrômate acide de potasse, et on la sèche à l'ombre. On imprime ensuite un rongeant composé d'acides tartrique, oxalique et chlorhydrique, et suffisamment épaissi. Aussitôt après

(1) Voyez 26e leçon, page 680.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'impression, on lave la pièce dans une eau de craie chauffée à 45 ou 50°, et on nettoie à l'eau courante. Le bleu est complétement enlevé partout où le rongeant a été appliqué.

Si vous vous rappelez, Messieurs, que l'acide chrômique est un composé peu stable que les matières organiques convertissent instantanément, sous l'influence des acides énergiques, en oxyde vert de chrôme et en oxygène; que ce dernier, d'un autre côté, opère sur-le-champ la destruction des principes colorants sur lesquels il est accumulé, vous concevrez, sans aucune difficulté, le rôle du chrômate de potasse dans le mode d'enlevage dont il est ici question. Il est aisé de voir, en effet, que le rongeant acide, appliqué sur la toile bleue imbibée de chrômate, s'empare d'abord de la potasse et isole l'acide chrômique; puis, que celui-ci, en présence de l'indigo, lui cède de l'oxygène, et se trouve ramené par là à l'état d'oxyde vert de chrôme qui se dissout dans l'excès d'acide du rongeant. C'est donc, dans ce cas, l'oxygène porté en trop grande quantité sur l'indigo qui en détermine la destruction, et qui l'*enlève* des endroits circonscrits par les dessins de la planche d'impression.

C'est là une des plus jolies applications des chrômates à l'art de l'indienneur. Il n'y avait qu'un chimiste qui pût l'entrevoir, car elle n'est pas du nombre de celles que le hasard fait parfois découvrir.

4e Genre : couleurs vapeur.— On appelle *couleurs vapeur*, celles qu'on ne fixe point sur les tissus par la teinture, mais par une simple exposition à la vapeur d'eau. C'est ce qu'on pourrait appeler une *teinture sèche*. Les couleurs sont vives et belles, mais elles



126.

n'ont point la solidité des couleurs grand teint; aussi doit-on les classer dans les couleurs petit teint.

Le principe sur lequel repose ce nouveau genre d'impression est le suivant : Former une laque colorée, la tenir en dissolution par l'intermède d'un acide volatil, épaissir la couleur, l'imprimer et la soumettre ensuite à l'action d'un courant de vapeur afin de chasser l'acide volatil et d'oxyder la laque, qui dès lors se précipite sur les fibres et s'y combine assez intimement. A la faveur de l'humidité et de la chaleur réunies, une combinaison plus intime s'établit entre la matière colorante, l'oxyde et le tissu, en sorte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que ces couleurs d'application qui, après l'impression, étaient si facilement enlevées par le lavage à l'eau pure, se trouvent consolidées à un haut degré, en même temps qu'elles acquièrent une vivacité qu'elles n'avaient pas avant ce traitement.

Cette action remarquable de la vapeur est une des découvertes les plus importantes qui aient été faites, depuis le commencement de ce siècle, pour l'art de l'indienneur. Chacun s'en dispute l'honneur, et il est assez difficile de décider cette question de priorité. On voit dans le tome VI de la *description des brevets d'invention* (page 288), que le sieur Viart prit, le 12 novembre 1811, un brevet pour une manière d'imprimer sur laine, brevet dans lequel il indique, pour fixer les couleurs, de presser sur les pièces imprimées un fer à repasser assez chaud; et il ajoute qu'on arrive au même but, *en faisant usage de la vapeur d'eau*, ou en faisant passer l'étoffe humide entre deux cylindres chauds.

D'un autre côté, M. Daniel Kœchlin affirme que, dès 1810, le fixage des couleurs au moyen d'un fer chaud était pratiqué par M. Georges Dollfus, de Mulhouse, qui, peu de temps après, de concert avec Loffet, de Colmar, remplaça la chaleur du fer par celle de la vapeur d'eau. Dès 1819, ce dernier moyen était exploité dans les environs de Paris, par la maison Ternaux; à Beauvais; au Logelbach, par les frères Haussmann. A l'exposition des produits de l'industrie, en 1819, des récompenses étaient décernées à ces derniers industriels et à Loffet. C'est celui-ci qui fit connaître aux fabricants anglais les procédés du fixage par la vapeur, ainsi que les moyens d'imprimer les châles imités du Cachemire. De Kurrer, d'Augsbourg, dans tous les cas, est le premier auteur qui ait décrit les différents procédés de l'impression au moyen des couleurs locales fixées par la vapeur.

Dans l'origine, on se servait de toiles huilées et mordancées en acétate d'alumine, comme pour la teinture en rouge d'Andrinople; on imprimait simplement les matières colorantes épaissies pour les couleurs rouge, rose, jaune, violet, et on vaporisait ensuite. Le vert se faisait avec la graine de Perse et le bleu-vapeur, le noir avec le campêche et l'acétate de fer. Les résultats qu'on obtenait ainsi étaient fort beaux; les couleurs étaient plus solides que celles que l'on fait actuellement. Il n'y avait que le blanc qui laissât à désirer, aussi ne fabriquait-on généralement que des genres à fond coloré. Mais comme ce mode de faire était très-dispendieux, on y a bientôt renoncé.

On se borna alors à agir sur tissus simplement mordancés en alumine, mis à la chambre d'oxydation pendant quelques jours et dégommés ensuite en eau de craie. On y imprimait les décoctions épaissies, et on vaporisait. Les résultats étaient assez satisfaisants; mais comme il arrivait fréquemment que les pièces emma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gasinées éprouvaient, au bout de quelque temps, un véritable coulage, c'est-à-dire que les couleurs se confondaient, que les blancs se salissaient sans que les pièces eussent été exposées à l'humidité, force fut bien d'abandonner cette nouvelle méthode.

Depuis une quinzaine d'années, on se sert de l'oxyde d'étain comme mordant, surtout pour le bleu de France et le gros vert. On précipite cet oxyde sur le tissu, soit au moyen du bichlorure d'étain seul, suivi d'un simple lavage, soit au moyen du stannate de soude qu'on passe ensuite en acide sulfurique faible, soit par le sulfo-muriate d'étain acide. On nettoie bien et on imprime sur ce tissu tandis qu'il est récemment préparé.

Une couleur vapeur doit toujours contenir, en certaine quantité, un sel hygrométrique, afin de maintenir l'épaississant dans un certain état de mollesse et de favoriser la condensation d'un peu de vapeur qui a pour effet de faciliter la dissolution et la combinaison intime de la laque avec le tissu. Sans cette addition, ou s'il y a insuffisance, on s'expose à avoir des places mal fixées et inégales de nuance. S'il y en a trop, la couleur peut couler et brouiller le dessin.

On choisit les sels et les acides non corrosifs, autrement ils détruiraient la fibre végétale à la haute température à laquelle on les soumet. Lorsqu'on est forcé d'avoir recours à un sel dont l'acide est très-énergique, on n'en introduit dans la couleur que la quantité strictement nécessaire pour contribuer à l'oxydation de la laque.

Les épaississants qu'on emploie doivent être, autant que possible, incolores pour les couleurs tendres, et, dans tous les cas, ils doivent pouvoir s'enlever facilement par les lavages.

Les décoctions des matières tinctoriales doivent être exemptes de parties résineuses ; il faut donc ne les employer que lorsqu'elles sont bien claires et depuis longtemps préparées; dans ce dernier cas, les matières colorantes sont déjà partiellement oxydées, et le fixage ne fait que compléter l'oxydation. Pour le bleu, obtenu toujours avec le cyanure double de fer et d'étain, c'est tout le contraire; en effet, la couleur la plus récemment préparée est celle qui donne les meilleurs résultats; le bleu n'a de solidité et d'éclat que lorsque le cyanure de fer s'oxyde et se développe sur la fibre même ; s'il est déjà en partie oxydé lors de l'impression, il n'a plus autant d'affinité pour le tissu.

Il y a une infinité d'appareils pour *vaporiser* les toiles imprimées. Dans les uns, les toiles sont placées les unes à côté des autres, ou les unes sur les autres; c'est quand on n'a pas à craindre les réapplicages de couleurs. Dans les autres, les toiles sont étendues de manière à ne pas se toucher. Il y a le vaporisage au *tonneau*, à la *cuve*, à la *colonne*, à la *chambre*, à la *guérite*, qu'on emploie suivant les genres. Il suffira, pour notre objet, de vous décrire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brièvement le fixage *à la colonne*, dont la figure 598 vous montre la disposition.

Cet appareil se compose essentiellement d'un cylindre de cuivre C, creux et percé d'une multitude de trous ; il est muni en haut d'un robinet R′, et s'ajuste à frottement dans le bas B avec une sphère de cuivre A munie d'un robinet R ; cette sphère communique par un tube inférieur avec un générateur de vapeur. On recouvre le cylindre C d'une chemise de drap ou d'un doublier de forte toile D, puis on y enroule, en les serrant énergiquement, les pièces à vaporiser ; on a soin d'interposer entre chaque tour un doublier pour éviter les réapplicages ; on enveloppe le tout d'un drap épais qu'on lie aux deux extrémités. Le cylindre ainsi garni est placé sur sa sphère. Généralement, on dispose à côté les unes des autres un certain nombre de ces colonnes dans une espèce de chambre ou de guérite de bois qu'on peut fermer à volonté pour éviter le refroidissement par l'air.

Lorsque tout est disposé, on ouvre le robinet supérieur du cylindre, puis le robinet inférieur, et lorsque la vapeur du générateur a fait irruption et chassé tout l'air de l'appareil, en élevant suffisamment la température, pour qu'il n'y ait plus de condensation, on ferme le robinet supérieur. La vapeur, ne trouvant plus d'issue pour sortir que les trous du cylindre C, passe à travers et pénètre peu à peu toute l'épaisseur des pièces superposées. La sphère A a pour but de retenir l'eau que le jet de vapeur entraîne.

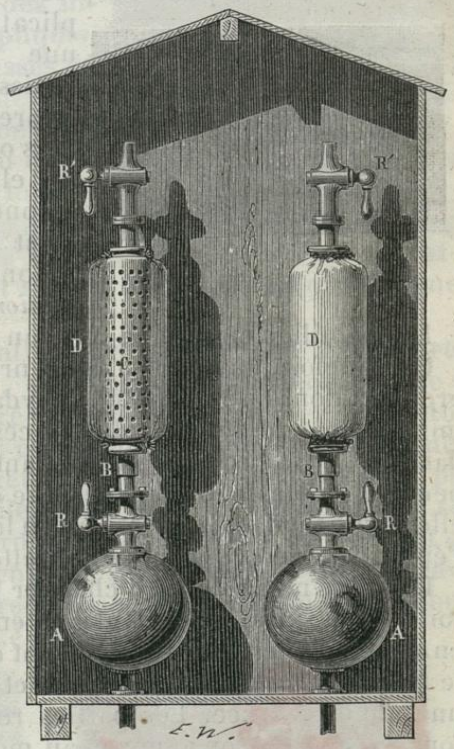


Fig. 598.

La pression de vapeur sous laquelle on opère doit être peu élevée. La durée du vaporisage varie de 30 à 45 minutes, suivant les genres. Lorsque l'opération est terminée, on déroule les pièces, on les étend pendant quelque temps, 24 heures environ, dans une chambre chaude et humide pour achever l'oxydation, et on les rince à l'eau courante. On les sèche ensuite le plus rapidement possible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici des exemples du genre *vapeur*, sur laine et coton :



127.



128.

5e GENRE : COULEURS DE CONVERSION. — Le bichrômate de potasse ayant, ainsi que je vous l'ai déjà dit, la propriété de foncer la nuance de la plupart des couleurs, on a tiré parti de cet effet, dans ces dernières années, pour obtenir par impression des tons différents sans multiplier les matières tinctoriales. Ainsi, après avoir soumis à l'action de la vapeur les pièces recouvertes de couleurs d'application, si l'on imprime dessus une dissolution de bichrômate épaissie à la gomme, les premières impressions deviennent plus foncées ou changent de nuances partout où elles sont rencontrées par les secondes impressions au chrômate. C'est à ce genre d'indiennes qu'on a donné le nom de *couleurs de conversion*.



129.

L'échantillon ci-joint en offre un exemple :

Quelquefois, lorsqu'on a des genres fond bleu de France ou fond gros vert dont on veut hâter l'oxydation après le fixage et obtenir immédiatement des tons plus foncés, on passe les pièces vaporisées dans une cuve à roulettes contenant une dissolution de chrômate neutre de potasse, ou un mélange de bichrômate et d'alun; de là elles tombent dans la rivière où on les laisse tremper jusqu'à ce que l'épaississant soit parti ; on les nettoie et sèche comme ci-dessus.

Un autre mode de faire changer une couleur déjà fixée sur la toile est le suivant : on foularde en bain de chamois, c'est-à-dire en acétate de fer, une toile portant des dessins rouges obtenus par le mordant d'acétate d'alumine et un passage au bouillon dans un bain de garance. Les parties rouges deviennent un peu plus foncées. Si alors, on apporte, au moyen d'une planche sur la toile, de l'acide sulfurique épaissi, cet acide dissout l'oxyde de fer et forme un sulfate qui, sur les parties rouges, se combine à la garance et la fait virer au violet, tandis que sur les parties chamois, il reste à l'état de sel soluble qui part au lavage et laisse ainsi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des places blanches. Ce nouveau genre est principalement employé pour les tissus-meuble. En voici un échantillon :



130.

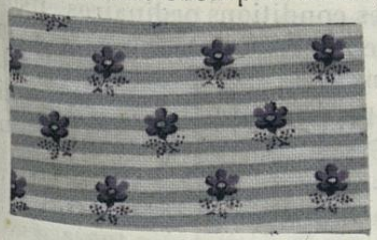
On fait virer les jaunes de chrômate de plomb en passant les toiles en eau de chaux bouillante qui ramène le chrômate neutre à l'état de sous-chrômate qui est plus ou moins foncé. En voici un exemple :



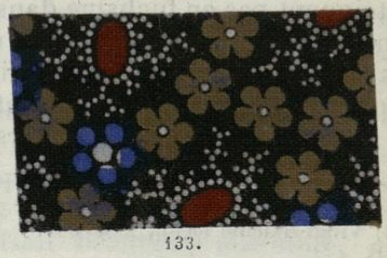
131.

6me GENRE : FIXAGE A L'ALBUMINE. — A l'origine de la fabrication des indiennes en Europe, on appliquait sur les tissus des poudres grasses ou des vernis dans lesquels on délayait les couleurs végétales ou minérales. C'était plutôt une peinture ou un coloriage qu'une opération chimique. Abandonné pendant longtemps, ce genre a repris quelque faveur depuis une quinzaine d'années pour les articles à bon marché; mais l'épaississant et le fixateur dont on fait usage est le caséate de chaux, le gluten et surtout l'albumine. Voici comment on agit dans ce dernier cas :

Dans une dissolution d'albumine additionnée d'une petite quantité de gomme Sénégal, on délaie jusqu'en consistance de pâte fluide la poudre colorée qu'on veut apposer sur l'étoffe (oxydes métalliques colorés, ocres, noir de fumée, bleu d'outremer, pâte-orange, laques végétales, etc.) ; on imprime cette pâte soit à la planche, soit au rouleau, on sèche et on vaporise à sec. L'albumine se coagule et forme un vernis solide transparent qui tient les poudres englobées entre et sur les mailles du tissu, avec assez de solidité pour les faire résister à l'action du savon bouillant. Voici des exemples de ce genre d'impression.



132.



133.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'échantillon suivant est fait avec l'oxyde de chrôme de M. Guignet, dont je vous ai parlé dans la 1re partie (1).


134.

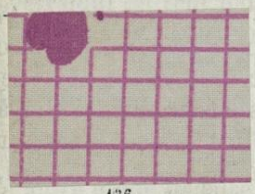
On coagule quelquefois l'albumine d'une autre manière. Ainsi, pour faire des impressions à la *pourpre française*, on imprime du noir-vapeur ou d'application et une solution d'albumine. On coagule celle-ci en passant les pièces dans l'eau bouillante, et on teint ensuite dans une solution de pourpre. Il n'y a que les parties recouvertes d'albumine qui prennent la coloration; on rince et bat, le fond reste blanc. — La solidité de cette nuance n'est pas très-grande; l'eau chaude et l'eau de savon la dégradent beaucoup.

Voici maintenant des exemples d'impression du *violet* et du *rouge* d'aniline.

Pour le *violet*, on mélange 25 grammes de violet d'aniline, un quart de litre d'eau chaude, 62 grammes de glycérine; on fait bouillir le tout pendant un quart d'heure, puis on verse dans la liqueur bouillante, 85 grammes de gomme Sénégal en poudre; on laisse refroidir, on tamise, et on y incorpore un quart de litre d'eau albuminée (faite à raison de 650 grammes d'albumine sèche par litre). Cette couleur, ainsi préparée, est imprimée, vaporisée, puis lavée.


135.

Pour les rouges et roses de fuchsine, on prend 100 grammes de fuchsine qu'on délaie dans un demi-litre d'eau chaude; on ajoute un demi-litre de glycérine; on fait bouillir pendant un quart d'heure; on filtre et on ajoute 450 grammes de gomme Sénégal pulvérisée; on tamise et on mélange avec 3 litres d'eau albuminée (500 gram. d'albumine sèche par litre d'eau); on imprime, on vaporise et on lave.


136.

Les tissus de coton mordancés (chargés d'oxydes métalliques) ne se teignent pas en fuchsine dans les conditions ordinaires, mais si l'on ajoute dans le bain colorant une matière astringente, il se forme des tannates métalliques qui attirent la couleur. Ce procédé de fixation est peu employé, sans doute parce qu'il exige la préparation de mordants extrêmement purs. Si, en effet, l'alumine contenait

(1) Vingt-sixième leçon, page 681.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelques traces de fer, il serait impossible d'obtenir un rouge pur.

Il vaut mieux, ainsi qu'on le pratique en Angleterre, préparer uniformément le tissu à l'étain, puis imprimer un mélange de fuchsine et de tannin.

Ce n'est pas à la fuchsine seule qu'appartient la propriété de se combiner aux mordants à la faveur du tannin, mais bien à la plupart des matières colorantes organiques. Il est à remarquer, d'ailleurs, que celles qui se combinent d'elles-mêmes aux mordants (garance, bois rouges, jaunes, etc.) contiennent toujours plus ou moins d'astringent.

Pour les impressions sur soie et laine, on dissout la fuchsine dans l'acide acétique et on épaissit à l'eau de gomme. Après l'impression, on fixe à l'étuve. Ici, il est indispensable d'employer la matière colorante débarrassée de toute substance étrangère, surtout de l'étain.

7me GENRE : COULEURS D'APPLICATION. — On réserve le nom de *couleurs d'application* à celles qui ne sont fixées ni par la teinture, ni par la vapeur, mais qui sont tout bonnement déposées sur le tissu.

Tantôt ce sont des laques colorées qu'on forme dans l'épaississant et qu'on laisse s'oxyder sur le tissu par une simple exposition à l'air. D'autres fois, ce sont des sels insolubles, formés ou incorporés dans l'épaississant, tels que le jaune et l'orange de chrôme, le bleu de Prusse, etc.

L'épaississant qu'on emploie doit donner peu de raideur au tissu et se laver facilement. Le plus habituellement, c'est l'amidon pour les couleurs foncées, et la gomme adragante pour les couleurs claires.

Les laques colorées se font en ajoutant des sels d'alumine, de fer ou le bichlorure d'étain, en plus forte proportion que pour les couleurs-vapeur, dans les décoctions concentrées de matières tinctoriales. Il n'est pas nécessaire que ces sels ou mordants soient à acides volatils.

Les couleurs *rouges* se font avec les décoctions de cochenille, d'orseille, des bois de Brésil, de Sainte-Marthe ; les *jaunes* de toutes nuances, avec les graines de Perse ou d'Avignon, le curcuma, le rocou, le quercitron ; les *noirs* et les *gris*, avec la noix de galle, le bois de Campêche.

Lorsque les couleurs, épaissies et additionnées d'un sel hygrométrique, ont été imprimées sur le tissu, on expose celui-ci dans un air chaud et humide pour que la matière colorante s'oxyde et se fonce. Lorsque la nuance est arrivée au point désiré, on met tremper à l'eau courante, on lave légèrement et on fait sécher le plus rapidement possible. Des lavages trop répétés appauvrissent les tons.

Les couleurs d'application sont les moins solides de toutes ; elles passent vite à l'air. On en faisait beaucoup autrefois ; mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les bas prix des genres bon-teint ont fait délaisser cette fabrication; on ne s'en sert plus guère aujourd'hui que comme couleurs d'enluminage dans certains cas.

Les impressions sur laine présentent, en général, beaucoup plus de difficultés que celles sur soie et coton. Une des causes principales provient du soufre qui entre dans la composition élémentaire de la laine. Ce soufre a le grave inconvénient de s'unir à plusieurs matières métalliques qui peuvent se trouver en contact avec la laine, et de donner naissance à des sulfures qui colorent cette étoffe en noir, en brun, ou en couleur de rouille. Les sels et les oxydes de cuivre ne peuvent être frappés par la chaleur, lorsqu'ils sont en contact avec la laine plus ou moins humectée, sans produire avec elle une couleur de rouille. Eh bien! cette difficulté ne se rencontre jamais avec la soie et le coton, exempts qu'ils sont de soufre élémentaire.

En terminant ces considérations générales sur la fabrication des tissus imprimés, je vous répéterai, Messieurs, que ce bel art, qui emprunte tous ses procédés à la mécanique, et surtout à la chimie, a fait de grands progrès depuis que la connaissance de ces deux sciences est devenue plus familière aux industriels. C'est le perfectionnement de la gravure et des machines à imprimer, ce sont les nombreuses découvertes des chimistes modernes, qui ont donné à nos fabricants d'indiennes une supériorité marquée sur les Indiens (leurs premiers maîtres dans cette partie), sous le rapport du bon goût et de l'élégance des dessins, de la netteté et de la rapidité d'exécution, de la variété, du brillant et de la solidité des couleurs.

SOIXANTE-DEUXIÈME LEÇON.

DES ORGANES EMPLOYÉS DANS L'INDUSTRIE. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Matières servant à la fabrication de la gélatine et des cuirs. — De la *peau*. — De la *gélatine* et de la *chondrine*. — Composition, caractères et fabrication de la gélatine. — Des diverses espèces de gélatine commerciale. — Du *tannage* et de sa théorie. — Des *os* et des *dents*. — Extraction de la gélatine des os. — Huile animale de Dippel. — Noir animal. — Fabrication des sels ammoniacaux. — Du suif d'os. — De l'ivoire animal et végétal.

§ 1. Matières servant à la fabrication de la gélatine et des cuirs.

DE LA PEAU.

La peau des animaux est une membrane qui recouvre les muscles et les os. Elle se compose de trois parties appliquées les unes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur les autres, à savoir : l'*épiderme*, le *tissu réticulaire* et le *derme*. Je ne relaterai ici que ce qu'il y a de plus essentiel à connaître sur ces diverses parties.

1. L'*épiderme* ou *cuticule* est ce tissu sec, transparent, élastique et écailleux, qui est la couche la plus extérieure, et qui, lorsqu'il s'épaissit, forme ces prolongements particuliers dont le corps des animaux est recouvert, tels que poils, laine, cheveux, plumes, écailles, cornes, ongles, griffes, serres et sabots. Ce tissu, comme les prolongements qui en dérivent, est essentiellement formé d'une matière azotée, ayant la plupart des propriétés de l'albumine coagulée et de la fibrine; il ne renferme qu'une fort petite quantité de matières salines et terreuses.

Quelles que soient les différences que présentent dans leur apparence extérieure le tissu épidermique et les prolongements qu'il supporte, toutes ces substances offrent une grande analogie de composition, comme le démontrent les analyses suivantes, dues à MM. Scherer, Mulder, Tilanus et Fremy :

	ÉPIDERME de l'homme.	ÉPIDERME de la plante des pieds.	CORNES de bœuf.	ONGLES d'homme.	POILS de barbe.	CHEVEUX.	BARBES de plumes.	TUYAUX de plumes.	SABOT de cheval.	ÉCAILLES des reptiles.
Carbone.....	50,34	50,894	51,578	51,089	51,529	50,139	50,434	52,427	50,4	53,6
Hydrogène..	6,81	6,781	6,712	6,824	6,687	6,647	7,110	7,213	7,0	7,2
Azote.....	17,22	17,225	17,284	16,901	17,936	17,936	17,682	17,893	16,7	16,3
Oxyg. et souf.	25,63	25,100	24,426	25,186	23,848	25,278	24,774	22,467	25,9	22,9
Totaux..	100,00	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,0	100,0

Vauquelin avait rapporté les couleurs différentes que possèdent les poils et les cheveux à la présence ou à l'absence d'huiles diversement colorées. Cette opinion a été contredite, en 1843, par M. Van Laer, qui n'a pas trouvé d'huiles dans les productions pileuses, et qui n'a pu y découvrir de matières colorantes particulières, au moyen des réactifs; mais il y a constaté 5 pour 100 de soufre, en moyenne.

Toutes les compositions, tant liquides que solides, vendues par les coiffeurs pour teindre les favoris, la barbe et les cheveux, renferment de l'azotate d'argent ou de la céruse, ou du minium, associés presque toujours à un peu d'alcali. La matière noircissante est donc du sulfure d'argent ou du sulfure de plomb qui se forme autour et dans le tissu corné des cheveux. L'emploi de ces compositions n'est pas sans danger; il survient presque toujours des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inflammations plus ou moins vives du cuir chevelu, et parfois un commencement d'empoisonnement.

2. Le *tissu réticulaire* ou *papillaire*, formé de fibres nerveuses, est regardé comme le siége des papilles destinées à la perception du tact, et de la matière colorante ou *pigmentum* qui donne à la peau des animaux les couleurs qu'elle offre. Cette matière colorante est noire chez les Africains, brune chez les Asiatiques et les Américains, et la plupart du temps si peu développée chez les Européens, qu'elle ne perce pas à travers l'épiderme; aussi les appelle-t-on *blancs*, par comparaison avec les habitants des autres parties du monde. On n'a pu isoler cette matière colorante, en sorte qu'on ignore et sa composition et ses propriétés chimiques.

3. Le *derme* ou *vraie peau* est une membrane plus ou moins épaisse, formée de fibres entrelacées, comme feutrées, douées d'élasticité, et qui est entièrement convertible en gélatine par l'action de l'eau bouillante. Par la dessiccation, elle devient jaunâtre, demi-translucide et raide, mais flexible et non cassante; elle perd sa rigidité par son immersion dans l'eau froide.

La peau fraîche, débarrassée, à son côté interne, de la graisse et du tissu cellulaire; à son côté externe, des poils, de l'épiderme et du tissu réticulaire, renferme sur 100 parties en poids, d'après le chimiste allemand Wienholt :

Tissu cutané proprement dit (y compris tissu cellulaire et vaisseaux)		32,53
Liquides	Albumine	1,54
	Matière extractive soluble dans l'alcool	0,83
	Matière extractive soluble dans l'eau seulement	7,60
	Eau	57,50
		100,00

Deux industries très-importantes exploitent les peaux des animaux, à savoir : la fabrication de la gélatine et la confection des cuirs. C'est ici le lieu de vous en parler.

DE LA GÉLATINE ET DE SA FABRICATION.

Quand on soumet à l'action prolongée de l'eau bouillante du tissu cellulaire, de la peau, des tendons, des cartilages, etc., on voit ces matières se gonfler, se ramollir, et enfin se dissoudre presque sans résidu. La liqueur, par le refroidissement, se prend en une masse tremblante ou gelée, qui, par l'exposition à l'air, se dessèche et forme alors une substance dure et cassante, incolore, dépourvue d'odeur et de saveur, et susceptible d'une conservation indéfinie, lorsqu'on la soustrait à l'humidité. C'est à cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

substance qu'on donne, depuis bien des années, le nom de *gélatine*.

Ce principe immédiat n'existe point tout formé dans les organes des animaux, comme on l'a pensé pendant longtemps. C'est le résultat de la transformation des tissus cellulaires cutanés, cartilagineux, etc., par l'action de l'eau bouillante, en un principe qui paraît être isomérique avec eux; et cette transformation s'opère en présence ou hors du contact de l'air, sans qu'il se manifeste aucun phénomène apparent, et à peu près de la même manière que s'opère la conversion de l'amidon ou du ligneux en sucre.

Pendant longtemps, on a cru que le produit de cette transformation des tissus animaux était toujours le même; mais les expériences récentes de MM. Jean Muller, de Berlin, et Vogel fils, de Munich, ont démontré que la matière gélatiniforme, extraite des cartilages, diffère très-notablement de la gélatine retirée des os et des autres tissus cellulaires; aussi l'ont-ils distinguée par le nom de *chondrine*, du mot grec *chondros*, qui veut dire *cartilage*.

Sous le rapport de la composition et des propriétés chimiques, ces deux substances, de même que les tissus qui les fournissent, diffèrent considérablement des matières albuminoïdes dont j'ai parlé précédemment; elles ne renferment ni soufre, ni phosphore; et, d'après M. Mulder, de Rotterdam, elles sont ainsi constituées dans leur plus grand état de pureté :

	Gélatine.	Chondrine.	Colle de poisson.	Tendons de veau.	Cartilages des côtes de veau
Carbone.....	50,17	50,61	50,56	50,43	50,20
Hydrogène..	6,25	6,58	6,90	7,17	7,05
Azote.....	19,32	14,44	18,79	18,37	14,90
Oxygène....	24,26	28,37	23,75	24,03	27,85
	100,00	100,00	100.00	100,00	100,00

Vous voyez qu'il n'y a pas de différences appréciables entre la gélatine et les tissus qui la produisent, comme entre la chondrine et les matières animales d'où elle dérive. Il y a seulement entre ces principes et les tissus qui les fournissent toute la différence qui peut exister entre un corps complétement organisé et un produit de métamorphose.

Je laisserai maintenant la *chondrine* de côté, pour ne m'occuper que de la *gélatine*, le seul de ces principes immédiats qui ait reçu des applications.

Cette matière, tout à fait neutre, est solide, incolore, transparente, inodore, insipide, plus dense que l'eau, dure comme la corne, fragile quand elle est très-sèche, mais flexible, élastique et très-tenace quand elle est un peu humide.

Elle se ramollit et peut même entrer en fusion à la température

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de + 100°. Chauffée au delà, elle répand une odeur particulière, brunit, se boursoufle, exhale des fumées ayant l'odeur de corne brûlée, puis s'enflamme, brûle quelques instants, et laisse un charbon volumineux, difficile à incinérer; il ne reste qu'une trace de phosphate de chaux. Elle se décompose en vases clos, en donnant les produits propres aux matières azotées.

Dans l'eau froide, elle se gonfle, devient très-blanche, translucide, acquiert une augmentation de poids de 40 pour 100, et reste ainsi sans se dissoudre sensiblement. Elle est même très-peu attaquée par l'eau bouillante, à moins qu'on ne l'ait préalablement fait gonfler dans l'eau froide; dans ce cas, elle se dissout en proportions notables, mais toujours au bout d'un temps assez long. Les acides et les alcalis augmentent sa solubilité.

La solution de gélatine dans l'eau bouillante se prend, par le refroidissement, en une gelée transparente, dont la consistance varie suivant le degré de concentration de la liqueur. D'après Bostock, une solution qui ne renferme qu'un centième de son poids de gélatine, peut encore se prendre en gelée; lorsqu'elle n'en renferme plus que 1/150e, elle ne se solidifie plus.

La gélatine en gelée ou en dissolution s'altère assez promptement, au contact de l'air et à la température de + 16 à 20°; elle s'acidifie d'abord, et diminue de consistance.

Si elle est un peu soluble dans l'alcool faible, elle est complétement précipitée de sa solution aqueuse par l'alcool concentré, en flocons blancs, caillebottés. Sa gelée, mise en présence de ce liquide, éprouve une déshydratation, sous l'influence de laquelle elle se contracte beaucoup. C'est là le moyen qu'a employé l'artiste Gonnor, il y a une quarantaine d'années, pour obtenir d'une planche gravée des épreuves de plus en plus réduites (1).

La dissolution aqueuse de gélatine n'est troublée ni par les acides, ni par les alcalis, ni par l'alun et l'aluminate de potasse, ni par le brôme et l'iode, ni par les sels de fer, de cuivre et de plomb; mais les réactifs suivants agissent autrement :

Protochlorure d'étain...	Précipité blanc.
Bichlorure de mercure et azotates de mercure...	— soluble dans un excès de gélatine.
Chlore gazeux.....	Dépôt floconneux, blanc, nacré, en filaments visqueux, collants, élastiques.
Acide tannique de toutes les matières astringentes sans exception....	Précipité blanc-gris, abondant, en flocons caillebottés, solubles dans un excès de gélatine, et, à chaud, dans une lessive alcaline.

(1) Voir pour plus de détails : Précis de l'*Académie impériale des sciences* de Rouen, pour 1833, p. 99, et pour 1834, p. 87.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tannin forme, avec la gélatine, un composé si peu soluble, qu'une partie de gélatine dissoute dans 5 000 parties d'eau est encore sensiblement précipitée par la décoction de galle ou d'une matière astringente quelconque. Ce composé se réunit promptement en une masse collante, élastique, plus ou moins foncée, qui, après sa dessiccation, devient dure, cassante et imputrescible. C'est un composé analogue qui se produit dans le *tannage* des peaux, et qui constitue le *cuir*.

C'est parce que la gélatine est précipitée de sa dissolution par l'alcool et le tannin, qu'elle peut servir à la clarification des liquides qui renferment l'un ou l'autre de ces principes, comme le vin et la bière. Le précipité membraneux qui se forme au sein de la liqueur emprisonne, en se déposant, toutes les matières qui en altéraient la transparence. Si la colle de poisson agit mieux que toute autre espèce de gélatine, c'est qu'au lieu d'être un produit désorganisé soluble, cette colle est formée d'un tissu organique qui se gonfle et se divise seulement dans l'eau, en formant un réseau qui se resserre par suite de sa combinaison avec le principe astringent des liqueurs ou par l'action du principe alcoolique.

L'acide acétique concentré dissout complétement la gélatine ramollie. L'acide azotique la convertit à chaud en acide oxalique. L'acide sulfurique concentré la transforme, par l'ébullition dans l'eau, en plusieurs produits, entre autres en un alcaloïde nommé *Leucine* ($C^{12}H^{13}AzO^4$), et en une matière douce, sucrée, cristalline, que Braconnot (1) nomma *sucre de gélatine*, très-improprement, puisqu'elle ne peut fermenter, qu'elle admet de l'azote dans sa composition, et qu'elle n'a de commun avec le sucre que la saveur. C'est ce qu'on nomme aujourd'hui le *glycocolle* ($C^4H^5AzO^4$), espèce d'alcaloïde qui forme avec les acides des composés cristallins à proportions définies.

(1) Braconnot (Henri), à qui la chimie organique est redevable d'un si grand nombre de travaux utiles, est né à Commercy en 1780. Il était fils d'un avocat au parlement, exerçant au bailliage de Commercy. Après ses études commencées chez les bénédictins, il fut placé chez un pharmacien de Nancy. En 1795, il entra à l'hôpital militaire de Strasbourg en qualité de pharmacien de 3e classe et y resta jusqu'au licenciement de l'armée du Rhin en 1801. Il alla suivre les cours à Paris, et, après avoir obtenu de brillants succès dans les concours au Collége de pharmacie, il retourna à Nancy en 1807. Il y fut nommé directeur du Jardin de botanique. Braconnot savait observer avant tout, et démêler avec sagacité les phénomènes les plus complexes ; il était très-expérimenté dans l'analyse immédiate des plantes et de leurs produits. On lui doit une foule de découvertes, telles que la constitution chimique des corps gras, beaucoup d'acides végétaux nouveaux, la salicine, la populine, la saccharification des matières ligneuses, la xyloïdine, la légumine, le glycocolle, l'apïine, la leucine, etc. En 1823, l'Académie des sciences l'admit au nombre de ses correspondants. En mourant (1855), il légua sa fortune, évaluée à 300 000 fr., à la ville de Nancy.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les lessives alcalines ramollissent la gélatine, puis la dissolvent en laissant pour résidu un peu de phosphate de chaux; elles la changent aussi par l'ébullition en *glycocolle*.

Dans les arts, on distingue plusieurs espèces de gélatine, non pas qu'elles aient des propriétés chimiques distinctes, mais uniquement en raison de leur origine, de leur degré de pureté, de leurs usages.

1. La *colle de poisson* ou *ichthyocolle*, la plus estimée et la plus chère des colles commerciales, n'est autre chose que la membrane interne de la vessie natatoire de plusieurs espèces d'esturgeons très-communs dans le Volga et les autres fleuves qui se jettent dans la mer Noire et dans la mer Caspienne. On plonge la vessie natatoire dans l'eau froide pour la ramollir et en détacher la membrane extérieure; l'interne est ensuite roulée en tortillons auxquels on donne, quand ils sont à moitié secs, la forme d'une lyre ou d'un cœur, ou bien on la plie simplement en carrés, en plaques et en feuilles. On blanchit la matière encore humide à l'aide de l'acide sulfureux, et on la sèche.

On connaît dans le commerce : la *colle de Russie*, c'est la première qualité; la *colle de Cayenne*, qui arrive en morceaux épais comme la main, mais qu'on prépare en feuilles, en grands et petits cordons, notamment en Allemagne; la *colle en livres* ou *en tablettes*, préparée en Hollande et en Angleterre, avec les intestins de la morue; et la *colle en rubans*, nommée *queue de rat*, faite avec la vessie natatoire de la morue; c'est celle-ci que les limonadiers emploient pour la clarification du café.

La colle de poisson est surtout réservée maintenant pour donner du lustre et de la consistance aux étoffes de soie, aux rubans, aux gazes; pour monter les pierreries, contrefaire les perles fines; pour l'application des couleurs minérales et des laques sur les tissus en guise d'albumine sèche; pour recoller les fragments de porcelaine ou de verre, etc. Jadis c'était elle seule qu'on faisait servir à la clarification des diverses boissons alcooliques et à la confection des gelées alimentaires, mais on lui substitue avec économie les belles qualités de *colle de Flandre* dont je vais parler.

2. La *colle de Flandre* est une espèce de gélatine qu'on obtient en faisant bouillir dans l'eau les rognures de peau, de parchemin, de vélin, certaines espèces de cuir blanc, les peaux d'anguilles, de chevaux, de chats, de lapins, etc. On la prépare aussi avec le tissu cellulaire des os, débarrassé de tous les sels calcaires qui l'incrustent au moyen de l'acide chlorhydrique. Ce tissu cellulaire est ensuite converti en gélatine par l'action de l'eau bouillante.

Voici l'appareil qui sert au traitement des peaux et autres matières premières de cette industrie (*fig.* 599) :

A, réservoir à eau; B, chaudière où l'on fait cuire les matières avec l'eau; elle est munie d'un faux fond de tôle ou cuivre percé de trous comme une écumoire, afin d'empêcher que les matières plus ou moins volumineuses ne s'attachent au premier fond; C, chaudière inférieure destinée à recevoir et à concentrer en consistance convenable le liquide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gélatineux écoulé de la chaudière B; D, petit seau servant à porter le liquide dans les moules, après le repos et la clarification.

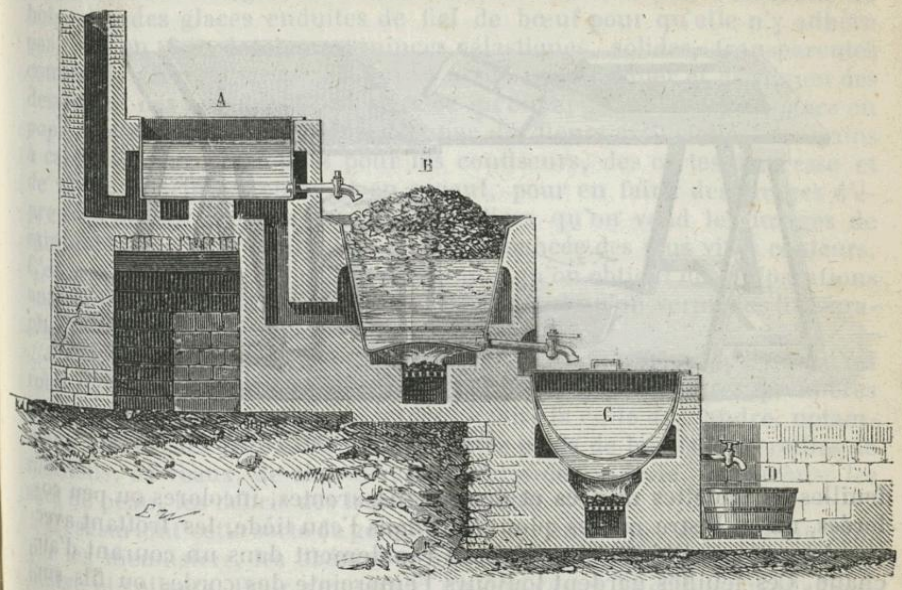


Fig. 599.

Les matières premières, dites *colles-matières*, sont d'abord mises à ramollir dans l'eau froide afin de les hydrater et de les dépouiller de la chaux qui a servi à leur conservation en magasins. On leur fait ensuite subir trois décoctions de 4 à 5 heures dans la chaudière B. Après soutirage dans la chaudière C, on clarifie les liqueurs gélatineuses en y introduisant quelques centièmes d'alun en poudre, et lorsqu'elles sont assez concentrées pour se prendre en gelée consistante par le refroidissement, on tire à clair et on les coule dans des moules de bois de sapin placés dans un endroit frais (*fig.* 600).

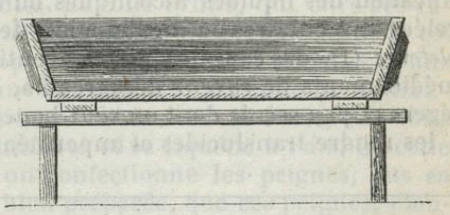


Fig. 600.

Au bout de 15 à 18 heures, la matière étant prise en gelée et complétement froide, on la détache des parois des moules au moyen d'un couteau flexible et mouillé, et on la fait tomber sur une table humide en renversant les moules. On découpe alors chaque pain de colle en tranches minces au moyen d'un fil de laiton (*fig.* 601), et on les fait sécher en les plaçant sur des treillages en cordes ou en fils métalliques dans un endroit tiède et aéré, dans des séchoirs en bois à feuillets mobiles, peu différents pour la construction des séchoirs de blanchisseurs. Ce n'est guère qu'au printemps et à l'automne que cette dessiccation des tranches de colle peut s'effectuer régulièrement et sans accident, car dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaleurs de l'été, la gélatine se liquéfie, et, dans les temps froids, elle se fendille, se gerce et se déforme.

Lorsque la dessiccation s'est faite convenablement, il en résulte des

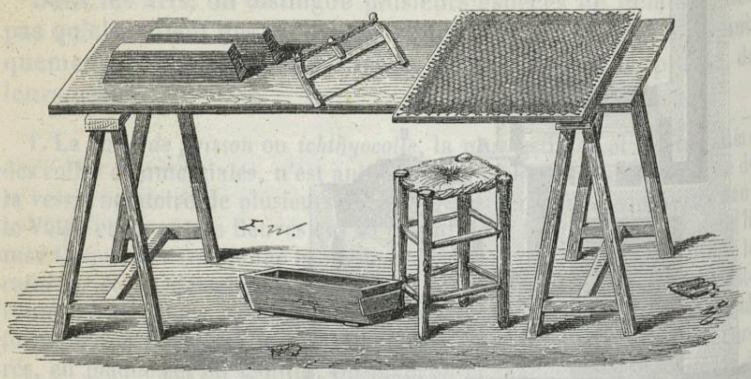


Fig. 601.

feuilles ou tablettes minces et demi-transparentes, incolores ou peu colorées, qu'on lustre en les plongeant dans l'eau tiède, les frottant avec une brosse mouillée, et les séchant rapidement dans un courant d'air chaud. Ces feuilles gardent toujours l'empreinte des cordes ou fils sur lesquels elles ont été placées.

La plus belle colle de Flandre est fabriquée, depuis longues années, à Rouen, avec des matières de choix; on l'appelle *Grenétine*, du nom de celui qui l'a mise en vogue et qui s'est appliqué à la substituer à la colle de poisson dans tous ses emplois.

C'est, en effet, cette sorte de gélatine qui sert communément à la clarification des liquides alcooliques ou astringents, à la préparation des gelées alimentaires ou médicinales, de la *colle à bouche*, du *taffetas d'Angleterre* (1), des capsules pharmaceutiques qui servent à envelopper les médicaments de saveur désagréable, au gommage ou apprêt des tissus légers et peu serrés dont on veut boucher toutes les mailles, de manière à les rendre translucides et imperméables à la poussière; c'est avec ces

---

(1) Les gelées alimentaires se font avec une dissolution de *grenétine*, additionnée de sucre, d'aromates et de vin généreux ou de rhum. 5 grammes de cette substance en hiver, 7 gram 1/2 en été suffisent pour donner à 100 grammes de liquide la consistance gélatiniforme. — Les confiseurs en introduisent presque toujours dans leurs gelées de pommes et de groseilles pour les rendre plus fermes.

La *colle à bouche* est une dissolution concentrée, sucrée et aromatisée de colle de Flandre, qui a été coulée en tablettes étroites, allongées et assez épaisses, dont la dessiccation a été effectuée à l'air ou à l'étuve.

Le *taffetas d'Angleterre* qui sert, comme on sait, à rapprocher les bords des plaies légères, n'est autre chose que du taffetas ordinaire dont l'une des faces a reçu plusieurs couches successives de gélatine aromatisée avec la teinture alcoolique de baume de Tolu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tissus ainsi préparés qu'on couvre les lustres, les garnitures dorées des cheminées, etc.

En coulant cette gélatine incolore ou colorée avec des décoctions de bois, sur des glaces enduites de fiel de bœuf pour qu'elle n'y adhère pas, on en fait des lames minces, élastiques, solides, transparentes comme le verre, dont on fait grand usage pour calquer et décalquer des dessins et des gravures (c'est alors ce qu'on appelle le *papier-glace* ou *papier-gélatine*), pour en confectionner des fleurs artificielles, des pains à cacheter, des enveloppes pour les confiseurs, des cartes d'adresse et de visite imprimées en or et en argent, pour en faire des tirages d'épreuves lithographiques; c'est par milliers qu'on vend les images de sainteté tirées sur gélatine incolore ou nuancée des plus vives couleurs. C'est encore avec la belle colle de Flandre qu'on obtient des préparations anatomiques transparentes comme le verre, et qu'on vernit les lithographies coloriées et les gravures.

3. La *colle forte*, qui est en tablettes plus ou moins épaisses, d'un roux ou d'un brun noirâtre, est préparée avec des matières premières plus communes que celles qui servent à faire la colle de Flandre, notamment : les os, les peaux, les tendons et les pieds de bœufs, les oreilles de moutons, de veaux, de chevaux, les débris de tannerie, les surons, les sacs de peau, les débris des bourreliers, etc.

C'est surtout cette sorte de gélatine qui est employée à chaque instant par les menuisiers, les ébénistes, les emballeurs, comme substance adhésive et collante. Pour s'en servir, on doit casser la colle en petits fragments, la laisser tremper dans l'eau froide pendant 5 à 6 heures, puis chauffer au bain-marie. Dès que toute la colle est fondue, elle est bonne à employer.

Une colle forte est d'autant meilleure pour coller le bois, qu'elle a été préparée à une plus basse température, et que, par cela même, elle se gonfle davantage dans l'eau froide sans s'y dissoudre ; c'est la plus tenace et la moins altérable à l'humidité. La colle brune, qui offre ces caractères, se vend sous le nom de *colle de menuisier*. Lorsqu'une colle est extraite au moyen d'une coction trop prolongée, elle est toujours moins tenace, et plus ou moins soluble dans l'eau froide, par suite de l'altération que la chaleur lui a fait éprouver ; ainsi la colle de Paris, dite *colle des chapeliers*, attire fortement l'humidité et se liquéfie à l'air. La colle de première qualité, avec laquelle on confectionne les peignes, dits *en écaille factice*, est, au contraire, si bien préparée, que ces peignes, plongés dans l'eau froide, y acquièrent un volume énorme sans rien céder au liquide. C'est avec une colle de ce genre qu'on confectionne les rouleaux d'imprimerie.

On prépare souvent une *colle liquide* en faisant dissoudre au bain-marie de la colle forte transparente avec un poids égal de vinaigre très-fort, un quart d'alcool et une petite quantité d'alun. Cette colle, que l'acide maintient fluide pendant longtemps sans aucune altération, est très-commode pour une foule de petites opérations, entre autres la soudure des fragments d'os, de corne, d'écaille, de nacre ; mais elle a moins de ténacité que la colle fondue à l'eau et employée chaude.

M. Dumoulin préfère ajouter 200 grammes d'acide azotique à 36° à la solution d'un kilogr. de colle forte dans un litre d'eau. Cette colle liquide,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

imputrescible, remplace avec avantage dans les laboratoires le lut au blanc d'œuf et à la chaux.

Les autres usages de la colle forte sont l'apprêt des tissus communs, l'encollage ou parage des chaînes de tisserands. Pour ces destinations, les colles les plus hygroscopiques sont les meilleures. Ce sont celles également qu'on ajoute dans les bains d'eaux minérales factices pour remplacer la matière organique contenue dans les eaux naturelles.

On distingue dans le commerce diverses qualités de colles fortes, et on les désigne par les noms des pays de fabrication. Les plus estimées sont celles de Rouen et de Bouxwiller; viennent en second lieu celles de Hollande, de Cologne, de Flandre, de Givet, préparées souvent avec des peaux d'animaux sauvages. Les plus faibles sont celles de Souabe, d'Allemagne, de Paris, obtenues avec les peaux des animaux domestiques.

4. La *colle au baquet* n'est autre chose qu'une colle tremblante, qu'on obtient avec les vieux gants et les peaux de lapins privées de leurs poils. On l'emploie principalement pour le collage des cartons, des papiers peints, dans la peinture en détrempe pour fixer les couleurs minérales communes dont on recouvre les murs.

Dans certains pays, on fait une pareille colle avec les ouïes, la tête entière, la queue et, en général, toutes les parties cartilagineuses des grands poissons sans écailles, tels que les marsouins, les requins, les sèches, les loups-marins, les baleines et autres cétacés.

DU TANNAGE OU FABRICATION DU CUIR.

La peau desséchée sans aucune préparation se pourrit aisément, s'imprègne d'eau avec facilité, et se détruit par un frottement répété. On remédie à tous ces inconvénients, et on la rend propre à la confection de nos chaussures, en tirant parti d'une propriété qui lui est commune avec presque tous les autres tissus des animaux : c'est de pouvoir s'unir intimement au tannin. Qu'on plonge un morceau de peau dans une dissolution aqueuse de tannin, ou dans la décoction d'une substance astringente quelconque, il enlève peu à peu ce principe à l'eau, qui, au bout d'un temps suffisant, n'en renferme plus aucune trace. Le composé ainsi produit est très-dur, tout à fait insoluble, imputrescible, et peut supporter les alternatives de sécheresse et d'humidité sans absorber l'eau. Cette réaction nous indique la théorie du *tannage*, nom que l'on donne à l'opération qui convertit les peaux des animaux en cuir.

Cet art a été pratiqué de toute antiquité, et l'on en retrouve des notions chez les peuplades les plus sauvages. Les Grecs et les Romains le portèrent à une assez grande perfection; mais c'est surtout depuis la fin du siècle dernier qu'il a fait des progrès immenses, grâce au secours de plusieurs chimistes, et entre autres de Séguin. Cette industrie, à laquelle on fait en général peu d'attention, est cependant très-importante; elle fournit à la fois les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

instruments et la matière première à une multitude de travailleurs, et satisfait également les besoins du luxe et ceux de la médiocrité. Dans les ateliers, dans les manufactures, dans les exploitations rurales, dans les habitations du simple particulier, partout vous rencontrez ses produits déguisés sous mille formes, mais toujours nécessaires, souvent indispensables. Pour vous donner une idée du mouvement des capitaux que cette industrie entraîne, je ne parlerai que d'un de ses produits les plus communs. Il y a quelques années, M. Say estimait que le nombre de souliers fabriqués en France s'élevait à 100 millions de paires, et que le salaire des ouvriers était de 300 millions de francs, somme énorme que la valeur de la matière première doit, au moins, doubler.

Toutes les plantes astringentes qui renferment du tannin en assez forte proportion, celles que le teinturier utilise pour obtenir des couleurs brunes ou noires, peuvent servir à la conservation des peaux, c'est-à-dire à leur transformation en cuir; toutefois, c'est, presque partout, l'écorce des chênes et spécialement du *chêne à crochets* (*quercus glomerata* des botanistes) (*fig.* 602) qu'on emploie. On la réduit en poudre grossière sous des meules; dans cet état, elle porte le nom de *tan*, et c'est de ce vieux nom que dérivent ceux de *tannerie*, de *tannage*, de *tanneur*.



Fig. 602.

Le tanneur exerce son art sur les peaux fraîches des animaux de boucherie et sur les peaux qui arrivent sèches, salées ou non, de plusieurs États d'Amérique, notamment de Bahia et de Buénos-Ayres. Chaque sorte de peau a sa destination spéciale. Ainsi :

Celles de buffles et de bœufs } servent à la fabricat. des cuirs forts.
— de vaches, de veaux, de cheval..... } — des cuirs mous.
— de moutons, de chèvres, d'agn., de chevreaux. } — des cuirs minces et flexibles pour gants et maroquins.
— de porc, de bouc, d'âne } — des cuirs pour coffres, cribles, tambours, etc.

Lorsqu'on opère sur les peaux fraîches, après les avoir dépouillées des chairs et des cornes, on les met à tremper dans l'eau pendant deux à trois jours pour les bien laver. Quand on agit sur les peaux exotiques, qui sont sèches et racornies, on les fait ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cérer dans l'eau, souvent même dans l'eau de chaux, puis pour les ramollir on les piétine et on les étire en tous sens.

Parlons d'abord de la fabrication des cuirs mous. Elle comprend quatre opérations distinctes :

La première dite *pelanage*, consiste à passer les peaux successivement dans quatre à cinq cuves (nommées *pelains* dans les ateliers), contenant un lait de chaux, de plus en plus riche en chaux récente. Cette macération, qui dure de trois semaines à un mois, a pour but d'ouvrir les pores de manière que les poils puissent être enlevés facilement.

La deuxième opération, nommée *épilage* ou *débourrage*, consiste à enlever le poil qui les recouvre. A cet effet, chaque peau est étendue sur un chevalet (*fig.* 603) du côté de la chair, et un ouvrier en râcle la surface pileuse avec un couteau émoussé, dit *couteau rond* (*fig.* 604). On les jette à l'eau au fur et à mesure, puis on les reporte sur le chevalet, où, avec un couteau tranchant à lame circulaire, on enlève les chairs encore adhérentes, l'épiderme qui ne se combine pas au tannin, les bords et les portions de peau inutiles. Avec une pierre de grès, pareille aux pierres à faux, on adoucit le *grain de la fleur*, c'est-à-dire le côté du poil, en faisant disparaître les petites protubérances qui s'y montrent ; enfin on passe de nouveau le couteau circulaire sur les deux faces de la peau jusqu'à ce que l'eau de lavage n'entraîne plus d'impuretés.

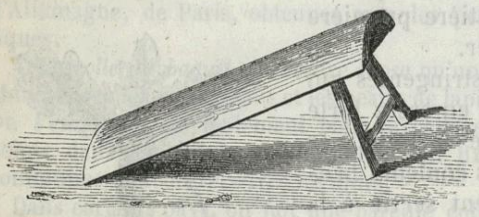


Fig. 603.



Fig. 604.

Dans ces dernières années, M. Félix Boudet a grandement amélioré les deux opérations précédentes en substituant la soude caustique à la chaux, pour le pelanage. Il reste toujours de cette dernière, quoiqu'on fasse, dans les pores de la peau ; aussi, lorsqu'on met celle-ci en présence du tannin, il se forme un tannate de chaux insoluble, qui ralentit considérablement l'absorption du tannin par la peau, et qui, dans tous les cas, diminue beaucoup la souplesse du cuir. — Avec la soude, ces inconvénients ne sont plus à craindre ; le pelanage s'effectue en quelques jours ; le travail sur le chevalet est rendu plus facile, et le tannage s'opère ensuite en moitié moins de temps.

La troisième opération, qu'on appelle *gonflement*, a pour but d'ouvrir autant que possible les pores de la peau afin de faciliter l'absorption du tannin. On arrive à ce résultat en tenant les peaux plongées, pendant plusieurs jours, à la température ordinaire, dans de la *jusée*, qui n'est autre chose que de l'eau aigrie par son contact avec de la *tannée* ou tan usé. On commence par des liqueurs faibles ; on relève les peaux chaque jour, pendant les trois ou quatre premiers, en ajoutant à chaque immersion un à deux paniers de tannée ; on laisse en repos pendant quelques jours, puis on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les porte dans une infusion de tan neuf, marquant 0°,9, dans le sein de laquelle elles restent pendant une quinzaine de jours. Lorsqu'elles ont acquis une couleur blonde, elles sont prêtes à subir la quatrième opération.

Cette 4e opération est le *tannage* proprement dit, ou la *mise en fosses*. On superpose les peaux dans de grandes cuves de bois ou de maçonnerie imperméable, qu'on appelle *fosses*, avec du tan dont les couches ont quelques centimètres d'épaisseur. Chaque fosse peut contenir de 6 à 700 peaux. On termine par une couche épaisse de tan neuf, puis de tannée, on recouvre le tout de planches et de pierres, et on fait arriver de l'eau de manière à abreuver toute la masse. Le tannin de l'écorce se dissout et est successivement absorbé par les peaux, qui se durcissent. Au bout de quelques mois, on renouvelle le tan et on replace les peaux en sens inverse, celles de dessus au fond et réciproquement; on laisse séjourner le même temps, en sorte que le tannage n'est complet qu'au bout du sixième ou du huitième mois, selon l'épaisseur des peaux. Celles-ci sont alors du *cuir* qu'on nettoie et qu'on livre aux corroyeurs.

Le tannage des peaux destinées à fournir des cuirs forts ne présente que de légères différences. Au lieu du *pelanage* à la chaux ou à la soude, on empile les peaux dans une chambre chauffée entre 20 à 25°, pour déterminer dans la masse une légère fermentation putride, ou bien on les expose pendant 24 heures à l'action de la vapeur à cette température. Pour le *gonflement*, on ajoute à la jusée un peu d'acide sulfurique. La *mise en fosse* dure de 18 mois à 2 ans, en remplaçant deux ou trois fois le tan durant ce laps de temps. — Au sortir des fosses, on fait sécher lentement les cuirs, à l'ombre, puis on les martelle sur des tables de pierre ou de marbre, afin qu'ils restent le moins spongieux possible. Dans certains établissements, on remplace le martelage par le foulage au moyen de cylindres lamineurs très-lourds qu'on fait rouler sur les cuirs étendus sur des tables chauffées à la vapeur.

Les peaux, tannées convenablement, ont une couleur jaune plus ou moins foncée, dans toute leur épaisseur. On ne consomme pas beaucoup moins de 300 kil. de tan par 100 kil. de peau fraîche, et le poids de celle-ci s'élève à 150 kil. par le tannage.

La longueur de ces procédés a fait rechercher des méthodes plus expéditives. Dans quelques localités, on coud les peaux comme des sacs, on les remplit d'eau et de tan, puis on les tient plongées dans une infusion de tan. Par ce moyen, dit *tannage au sippage* ou *à la danoise*, les cuirs sont confectionnés en deux mois.

Armand Séguin, chargé, en 1792, de procurer des cuirs au gouvernement, dans un instant où les besoins de cet objet, si essentiel aux armées, étaient urgents, parvint à tanner, en vingt-cinq jours, non-seulement les baudriers, mais même les cuirs les plus forts. Son procédé consistait à tremper les peaux dans des infusions de tan, d'abord très-faibles en tannin, puis de plus en plus chargées de ce principe, et à mettre en fosse pendant quelque temps, pour terminer le tannage. Mais les cuirs ainsi obtenus n'étaient pas de très-bonne qualité. Cependant, tout médiocres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'ils fussent, ils n'en rendirent pas moins de grands services à la République, en lui donnant les moyens de fournir des chaussures à ses soldats victorieux, mais nu-pieds.

Depuis une vingtaine d'années, des modifications plus ou moins importantes ont été apportées à l'ancien procédé, par MM. Félix Boudet, Ogereau, Sterlingue, William Drake, Turnbull, Knowlys, Dnesbury, Durand-Chancerel, Pelletreau, Vauquelin et autres; mais le temps n'a pas consacré la bonté des améliorations proposées, qui ne sont encore, pour ainsi dire, qu'à l'état d'essais dans quelques ateliers. D'ailleurs, la pratique a démontré que le tannage ne peut être parfait qu'à la condition d'opérer d'une manière très-lente la combinaison du tannin avec le tissu animal. Je me bornerai à vous apprendre que, par l'emploi de machines appropriées et par la substitution de l'infusion de tan à l'écorce sèche en nature, le tanneur Vauquelin opérait le tannage complet des peaux de bœuf en 90 jours, celui des peaux de vache en 60, et des peaux de veau en 30 jours.

Les cuirs, une fois préparés par le tanneur, sont soumis à divers apprêts, colorés, vernis, cirés par le *corroyeur*. Le vernis, pour les cuirs destinés à la chaussure et à la sellerie de luxe, est une dissolution de bitume de Judée et de vernis gras au copal dans de l'essence de térébenthine et de l'huile de lin lithargyrée; on en applique plusieurs couches sur les cuirs, qui ont déjà été imprégnés à l'avance d'huile de lin lithargyrée colorée avec du noir d'ivoire broyé très-fin. Ce vernis est brillant, toujours propre, car un simple lavage suffit pour le nettoyer; il est imperméable à l'eau et rend le cuir plus beau et plus durable.

L'industrie des cuirs vernis a été créée, en France, depuis le commencement de ce siècle; elle a pris une très-grande extension dans ces dernières années, grâce surtout aux efforts de M. Plummer, de Pont-Audemer, et de MM. Nys et Longagne, qui ont singulièrement perfectionné la fabrication des cuirs vernis pour la carrosserie et pour la chaussure. On exporte nos produits en ce genre partout, même en Angleterre.

Les peaux de bœuf, de buffle, etc., servent particulièrement à préparer des cuirs forts pour semelles et bottes fortes; avec celles de vache, de veau, de cheval, etc., on confectionne les cuirs mous pour les tiges de bottes fines et souliers minces, pour les harnais, etc.

Le *maroquin* est de la peau de chèvre tannée et mise en couleur du côté de la fleur ou de la chair. On teint le rouge avant, et le jaune, le bleu ou le vert après le tannage. C'est du Maroc que l'art d'apprêter ces sortes de cuirs a été importé en Europe. La France a ravi à l'Orient son industrie des maroquins, vers le milieu du siècle dernier, grâce surtout au chirurgien Granger,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui publia, en 1735, la description complète de l'art du maroquinier, tel qu'il l'avait vu pratiquer dans le Levant. C'est surtout depuis une cinquantaine d'années que la maroquinerie a pris de grands développements chez nous; on ne peut rien voir de plus parfait que les peaux maroquinées qui sortent des fabriques parisiennes, et notamment de la belle manufacture de MM. Fauler, à Choisy-le-Roi, qui présentaient déjà de très-beaux produits à l'exposition de l'an IX (1801). L'exportation du maroquin français en Belgique, en Italie, en Suisse et en Amérique, s'élève à plus d'un million de francs par an (1).

La couleur rouge est donnée aux peaux avec la cochenille et le sel d'étain ; le bleu avec la cuve à la couperose; le violet et la nuance pensée avec la cochenille mise sur peau déjà teinte en bleu ; le noir est obtenu avec l'acétate de fer ; le jaune et tous ses dérivés avec la racine d'épine-vinette. Le *cuir de Russie*, remarquable par sa souplesse, son inaltérabilité à l'air humide, son imperméabilité à l'eau, et surtout son odeur particulière, qui en éloigne les insectes, doit ses qualités à l'huile empyreumatique du bouleau, dont on l'imprègne.

Tous les cuirs colorés sont tannés avec le sumac ou la noix de galle. Mais ceux qui doivent rester blancs, tels que les peaux minces de chevreau, de mouton, d'agneau, destinées à des ouvrages délicats, et qui, par conséquent, n'ont pas besoin d'avoir une grande résistance, sont rendus imputrescibles par leur séjour dans une solution d'alun et de sel commun, après avoir été préalablement décharnés et débourrés. Il se produit un chlorure d'aluminium qui se combine au tissu animal et le rend inaltérable à l'air. C'est là ce qui constitue l'*art du mégissier*.

Depuis une trentaine d'années, les mégissiers font un fréquent usage du réalgar, sous le nom impropre d'*orpin*, pour le débourrage des peaux de mouton ; ils le mettent en pâte avec de l'eau et de la chaux vive, qu'ils appliquent sur la chair pour en faire tomber la laine; cela évite l'immersion des peaux dans un bain de chaux, ainsi qu'on le fait en suivant l'ancien procédé. — M. Félix Boudet, ayant constaté, en 1850, que le résultat obtenu est dû au sulfure de calcium naissant, formé par la réaction de la chaux sur le sulfure d'arsenic, a proposé, avec raison, de substituer à ce composé si dangereux une pâte faite avec 3 parties de sulfure de sodium, 10 parties de chaux vive, et 10 parties d'amidon. L'action de cette pâte est si prompte qu'après 2 à 3 minutes de contact avec une peau brute, la surface cutanée se trouve entièrement

(1) L'usage des peaux préparées et colorées est bien ancien, car Moïse parle dans l'Exode, de peaux de mouton teintes en orangé et en plusieurs autres couleurs. (Chap xxv, vers. 4 et 5.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépilée. Mais le haut prix du sulfure de sodium a retardé jusqu'ici l'abandon du sulfure d'arsenic. M. Benard, professeur de chimie à Amiens, a prouvé, en 1860, que le sulfhydrate de sulfure de calcium, qu'on peut obtenir à peu de frais en faisant usage de résidus sans valeur, produit, d'une manière infiniment plus économique, le débourrage complet (1).

Le *chamoiseur*, qui s'occupe de la préparation des peaux de chamois, de daim, de buffle, de bouc, de chèvre, pour la fabrication des gants, se borne à les priver de leur humidité et à les *passer en huile*, c'est-à-dire qu'à l'aide de manipulations multipliées, il parvient à les pénétrer de matières huileuses qui n'en altèrent pas la force, et qui leur donnent du moelleux et de la souplesse (2). On commence depuis peu à tanner légèrement les peaux dans une infusion d'écorce de saule, avant de les chamoiser.

La fabrication des gants est une industrie très-importante, qui a pris, en France, un accroissement prodigieux depuis 1827. On fabrique aujourd'hui, dans la seule ville d'Annonay, 6 millions de peaux, qui ont une valeur de 18 à 20 millions, et qui, transformées en gants, donnent un chiffre de 33 à 35 millions. Les fabriques de Lunéville occupent à elles seules 10 000 ouvriers. Vendôme prépare exclusivement les gants communs; Rennes, les gants de daim; Annonay, les gants de chevreau, et Niort, les gants de castor; Grenoble, Paris, Chaumont et plusieurs autres villes du Nord, concourent aussi à cette production. Cette belle industrie, si intelligemment traitée en France, a trouvé des débouchés dans toutes les parties du monde civilisé; l'Angleterre

(1) M. Benard obtient ce composé en introduisant dans un tonneau disposé à cet effet : 6 kilogr. des résidus sulfurés provenant du lessivage de la soude brute artificielle, avec 12 kilogr. de l'acide sulfurique à 20° qui a servi à l'épuration des huiles, et dirigeant le gaz hydrogène sulfuré qui résulte de cette réaction dans de l'eau tenant en suspension 66 litres de chaux vive. Ce lait de chaux est placé dans un appareil de Woulf construit avec deux ou trois tonneaux de bois; lorsqu'il refuse d'absorber le gaz hydrogène sulfuré, on le remplace par de nouvelle chaux. On obtient, de cette manière, pour 1 fr. 52 c., une quantité de *sulfhydrate de sulfure de calcium* suffisante pour dépiler 150 peaux de mouton, qui exigent actuellement 3 kilogr. d'orpin et 1 hectolitre de chaux, coûtant ensemble 5 fr. 55. — Un autre avantage de la pâte de M. Benard, c'est qu'elle pénètre beaucoup plus promptement les peaux que la pâte à l'orpin; aussi les toisons peuvent être détachées sans peine au bout de 2 heures, alors qu'il en faut 24 avec la pâte arsenicale. — Si l'on a égard à cette autre circonstance, que cette dernière compromet à chaque instant la santé, la vie même des ouvriers chargés de la mettre en œuvre, tandis que la pâte au sulfure de sodium ou de calcium est tout à fait inoffensive, on devra quelque reconnaissance à MM. Boudet et Benard qui ont trouvé les moyens de rendre salubre une opération industrielle qui était dangereuse au premier chef.

(2) Sous le nom de *dégras*, on désigne commercialement les huiles de poisson qui ont servi au chamoisage, et que les corroyeurs achètent principalement pour la préparation des cuirs blancs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne demande pas moins de 1 500 000 paires de gants chaque année, quoique Londres et plusieurs autres villes en fabriquent des quantités considérables.

Enfin, on obtient le *parchemin* (dont les anciens faisaient un si grand usage pour l'écriture) en dépilant les peaux de mouton ou de chèvre, les passant en chaux, les étendant sur des cendres pour les décharner et les réduire à l'épaisseur convenable, et en les frottant avec une pierre-ponce pour les adoucir. Le *vélin* ou *parchemin vierge,* qui est plus fin et plus blanc que le parchemin ordinaire, se fait avec les peaux de veau, de chevreau ou d'agneau mort-né. Les parchemins pour les caisses de tambours se font avec les peaux d'âne, de veau, et, par préférence, les peaux de loup; ceux pour les timbales, avec les peaux d'âne; ceux pour les cribles, avec les peaux de veau, de chèvre et de bouc; enfin, ceux pour les coffres et les livres d'église, avec les peaux de porc. La plupart des ouvrages de sellerie sont confectionnés avec ces dernières sortes de peaux. La sellerie française jouit d'une très-grande réputation à l'étranger; il ne se vend pas, dans l'Amérique du Sud, une selle de luxe qui n'ait été fabriquée à Paris. Cette seule branche d'industrie fournit à l'exportation une somme de plus de 2 000 000 de francs (1).

§ 5. — Des os et des industries qui les exploitent.

Les os sont la partie la plus solide du corps des animaux; ils en forment la charpente et en soutiennent toutes les parties. On peut les considérer comme un tissu cellulaire fort épais, dans les mailles duquel existent des sels terreux, dont la nature est presque toujours la même, mais dont les proportions seules varient aux diverses époques de la vie. Ainsi, dans le jeune âge, le tissu cellulaire étant très-prédominant, les os sont peu consistants; mais à mesure que l'animal avance en âge, les sels terreux augmentent peu à peu en quantité; aussi les os prennent-ils de la solidité, et finissent-ils par devenir cassants.

Dans l'état de vie, les os sont recouverts par une membrane mince, transparente, nommée *périoste,* dans laquelle pénètrent

(1) L'usage du parchemin remonte, dans l'Orient, à la plus haute antiquité. Il fut plus tard perfectionné à Pergame, d'où lui est venu son nom. Les Grecs écrivaient sur des peaux de mouton et de chèvre, et, suivant l'historien Josèphe, la copie des Livres saints qui fut envoyée par le grand prêtre Éléazar à Ptolémée-Philadephe était faite sur une membrane très-fine. Les Romains faisaient aussi un usage très-fréquent du parchemin, et, suivant Cicéron, ils le préparaient avec tant de perfection, de son temps, qu'il dit avoir vu l'Iliade d'Homère écrite sur un parchemin si délié, qu'on aurait pu l'enfermer tout entière dans une coquille de noix.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les vaisseaux sanguins qui amènent les matières nécessaires au développement du tissu osseux. Une autre membrane, dite *médullaire*, en tapisse l'intérieur, et reçoit également des vaisseaux sanguins; elle enveloppe la moelle qui y est renfermée, surtout dans les os longs, qui sont toujours creux.

Voici, d'après Berzelius, la composition des os de l'homme et du bœuf, débarrassés du périoste et de la graisse :

	Os humains.	Os de bœuf.
Cartilage complétement soluble dans l'eau...	32,17	33,30
Vaisseaux.....	1,13	
Sous-phosphate de chaux, avec un peu de fluorure de calcium.....	53,04	57,35
Carbonate de chaux.....	11,30	3,85
Phosphate de magnésie.....	1,16	2,05
Soude, avec très-peu de sel marin.....	1,20	3,45
	100,00	100,00

Les *dents*, qui sont les plus durs de tous les os, ont la même composition, sauf qu'elles renferment plus de phosphate et moins de cartilage que les autres.

D'après les nombreuses analyses des chimistes modernes, et surtout celles de M. Fremy, les os appartenant aux animaux qui diffèrent le plus par leur organisation, présentent à peu près la même composition chimique. Ce sont les mêmes matières minérales, et le tissu cellulaire est identique. M. Fremy a donné à ce tissu le nom d'*osséine* (*histose* de M. Baudrimont); il n'offre aucune différence avec celui qu'on rencontre dans toutes les autres parties du corps des animaux. Il a la propriété, je l'ai déjà dit, de se convertir en gélatine par l'action prolongée de l'eau bouillante.

On isole parfaitement l'*osséine* des matières minérales qui l'incrustent, en laissant tremper les os dans de l'acide chlorhydrique très-faible, pendant environ dix jours; ils se ramollissent et deviennent peu à peu, quelle que soit leur grosseur, demi-transparents, et aussi flexibles que le jonc; ils cèdent à l'acide tous les sels qui leur donnaient tant de dureté, et ils ne sont plus alors composés que de tissu cellulaire qu'on purifie par des lavages convenables.

Cette action, étudiée pour la première fois par Hérissant, en 1758; plus tard, en 1806, par Hatchette, a été mise à profit, en 1810, par d'Arcet, pour obtenir de la colle forte et de la gélatine alimentaire. On a renoncé depuis à introduire cette dernière dans la nourriture des hommes; mais l'industrie a conservé le procédé de d'Arcet, pour la fabrication de la colle, qui entre en concurrence avec celle provenant des peaux (1).

(1) Jean-Pierre-Joseph d'Arcet, dont j'ai parlé tant de fois dans le cours de ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les usines, on choisit, pour cette extraction, les matières osseuses qui, à masse égale, offrent le plus de surfaces accessibles directement à l'acide, tels que : les os des têtes de bœufs et de vaches (nommés *canards*), des têtes et des jambes de moutons, de l'intérieur des cornes de bœufs et de vaches (*cornillons*); les os minces de l'humérus des moutons (*omoplates*), et les os plats des côtes de bœufs perforés par les fabricants de boutons (*dentelle des boutonniers*).

Ces os, traités par l'acide chlorhydrique à 6°, dans de grandes cuves, pendant un temps suffisant, laissent de 25 à 27 pour 100 de tissu cellulaire, qu'on lave à grande eau pour le dépouiller de toute trace d'acide; mais, quoi qu'on fasse, il y reste toujours du phosphate acide de chaux, avec un peu de chlorure de calcium; aussi la colle qu'on en obtient, par l'ébullition en chaudière, est très-hygroscopique : c'est ce qui la fait rechercher de préférence à toute autre par les tisserands pour *parer* les chaînes de leurs tissus. On peut, toutefois, obtenir une colle tenace et inaltérable à l'air, en faisant macérer le tissu cellulaire dans un lait de chaux

---

leçons, mérite d'être connu. Il appartenait à une famille chez qui la science a été héréditaire; il était petit-fils du célèbre Rouelle, petit neveu d'Hilaire Marin Rouelle, et fils de Jean d'Arcet, ancien secrétaire de Montesquieu et précepteur de son fils, plus tard professeur de chimie au Collége de France, membre de l'ancienne Académie des sciences, et mort en 1801, étant membre de l'Institut et du Sénat conservateur. Jean-Pierre d'Arcet, qui fut aussi de l'Institut, naquit à Paris le 31 août 1777, et il y mourut le 1er août 1845. Il était alors commissaire général des monnaies, membre du Conseil général des Arts et manufactures, du Comité consultatif, du Conseil de salubrité, de la Société d'Encouragement, du Jury central des expositions, et d'une foule de Sociétés savantes nationales et étrangères. Élève de son père et de Vauquelin, il ne quitta ces grands maîtres que pour faire l'application des utiles connaissances qu'il avait puisées à leur école. La carrière des arts s'ouvrit devant lui à une époque où la révolution qui s'était opérée dans la chimie commençait à faire naître des perfectionnements dans tous les procédés.

Doué par la nature d'une grande sagacité, d'Arcet se plaça au premier rang des savants qui s'attachèrent à faire progresser l'industrie française, et jusqu'à ses derniers moments, les arts furent l'objet de sa constante étude. La préparation de la soude artificielle, des savons marbrés, des alliages pour les canons et les statues, des tam-tam et autres instruments sonores, de la gélatine des os, de l'alun, du papier, du bicarbonate de soude; l'établissement de l'éclairage au gaz et des fumigations à l'hôpital Saint-Louis, l'emploi des mastics-hydrofuges, la fusion du suif au bain-marie, le perfectionnement de l'art de l'essayeur, la trempe des coins des monnaies, de nouveaux procédés de clichage, un système de ventilation aussi simple qu'efficace pour les salles de spectacle, les ateliers de dorure sur bronze, etc., les meilleurs systèmes de chauffage; la création des magnaneries salubres, des silos perfectionnés pour la conservation des grains, etc., etc.: tels sont les principaux services que d'Arcet a rendus à l'industrie, à l'économie domestique et à l'agriculture; aussi laissera-t-il, comme son père, un souvenir impérissable dans l'histoire des arts chimiques, dans celle des sciences économiques et, dans tous les cœurs honnêtes, celui d'un homme de bien.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendant un temps assez considérable; il se forme alors un sous-phosphate de chaux insoluble, qui se sépare de la liqueur pendant la coction. On obtient de 22 à 24 pour 100 de gélatine des os ainsi traités (1).

Le procédé de d'Arcet en a remplacé un autre plus ancien, indiqué, dès 1681, par Papin, encore suivi dans quelques fabriques du Midi, et qui consiste à soumettre les os concassés à l'action de l'eau, portée à la température de 121 à 135°, sous la pression de 2 à 3 atmosphères, pendant environ 3 heures. On se sert pour cela de chaudières autoclaves (*fig.* 605). Mais on est obligé de concentrer le liquide beaucoup plus que dans le procédé ordinaire, parce que la forte chaleur à laquelle il a été exposé a altéré en partie la gélatine.

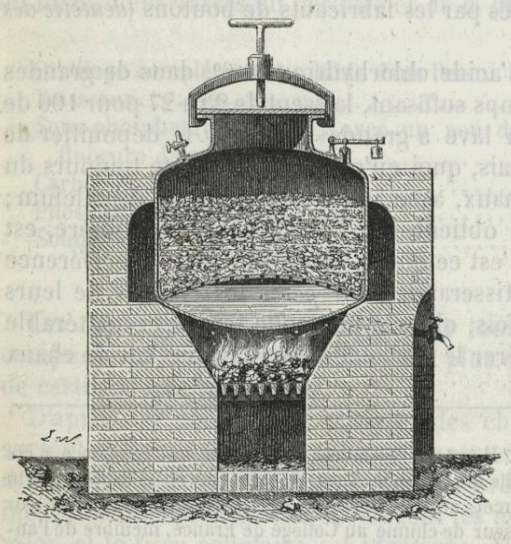


Fig. 605.

Les os soumis à l'action de l'eau bouillante, sous la pression atmosphérique habituelle, ne cèdent à ce liquide qu'une très-faible quantité de leur matière animale, même lorsqu'ils sont râpés, et que l'ébullition est soutenue pendant longtemps. On s'est assuré que des os qui avaient subi quatre fois de suite l'action de l'eau bouillante, contenaient encore, après avoir été lavés et séchés, 37 pour 100 de matière combustible. Or, les os frais de boucherie en contiennent 40 en moyenne, à savoir : 30 d'osséine,

(1) Le tissu cellulaire extrait des os, ou la *gélatine brute* du commerce, peut, étant desséché, se conserver fort longtemps sans altération, et beaucoup mieux que lorsqu'il a été converti en gélatine soluble. Les faits suivants démontrent combien la matière animale des os est susceptible d'une longue conservation. Les os d'hommes et d'animaux qu'on tire des catacombes de l'Égypte renferment encore, après 3000 ans, tout le tissu cellulaire qui leur est propre. M. de Gimbernat ayant traité par l'acide chlorhydrique faible des fragments d'os fossiles du *mammouth de l'Ohio* et de l'*éléphant de Sibérie*, animaux qui, selon Cuvier, sont morts depuis plus de 4000 ans, parvint à en extraire la substance animale dont il put former de la gélatine. Celle-ci, de même nature que celle obtenue des os frais de boucherie, fut mangée à la table du préfet de Strasbourg, où, pour la première fois sans doute dans notre siècle, on se nourrit d'une matière animale qui existait avant le déluge. Ceci se passait en 1814.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et 10 de graisse. On peut donc dire que ce sont les bouchers qui, dans leur intérêt, ont propagé et entretiennent ce dicton des ménagères : *Les os font le bon bouillon.*

J'ajouterai qu'en faisant bouillir dans l'eau les os de rebut, et même ceux qu'on destine aux ouvrages de tabletterie, on en retire la graisse qu'ils renferment. C'est ce qu'on appelle le *suif d'os* dans le commerce. On l'emploie avec avantage à la fabrication des savons. Les parties spongieuses des os en donnent 50 pour 100, tandis que les parties compactes n'en fournissent que 10 pour 100.

Abandonnés longtemps au contact de l'air, ou enfouis dans la terre humide, les os deviennent jaunes par suite de l'exsudation de leur graisse; la matière animale se désorganise peu à peu, et se trouve convertie en un savon gélatineux soluble dans l'eau; enfin, il ne reste plus qu'un squelette terreux, blanc et friable, tout à fait semblable à celui que laisse leur calcination à l'air libre. C'est parce que les os n'éprouvent ainsi qu'une décomposition presque insensible, en raison de leur cohésion, et parce qu'ils contiennent tant de matières organiques, qu'ils forment un engrais si durable, et dont les effets sont si sûrs et si constants. Dans la plus grande partie de l'Allemagne, en Angleterre, en Écosse, en Auvergne, etc., on répand sur les champs, depuis très-longtemps, les os pulvérisés ou simplement broyés, et les cultivateurs de ces pays leur attribuent, avec raison, une grande puissance fertilisante (1).

Chauffés fortement dans une cornue, les os se décomposent sans se déformer, noircissent, perdent à peu près les 3/7 de leur poids, deviennent cassants, et fournissent tous les produits provenant de la distillation des principes immédiats azotés, c'est-à-dire des gaz inflammables, beaucoup d'huile empyreumatique très-colorée et très-fétide, et un liquide riche en sels ammoniacaux. Si, pendant la distillation, on tient l'allonge et le récipient refroidis par un courant d'eau froide, il s'attache à leurs parois internes du carbonate d'ammoniaque imprégné d'huile pyrogénée. C'est ce sel impur que les anciens médecins prescrivaient sous le nom d'*alcali volatil concret;* d'après M. H. Rose, il est représenté par $2AzH^3,2CO^2 + HO$.

Quant à l'huile empyreumatique, elle est connue sous le nom d'*huile animale de Dippel,* du nom du chimiste prussien qui l'a obtenue pour la première fois. Elle a une composition assez com-

---

(1) En 1826, les Hollandais apportaient dans le port de Hull (comté d'York) d'immenses cargaisons d'ossements d'animaux et d'hommes, recueillis sur les champs de bataille. La ville de Lincoln possède dans ses environs des moulins pour la pulvérisation des os. Ce singulier article de commerce a une importance considérable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pliquée; elle renferme beaucoup de carbures d'hydrogène, pareils à ceux qui prennent naissance dans la distillation du bois et de la houille, notamment de l'eupione, de la paraffine, de la naphtaline, puis quatre alcaloïdes distincts, liquides et très-odorants; des acides gras, une résine brune, enfin de l'acétate et du carbonate d'ammoniaque. On l'employait jadis en médecine, après l'avoir rectifiée plusieurs fois.

Le résidu noir de cette distillation des os constitue, vous vous le rappelez, le *charbon d'os* ou le *noir animal* du commerce. C'est du carbone retenant de l'azote, et tous les sels fixes qui existaient dans les os. Vous avez vu, dans la première partie du cours, comment on obtient en grand ce produit si utile pour la décoloration du sucre. Mais je dois vous dire ici comment on recueille les sels ammoniacaux qui se produisent, en quantités notables, dans cette même distillation des os.

Dans ce cas, au lieu de calciner les os dans des fours ou des marmites, on opère dans des cylindres de fonte pareils aux *cornues à gaz*, et souvent on y traite, non-seulement les os, mais tous les débris d'animaux, de quelque nature qu'ils soient, tels que : sang, chair de cheval, cornes, sabots, chiffons de laine, crins, bourres, vieux cuir, etc.

Les cylindres chargés de ces matières animales sont placés dans un fourneau, dont voici une coupe verticale suivant la longueur (*fig.* 606).

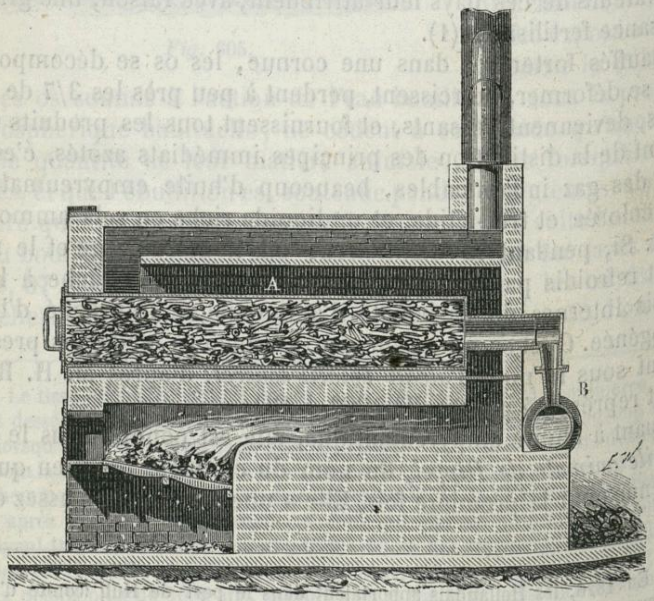


Fig. 606.

L'extrémité postérieure de chaque cylindre A, est terminée par une tubulure qui conduit les produits de la distillation dans un cylindre exté-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieur B, où les vapeurs les plus condensables se liquéfient; de ce cylindre, les produits gazeux se rendent dans des tuyaux condenseurs entourés d'eau froide.

Le liquide réuni dans les récipients tient en dissolution des sels ammoniacaux, acétate, cyanhydrate, sulfhydrate, et notamment du carbonate d'ammoniaque, avec une certaine proportion d'huile empyreumatique; il marque environ 8 à 9°. C'est ce liquide qui sert à préparer le *sel ammoniac*, en concurrence avec l'urine et avec les eaux de condensation des usines à gaz. On sature directement ce liquide avec de l'acide chlorhydrique, puis on évapore la dissolution de chlorhydrate jusqu'à 22°, point où la solution cristallise; cette évaporation se fait dans des chaudières de plomb.

Dans les localités où le prix de l'acide chlorhydrique est élevé, on suit une marche plus compliquée, mais très-ingénieuse. On filtre à plusieurs reprises le liquide ammoniacal de la distillation sur des couches de plâtre en poudre. Par suite d'une double décomposition qui s'effectue, il se forme du carbonate de chaux solide, et du sulfate d'ammoniaque qui reste en dissolution. On concentre les liqueurs jusqu'à 19 ou 20°, on y ajoute une quantité équivalente de chlorure de sodium, puis on fait bouillir rapidement dans des chaudières. Les deux sels en présence échangent leurs bases et leurs acides, d'où résultent du sulfate de soude qui se dépose pour la plus grande partie, et du chlorhydrate d'ammoniaque très-soluble à la température de l'ébullition. Lorsque les liqueurs sont suffisamment concentrées, on décante dans des cristallisoirs; le sel ammoniac se sépare et cristallise, tandis que le restant du sulfate de soude demeure dans les eaux-mères.

Le sel ammoniac obtenu par l'un ou l'autre procédé n'est pas pur; il y a nécessité de le sublimer, d'autant plus que le commerce exige qu'il soit en *pains*, comme l'était le sel ammoniac qui venait autrefois d'Égypte. Voici comment on opère cette sublimation :

On introduit le sel brut dans des matras, ou pots pyriformes en grès, recouverts de lut argileux, qu'on place sur les deux côtés d'un long four-

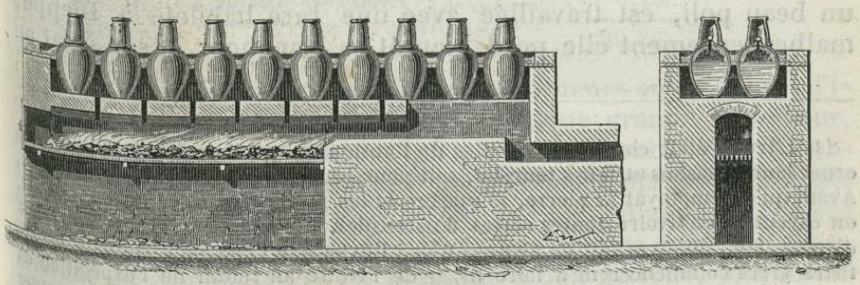


Fig. 607.

neau de galère, dont la figure 607 représente deux coupes verticales, l'une en longueur, l'autre en largeur. Les pots reposent sur une voûte qui les préserve de l'action trop directe du feu; le foyer communique avec un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

canal qui conduit les produits de la combustion sous des chaudières d'évaporation; des ouvertures seulement permettent à la flamme de traverser cette voûte et de venir lécher la surface extérieure des pots. La partie supérieure de ceux-ci, où doit s'attacher le sel ammoniac sublimé dans le bas, est préservée de la flamme par une plaque de fonte percée d'orifices dans chacun desquels passe le goulot d'un matras; c'est sur cette plaque qu'on met une couche de cendre, qui a pour but de préserver les pots du contact immédiat de l'air froid. On chauffe progressivement et régulièrement, et, lorsque l'humidité du sel a été expulsée, on recouvre chaque pot d'un petit vase renversé; le sel ammoniac se réduit en vapeurs, celles-ci se condensent à la partie supérieure sous la forme d'une poudre fine qui s'agglomère et s'attache aux parois des vases. Lorsqu'on reconnaît que la couche du sel est assez épaisse, on cesse le feu, on enlève les cendres qui entourent les pots, puis après quelques heures de repos, on ôte les pots et on les brise pour détacher les pains de sel sublimé.

Ces pains ont environ 33 centimètres de diamètre, et 9 à 10 centimètres d'épaisseur au centre. Ils pèsent de 9 à 11 kil. Ils sont parfaitement blancs.

Je vous rappellerai que c'est Baumé qui, à la fin du siècle dernier, a créé la fabrication du sel ammoniac.

Les os, outre les diverses applications dont je viens de parler, servent encore à l'extraction du phosphore et à la fabrication du bleu de Prusse, dont je vous entretiendrai dans la prochaine leçon; mais les tourneurs, les tabletiers, les éventaillistes, les façonnent de mille manières, surtout les énormes dents ou les défenses d'éléphant, qui sont connues sous le nom d'*ivoire*. Je dirai, en terminant, quelques mots de cette matière (1).

La plupart des dents d'éléphant viennent de la côte de Guinée; il en arrive aussi des Indes orientales, surtout de Ceylan. Les défenses d'ivoire brut sont connues sous le nom de *morfil;* on en a trouvé du poids de 80 kilogrammes. Les dents d'hippopotame, de morse et de narval, fournissent aussi des espèces d'ivoire très-estimées. Cette matière précieuse, qui est susceptible de recevoir un beau poli, est travaillée avec une rare habileté à Dieppe; malheureusement elle perd bientôt sa blancheur et son éclat au

(1) L'ivoire était connu des peuples de l'antiquité, qui l'employaient soit pour orner leurs maisons et leurs temples, soit pour sculpter les images de leurs dieux. Avant qu'on employât la pierre, le marbre et les métaux pour les ouvrages d'art, on exécutait en ivoire toutes sortes d'ustensiles, des poignées et des fourreaux d'épées, etc., qu'on ornait de plaques d'or. Heyne fixe l'époque à laquelle les artistes grecs commencèrent à faire usage de l'ivoire au retour de l'expédition de Troie. Il est probable que les Phéniciens apprirent aux Grecs l'art de travailler cette matière. Les Hébreux en décoraient aussi leurs meubles et jusqu'aux murs de leurs palais, comme le prouvent plusieurs passages de l'Écriture sainte. Salomon, dont les vaisseaux apportèrent de l'ivoire d'Afrique, s'en fit construire un trône qui fut incrusté d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contact de l'air et de la poussière. Spengler, de Copenhague, a reconnu qu'il suffit de la renfermer sous une cage de verre hermétiquement close pour l'empêcher de jaunir; ainsi conservée et exposée aux rayons solaires, elle acquiert même une blancheur plus grande que celle qu'elle avait primitivement. Il a été conduit, par cette observation, à un procédé fort simple pour blanchir l'ivoire jauni; il suffit de le brosser avec de la pierre-ponce calcinée et délayée, puis de le renfermer encore humide sous une cloche de verre que l'on expose journellement au soleil. — On teint l'ivoire de différentes couleurs, en le plongeant dans un bain de brésil, de safran ou d'épine-vinette, de vert-de-gris, de campêche et de sel de fer, selon qu'on veut avoir le rouge, le jaune, le vert, le noir; mais auparavant, on le fait tremper pendant 6 à 8 heures dans une solution d'alun ou dans du vinaigre.

Lorsqu'on laisse séjourner les objets façonnés en ivoire dans une solution concentrée d'acide phosphorique pur, jusqu'à ce qu'ils soient devenus translucides, et qu'après les avoir lavés, on les sèche dans une toile douce, ces objets sont alors tellement flexibles qu'on croirait que c'est un cuir fort; exposés à l'air, ils durcissent, mais reprennent leur souplesse aussitôt qu'on les plonge dans l'eau chaude. On fait avec cet ivoire des bouts de sein, des biberons et une foule d'objets qui réclament une certaine mollesse. Cette modification paraît due, non à un changement de structure, mais à la disparition d'une partie de la chaux. Ce qu'il y a de curieux, c'est que les autres acides : sulfurique, chlorhydrique, acétique, ne peuvent remplacer, dans ce cas, l'acide phosphorique.

D'après l'analyse de Mérat-Guillot, l'ivoire contient :

Matière animale.....	24,00
Eau.....	11,15
Phosphate de chaux.....	64,00
Carbonate de chaux.....	0,10
	99,25

Depuis une quinzaine d'années, les tourneurs substituent à l'ivoire animal une substance éburnacée d'une grande blancheur, qu'on nomme *ivoire végétal*, et qui n'est autre chose que la substance intérieure de la semence d'un arbrisseau des grandes forêts du Pérou, le *phytelephas à gros fruits*, que les indigènes nomment *tagua* et *cabeza de negro* (tête de nègre). Les graines du phytelephas arrivent en Angleterre et en Belgique à bon marché, puisque le cent ne coûte, à Anvers, que 4 à 5 fr. On les appelle *noix de tagua*, *noix de palmier*, et, improprement, *marrons* ou *noix de coco*. On les travaille au tour, et on en fait actuellement, une foule d'objets élégants, qu'on ne paie très-cher que parce qu'on les vend

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme *ivoire animal*, ivoire dont le prix ordinaire est de 14 à 15 fr. le kilog. Il y a un moyen très-simple de distinguer les deux sortes d'ivoire, qui nous a été indiqué par M. V. Pasquier, de Liége. L'acide sulfurique concentré développe, au bout de 10 à 15 minutes, sur l'ivoire végétal, une teinte rose qu'un simple lavage à l'eau fait disparaître, tandis qu'il ne produit aucune coloration sur l'ivoire animal.

SOIXANTE-TROISIÈME LEÇON.

DES OS ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Extraction du phosphore. — Du *bleu de Prusse* et des *prussiates*. — Sa découverte, sa préparation, ses caractères essentiels. — Du CYANOGÈNE et de l'*acide prussique* ou *cyanhydrique*. — Propriétés délétères de cet acide. — Des *cyanures* simples et doubles. — Des *prussiates jaune* et *rouge de potasse*. — Fabrication des *cyanoferrures* par l'azote de l'air. — Fabrication du *cyanure de potassium*. — Des poudres fulminantes ou des *fulminates de mercure et d'argent*. — Des amorces à capsules.

Les dernières industries chimiques qui se rattachent à l'étude des os, sont l'extraction du phosphore et la fabrication du bleu de prusse et des prussiates. L'importance de ces matières m'oblige à leur consacrer cette leçon.

EXTRACTION DU PHOSPHORE.

Chauffés au contact de l'air, les os s'enflamment à cause de la graisse qu'ils contiennent, noircissent d'abord comme dans des vases fermés, perdent un peu plus de leur poids, et se transforment enfin en une substance blanche et si friable, qu'il suffit de la presser entre les mains pour l'écraser. C'est ce que les anciens chimistes appelaient *terre des os* ou *terre animale;* elle est évidemment formée de tous les sels terreux qui entrent dans la composition des os. On la fait servir à la confection de poudres dentifrices, de coupelles usitées pour les essais d'or et d'argent, mais surtout à l'extraction du phosphore.

Le procédé suivi pour cette extraction est long et compliqué; il a été indiqué par Schèele ; il n'a guère été modifié depuis.

La calcination des os *à blanc*, comme on dit en termes techni-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ques, s'effectue dans un four coulant semblable aux fours à chaux; on passe ensuite le produit sous des meules et on tamise la poudre.

On met cette poudre dans un bassin de plomb et on y ajoute assez d'eau pour en faire une bouillie liquide, dans laquelle on ajoute par petites portions, et en remuant continuellement, 75 p. 100 d'acide sulfurique à 66°. On a soin d'entretenir le mélange toujours très-fluide par des additions d'eau. Une effervescence assez vive se produit par le contact de l'acide sulfurique, à cause de la petite quantité de carbonate de chaux contenue dans les os (1), et d'un autre côté l'acide, en réagissant sur le sous-phosphate de chaux, lui enlève une partie de sa base et le convertit en phosphate acide de chaux très-soluble.

L'équation suivante montre les différents produits de cette réaction de l'acide sulfurique sur les os calcinés, qui sont constitués surtout par du sous-phosphate et un peu de carbonate de chaux:

$$\underbrace{(CaO,CO^2)}_{\text{Carbonate de chaux.}} + \underbrace{(8CaO,3PhO^5)}_{\text{Sous-phosph. de chaux.}} + 6(SO^3,HO) = CO^2 + \underbrace{6(CaO,SO^3)}_{\text{Sulfate de chaux.}} + \underbrace{3(PhO^5,2HO.CaO)}_{\text{Phosphate acide de chaux.}}$$

Au bout de 24 heures de contact, on lessive la masse avec de l'eau chaude, on filtre sur une toile (*fig.* 608) qui retient le sulfate de chaux, et on concentre en consistance de miel la liqueur claire qui renferme le phosphate acide.

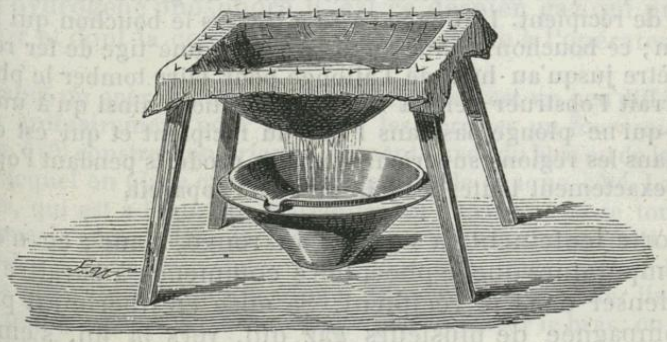


Fig. 608

On ajoute alors à ce sel le quart de son poids de charbon de bois réduit en poudre fine, on dessèche bien le mélange, puis on le

(1) L'acide carbonique qui se dégage entraîne avec lui de l'eau et de l'acide sulfurique, et, quand les os ont été imparfaitement calcinés, une petite quantité d'hydrogène sulfuré. Ces vapeurs sont extrêmement irritantes et incommodent fort les ouvriers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

calcine fortement dans une cornue de grès, disposée ainsi que le représente la figure 609.

A, cornue de grès, chemisée avec soin, et placée dans un bon fourneau à réverbère. C, allonge de cuivre recourbée, dont l'extrémité inférieure

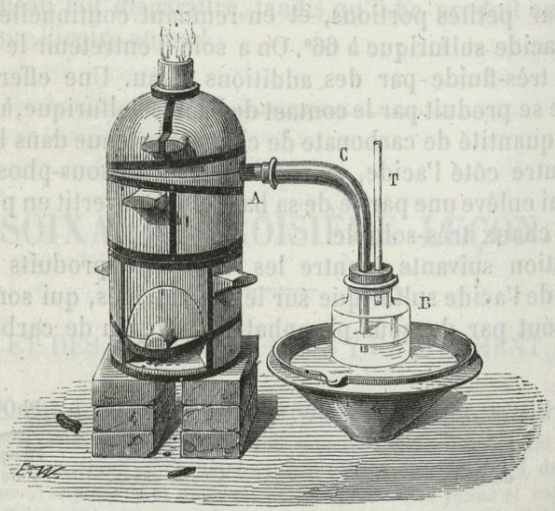


Fig. 609.

plonge de quelques millimètres dans l'eau d'un grand flacon de verre B qui sert de récipient. L'allonge passe à travers le bouchon qui recouvre le flacon; ce bouchon donne aussi passage à une tige de fer recourbée qui pénètre jusqu'au haut de l'allonge pour faire tomber le phosphore qui pourrait l'obstruer vers la fin de l'opération, ainsi qu'à un tube de verre T qui ne plonge pas dans l'eau du récipient et qui est destiné à porter dans les régions supérieures les gaz produits pendant l'opération. On lute exactement toutes les jointures de l'appareil.

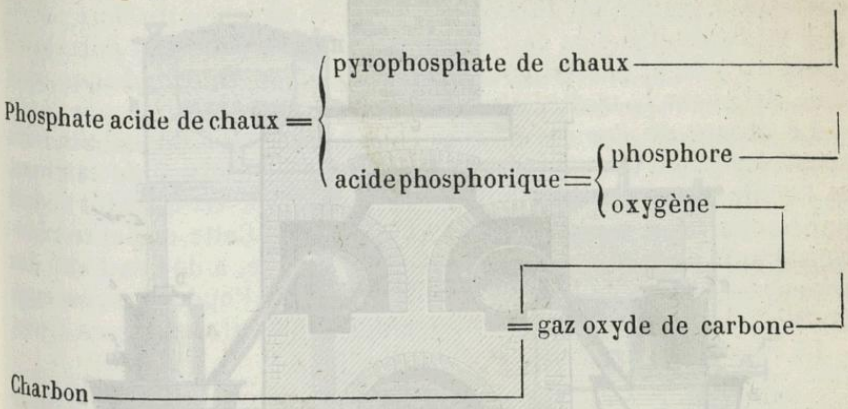
On porte lentement la cornue au rouge blanc; ce n'est qu'à cette température que le phosphore commence à paraître et vient se condenser dans le récipient. Sa mise en liberté est précédée et accompagnée de plusieurs gaz qui, vers la fin, s'embrasent spontanément dès qu'ils arrivent au contact de l'air.

L'opération est terminée lorsque tout dégagement cesse. On ne retire habituellement que 1 kilogramme de phosphore brut de 9 kilogrammes d'os calcinés.

La théorie de cette opération est fort simple, quand on la dégage de tous les faits accessoires et qu'on suppose les matières employées dans leur plus grand état de pureté. Après la réaction, on trouve dans la cornue du pyrophosphate de chaux (PhO^5,2CaO), dans le récipient du phosphore, et, pendant le cours de l'opération, il sort de l'appareil, par le tube de verre T, du gaz oxyde

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de carbone. Il est facile de voir que le charbon, en réagissant sur l'excès d'acide du phosphate, lui enlève son oxygène, se change en oxyde de carbone, et met ainsi le phosphore en liberté.



$$\underbrace{2(PhO^5,2HO,CaO)}_{\text{Phosph. acide de chaux.}} + 5C = 5CO + 4HO + \underbrace{(PhO^5,2CaO)}_{\text{Pyrophosphate de chaux.}} + \underbrace{Ph}_{\text{Phosphore.}}$$

Mais, comme il y a toujours de l'eau dans le mélange, bien qu'on l'ait desséché, il arrive qu'à une certaine température ce liquide est décomposé par le charbon, puis par le phosphore, et qu'il se produit ainsi des gaz oxyde de carbone, hydrogène carboné et hydrogène phosphoré. C'est ce dernier gaz qui prend feu dans l'air et dont la combustion sert de guide à l'opérateur (1).

En grand, on opère de même, mais l'appareil est un peu différent. On emploie ordinairement pour chauffer les cornues un *fourneau à alandiers* (*fig.* 610) construit en briques, alimenté avec du bois ou de la houille, et dans lequel on place quatre cornues C, C de chaque côté. La flamme du foyer, qui est à l'une des extrémités du fourneau, passe tout autour des cornues, s'engage dans la voûte E et sort par la cheminée H. Le phosphore est reçu dans des récipients de cuivre A, A, imaginés par Pelletier, père; ils plongent dans des bassins B, B pleins d'eau froide; ils ont dans le haut une ouverture D, D assez large pour y passer le bras; on la maintient bouchée pendant le cours de l'opération; une tubulure étroite *e*, *e*, placée à côté, reçoit un tube de verre qui donne issue aux gaz. La tubulure latérale *f*, *f* sert de trop-plein. On remplit à moitié chaque

(1) Par la combustion dans l'air du gaz hydrogène phosphoré ou de la vapeur de phosphore simplement en mélange dans les gaz qui accompagnent la distillation du phosphore, il se produit de l'acide phosphorique. Ce sont les vapeurs blanches de cet acide qui rendent les émanations phosphorées visibles à l'œil, et qui leur communiquent particulièrement la propriété d'irriter assez fortement les membranes de la bouche et du nez.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

récipient avec de l'eau chaude, sans quoi les premières vapeurs de phosphore se condenseraient sous la forme de poudre. Ce n'est généralement

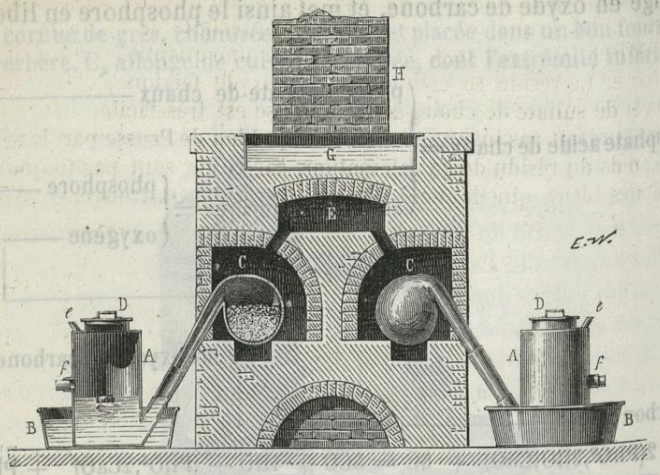


Fig. 610.

qu'au bout de 4 à 5 heures de feu que la distillation du phosphore commence ; elle dure de 15 à 20 heures.

Le phosphore qu'on trouve dans les récipients est en masses plus ou moins volumineuses, opaques, colorées en rouge ou en brun, et peu fusibles. On le purifie, en le faisant fondre sous l'eau chaude, dans un sac de peau de chamois A (*fig.* 611), placé dans un bassin VV, et en comprimant le sac à l'aide d'une capsule de bois C, sur laquelle appuie une tige DE. Au moyen du levier FH, on exerce une pression graduée qui force le phosphore à passer à travers les pores de la peau.

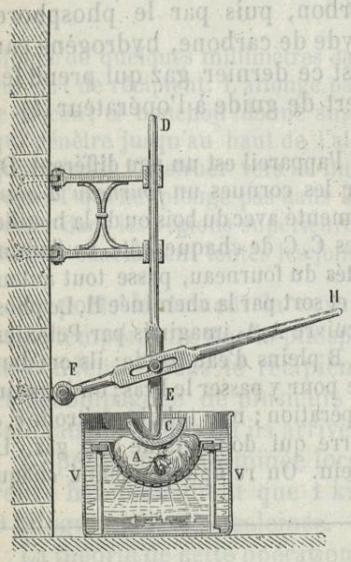


Fig. 611.

On obtient maintenant le phosphore encore plus transparent et incolore, en lui faisant traverser, pendant qu'il est en fusion, une couche de noir animal en grains contenue dans un vase à double fond chauffé par la vapeur. L'appareil dont on se sert (*fig.* 612) consiste en un vase cylindrique V muni d'un faux-fond *ab* percé de trous et sur lequel est déposée une couche de noir de 15 centimètres d'épaisseur ; ce vase est empli aux deux tiers d'eau qu'on chauffe à + 60° au moyen du bain-marie BB au centre duquel il est placé. Le phosphore qu'on introduit dans l'eau au-dessus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du noir fond, filtre spontanément à travers le noir et descend en C sur le faux-fond. De là, au moyen du tube à robinet *r* qui se relie avec le tube courbé *ef*, le phosphore liquide arrive dans un autre vase cylin-

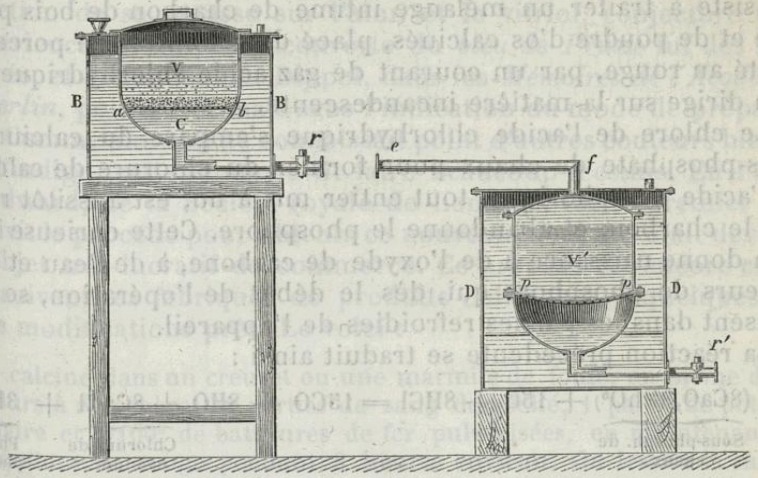


Fig. 612.

drique V′ placé, comme le premier, dans un bain-marie DD, et muni d'un faux-fond percé de trous, mais couvert d'une peau de chamois *pp*. Le tube *ef* et le vase V′ sont remplis d'eau chaude à 60°, de sorte que le phosphore reste à l'état liquide et vient se rassembler au-dessus de la peau de chamois. On le force à passer à travers, au moyen d'une pompe qui puise de l'eau chaude et qui la refoule dans le vase V′, après qu'elle a été reliée au tube *f*; le phosphore filtré peut sortir de l'appareil par le tube *r′* auquel on adapte un tube droit en verre qui dirige le phosphore dans l'eau d'un récipient inférieur.

On le moule ensuite en cylindres en l'aspirant, tandis qu'il est en fusion dans l'eau, par l'extrémité la plus large d'un tube de verre un peu conique. On ferme alors inférieurement le tube avec le doigt, et on le plonge dans l'eau froide pour solidifier le phosphore, qu'on fait aisément sortir du tube et qu'on renferme immédiatement dans des flacons en grès sous de l'eau distillée privée d'air par l'ébullition. Le moulage du phosphore est une opération fort dangereuse.

La fabrique de phosphore la plus considérable et la plus importante peut-être de France, est celle de MM. Coignet, à la Guillotière, aux portes de Lyon. Huit fourneaux, contenant 108 cornues, chacune de la capacité de 50 à 60 litres, y sont en activité jour et nuit. Chaque cornue produit environ 4 kilog. de phosphore, et la production totale de l'année s'élève à la quantité énorme de 36,000 kilog. (1).

(1) Lorsque les ouvriers, qui ont passé toute la journée au milieu des vapeurs de phosphore, se trouvent le soir dans l'obscurité, les gaz qu'ils expulsent de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un jeune chimiste, M. Cari-Mantrand, a proposé, en 1854, de substituer à l'ancien procédé de Schèele un mode d'extraction du phosphore beaucoup plus simple et plus économique. Ce mode consiste à traiter un mélange intime de charbon de bois pulvérisé et de poudre d'os calcinés, placé dans un tube de porcelaine porté au rouge, par un courant de gaz acide chlorhydrique, que l'on dirige sur la matière incandescente.

Le chlore de l'acide chlorhydrique s'empare du calcium du sous-phosphate de chaux pour former du chlorure de calcium, et l'acide phosphorique, tout entier mis à nu, est aussitôt réduit par le charbon, et abandonne le phosphore. Cette curieuse réaction donne naissance à de l'oxyde de carbone, à de l'eau et à des vapeurs de phosphore qui, dès le début de l'opération, se condensent dans les parties refroidies de l'appareil.

La réaction précédente se traduit ainsi :

$$\underbrace{(8CaO,3PhO^5)}_{\text{Sous-phosph. de chaux.}} + 15C + 8HCl = 15CO + 8HO + \underbrace{8CaCl}_{\text{Chlorure de calcium.}} + \underbrace{3Ph.}_{\text{Phosphore.}}$$

La pratique industrielle n'a pas encore adopté ce procédé qui, s'il peut réussir aussi bien en grand qu'en petit, présentera sur le vieux procédé les importants avantages d'une extrême simplification de la main-d'œuvre et l'extraction de la totalité du phosphore contenu dans les os.

DU BLEU DE PRUSSE ET DES PRUSSIATES.

Le bleu de Prusse, dont je vous ai déjà parlé plusieurs fois, est, sans contredit, une des couleurs minérales les plus belles et les plus utiles. Les peintres, les teinturiers, les imprimeurs sur tissus, les fabricants de papiers peints, en font un usage continuel.

Sa découverte est le résultat du hasard; elle date de 1710. Diesbach, fabricant de couleurs à Berlin, préparait des laques de cochenille en précipitant avec de la potasse une décoction de cochenille, additionnée d'alun et de sulfate de fer. Manquant un jour d'alcali, il en emprunta à Dippel, pharmacien de Berlin, connu par l'huile empyreumatique qui porte son nom. Celui-ci lui donna du carbonate de potasse qu'il avait employé plusieurs fois à rectifier de l'huile animale. Diesbach, en faisant usage de

---

l'estomac par des éructations, deviennent lumineux, de telle sorte qu'ils paraissent rendre des flammes par la bouche. Ils se font un véritable jeu de ce phénomène remarquable, sans qu'ils ressentent, du reste, aucune incommodité de l'état d'imprégnation phosphorée où se trouve alors leur organisme. De semblables effets ne peuvent guère s'expliquer que par l'absorption du phosphore à l'état de vapeur. — Magendie avait remarqué, il y a bien longtemps, un phénomène analogue, quand il injectait de l'huile phosphorée dans les veines d'un chien ; l'haleine de cet animal ne tardait pas à devenir lumineuse dans l'obscurité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce sel, loin d'avoir un précipité rouge comme d'habitude, obtint un beau précipité bleu. Dippel, qui eut connaissance de ce phénomène, soupçonna que la formation du précipité bleu était due à l'action de sa potasse sur l'alun et le vitriol, conjecture que l'expérience vérifia. La découverte du *bleu de Prusse* fut dès lors assurée, et annoncée par Dippel, dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin*, pour 1710, mais sans l'indication du mode de préparation. Comme alors on ne connaissait point d'autres couleurs bleues que l'indigo, cette annonce fit faire beaucoup d'essais. En 1724, Woodward, de la Société royale de Londres, fut le premier qui décrivit le procédé pour obtenir ce nouveau bleu, qui était devenu un objet très-lucratif de commerce. Ce procédé est encore celui que suivent les fabriques de produits chimiques, à quelques légères modifications près. Le voici :

On calcine dans un creuset ou une marmite de fonte, ou même dans des fours à réverbère, 10 parties de sang desséché, 1 partie de potasse ordinaire et 1/100e de battitures de fer pulvérisées, en maintenant la température au rouge pendant 8 heures environ. On lessive la masse calcinée avec de l'eau chaude jusqu'à épuisement de toute matière soluble, et l'on filtre les liqueurs qui sont colorées en jaune et qui portent le nom vulgaire de *lessive de sang*. On les laisse exposées à l'air, dans des baquets peu profonds, jusqu'à ce qu'elles ne précipitent plus en noir par un sel de plomb, puis on y verse une dissolution faite avec une demi-partie de sulfate de fer et 3 parties d'alun. On agite continuellement avec un bâton. Il se fait une vive effervescence, et il se produit un précipité vert brunâtre. On laisse déposer, on soutire la liqueur claire, puis on lave le dépôt, à diverses reprises, avec de l'eau ordinaire, jusqu'à ce qu'il ait acquis une belle couleur bleue. On le fait alors égoutter, on le soumet à la presse, puis on le divise en cubes que l'on sèche à une douce chaleur.

On vend parfois le bleu de Prusse à l'état de pâte aux fabricants de papiers peints, parce qu'il se distribue plus uniformément et qu'il donne une teinte plus homogène.

Plus tard, j'essaierai de vous faire comprendre la formation du bleu de Prusse dans cette opération. Maintenant il vous manque encore certaines notions nécessaires pour l'intelligence de sa théorie.

Je dois vous dire que les successeurs de Woodward reconnurent qu'on peut substituer au sang toutes les autres matières animales azotées, telles que les cornes, les os, les sabots des animaux, les vieux cuirs, les chiffons de laine, et qu'il y a même avantage, au lieu d'employer ces matières telles quelles, à les calciner en vases clos pour les réduire en charbons, qui deviennent alors la matière première de la fabrication du bleu.

Aujourd'hui c'est uniquement avec ces charbons azotés, résidu de la préparation des sels ammoniacaux, qu'on opère, et notamment avec ceux provenant des sabots et des rognures de corne. Ces matières en donnent 12 à 13 p. 100; le sang desséché n'en fournit que 10 p. 100. On évite d'employer le *noir d'os*, à cause de l'énorme quantité de sels de chaux qu'il renferme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On mêle, pour chaque opération qu'on effectue dans un four à réverbère : 50 kil. de charbon de corne ou de cuir, 75 kil. de bonne potasse perlasse et 3 kil. de limaille de fer. On maintient le tout en fusion ignée, en brassant fréquemment avec un ringard et en élevant peu à peu la température, jusqu'à ce que des bulles d'oxyde de carbone viennent brûler à la surface de la masse pâteuse. Celle-ci, retirée du four, est traitée comme il a été dit précédemment.

Voici les caractères les plus saillants du bleu de Prusse :

Il est en petits morceaux cubiques ou irréguliers, sans saveur, sans odeur, d'une couleur bleue foncée, et qui, de même que l'indigo, prennent une teinte cuivrée ou métallique par le frottement de l'ongle.

Chauffé fortement à l'air, il brûle, mais difficilement, en répandant une odeur désagréable, et il laisse un résidu de couleur rouge, très-abondant, formé d'alumine et de peroxyde de fer.

Il est insoluble dans l'eau, l'esprit-de-vin, les huiles, les acides faibles, l'acide sulfurique concentré. L'acide chlorhydrique lui enlève du fer, et se colore fortement en rouge brun. L'acide sulfurique le rend tout à fait blanc au bout d'un certain temps, mais on lui restitue sa couleur en affaiblissant l'acide par de l'eau. Les dissolutions alcalines concentrées le décolorent complétement, en mettant en liberté du peroxyde de fer, qui se précipite en poudre d'un rouge marron.

Le chlore ne diminue pas l'intensité de sa nuance.

Si donc le bleu de Prusse et l'indigo peuvent être confondus l'un avec l'autre, à la simple inspection, à cause de l'analogie de leur apparence, il est aisé d'en faire la distinction au moyen de la chaleur, de l'acide sulfurique concentré, des alcalis caustiques et du chlore.

Les principales propriétés du *bleu de Prusse* étaient constatées, alors que les chimistes ignoraient encore sa véritable nature. En 1752, Macquer prétendit que c'était un composé de fer et d'une matière colorante particulière. Schèele, voulant isoler ce dernier principe, obtint, en 1780, un acide liquide, que Guyton de Morveau nomma plus tard *acide prussique*.

La découverte de cet acide singulier captiva tellement l'attention des chimistes qu'on oublia le bleu de Prusse. On se contenta de le considérer comme un *prussiate de fer*, sans en chercher la preuve par l'expérience. Supposons pour un instant qu'il en soit ainsi, et examinons l'acide prussique. Son étude nous fournira peut-être quelques lumières sur la composition du bleu de Prusse.

L'analyse de l'acide prussique, faite successivement par Schèele et par Berthollet, ne fit découvrir, dans ce composé, que trois éléments : le carbone, l'azote et l'hydrogène. Mais, en 1815, Gay-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lussac (1) mit hors de doute, par une série de belles expériences, que les deux premiers éléments sont combinés et constituent un radical qu'il nomma CYANOGÈNE (c'est-à-dire *générateur du bleu*), radical double qui, par son union avec l'hydrogène, produit l'acide prussique. Dès lors, le nom de cet acide fut changé en celui d'ACIDE HYDROCYANIQUE, qu'on a remplacé depuis par celui plus rationnel d'ACIDE CYANHYDRIQUE.

Si l'on chauffe, comme je le fais ici, dans un petit tube de verre disposé pour permettre de recueillir les gaz sur la cuve à mer-

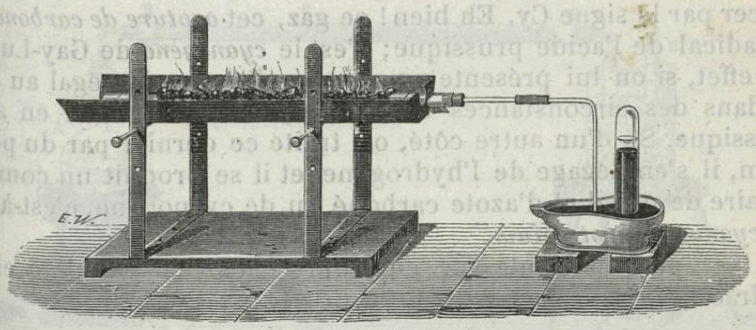


Fig. 613.

cure (*fig.* 613), le composé vulgairement appelé *prussiate de mercure*, on le transforme aisément en mercure métallique et en un

(1) Gay-Lussac (Louis-Joseph), dont je vous ai si souvent cité le nom à propos des plus belles découvertes de la chimie moderne, mérite une mention spéciale. Il naquit en 1778 à Saint-Léonard, dans la Haute-Vienne; il est mort dans son pays natal en 1850, après avoir rendu d'immenses services aux sciences physiques et chimiques dans ce qu'elles ont de plus élevé, et aux arts industriels en leur fournissant des méthodes d'essais et d'analyses d'une grande précision (alcalimétrie, chlorométrie, essai des vins, alcoomètre, essai des matières d'or et d'argent, etc.). Sorti de l'École polytechnique pour entrer dans les ponts-et-chaussées, il préféra bientôt le laboratoire de l'illustre Berthollet, dont il devint l'élève et l'ami, et quelques années après il rentra à l'École polytechnique, d'abord comme répétiteur de chimie et un peu plus tard comme successeur de l'éloquent Fourcroy. Il devint ensuite professeur de physique générale au Collége de France, professeur de chimie à la Faculté des sciences et au Jardin des plantes. Ses *recherches physico-chimiques*, en collaboration avec Thenard, auraient suffi à immortaliser son nom, mais ses nombreux mémoires parus successivement dans les *Mémoires d'Arcueil*, les *Annales de chimie*, les *Annales de chimie et de physique* dont il fut pendant trente ans l'un des principaux rédacteurs, l'ont mis avec raison à la tête des physiciens et des chimistes les plus célèbres du XIXe siècle. Ses leçons de physique et de chimie ont été publiées en 1827 et en 1828 par deux de ses élèves. Gay-Lussac était remarquable par la précision et l'habileté manuelle dans les expériences autant que par la hauteur de ses vues et l'originalité de ses conceptions théoriques. Une appréciation remarquable de ses travaux et de son influence sur les progrès des sciences physiques a été faite en 1852 par Arago dont il fut le collaborateur et l'ami.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fluide incolore, d'une odeur vive et pénétrante, qui brûle, par l'approche d'une bougie, avec une très-belle flamme violette, et dans la composition duquel on ne trouve que du carbone et de l'azote, dans les rapports suivants :

Carbone.....	4 volumes ou 2 équival. ou en poids		46,15
Azote.....	2 volumes ou 1 équival. ou	—	53,85
	2	1	100,00

Son symbole est donc C^2Az, qu'on est dans l'habitude de remplacer par le signe Cy. Eh bien! ce gaz, cet *azoture de carbone*, est le radical de l'acide prussique; c'est le *cyanogène* de Gay-Lussac. En effet, si on lui présente un volume d'hydrogène égal au sien, et dans des circonstances favorables, on le convertit en acide prussique. Si, d'un autre côté, on traite ce dernier par du potassium, il s'en dégage de l'hydrogène, et il se produit un composé binaire de métal et d'azote carboné ou de cyanogène, c'est-à-dire un *cyanure de potassium*.

Ainsi, plus de doute sur ce point; l'acide de Schèele est un hydracide à radical composé, formé de :

1 volume d'hydrogène.....
1 volume de cyanogène, ou { 2 vol. de carbone. / 1 vol. d'azote.... } = HCy.

Si le cyanogène a reçu un nom univoque qui ne conviendrait qu'à un élément, c'est qu'on a voulu rappeler par là qu'il se comporte, dans toutes ses réactions, comme un corps simple, comme le chlore ou l'iode, puisqu'il forme avec l'hydrogène un hydracide comparable à l'acide chlorhydrique, et, avec les métaux, des *cyanures* analogues aux *chlorures métalliques*. Le *prussiate de mercure*, duquel nous avons extrait le cyanogène, n'est donc que du *cyanure de mercure*.

La découverte de Gay-Lussac peut être considérée, à juste titre, comme une de celles qui ont exercé le plus d'influence sur les progrès de la chimie. Le cyanogène a fourni, en effet, le premier exemple d'un *radical composé*, et vous savez qu'aujourd'hui les chimistes connaissent un assez grand nombre de ces sortes de composés, les uns jouant le rôle de métaux, les autres celui de métalloïdes.

Fixés sur la composition de l'acide prussique, voyons comment on peut l'obtenir à l'état de pureté. Le procédé le plus simple est dû à Gay-Lussac.

On chauffe dans un ballon de verre A (*fig.* 614) 3 parties de cyanure de mercure et 2 parties d'acide chlorhydrique concentré. Ils réagissent l'un sur l'autre de la manière suivante :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cyanure de mercure = mercure + cyanogène.
Acide chlorhydrique = chlore + hydrogène.

chloride de mercure + acide cyanhydrique.

$$HgCy + HCl = HgCl + HCy.$$

L'acide cyanhydrique, à mesure qu'il se produit dans l'intérieur du ballon, se réduit en vapeurs, qu'on oblige à passer dans un tube horizontal contenant : de B en C des fragments de marbre

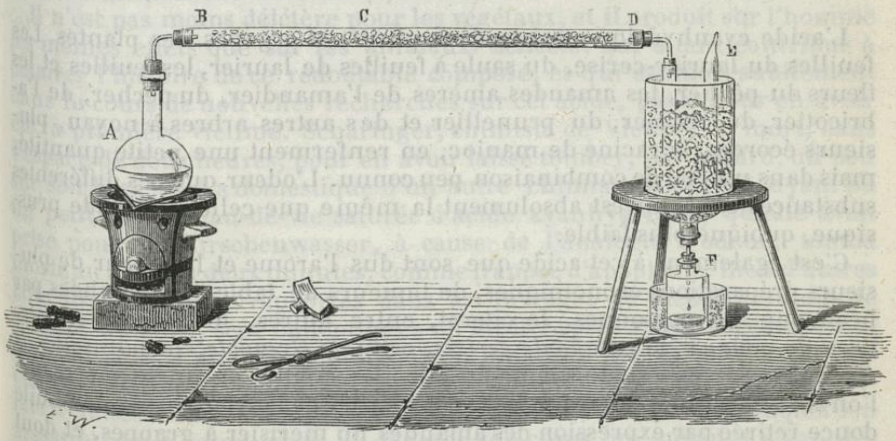


Fig. 614.

et de C en D du chlorure de calcium. De cette manière, il arrive, dépouillé d'eau et d'acide chlorhydrique, dans un tube de verre E, recourbé en U, et qui est placé au centre d'un mélange réfrigérant. Au moyen de la tubulure inférieure dont ce tube est pourvu, et dans laquelle est fixé un bouchon traversé par un tube droit, l'acide liquéfié coule dans un petit flacon F qui sert de récipient.

Ainsi obtenu, l'acide cyanhydrique est un liquide incolore, transparent, dont l'odeur est la même que celle des amandes amères ou des fleurs de pêchers, mais si forte qu'elle est insupportable et qu'elle détermine aussitôt des maux de tête et des vertiges. Il rougit faiblement le tournesol. Il est tellement volatil, qu'il entre en complète ébullition à + 26° 1/2, et qu'en en laissant tomber quelques gouttes sur du papier, la portion qui se vaporise subitement congèle le restant. Il s'enflamme dans l'air par l'approche d'une bougie.

Il se mêle à l'eau et à l'alcool en toutes proportions. Il précipite l'azotate d'argent en flocons blancs qui constituent du *cyanure d'argent*. — Si, après l'avoir mêlé à quelques gouttes de potasse, on le verse dans une solution de sulfate de fer, il produit un précipité de bleu de Prusse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cet acide s'altère très-facilement, même hors du contact de l'air; il prend une couleur de plus en plus foncée, et se transforme enfin en une masse charbonneuse, sans qu'on connaisse la cause de cette décomposition.

La composition en poids de l'acide cyanhydrique est la suivante:

Hydrogène.....	3,7			
Cyanogène.....	96,3 =	Carbone.....	44,44	
		Azote.....	51,86	
	100,0			96,30

L'acide cyanhydrique existe dans plusieurs organes des plantes. Les feuilles du laurier-cerise, du saule à feuilles de laurier, les feuilles et les fleurs du pêcher, les amandes amères de l'amandier, du pêcher, de l'abricotier, du cerisier, du prunellier et des autres arbres à noyau, plusieurs écorces, la racine de manioc, en renferment une petite quantité, mais dans un état de combinaison peu connu. L'odeur que ces différentes substances exhalent est absolument la même que celle de l'acide prussique, quoique plus faible.

C'est également à cet acide que sont dus l'arome et la saveur de plusieurs préparations économiques, de liqueurs de table, recherchées par beaucoup de personnes. Je citerai, entre autres, le *kirschen-wasser*, l'*eau de noyaux*, le *ratafia de cerises*, celui *de Grenoble*, le *marasquin de Zara*, etc.; il en est de même du lait, des crèmes et autres mets, que l'on aromatise en y faisant infuser des feuilles de laurier-cerise, de l'huile douce retirée par expression des amandes du merisier à grappes, et dont on fait usage à Briançon, mélangée à l'huile d'olives (1), etc.

Souvent le même acide prend naissance dans une foule de réactions chimiques, comme, par exemple, dans la distillation sèche des matières organiques, végétales ou animales, dans la réaction de l'acide azotique sur ces mêmes matières; dans celle du gaz ammoniac sur le charbon chauffé au rouge, etc.

L'acide cyanhydrique a une action tellement prononcée sur l'homme et les animaux, qu'il est nécessaire d'entrer dans quelques détails à cet égard.

Lorsqu'on débouche un flacon de cet acide pur sans prendre aucune précaution, on ressent, à l'instant même, un mal de tête et parfois une forte constriction à la poitrine. Si l'on flaire le flacon pendant quelques secondes, ou si l'on se trouve dans une atmosphère chargée de sa vapeur, on est suffoqué subitement, et, en moins d'une seconde, on éprouve des étourdissements, une défaillance avec impossibilité de se mouvoir, des envies de vomir, un resserrement spasmodique de la gorge; ces effets ne se dissipent qu'au grand air et à la longue. Un oiseau que l'on approche un instant de l'ouverture d'un flacon plein de cet acide tombe mort; l'odeur seule suffit pour le tuer.

De toutes les substances vénéneuses tirées des trois règnes, l'acide

(1) L'huile du merisier à grappes (*Prunus brigantiaca*) est nommée vulgairement *huile de marmotte;* elle a une odeur d'amande amère et une légère amertume.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prussique est, certainement, la plus terrible, celle dont les effets sont les plus prompts. Une seule goutte, portée dans la gueule du chien le plus vigoureux, le fait tomber raide mort, après deux ou trois grandes inspirations précipitées. La même quantité, appliquée sur l'œil de l'animal ou injectée dans la veine du cou, le tue à l'instant même, comme s'il était frappé de la foudre.

La mort produite par cet acide est d'autant plus prompte que la circulation est plus rapide et les organes de la respiration plus étendus. Il agit sur les animaux à sang chaud, en détruisant la sensibilité et la contractilité des muscles soumis à la volonté ; il anéantit également la contractilité du cœur et des intestins (1).

Il n'est pas moins délétère pour les végétaux, et il produit sur l'homme les mêmes effets que sur les animaux. Schèele, qui a tant contribué à éclairer l'histoire de ce redoutable composé, et qui est mort subitement dans le cours de nouvelles recherches sur cet acide, passe pour en avoir été la première victime. Scharinger, chimiste de Vienne, est mort, dans l'espace de deux heures, pour en avoir laissé tomber, par hasard, un peu sur son bras nu. La domestique d'un autre chimiste allemand, ayant bu un petit verre d'eau-de-vie saturée d'acide cyanhydrique, qu'elle avait prise pour du kirschenwasser, à cause de l'analogie d'odeur, tomba morte au bout de deux minutes, comme frappée d'apoplexie. Bien d'autres faits analogues sont rapportés dans les ouvrages de médecine. Dans le courant de 1828, sept épileptiques de Bicêtre, près Paris, succombèrent dans l'espace d'une demi-heure à trois quarts d'heure, pour avoir pris chacun environ 20 *gouttes* d'acide cyanhydrique faible. En 1832, la capitale frémissait d'épouvante à l'annonce du meurtre de Ramus, auquel son assassin faisait boire, avant de dépecer son corps, un mélange d'eau-de-vie et d'acide prussique ! En 1848, un marchand de Londres, nommé Deffel, répand par mégarde de l'acide étendu d'eau sur la manche de son habit et en reçoit quelques gouttes sur le visage ; au bout de quelques instants, il expirait.

Cette puissante action délétère rend moins incroyable l'activité prodigieuse des breuvages composés par Locuste, cette matrone gauloise que Néron associait à ses crimes, et qui préparait, avec des plantes de la Phrygie et de la Thessalie, des poisons aussi prompts que le fer. Tous ces empoisonnements subits, dont le souvenir est conservé par l'histoire, s'expliquent maintenant. Paulonius tua le père d'Hamlet en lui introduisant un poison dans l'oreille. Clément VII fut empoisonné par la flamme d'une bougie. Toffana, célèbre empoisonneuse napolitaine, se servait d'un

---

(1) Suivant M. Hœfer, les prêtres de l'Égypte connaissaient l'acide prussique et l'employaient pour faire périr les initiés qui avaient trahi les secrets de l'art sacré. Il pense que c'était en distillant avec de l'eau les fleurs et les amandes du pêcher qu'ils se procuraient le poison dont il se servaient pour infliger la mort aux sacrilèges. Les *eaux amères* que, d'après la coutume juive et égyptienne, le prêtre faisait boire à la femme accusée d'adultère, et qui tuaient promptement, sans laisser aucune trace de lésion sur le cadavre, lui paraissent également une préparation contenant de l'acide prussique. Il y a une chose certaine, c'est que les feuilles et les fleurs du pêcher étaient souvent employées dans les opérations de l'art sacré. (*Histoire de la Chimie*, t. I, p. 226.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couteau, dont un seul côté de la lame était empoisonné, pour couper le fruit dont la moitié devait faire périr sa victime, pendant qu'elle-même mangeait impunément l'autre moitié. Eh bien ! tous ces faits étranges, et qui semblaient fabuleux, ne sont rien que l'acide prussique ne puisse renouveler.

L'eau distillée de laurier-cerise, l'huile essentielle d'amande amère, toutes les amandes de nos fruits à noyau, les pepins de pommes et de poires, et, en général, toutes les substances qui renferment de l'acide cyanhydrique, sont également des poisons redoutables, à de très-faibles doses. En 1837, le *Journal de Chimie médicale* racontait l'empoisonnement d'un cultivateur des environs d'Ancenis, qui, pour faire disparaître la fièvre qui le tourmentait, fit usage, d'après le conseil d'un ami, d'une décoction de feuilles fraîches de pêcher. Le même journal nous apprenait, en 1852, la mort presque subite d'un enfant d'Arles, qui avait mangé les amandes de deux abricots-pêches.

Les effets formidables de l'acide prussique peuvent être combattus avec succès par des inspirations de chlore mêlé d'air, par l'ammoniaque, par un mélange de sulfate de protoxyde et de peroxyde de fer associés à du carbonate de soude ; mais il faut, toutefois, que l'application du remède succède instantanément à celle du poison.

Il semblerait, Messieurs, qu'une substance aussi dangereuse à manier que l'acide cyanhydrique n'aurait point dû trouver place dans la liste des médicaments. Néanmoins, malgré les craintes que devait inspirer un remède aussi actif, il a été employé et il l'est encore tous les jours par un grand nombre de médecins, surtout dans le traitement des maladies de poitrine, et, en général, de toutes celles où la sensibilité est augmentée d'une manière vicieuse. On en obtient de très-bons effets. C'est une chose sans doute bien remarquable que cette disposition des médecins à rechercher dans les poisons les plus violents de nouveaux moyens de guérison; et ce qui ne l'est pas moins, c'est de voir leurs essais hardis presque toujours couronnés de succès, car il est incontestablement vrai que les remèdes les plus héroïques de la thérapeutique sont empruntés aux substances les plus délétères !

Abandonnons maintenant l'acide cyanhydrique pour nous occuper de quelques autres composés du cyanogène.

Vous vous rappelez que ce composé, qui se comporte comme un véritable élément, s'unit aux métaux pour former des produits qui portent le nom de *cyanures*. Quelques-uns de ces produits métalliques jouent un rôle important dans les laboratoires, l'industrie ou la médecine ; tels sont entre autres :

Le *cyanure de potassium*, KCy, aussi vénéneux que l'acide prussique, qui sert à réduire par voie sèche un grand nombre d'oxydes métalliques, et qui, dissolvant par la voie humide pres-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que tous les oxydes et les cyanures insolubles par eux-mêmes, est devenu, à cause de cette importante propriété, l'agent principal de la dorure et de l'argenture galvaniques ;

Le *protocyanur* et le *sesquicyanure de fer*, FeCy et Fe^2Cy^3, qui sont les principes constituants du bleu de Prusse, comme nous le verrons bientôt ;

Le *cyanure de mercure*, HgCy, qui sert dans les laboratoires à obtenir le cyanogène, l'acide cyanhydrique, d'autres composés cyaniques, et que les médecins utilisent souvent.

Ce qu'il y a surtout de très-intéressant à savoir, c'est que tous les cyanures métalliques insolubles (d'or, d'argent, de cobalt, de cuivre, de fer, etc.), en se dissolvant dans les cyanures alcalins (cyanure de potassium ou de sodium), forment avec ceux-ci des *cyanures doubles* qui cristallisent généralement, et dans lesquels le cyanure insoluble fait fonction d'acide, tandis que le cyanure alcalin joue le rôle de base. Ce sont donc de véritables sels, qu'on désigne sous le nom général de *cyanosels*.

Eh bien ! toutes les fois qu'on calcine une matière animale avec du fer et de la potasse, ces sortes de composés prennent naissance, et voici comment : la matière animale se décompose à la haute température à laquelle elle est exposée ; la plus grande partie de son carbone et de son azote se réunissent dans les rapports de 2 à 1, pour constituer du cyanogène. Celui-ci trouvant, dans le mélange où il se forme, du fer et du potassium provenant de la potasse réduite par le charbon, s'y combine et produit alors un *double cyanure de fer et de potassium*, qui se dissout dans l'eau avec laquelle on lessive le résidu de la calcination. La *lessive de sang* dont je vous ai parlé précédemment, et qui sert à faire le bleu de Prusse, est essentiellement formée par ce double cyanure, qu'on appelle, par abréviation, *cyanure ferroso-potassique* ou *cyanoferrure de potassium*.

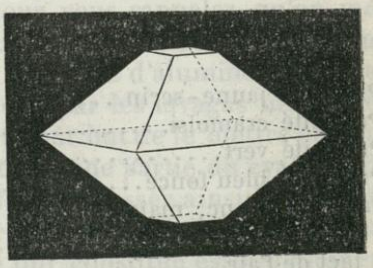


Fig. 615.

On peut obtenir ce nouveau composé en beaux cristaux jaunes et transparents ; il suffit de concentrer la lessive de sang filtrée et de l'abandonner à un refroidissement graduel. Ce sont ces cristaux, ordinairement en tables rectangulaires (*fig.* 615), sans odeur, mais d'une saveur amère et désagréable, qu'on appelle dans le commerce *prussiate jaune* ou *prussiate de potasse ferrugineux*. Voici leur composition :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cyanure de potassium.....	61,96	ou 2 équivalents.
Protocyanure de fer.....	25,29	1 équivalent.
Eau combinée.....	12,75	3 équivalents.
	100,00	

Leur symbole est donc..... 2KCy,FeCy,3HO.

Inaltérables à l'air, mais efflorescents à une douce chaleur, ces cristaux perdent toute leur eau à 100° et se réduisent en une poudre blanche.

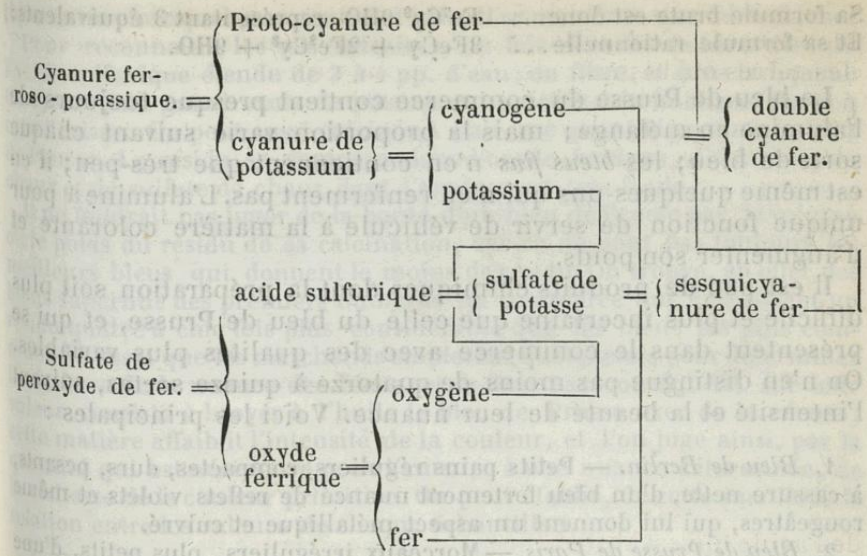
Ce sel se dissout dans 4 parties d'eau froide et dans un peu plus de son poids d'eau bouillante. Sa dissolution offre ceci de remarquable que les réactifs n'y accusent aucunement la présence du fer : ainsi, ni les alcalis caustiques, ni l'acide sulfhydrique et les sulfures alcalins, ni la teinture de galle n'ont d'action sur elle.

Mais cette dissolution est précipitée, au contraire, par la plupart des sels métalliques des quatre dernières sections, et les nouveaux composés qui apparaissent en flocons ont des couleurs variables avec la nature du sel métallique qu'on emploie. Voilà pourquoi la dissolution du prussiate de potasse est un des réactifs le plus souvent mis en œuvre par les chimistes, depuis que Margraff a signalé les services qu'elle peut rendre pour la distinction des métaux. Ainsi, comme vous allez le voir, elle donne lieu à un

Précipité blanc.....	dans les sels de	zinc, étain, plomb, mercure, manganèse, argent, or;
Précipité jaune-serin.....	—	bismuth;
Précipité cramoisi.....	—	cuivre;
Précipité vert.....	—	nickel et cobalt;
Précipité bleu foncé.....	—	peroxyde de fer;
Précipité blanc, mais qui passe peu à peu au bleu par le contact de l'air.....	—	protoxyde de fer.

Tous ces précipités sont des cyanures doubles, insolubles, dont vous allez comprendre la formation, au moyen de la légende suivante. Soit une dissolution de sulfate de peroxyde de fer, dans laquelle on verse du cyanure ferroso-potassique :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



ÉQUATION.

$$3(2KCy + FeCy) + 2(Fe^2O^3,3SO^3) = 6KO,SO^3 + (3FeCy + 2Fe^2Cy^3)$$

Prussiate de potasse. — Sulfate de perox. de fer. — Sulfate de potas. — Double cyanure de fer.

Il se fait donc du sulfate de potasse qui reste en dissolution dans la liqueur, et un *double cyanure de fer* qui se précipite en poudre d'un très-beau bleu. Ce composé n'est autre chose que le *bleu de Prusse*, qu'on doit nommer par conséquent *cyanure ferrosoferrique*.

Dans la fabrication de ce bleu, vous vous rappelez qu'on mélange à la lessive de sang de la couperose et de l'alun. Or, dans ce cas, il se fait un précipité blanc composé d'alumine et de cyanure ferreux, qui ne devient bleu que par les lavages multipliés qu'on lui fait subir. Ces lavages ont pour but de le mettre en contact avec l'air, dont l'oxygène réagit sur une partie du cyanure de fer, en lui enlevant du fer et en le faisant passer ainsi à l'état de cyanure ferrique, nécessaire pour former, avec le cyanure ferreux non altéré, ce cyanure double qui constitue essentiellement le bleu de Prusse.

Voici quelle est la composition brute qu'on lui assigne, quand il est pur :

Fer.....	7	équivalents,	ou sur	100.....	38,35
Cyanogène....	9	—	—	.....	45,90
Eau combinée.	9	—	—	.....	15,75
					100,00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sa formule brute est donc... $Fe^7Cy^9,9HO$, représentant 3 équivalents;
Et sa formule rationnelle... $3FeCy + 2Fe^2Cy^3 + 9HO$.

Le bleu de Prusse du commerce contient presque toujours de l'alumine en mélange; mais la proportion varie suivant chaque sorte de bleu; les *bleus fins* n'en contiennent que très-peu; il en est même quelques-uns qui n'en renferment pas. L'alumine a pour unique fonction de servir de véhicule à la matière colorante et d'augmenter son poids.

Il est peu de produits chimiques dont la préparation soit plus difficile et plus incertaine que celle du bleu de Prusse, et qui se présentent dans le commerce avec des qualités plus variables. On n'en distingue pas moins de quatorze à quinze sortes, suivant l'intensité et la beauté de leur nuance. Voici les principales :

1. *Bleu de Berlin.* — Petits pains réguliers, compactes, durs, pesants, à cassure nette, d'un bleu fortement nuancé de reflets violets et même rougeâtres, qui lui donnent un aspect métallique et cuivré.

2. *Bleu de Prusse de Paris.* — Morceaux irréguliers, plus petits, d'une couleur bleu foncé, offrant encore quelques reflets métalliques et cuivrés; cassure facile, mettant à découvert une surface unie très-légèrement violacée.

3. *Bleu foncé.* — Couleur d'azur plus ou moins foncée; masses ayant la forme d'un parallélipipède rectangle, de la longueur de 54 millim. environ; cassure nette; nuance intérieure semblable à celle de la surface.

4. *Bleu foncé ordinaire.* — Masses irrégulières d'un bleu foncé, compactes et pourtant faciles à rompre, se réduisant aisément en poudre et se délayant promptement dans l'eau.

5. *Bleu minéral.* — En masses d'une nuance qui varie du bleu clair au demi-bleu foncé, et plus pâle que celle du bleu ordinaire. Il a aussi une plus faible densité et plus de force couvrante. C'est du bleu de Prusse préparé avec des matières colorantes blanches (oxyde de zinc, carbonate de magnésie) au lieu d'alumine.

Quand on veut se procurer du bleu de Prusse très-pur, on précipite la dissolution de prussiate de potasse par de l'azotate de peroxyde de fer. Il en résulte un bleu d'une telle beauté, que les frais qu'entraîne ce procédé sont compensés et au delà par la qualité du produit obtenu.

Le bleu de Prusse du commerce est presque toujours altéré par des mélanges de matières inertes qu'on y ajoute pour en augmenter le poids. L'amidon, la craie, le sulfate de chaux servent à cet usage. C'est lorsque le bleu est en pâte, qu'on y introduit ces substances en poudre fine. Il est difficile de trouver des bleus de Prusse entièrement exempts d'amidon.

Pour reconnaître la présence de l'amidon, on fait bouillir le bleu avec de l'eau qui dissout l'amidon. On filtre ou l'on abandonne la liqueur à elle-même, pour que le bleu se dépose complétement, et, en ajoutant dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liqueur incolore quelques gouttes d'iode, il se manifeste une teinte bleue.

Pour reconnaître les sels calcaires, on fait chauffer le bleu avec de l'acide sulfurique étendu de 3 à 4 pp. d'eau; on filtre, et dans la liqueur on ajoute un grand excès de potasse qui précipite de la chaux facile à caractériser. On peut aussi calciner à l'air une quantité connue de bleu de Prusse. Le résidu se compose alors d'oxyde ferrique, d'alumine, de chaux et de sulfate de chaux dont l'analyse est très-facile.

Il ne faudrait pas juger de la bonté d'un bleu de Prusse par le volume ou le poids du résidu de sa calcination, car ce ne sont pas toujours les meilleurs bleus qui donnent le moins de résidu. On trouve, en effet, des bleus superfins des premiers numéros du commerce qui fournissent un résidu quatre à cinq fois plus considérable que les bleus les plus communs. L'essai que les marchands emploient quelquefois pour déterminer la richesse de la nuance des bleus, et se fixer par conséquent sur leur valeur, consiste à broyer à l'huile le bleu de Prusse avec de la céruse; cette matière affaiblit l'intensité de la couleur, et l'on juge ainsi, par la quantité qui est nécessaire pour l'amener à une nuance déterminée, de la richesse de la couleur primitive. On peut établir, de cette manière, la relation entre les valeurs de chaque échantillon.

Le bleu de Prusse, à l'étude duquel nous sommes ainsi revenus naturellement, est une des couleurs minérales les plus utiles. Il sert avec succès dans la fabrication des papiers peints, la peinture à l'huile, l'azurage des papiers, l'impression des indiennes et des tissus de laine et de soie. En teinture, ses applications sont nombreuses, mais dans ce cas, on le produit directement sur les tissus, ainsi que je vous l'ai montré.

C'est à Raymond père, alors professeur de chimie à Lyon, qu'on doit l'introduction du bleu de Prusse en teinture. Il remporta, en 1811, le prix proposé par Napoléon Ier à cet égard. Les bleus qu'il obtint sur soie furent désignés sous les noms de *bleu Raymond*, *bleu Marie-Louise*.

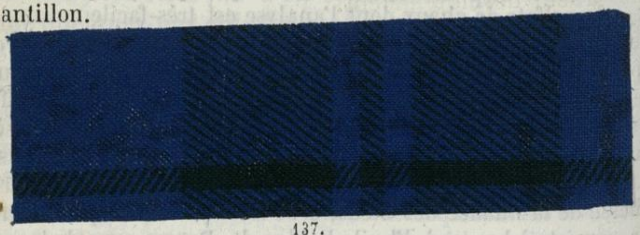
Dans l'impression, on produit les *bleus-prussiates* sur laine et sur coton, au moyen d'une réaction curieuse dont je vais vous donner la théorie. Tous les acides, même les acides organiques (oxalique, tartrique, citrique) et les sulfates acides, ont la propriété à la température de + 100°, d'opérer la destruction du prussiate de potasse; le cyanure de potassium est transformé par suite de la décomposition de l'eau en acide cyanhydrique qui se dégage et en potasse qui s'unit à l'acide étranger; le proto cyanure de fer devient libre et apparaît avec sa couleur d'un blanc bleuâtre; mais sous l'influence de l'oxydation opérée par l'air, ou par le bichrômate de potasse, ou par le chlorure de chaux, il donne du bleu de Prusse.

En fabrique, on obtient ce résultat en imprimant sur les pièces un mélange épaissi d'acides oxalique et tartrique et de prussiate de potasse, laissant sécher et soumettant à l'action de la vapeur pendant trois quarts d'heure. Toutes les parties imprimées prennent alors une belle couleur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bleue, par suite du bleu de Prusse qui s'est produit, sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, dans le mélange précédent.

En ajoutant à ces mélanges du bichlorure d'étain ou du sel d'étain, on favorise l'oxydation du protocyanure de fer mis en liberté et on obtient un bleu de Prusse, tournant au pourpre d'indigo le plus foncé, nuance riche connue spécialement sous le nom de *bleu de France*, et dont voici un échantillon.



137.

On peut encore obtenir des bleus plus foncés et plus riches en substituant au prussiate jaune ce qu'on appelle le *prussiate rouge*, dont il faut que je vous dise quelques mots.

Lorsque dans une dissolution de cyanoferrure de potassium, on ajoute, goutte à goutte, de l'acide azotique, en évitant qu'elle ne s'échauffe, ou lorsqu'on y fait passer lentement un courant de chlore, jusqu'à ce qu'elle cesse de précipiter les sels de peroxyde de fer, qu'on la neutralise alors avec du carbonate de potasse, qu'on la filtre et qu'on l'évapore rapidement jusqu'à pellicule, pour la mettre ensuite à cristalliser, il se dépose peu à peu de gros prismes rhomboïdaux (*fig.* 616) d'un beau rouge de rubis, translucides et même transparents, qui ont la composition suivante :

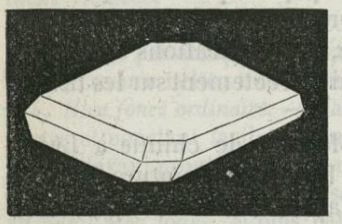


Fig. 616.

Cyanure de potassium.....	59,59	ou 3 équivalents.
Sesquicyanure de fer.....	40,41	ou 1 équivalent.
	100,00	

La formule de ce composé... $3KCy + Fe^2Cy^3$, montre que le cyanure de fer qui est uni au cyanure de potassium n'est plus du protocyanure, comme dans le prussiate jaune, mais du sesquicyanure, correspondant au sesquioxyde de fer. Voilà pourquoi on nomme scientifiquement ce prussiate rouge *cyanoferride de potassium* ou *cyanure ferrico-potassique*.

C'est Gmelin qui a découvert, il y a fort longtemps, ce cyanure double, qui est un des plus jolis produits de nos laboratoires. Je l'ai signalé le premier à l'attention des chimistes français et j'ai indiqué plusieurs de ses propriétés, dès 1827.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Toujours anhydre et inaltérable au contact de l'air, sans odeur, d'une saveur légèrement savonneuse, il se dissout dans deux fois son poids d'eau froide et dans moins de son poids d'eau bouillante; sa dissolution, vue en masse, paraît presque noire, tant sa couleur est foncée, mais en couches minces elle est transparente et d'un rouge verdâtre.

Ce prussiate rouge est ramené à l'état de prussiate jaune par l'action d'une chaleur modérée, par l'hydrogène sulfuré, par certains métaux (fer, cuivre, plomb, mercure, argent). Il joue, en présence de la potasse, le rôle d'un oxydant énergique, parce que, dans cette circonstance, à + 100°, il repasse à l'état de prussiate jaune avec dégagement d'oxygène. Cette dernière réaction est mise à profit dans les fabriques d'indiennes pour décolorer l'indigo, la cochenille, les laques, et par conséquent pour ronger blanc sur les fonds teints avec ces matières. C'est M. Mercer qui a fait adopter, il y a une vingtaine d'années, ce nouveau mode d'enlevage dans les établissements de toiles peintes de l'Angleterre.

La dissolution du prussiate rouge forme avec la plupart des sels des quatre dernières sections des précipités volumineux dont les couleurs diffèrent des précipités produits par le prussiate jaune; mais ce qu'elle a surtout de caractéristique, c'est qu'elle est sans action sur les sels de peroxyde de fer, tandis qu'elle donne immédiatement un très-beau bleu avec les sels de protoxyde.

L'espèce de bleu de Prusse qu'on distingue dans le commerce sous le nom de *bleu de Turnbull*, est préparée en versant dans une dissolution de couperose, du prussiate rouge, ou bien un mélange de prussiate jaune et d'hypochlorite de soude avec addition d'acide chlorhydrique. Ce bleu a une nuance un peu différente de celle du bleu de Prusse ordinaire. Il n'a pas tout à fait, non plus, la même composition, puisqu'on le représente par la formule suivante :

$$(3KCy + Fe^2Cy^3) + 4(3FeCy + Fe^2Cy^3).$$

Les prussiates de potasse et les cyanures dont on consomme de si grandes quantités pour les applications si variées dont je vous ai entretenus, Messieurs, peuvent être produits d'une manière plus simple et plus économique que par l'emploi des matières animales. En 1828, Desfosses, chimiste habile de Besançon, en répétant d'anciennes expériences de Schéele et de Curaudau, constata que l'azote libre s'unit directement au carbone pour produire du cyanogène, lorsqu'on fait passer, à la température rouge, ce gaz pur ou même de l'air sur un mélange de charbon et de carbonate de potasse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce fait intéressant, confirmé bientôt après par MM. Thomson et Fownes, est devenu, dans les mains de MM. Possoz et Boissière, la base d'une grande fabrication industrielle. Dès 1843, ces deux chimistes avaient monté à Grenelle des appareils d'essais sur une échelle assez importante pour pouvoir livrer au commerce, en moins d'une année, plus de 15,000 kilogr. de prussiate jaune de potasse obtenu sans le concours d'aucune matière animale.

Toutefois la cherté du combustible à Paris, et aussi les réparations fréquentes qu'exigeaient les appareils qu'ils employaient à cette époque, les engagèrent à chercher une autre localité mieux favorisée, et vers 1844, ils allèrent monter à New-Castle, pour le compte d'une compagnie anglaise, une grande usine dans laquelle ils introduisirent tous les perfectionnements que réclamait cette industrie naissante. Bientôt cette usine put fabriquer

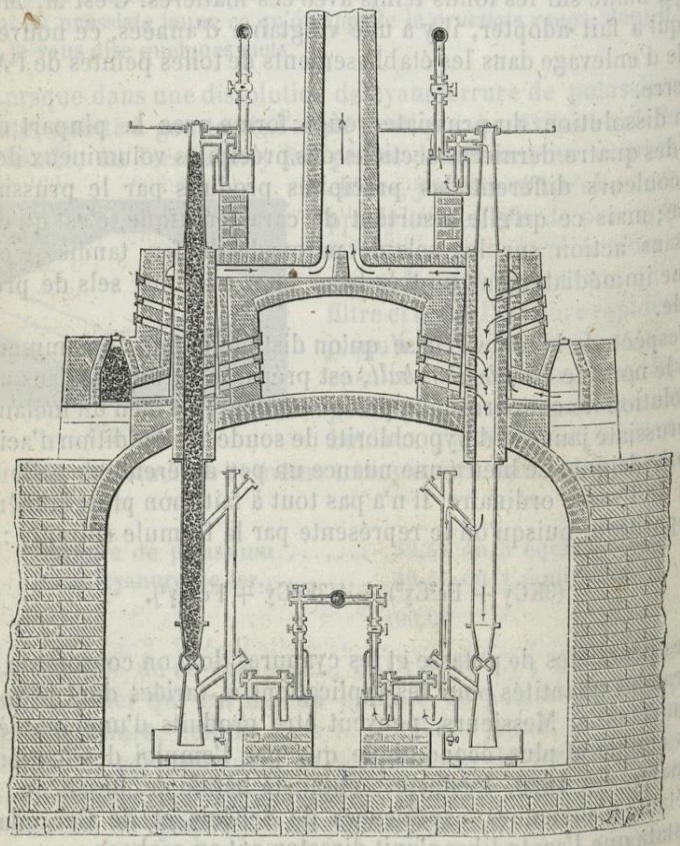


Fig. 617.

par jour 1,000 kil. de prussiate très-beau et très-pur à moins de 2 fr. le kilogr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici, en abrégé, comment on opère. Du charbon de bois concassé, imprégné de 30 p.% de bonne potasse d'Amérique, est placé dans un cylindre vertical en grosses briques réfractaires (*fig.* 617). Ce cylindre de 50 centimètres de diamètre intérieur et d'une longueur de plus de 3 mètres, est chauffé au rouge blanc ; au moyen d'une pompe aspirante et foulante, on y projette de l'air chaud qui a traversé du coke incandescent et qui ne contient plus ainsi que de l'azote et de l'oxyde de carbone ; cet air entre dans le cylindre par de petits orifices qui sont ménagés de distance en distance à travers ses parois. Au bout de 10 heures de chauffe, le carbonate de potasse est en grande partie converti en cyanure de potassium.

Cet appareil fonctionne d'une manière continue. On retire, en effet, toutes les demi-heures, par le bas du cylindre une certaine quantité de charbon cyanuré, tandis que par le haut on introduit une quantité correspondante de charbon potassé.

Le charbon cyanuré, après s'être refroidi en passant dans une allonge en fonte, tombe dans un réservoir où on le chauffe avec de l'eau et du carbonate de fer natif (fer spathique) en poudre. C'est alors qu'il se fait du ferrocyanure de potassium. Les liqueurs saturées sont évaporées et mises à cristalliser. Le résidu charbonneux rentre dans les opérations nouvelles ; les dernières eaux-mères, très-riches en carbonate de potasse, servent à préparer de nouveaux charbons potassés. Rien n'est donc perdu. Le procédé est si bien entendu, que le carbonate de potasse fournit sous le même poids avec l'azote de l'air plus de cyanure qu'avec les matières animales.

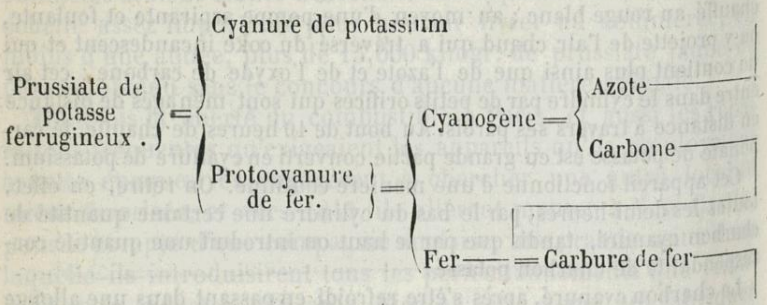
C'est toujours avec le prussiate jaune, fabriqué par l'un ou l'autre des procédés indiqués dans cette leçon, qu'on obtient le *cyanure de potassium* simple, qui joue actuellement un si grand rôle dans les ateliers des galvanoplastes et des doreurs.

Quand on veut l'avoir pur, on décompose par la chaleur le ferrocyanure de potassium, qu'on a eu soin de débarrasser des sels étrangers par une ou deux cristallisations successives. On le dessèche soigneusement, et on en introduit quelques kilogrammes dans une cornue en grès ou mieux en fer qu'on place dans un fourneau à réverbère. On adapte à son col un tube recourbé dont on fait plonger l'extrémité de quelques millimètres dans l'eau d'une terrine. On chauffe d'abord modérément, pour éviter que le sel ne se boursoufle, et on monte progressivement la température jusqu'au rouge ; on l'entretient à ce point tant qu'il sort du tube des bulles de gaz ; quand le dégagement se ralentit, on donne un bon coup de feu pour élever la température jusqu'au rouge blanc. Le gaz cessant d'apparaître, on soulève le tube hors de l'eau, on le bouche avec un peu de lut, on laisse refroidir l'appareil ; on casse ensuite la cornue dans laquelle on trouve fort souvent deux couches distinctes : l'une blanche, cristalline et compacte, c'est du cyanure de potassium ; l'autre noire, caverneuse, miroitante, en forme de scorie recouvrant la première ; c'est un carbure de fer mêlé de cyanure alcalin. Le plus habituellement, cependant, ces deux matières ne sont pas séparées. Alors pour en séparer le cyanure de potassium, on fait bouillir le tout avec de l'alcool à 58°, on filtre rapidement, et par le re-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

froidissement, presque tout le cyanure se dépose en cristaux grenus et purs.

La légende suivante va vous donner la théorie de cette opération :



$$(2KCy + FeCy) = 2KCy + Az + FeC^2.$$

Quand le prussiate que l'on calcine n'est pas complétement sec, il se dégage, outre l'azote, une quantité sensible d'acide cyanhydrique et d'ammoniaque, et il se sublime dans le col de la cornue quelques cristaux de carbonate d'ammoniaque.

Le cyanure de potassium qu'on emploie dans les arts n'a pas besoin d'être d'une pureté absolue. Voici comment on le fabrique dans les ateliers : à 800 gram. de prussiate jaune desséché on ajoute 300 gr. de sel de tartre ; on mélange intimement et on calcine au rouge cerise dans un creuset en fer très-épais. La matière en fondant devient noire et bourbeuse ; peu à peu le carbure de fer s'en sépare et se colle aux parois du creuset. On reconnaît que l'opération est terminée, quand en trempant une baguette de verre dans la masse en fusion, le produit qu'on en retire est parfaitement blanc. On le coule alors avec précaution sur une plaque métallique. Aussitôt qu'il est refroidi, on le concasse et on l'introduit dans des flacons qu'on maintient hermétiquement bouchés.

Le cyanure, ainsi obtenu, doit être d'un blanc de lait plus ou moins diaphane et à cassure très-cristalline. Il renferme 75 p. 100 de cyanure réel. Il est complétement inodore, s'il est parfaitement sec ; mais dès qu'il attire l'humidité, il répand l'odeur caractéristique d'acide prussique. Il est très-déliquescent, et à l'air, par suite de la décomposition de l'eau, il s'altère rapidement et renferme bientôt des carbonates et formiates de potasse et d'ammoniaque.

Il ne faut pas oublier que le cyanure de potassium est un poison tout aussi redoutable que l'acide cyanhydrique, ce qui n'empêche pas les médecins de l'administrer à l'intérieur, après l'avoir fait dissoudre dans huit fois son poids d'eau distillée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je n'abandonnerai pas l'étude des composés cyaniques sans vous faire connaître les *poudres fulminantes* de mercure et d'argent, qu'on obtient en traitant simultanément l'alcool par l'acide azotique et l'un ou l'autre de ces métaux. Ces *poudres*, qui détonent si facilement par le choc ou le frottement, renferment un acide distinct, un oxacide du cyanogène, qu'on a nommé *acide fulminique*, Cy^2O^2 ; ses combinaisons avec les oxydes de mercure et d'argent :

$$(HgO)^2,Cy^2O^2$$
$$(AgO)^2,Cy^2O^2$$

sont, d'après cela, nommées *fulminates* de mercure et d'argent. C'est l'Anglais Howard qui en a fait la découverte.

On obtient le premier en dissolvant 1 partie de mercure dans 12 parties d'acide azotique à 34°, ajoutant à la liqueur 11 parties d'alcool à 36°, et faisant chauffer le mélange au bain-marie jusqu'à production de vapeurs blanches et épaisses. Par le refroidissement, il se dépose une poudre blanche cristalline, qu'on lave à l'eau froide et qu'on sèche avec précaution. C'est là le *mercure fulminant de Howard*.

En dissolvant une pièce d'un demi-franc dans 45 grammes d'acide azotique et faisant chauffer avec 60 grammes d'alcool, on produit aisément le *fulminate d'argent*.

Rien n'est plus dangereux que le maniement de ces poudres, qui détonent avec presque autant de violence que l'ammoniure d'argent, dont je vous ai parlé dans la 29e leçon (t. Ier, p. 838). Un centigramme de fulminate d'argent, jeté sur les charbons ardents, produit une détonation aussi forte qu'un coup de pistolet. Le plus léger frottement entre deux corps durs suffit pour en provoquer l'explosion, surtout quand il est sec et chaud ; aussi se sert-on de baguettes de bois tendre et de cuillers en papier pour sa préparation et son maniement. Quelques décigrammes qui détoneraient sur la main, en causeraient infailliblement la perte.

De terribles accidents n'ont que trop appris, aux chimistes et aux fabricants de ces composés, les précautions avec lesquelles on doit les toucher. Figuier, de Montpellier, a perdu un œil en préparant du fulminate d'argent. Barruel, de Paris, a eu une partie de la main droite emportée par la détonation de fulminate de mercure, qu'il broyait négligemment dans un mortier de silex ; l'explosion fut si violente, que le mortier disparut en poussière. Un de mes condisciples, l'infortuné Bellot, ancien élève de l'École Polytechnique, a perdu la vue et a été horriblement mutilé par une semblable détonation. Julien Leroy, fabricant de poudre, a été tué, il y a quelques années, par la détonation de fulminate encore humide qu'il remuait, par imprévoyance, avec une baïon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nette. Plusieurs fabriques de poudre fulminante au mercure, entre autres celle d'Ivry, près Paris, ont été entièrement détruites par l'explosion de quelques kilogrammes de matière. En 1842, un chimiste de Londres très-célèbre, Hennell, a péri victime d'une explosion effroyable produite par la même substance. Un fournisseur, nommé Dymon, qui avait traité avec la Compagnie des Indes pour une quantité considérable d'obus remplis de fulminate de mercure, ne pouvant préparer lui-même, dans le délai fixé, tout ce qu'il avait promis de livrer, s'était adressé à Hennell pour qu'il se chargeât d'une partie de la fabrication. Le 5 juin 1842, Hennell travaillait seul, dans un corps de bâtiment isolé, à cette œuvre périlleuse; le fulminate était achevé, et il ne lui restait plus qu'à le mêler avec une autre substance préparée par M. Dymon lui-même, et qui paraît constituer le secret de ses obus; tout à coup un accident qu'on ne peut expliquer, puisque le seul témoin a disparu, fit prendre feu à ces matières, et, de là, une explosion terrible. Le corps de bâtiment fut détruit; les tuiles, les briques, les charpentes furent lancées au loin dans les rues voisines, et on ne put retrouver du malheureux Hennell que des débris horriblement mutilés.

La force développée par la détonation des fulminates est bien plus grande que celle de la meilleure poudre à canon. On s'est assuré, par exemple, qu'en détonant sous une masse creuse de cuivre, elle l'élève à une hauteur 15 à 30 fois plus considérable.

C'est avec le fulminate d'argent qu'on confectionne les bonbons chinois, si connus des enfants. Une parcelle de cette poudre est collée, en compagnie de quelques grains de verre pilé ou de sable, entre deux bandes étroites de parchemin; lorsqu'on tire ces bandes en sens contraires, le frottement des grains de verre ou de sable contre la poudre fulminante suffit pour en déterminer l'explosion. Les cartes et les pétards fulminants sont préparés de la même manière. Lorsqu'on les jette avec force par terre, ou qu'on les presse avec le pied, ils font explosion. Ces joujoux ne sont pas sans danger; ils ont souvent causé des blessures (1).

Le fulminate de mercure est généralement employé, depuis une quarantaine d'années, pour les amorces des fusils de chasse, à cause de sa facile inflammation et de son inaction sur le fer. Ce sont de petites capsules en cuivre mince embouti à la mécanique,

(1) Il en est de même du papier fulminant dont certains voyageurs attachent des bandes à la porte de leur chambre à coucher, afin d'être éveillés par la détonation qui se produit lorsqu'on ouvre la porte pendant la nuit. Un opticien, qui se servait probablement de l'argent fulminant pour préparer ce papier, avait fait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au fond desquelles on introduit un peu de fulminate, 16 à 20 milligrammes environ. Auparavant, celui-ci est broyé avec 30 p. % d'eau, sur une table de marbre, avec une molette de bois, et on y incorpore 4/10 de son poids de nitre ou de pulvérin. Ce mélange communique mieux l'inflammation à la charge du fusil.

Avec 1 kil. de mercure, on obtient 1 kil. 1/4 de fulminate, qui peut fournir environ 40,000 amorces. Le prix de celles-ci est ordinairement de 3 fr. 50 le mille.

Ces amorces sont maintenant adoptées pour les fusils de munition; elles contiennent 40 milligrammes du mélange fulminant, qu'on arrose avec une dissolution de résine laque dans l'alcool, ou de résine mastic dans l'essence de térébenthine, afin de prévenir l'action de l'humidité.

L'expérience a montré que dans les nouveaux fusils à percussion on obtient la même portée que dans les anciens fusils à pierre, en réduisant la charge de poudre aux 85 centièmes de ce qu'elle était primitivement.

On calcule que l'industrie française livre chaque année à la consommation 830 millions de capsules, dont 210 millions pour l'intérieur et 620 millions pour l'exportation.

---

venir une petite boîte de cette poudre à l'endroit où il s'était arrêté pendant son voyage. A la poste, on voulut voir ce que contenait cette boîte, et quand l'opticien y remit le couvercle, la poudre fit explosion, probablement parce qu'il en était resté quelques grains entre le couvercle et la boîte. La main de l'opticien fut presque totalement enlevée, et on trouva des fragments d'os sous la table, dont le dessus, épais de plusieurs centimètres, fut percé. Des morceaux de la boîte paraissaient avoir pénétré en plusieurs endroits dans la poitrine du malheureux, qui mourut au bout d'onze jours. Aucun des employés de la poste ne fut atteint, et, malgré la violence de la détonation, qui les priva de l'ouïe pendant quelque temps, il n'y eut point de vitres brisées, effet qu'aurait infailliblement produit une explosion bien plus faible causée par la poudre ordinaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SOIXANTE-QUATRIÈME LEÇON.

TROISIÈME DIVISION.

HISTOIRE CHIMIQUE DES FONCTIONS DES ORGANES PENDANT LA VIE.

SOMMAIRE. — Des fonctions chez les végétaux. — De la *germination* et des phénomènes chimiques qui l'accompagnent. — Saccharification de l'amidon des graines. — De la *nutrition*. — Action des plantes sur l'atmosphère.— Rôle des éléments de l'air, de l'eau et du sol, dans l'acte de la végétation. — De la *sève* et de ses fonctions. — Manne et *mannite*. — *Maturation* des fruits. — Des fonctions chez les animaux. — De la *digestion*. — De la nature des aliments : aliments *plastiques* et *respiratoires*. — Du canal digestif et des actes mécaniques et chimiques qui s'y accomplissent. — Nature de la salive, du suc gastrique, du suc pancréatique, de la bile. — Formation du sang. — De l'*assimilation* et des *sécrétions*.

Il ne suffit pas, Messieurs, de connaître la composition chimique des organes des plantes et des animaux, de savoir les propriétés essentielles des principes et des produits immédiats qui les forment ; il est aussi curieux qu'intéressant de rechercher comment ils accomplissent, pendant la vie, les fonctions importantes qui leur sont départies, d'apprendre enfin quels sont les phénomènes qui se développent dans le corps des êtres vivants, par l'action de leurs différents organes.

Mais pour faire cette étude avec quelque fruit, il est indispensable de posséder des notions exactes sur la structure anatomique des végétaux et des animaux. Car comment concevoir des actes sans être initié aux détails de l'organisation intime des parties qui les exécutent?

De cette nécessité des connaissances anatomiques résulte pour moi l'impossibilité de vous exposer, d'une manière complète, les phénomènes qui se passent au sein des êtres organisés sous l'influence des forces vitales. La PHYSIOLOGIE, qui a pour objet de nous dévoiler le mécanisme caché à l'aide duquel la vie se développe et s'entretient, rentre tout à fait dans le domaine du naturaliste. La partie chimique de cette science ne peut être que difficilement séparée de la partie descriptive des organes. Je me bornerai donc à vous présenter un aperçu général des réactions chimiques les plus saillantes de la vie végétale et animale, en écartant, autant que je le pourrai, l'emploi des termes techniques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de botanique et de zoologie, genre de connaissances que vous puiserez dans les ouvrages ou les cours d'histoire naturelle.

§ 1. — Des fonctions dans les végétaux.

Vous savez, Messieurs, que les plantes viennent de graines. L'acte par lequel celles-ci se développent et donnent naissance à de nouveaux individus, tout à fait semblables à ceux qui les ont produits, porte le nom de GERMINATION.

Si nous examinons une graine bien conformée, c'est-à-dire fécondée et mûre, soit, par exemple, une *fève de marais* (*fig.* 618), nous y reconnaîtrons trois parties essentielles, qui constituent l'embryon ou le germe végétal, à savoir : l'organe de la nutrition consistant en deux lobes qu'on appelle *cotylédons* C ; la plante naissante ou la *plumule* B, qui est le petit point blanc placé au centre des cotylédons ; et la racine naissante ou la *radicule* A, cône recourbé, dirigé vers l'extérieur de la graine, et disposé au-dessous de la plumule B.

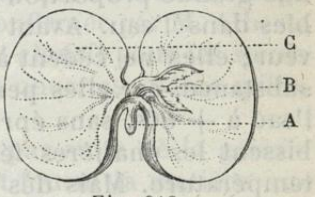


Fig. 618.

Tant que la graine est soustraite à l'influence des agents extérieurs, elle reste dans un état complet d'inertie. Mais aussitôt qu'elle est soumise à l'action simultanée de l'humidité, de l'air et d'une température de + 10 à 30°, quelle que soit d'ailleurs la substance dans laquelle elle soit placée, pourvu que cette substance n'ait aucun effet défavorable sur ses organes, la vie commence à s'y développer. Les cotylédons s'enflent, les enveloppes extérieures se déchirent, la radicule s'allonge, fait saillie au dehors, s'implante dans le sol pour y puiser des aliments, tandis que la plumule s'élève dans l'air et se change en feuilles verdoyantes, qu'on appelle *feuilles séminales*. Alors un nouvel ordre de faits s'établit, la germination est terminée.

Pendant que tous ces phénomènes physiques se produisent, il se passe dans l'intérieur de la semence et dans le milieu qui l'entoure des changements non moins remarquables.

Les graines qui germent dans l'air ne changent pas sensiblement son volume ; mais elles convertissent la plus grande partie de son oxygène en acide carbonique ; de sorte que le carbone contenu dans les semences diminue progressivement. Toutefois le poids du carbone que contient l'acide carbonique formé est toujours moindre que celui qui exprime la perte subie par la graine ; il faut donc que cette perte ne soit pas due uniquement à l'élimination du carbone. Les expériences de M. Boussingault démontrent qu'en effet il y a aussi une certaine quantité d'oxygène

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et d'hydrogène de la graine qui disparaît, sans doute à l'état d'eau.

Lorsque, par suite de la réaction de l'air, aidée de l'humidité, l'équilibre entre les éléments de la substance organique des cotylédons est rompu, il s'établit bientôt, sous l'influence de la chaleur et de l'électricité développée par l'action de l'oxygène atmosphérique, une série de réactions chimiques dont les produits varient probablement en raison de la nature des cotylédons. Ce que nous savons, à cet égard, se rapporte uniquement aux graines des céréales et des autres graminées.

Ces graines, vous le savez, Messieurs, renferment du gluten, une grande proportion d'amidon, et bien peu de principes solubles dans l'eau. Avant de germer, elles n'ont qu'une faible saveur; elles ne cèdent à l'eau qu'une très-faible quantité de leur substance, car elles peuvent être pulvérisées et délayées dans de l'eau à + 80°, sans éprouver d'autre altération que celle que subissent les matières féculentes dans les mêmes conditions de température. Mais dès que la germination commence, une certaine quantité de *diastase* prend naissance, et sa quantité augmente à mesure que la végétation s'établit. Cette substance, ainsi procréée, réagit bientôt sur la fécule, dont elle fait crever les globules; la dextrine s'écoule au dehors, et la plus grande partie se métamorphose en sucre sous l'influence, sans cesse agissante, de la diastase.

L'intérieur de la graine contient, par suite de cet effet, un liquide laiteux et doux, qui est propre à servir d'aliment à la jeune plante. En écrasant alors la semence, et en la mettant avec six fois son poids d'eau à + 80°, tout ce qui était amidon se trouve transformé en sucre au bout de quelques heures.

Cette saccharification, que la diastase provoque ainsi dans l'intérieur de la graine, continue jusqu'à ce que la plumule soit parvenue à la lumière; alors elle cesse tout à coup, et, par une nouvelle réaction, le sucre et la dextrine procréés sont convertis en principes immédiats résineux, huileux, gommeux ou acides, qui concourent à l'accroissement de la plante.

Cette transformation de la substance farineuse des cotylédons en sucre est donc entièrement semblable à celle que subit l'amidon ou l'empois, mélangé directement par nous avec l'orge germé, et porté à une température moyenne de + 70 à 80°. Mais, dans le premier cas, l'action de la diastase sur la fécule des cotylédons ne s'effectue que successivement. On doit donc trouver par l'analyse, dans la graine germée, plus de sucre et de dextrine qu'il n'en existait dans la graine non germée. C'est ce qui résulte, en effet, de l'analyse comparée du blé avant et après sa germination.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il semble par conséquent que le premier acte de la vie végétale ne soit autre chose qu'une saccharification; il doit toutefois y avoir d'autres phénomènes accessoires, puisque MM. Becquerel, Edwards et Colin ont reconnu dans les graines germées des proportions notables d'acide acétique. Quoi qu'il en soit, la germination a pour effet essentiel de convertir la substance farineuse et insoluble des cotylédons charnus ou de l'albumen qui accompagne les cotylédons foliacés en substances solubles dans l'eau, que les vaisseaux capillaires de la graine peuvent facilement absorber et présenter dans un grand état de division à la jeune plante. Le rôle nourricier de l'albumen et des cotylédons charnus explique très-bien, confirme même la loi pratique admise dès longtemps par les agriculteurs et récemment confirmée par M. Albert, que, dans chaque espèce de plante, on doit choisir pour les semis les graines les plus grosses et les mieux nourries, parce qu'on obtient ainsi des plantes plus robustes.

Lorsque la jeune plante est développée par suite de la germination, que les cotylédons, qui lui avaient fourni la matière nutritive nécessaire, se sont desséchés et sont tombés, elle est obligée, pour continuer son accroissement, de tirer sa nourriture d'autre part que de ces organes, car il est bien démontré qu'elle ne peut elle-même la former. Tout prouve, en effet, qu'elle augmente continuellement la quantité des matériaux qui la constituent, en s'emparant de certaines substances extérieures, et en les transformant en sa propre substance. Or, c'est ce phénomène qui a reçu le nom de NUTRITION.

Attachée au sol et plongée dans l'atmosphère, c'est dans l'un et l'autre de ces milieux que la jeune plante puise les matières alimentaires qui sont indispensables à son développement. C'est par les racines et les feuilles que s'accomplit cette fonction. Les premières puisent, dans la terre, les sels et les substances organiques fournis par les engrais, et que l'eau tient en dissolution; les secondes absorbent, presque uniquement par leur face inférieure, les gaz et les vapeurs répandus dans l'air.

Il est de toute nécessité que la nourriture réparatrice parvienne aux plantes dans le plus grand état de division possible, car les pores absorbants dont les organes des plantes sont pourvus sont si fins et si déliés, qu'aucun corps, non liquide ou gazeux, ne peut s'y introduire; et si l'analyse démontre dans le tissu végétal des matières solides et insolubles, c'est qu'elles ont été dissoutes, à l'époque de leur absorption, par un agent qui les a abandonnées pour former de nouvelles combinaisons.

Considérés dans l'ensemble de leur constitution, les végétaux contiennent du carbone, de l'eau toute formée ou ses éléments, de l'azote, du phosphore, du soufre, des oxydes métalliques unis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux acides phosphorique, sulfurique et silicique ; des chlorures, des bases alcalines combinées à des acides végétaux. Il résulte de là que les plantes ont besoin pour vivre d'absorber incessamment de l'eau ou ses éléments, de l'air ou ses éléments, de l'acide carbonique et certaines matières minérales.

Voyons comment ces principes élémentaires sont fournis à la jeune plante.

1. Il est certain que les végétaux ne pourraient vivre sans eau; car toutes les fois qu'ils en sont privés, ils dessèchent et périssent. C'est du sol que les plantes tirent, par leurs racines, une grande partie de l'eau qui leur est nécessaire ; mais elles en absorbent aussi, dans l'atmosphère, par leurs parties foliacées. Cette eau agit, dans la végétation, comme dissolvant et aussi par sa décomposition, en fournissant ses deux principes constituants.

Ce qui prouve évidemment que l'eau se décompose, ce sont les expériences de M. Boussingault, qui démontrent que des graines germent facilement sur un sol artificiel privé de toute substance organique et arrosé avec de l'eau distillée. Il est clair que, dans ce cas, l'eau est assimilée en nature ou qu'elle apporte aux végétaux ses éléments désunis, mais dans un état naissant qui est éminemment propre à l'assimilation. L'hydrogène des plantes n'a pas d'autre origine.

C'est donc l'hydrogène de l'eau qui sert à former les huiles essentielles, la cire, les résines et tous les corps gras si fréquents dans certains organes et si riches en ce principe élémentaire.

2. Le carbone ne pénètre jamais dans les plantes à l'état solide ou de simple dissolution dans l'eau, puisque, libre et pur, il n'est pas soluble. Aussi, lorsqu'on met une plante dans du charbon, même en poudre impalpable, en l'arrosant d'eau distillée, elle y vit à peu près comme dans du verre pilé, sans absorber aucune particule charbonneuse.

Le carbone est introduit dans le tissu végétal par la décomposition du gaz acide carbonique, puisé dans l'air et dans l'eau; il y est encore porté par la partie soluble du terreau, très-riche en matières organiques.

Au commencement de ce cours, en faisant l'étude de l'acide carbonique, je vous ai dit que les parties des végétaux qui sont colorées en vert, c'est-à-dire les feuilles et les tiges, ont la propriété remarquable, mais uniquement sous l'influence de la lumière solaire, d'absorber le gaz acide carbonique contenu dans l'air, de le décomposer, de s'assimiler son carbone, et de rejeter dans l'atmosphère la plus grande partie de l'oxygène qui en provient. Il est facile de vous démontrer expérimentalement qu'il en est toujours ainsi :

Si l'on place dans une même cuvette *aa* (*fig.* 619) deux bocaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

renversés, l'un *b* plein, ainsi que la cuvette, d'eau distillée, dans laquelle nage une plante de menthe aquatique, l'autre *c* rempli d'acide carbonique ; qu'on surmonte l'eau de la cuvette d'une épaisse couche d'huile, pour éviter le contact de l'air atmosphérique, et qu'on expose l'appareil au soleil ; voici ce que l'on remarque :

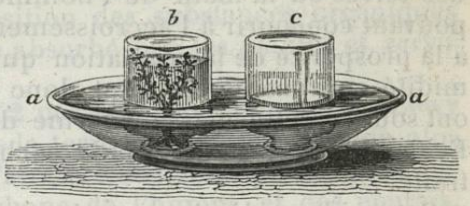


Fig. 619.

Chaque jour, dans le bocal *c*, le gaz carbonique diminue, ce qu'on reconnaît par l'élévation de l'eau ; tandis que, au sommet du bocal *b*, il s'élève une quantité de gaz oxygène sensiblement égale à la quantité d'acide carbonique qui disparaît en *c*. Au bout de douze jours, la menthe est en bonne santé. — Une plante semblable, placée sous un bocal plein d'eau distillée, mais hors de l'influence de l'acide carbonique, ne dégagerait pas d'oxygène et montrerait des signes évidents de décomposition.

Si l'on répète la même expérience en mettant du gaz oxygène à la place du gaz acide carbonique, il ne se dégage aucun gaz dans le bocal où se trouve la menthe aquatique.

La décomposition du gaz carbonique ne se fait que par les parties vertes, et surtout dans le parenchyme. L'épiderme, les nervures ne jouissent pas de cette propriété.

La quantité d'acide carbonique absorbé et décomposé varie aussi dans les différentes plantes ; elle dépend de leur surface ; les végétaux à feuilles minces doivent donc en absorber plus que ceux à feuilles charnues.

Il ressort bien évidemment de ce qui précède : que les feuilles et les parties vertes de toutes les plantes exposées à la lumière, absorbent de l'acide carbonique dans l'air, le décomposent et exhalent un volume égal d'oxygène. Il est très-logique d'admettre, par conséquent, que les plantes acquièrent ainsi la plus grande partie de leur carbone ; il est certain que celles qui croissent dans l'obscurité contiennent beaucoup moins de carbone que les autres. Théodore de Saussure a démontré par des expériences rigoureuses que les plantes augmentent de poids à mesure qu'elles dégagent de l'oxygène et que l'acide carbonique se décompose. Toutefois, cette augmentation de poids est plus forte que celle qui équivaudrait seulement à la quantité de carbone absorbé, d'où l'on voit clairement que les plantes s'assimilent en même temps les éléments de l'eau.

Ce qui prouve que le carbone des plantes vient de l'acide carbonique, c'est la croissance et le développement prodigieux de certains arbres sur des montagnes ou des rochers stériles ; ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont ces forêts d'arbres verts qui couvrent le sol des landes sablonneuses; c'est cette végétation prodigieuse de nos bois dans des terres où la main de l'homme n'a introduit aucune matière pouvant concourir à l'accroissement des plantes. Il suffit, en effet, à la prospérité de la végétation qu'un sol inerte procure une humidité convenable. Ce n'est donc pas du terrain que les arbres ont soutiré cette masse énorme de carbone qu'ils contiennent. Évidemment c'est de l'acide carbonique de l'air qu'ils l'ont extraite.

Cet acide carbonique, qui est absorbé par les feuilles pendant le jour, ou qui pénètre avec l'eau dans la plante par l'intermédiaire des spongioles des racines, n'est plus décomposé une fois que la lumière diminue; il reste alors en dissolution dans la séve dont les végétaux sont imprégnés. Mais, avec l'eau qui s'évapore à travers les feuilles, il s'échappe, pendant la nuit, une quantité d'acide carbonique proportionnée à la masse totale du même acide renfermée dans ces organes. En sorte qu'une partie de l'acide qui est absorbé pendant le jour est rendue à l'atmosphère pendant la nuit, parce que la cause qui pourrait le décomposer, c'est-à-dire la lumière, a cessé son action.

M. Boussingault a fait des expériences qui démontrent cette double action des plantes par rapport à l'acide carbonique de l'air. Dans un appareil convenablement disposé, il a fait pénétrer une branche de vigne en pleine végétation, sur laquelle, par la disposition particulière de son appareil, passaient par heure 12 litres d'air. On s'assurait, avant de soumettre la vigne à l'action de l'air atmosphérique, de la quantité d'acide carbonique que cet air contenait, et, par une autre analyse, on appréciait celle qui restait dans l'air qui avait traversé la vigne.

Deux expériences consécutives ont prouvé que l'air, en traversant l'espace où vivait la branche éclairée par le soleil, se dépouillait des trois quarts de son acide carbonique, tandis qu'il se mélangeait au double de son poids d'acide carbonique, lorsqu'on faisait fonctionner l'appareil pendant la nuit.

Les récentes et nombreuses expériences de M. Corenwinder ont complétement confirmé les résultats précédents.

L'air atmosphérique renfermant à peine un millième de son poids d'acide carbonique, on peut se demander si une aussi faible quantité de ce gaz peut fournir l'énorme proportion de carbone nécessaire à tous les végétaux qui couvrent la surface du globe. Le doute n'est plus permis; on sait, d'après la composition et la proportion moyenne (1 millième) d'acide carbonique trouvée dans l'atmosphère, que celle-ci contient 1500 billions de kilogrammes de carbone, quantité bien plus que suffisante à la nutrition de toutes les plantes vivantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tout démontre donc que le carbone assimilé par les plantes est fourni en grande partie par la décomposition du gaz acide carbonique de l'atmosphère. Il est probable aussi que l'acide carbonique provenant de la décomposition des substances organiques contenues dans le sol doit être absorbé par les plantes et servir ensuite à leur développement.

Les expériences faites en 1852 par MM. Boussingault et Lewy prouvent que l'air confiné dans la terre arable est beaucoup plus riche en acide carbonique que l'air libre de l'atmosphère, par suite de la combustion lente du carbone de l'humus et des engrais. Il n'y a, en effet, dans l'air atmosphérique pris dans son état normal, que 4 décilitres d'acide carbonique par mètre cube ; il y a 9 litres de ce gaz par mètre cube d'une terre non fumée depuis un an ; il y a 98 litres de ce gaz par mètre cube d'une terre récemment fumée ; en sorte que,

La 1re terre contient 22 à 23 fois autant } d'acide carbonique que
Et la 2e terre. ..... 245 fois autant } l'air normal.

C'est dans cette atmosphère souterraine que se développent et vivent les racines ; aussi on peut croire que cet acide carbonique du sol est absorbé par les plantes et devient ainsi une des principales sources du carbone assimilé par les végétaux.

Le carbone fixé dans le tissu végétal donne naissance, par sa combinaison avec l'eau ou ses éléments, à des matières de la plus haute importance ; c'est ainsi que

12 molécules de charbon, en s'associant à 10 molécules d'eau, produisent :

Soit le tissu cellulaire des plantes,
Soit leur tissu ligneux,
Soit la gomme,
Soit l'amidon ou la dextrine qui en dérive ;

Que 12 molécules de charbon et 11 molécules d'eau forment le sucre de canne ;

Que 12 molécules de charbon et 12 molécules d'eau font le sucre de raisin et le sucre liquide des autres fruits.

Ainsi, avec les mêmes éléments, dans des proportions peu différentes, la nature végétale produit ces matières ligneuses, amylacées, gommeuses et sucrées, qui jouent un rôle si large dans la vie des plantes ; cela explique bien l'importance du phénomène de décomposition de l'acide carbonique de l'air par les parties vertes.

3. L'oxygène contenu dans les plantes provient de l'eau et de l'air. Elles ne végètent qu'autant que leurs feuilles sont en contact avec l'air atmosphérique ou le gaz oxygène ; aussi périssent-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elles promptement dans l'acide carbonique et l'oxyde de carbone, l'hydrogène et l'azote.

L'oxygène de l'air est absorbé, mais uniquement pendant la nuit, puisque, pendant le jour, les feuilles en rejettent constamment. Ce gaz paraît se combiner au carbone qui existe dans le tissu cellulaire, et se convertir ainsi en acide carbonique, dont une partie est exhalée pendant la nuit, tandis que l'autre est décomposée pendant le jour.

Il suit de là que les plantes *inspirent* ou aspirent de l'oxygène pendant la nuit, et *expirent* ou rejettent ce gaz pendant le jour. Mais cette propriété d'inspirer et d'expirer le gaz oxygène n'appartient absolument qu'aux parties vertes, de même que celle de décomposer l'acide carbonique. Ni les racines, ni le bois, ni les fleurs, ni les fruits, ne la possèdent. Dans leur contact avec l'oxygène, ces organes ne font que lui céder peu à peu une portion de leur carbone; de là résulte du gaz acide carbonique, qui se dégage pour la plus grande partie; de sorte que les parties non vertes des plantes, en absorbant l'oxygène de l'air et le remplaçant par un volume à peu près égal d'acide carbonique, vicient beaucoup plus l'atmosphère que les feuilles, qui, pendant le jour, expirent tout l'oxygène qu'elles avaient absorbé pendant la nuit.

4. L'azote est un élément constant des végétaux; il s'y trouve sous la forme de certains composés quaternaires qui ont, sous le rapport de la constitution chimique, une grande analogie avec les matières d'origine animale; tels sont, par exemple, le gluten et l'albumine.

Tous les tissus à l'état naissant sont abondamment pourvus d'azote; cet élément n'est pas moins nécessaire à la formation des graines, dans lesquelles il existe souvent en proportions assez fortes. Les vesces, les lentilles, les pois, les féverolles en renferment 4 à 5 p. 100; la graine de trèfle en contient 7 p. 100. Les céréales, les champignons, les crucifères (chou, colza, moutarde, radis, pastel, etc.), en possèdent aussi des quantités très-notables.

C'est surtout dans les parties des végétaux les plus nouvellement formées qu'on rencontre proportionnellement plus d'azote. Ainsi la partie supérieure d'une tige de blé, qui est évidemment la plus jeune, est plus riche en azote que la partie inférieure. La manutention militaire s'est emparée de ce fait en donnant aux chevaux, pour nourriture, la partie supérieure de la paille, et réservant la partie inférieure pour litière.

Pendant longtemps on a admis que l'azote des plantes provenait uniquement des engrais azotés contenus dans le sol. Il est certain que lorsqu'on considère l'action de ceux-ci, on est disposé à leur attribuer la principale cause de l'assimilation de l'azote; cependant il est avéré qu'après la culture de certaines

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plantes, dites *améliorantes*, comme le trèfle, la luzerne, le sainfoin et autres légumineuses, on obtient des récoltes abondantes, riches en principes azotés, sans recourir aux engrais animaux. Ces plantes améliorantes, qui n'ont pas reçu d'azote et qui cependant en ont introduit dans le sol en quantités notables, ont donc dû en prendre ailleurs que dans les engrais.

On sait, d'un autre côté, d'après les expériences de M. Boussingault, confirmées par celles d'autres chimistes, que dans un sol complétement stérile (du sable calciné), arrosé avec de l'eau pure et maintenu à l'air libre, mais à l'abri de la pluie, des plantes fixent néanmoins une certaine quantité d'azote.

Quand on réfléchit que l'air atmosphérique, dans lequel baignent les plantes, renferme les 4/5es de son volume d'azote, on est porté tout naturellement à penser que c'est dans ce milieu qu'elles puisent celui qui est nécessaire à leur développement.

Toutefois, à l'exception de M. Ville qui, s'appuyant sur de nombreuses expériences, soutient que c'est sous forme gazeuse et tel qu'il existe dans l'air, que cet élément est absorbé, à la manière de l'acide carbonique, les autres chimistes et physiologistes admettent que c'est à l'état d'ammoniaque et d'acide azotique ou d'azotates qu'il arrive dans l'intérieur du tissu végétal.

Vous le savez, il y a toujours de l'ammoniaque et de l'acide azotique dans l'atmosphère. Eh bien, dans ces idées, les eaux pluviales enlèvent à celle-ci toutes les vapeurs ammoniacales qui y arrivent sans cesse par suite de la putréfaction des matières animales, tout l'acide azotique qui se produit sous l'influence électrique ; elles en imbibent le sol, et dès lors les racines absorbent ces composés azotés qui, portés dans l'organisme, se trouvent soumis à une série de réactions chimiques qui permettent l'assimilation de leur principe élémentaire et produisent ces principes azotés qui portent les noms d'albumine, de légumine, de fibrine, d'alcaloïdes, d'indigotine, de chlorophylle, etc.

Les matières animales qu'on introduit dans les terres de culture, pour les entretenir en bon état de production, ajoutent encore des sels ammoniacaux et des azotates à ceux qui proviennent de l'atmosphère.

En supposant donc que l'azote gazeux de l'air ne soit pas absorbé directement par les plantes, ce qu'on ne peut pas nier cependant d'une manière absolue, vous voyez bien qu'on peut encore parfaitement s'expliquer l'origine des composés azotés contenus dans les tissus végétaux par la présence constante des sels ammoniacaux et des azotates dans l'air et dans le sol.

5. Jusqu'ici nous avons vu l'air et l'eau fournir aux plantes différents principes, tels que le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'azote; mais il est évident que ces deux agents ne suffisent pas à la nourriture des plantes. En effet, en faisant végéter des plantes dans l'eau et dans l'air seulement, elles augmentent bien de poids, mais elles ne fournissent pas de semences fécondes. La troisième et la dernière source qui reste aux plantes est le *sol*. Recherchons donc comment le sol intervient dans l'acte important de la nutrition.

Le sol est composé de beaucoup de principes différents; mais, en définitive, on peut le considérer comme essentiellement formé d'eau, de matières terreuses et salines, et de débris organiques ou *terreau*. Nous n'avons pas à nous occuper du rôle de l'eau, il nous est déjà connu; il nous reste à préciser l'influence du terreau et des matières minérales.

Le *terreau* ou l'*humus*, qu'il ne faut pas confondre avec la *terre végétale*, est le premier produit, ou du moins le résultat actuel de la décomposition des végétaux, sous l'influence réunie de l'air, de l'eau et de la chaleur. C'est une matière noire, onctueuse au toucher, qui perd par la dessiccation l'eau qu'elle a absorbée, et qui brûle alors en répandant une odeur végétale ou animale. Ce qui la caractérise chimiquement, c'est un principe noirâtre, insoluble ou presque insoluble dans l'eau, qu'on a nommé *ulmine*, *acide humique* ou *ulmique*. Cet acide qui, lorsqu'il est pur, est noir, solide, insipide, inodore, avec l'aspect du jaïet, est très-soluble dans les alcalis.

Le terreau provient de la combustion lente du ligneux. Au contact de l'air et de l'humidité, et surtout en présence de la chaux et des alcalis, une partie de l'hydrogène du ligneux est brûlée par l'oxygène de l'air, et une fois l'équilibre rompu, il se fait de l'acide carbonique aux dépens des éléments restants. Par cette double action, les éléments oxygène et hydrogène diminuent graduellement, la proportion de carbone augmente à mesure, et alors le ligneux passe à l'état de *terreau charbonneux* qui n'est pas soluble. Celui-ci, par son exposition à l'air, donne de l'acide carbonique et acquiert peu à peu la propriété de se dissoudre dans les eaux alcalines. C'est alors le véritable *humus* ou l'*acide ulmique*. Soubeiran lui a assigné la composition suivante :

Carbone	55,3
Hydrogène	4,8
Azote	2,5
Oxygène	37,4
	100,0

L'humus ou terreau est indispensable à la végétation; peu abondant dans les terres médiocres, il existe en quantité très-marquée dans les terres fertiles. Le sol des forêts est celui qui en contient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le plus. Les plantes périssent lorsqu'il ne se renouvelle pas, et c'est pour y suppléer que les cultivateurs introduisent dans le sol arable des fumiers et autres engrais, c'est-à-dire des débris organiques susceptibles de se changer en humus ou d'agir comme lui sur la végétation. Cet humus fournit aux plantes, outre les matières gazeuses provenant de sa décomposition lente et continue, telles que l'acide carbonique, l'hydrogène carboné, l'ammoniaque, etc., des sucs ou des dissolutions très-chargées de principes azotés et salins. Les expériences d'Ingenhousz et de Théodore de Saussure (1) nous ont appris que le terreau, en contact avec l'air, lui enlève très-rapidement de l'oxygène et le remplace par un même volume d'acide carbonique. Il en résulte que l'humus contenu dans le sol est une source abondante d'acide carbonique, qui se dissout dans l'eau dont le sol est imprégné ou se dégage dans l'air, et qui est ainsi absorbé et par les racines et par les feuilles des plantes.

M. Liebig a voulu, dans ces derniers temps, réduire à ce rôle unique l'humus, et il a prétendu qu'il n'était pas absorbé en nature par les plantes. Les expériences de Soubeiran et de M. Malaguti prouvent le contraire. Transformé en ulmate d'ammoniaque par le carbonate d'ammoniaque du sol, il devient soluble et est alors absorbé directement par les racines qui l'introduisent ainsi dans le tissu végétal où, par son assimilation, il devient un puissant auxiliaire de la nutrition.

Indépendamment de sa température, de l'eau, des composés ammoniacaux et de l'humus qu'il contient, le sol exerce une

---

(1) Nicolas Théodore de Saussure, fils du grand physicien naturaliste qui a si bien fait connaître les Alpes, naquit à Genève en 1767. Initié par son père aux sciences physiques, il devint bientôt son collaborateur et s'occupa, pendant plusieurs années, d'expériences de physique météorologique. Séduit par la nouveauté et la grandeur des découvertes de Lavoisier, entraîné sur les pas de Priestley, de Bonnet, de Sennebier, qui venaient, pour ainsi dire, de créer la physiologie végétale, il se voua à la chimie. Il consacra dix années à étudier les mystères de la vie des plantes, et, en 1804, il fit paraître ses *Recherches chimiques sur la végétation*, l'un des monuments les plus curieux de la science expérimentale au XIXe siècle. Plus tard, ses analyses de l'alcool, de l'éther sulfurique, du gaz oléfiant; ses observations sur la combustion des charbons et sur le gaz hydrogène; ses expériences sur l'amidon et sur sa transformation en sucre pendant la germination des graines; la constatation des effets qu'exercent les fleurs et les fruits sur la composition de l'air atmosphérique; ses belles recherches sur les causes de production et de variation de l'acide carbonique atmosphérique, sur le dosage des différents principes constituants de l'air, etc., placèrent peu à peu Théodore de Saussure au premier rang des chimistes. Adonné tout entier à la science, vivant presque toujours à la campagne, il ne prit aucune part à l'enseignement public, bien qu'il fût doué d'une remarquable facilité d'élocution, et ce n'est qu'accidentellement qu'il figura dans le conseil représentatif de la république de Genève. L'Institut de France lui ouvrit ses portes en 1810. Il mourut en 1845.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

action marquée et incontestable sur la végétation, en raison surtout des substances salines qu'il renferme naturellement ou qui lui sont ajoutées à dessein. Ces substances sont absorbées par les racines, charriées dans les vaisseaux au moyen de l'eau qui les tient en dissolution, et déposées dans les différents organes. Aussi, lorsqu'on vient à décomposer les plantes par le feu, lorsqu'on les incinère, elles laissent toutes un résidu d'apparence terreuse, qui représente les matières inorganiques absorbées pendant la vie. Ce résidu, si vous vous le rappelez, est ce qu'on appelle *cendres*.

Ces substances minérales ne sont pas accidentelles dans les plantes; elles leur sont nécessaires, et chaque espèce de plantes, pour ainsi dire, semble exiger pour son parfait développement des sels d'une nature particulière et en quantités variables. C'est ainsi, par exemple, que les plantes *marines* et *maritimes* végètent mal dans un sol où il n'y a point de sel marin, et que ce sel est nuisible au *blé et autres céréales* dans les proportions où il convient à l'accroissement des premières. Ces mêmes plantes céréales exigent impérieusement la présence des phosphates alcalins et terreux et du silicate de potasse dans le sol, pour y donner d'abondants produits. Le *trèfle*, la *luzerne* et autres légumineuses ne croissent bien que dans des terrains qui renferment du plâtre, et nous savons que cette substance ne produit aucun effet sur un grand nombre d'autres plantes. La *bourrache*, le *grand-soleil*, la *pariétaire*, les *orties*, etc., n'ont de vigueur que dans les terres salpêtrées. La *vigne*, la *betterave*, le *maïs*, le *topinambour*, les *navets*, etc., demandent beaucoup de potasse pour bien prospérer. L'existence des *varechs* et autres plantes marines est intimement liée à la présence de l'iode dans les eaux de la mer, absolument comme la vie des plantes terrestres dépend de la présence des alcalis et des terres alcalines.

Ce qui achève de prouver que les substances salines du sol sont choisies par les végétaux conformément à leur organisation et à leurs besoins, c'est que ces substances sont réparties d'une manière fort inégale dans les différentes parties d'un même végétal. Ainsi, par exemple, les tiges des céréales contiennent beaucoup de silicate de potasse, tandis que les graines de ces mêmes plantes ne renferment pour ainsi dire que du phosphate de chaux.

Les matières minérales qu'on rencontre le plus habituellement dans les plantes sont : le sulfate, le phosphate, l'azotate et le silicate de potasse, les chlorures de potassium et de sodium, le carbonate de chaux, les phosphates de chaux et de magnésie, les oxydes de fer et de manganèse, le cuivre métallique (1), et,

(1) D'après M. Sarzeau, presque toutes les plantes renferment du cuivre, mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parfois, du soufre, de l'iodure de potassium et du brômure de magnésium.

S'il est facile de comprendre l'existence des matières minérales solubles dans l'intérieur des plantes, il ne l'est pas à beaucoup près autant de concevoir comment des matières aussi peu solubles dans l'eau que la silice, l'alumine, les oxydes de fer et de manganèse, le phosphate de chaux, etc., s'introduisent par les spongioles des racines. J'ai dit précédemment, en effet, que les spongioles ne peuvent absorber les matières solides, même les plus ténues, et en suspension dans l'eau. C'est donc à l'état de dissolution que les substances salines insolubles pénètrent dans le tissu végétal. Le principal agent dont la nature se sert pour effectuer ces dissolutions, c'est l'acide carbonique, qui, lorsqu'il est dissous dans l'eau, a le pouvoir de rendre solubles les carbonates et phosphates de chaux, de magnésie, de fer, de manganèse, etc. On peut aussi admettre, avec Th. de Saussure, que ces matières minérales insolubles sont entièrement combinées à la substance organique soluble du terreau, et que c'est par conséquent celle-ci qui les entraîne à travers les pores imperceptibles, les méats ou les cellules des spongioles.

Toutes ces substances salines ou minérales, qu'on trouve dans les organes des plantes, viennent manifestement du sol, et ne sont point créées par l'acte de la végétation dans le tissu même

---

en bien petite quantité toutefois, puisque chaque kilogramme de plantes sèches ne lui en a fourni que quelques milligrammes.

Le froment renferme 0gr,004666 de cuivre par kilogramme; la farine en contient 0gr,000666. Par conséquent, c'est dans le son et nullement dans la partie amylacée qu'existe le métal; en sorte que le pain, fait avec les plus grossières farines, est celui qui contient le plus de cuivre. Il résulte donc de là que nous introduisons journellement du cuivre dans notre corps, puisque l'aliment de première nécessité en renferme. D'après les calculs de M. Sarzeau, un homme en mangerait, dans l'espace de 50 ans, 6gr,09, quantité bien faible et qui ne peut inspirer de craintes pour la santé. Suivant le même chimiste, la quantité de pain consommée journellement en France étant de 18 millions de kilogrammes, il y aurait conséquemment 10 kilogrammes de cuivre mangés tous les jours, ou 3,650 kilogrammes par an; et comme, d'un autre côté, le poids du froment nécessaire à l'alimentation de la France, pendant une année, est à peu près de 7 milliards 300 millions de kilogrammes il résulte que 34,061kil,800 de cuivre sont annuellement enlevés au sol; quantité énorme, qui prouve autant l'abondance que l'extrême division du cuivre dans le sol.

Le café, d'après M. Sarzeau, contient 0,000008 de son poids de cuivre; mais ce métal reste entièrement dans le marc du café grillé qu'on a fait infuser dans l'eau, en sorte que la boisson que l'on sert sur nos tables, sous le nom de *café*, ne contient pas de cuivre. La production annuelle du café étant de 266 millions 1/2 de kilogrammes, le poids du cuivre contenu dans cette quantité de graines exotiques est de 2,132 kilogrammes. Par conséquent, une masse de cuivre de 2,132 kilogrammes est enlevée annuellement au sol du Nouveau Monde et est apportée en grande partie au sol européen.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des plantes, ainsi que l'ont prétendu, avec si peu de raison, quelques naturalistes. Les expériences de Th. de Saussure, de Lassaigne, ne laissent aucun doute à cet égard. Il n'y a de produit dans l'intérieur du tissu végétal que les acides destructibles par la chaleur, tels que les acides oxalique, malique, acétique, tartrique, citrique, etc., qui saturent la potasse, la chaux, la magnésie, etc., absorbées dans le sol; c'est ainsi que se trouvent produits les oxalates, malates, acétates, etc., qu'on rencontre dans les organes de certaines plantes. Ce sont ces sels à acides organiques qui donnent, pendant l'incinération des plantes, les carbonates qu'on trouve toujours dans les cendres, et qui n'existent pas à cet état dans les organes.

Puisque la plus grande partie de la nourriture des plantes est absorbée, par les organes, à l'état liquide, il doit exister, dans l'intérieur du tissu végétal, un liquide particulier destiné à charrier cette nourriture dans les diverses parties où elle doit éprouver des modifications nouvelles et être rendue propre à l'assimilation. Or, ce liquide, tel qu'il arrive des racines, est ce qu'on nomme la *séve* ou la *lymphe* des plantes. C'est de l'eau tenant en dissolution de l'air, de l'acide carbonique, des sels et des matières organiques.

Parvenue dans les parties herbacées et les feuilles, au moyen des vaisseaux situés au centre de la tige, la séve y éprouve des modifications très-remarquables. Elle se dépouille de la plus grande partie de l'air, de l'acide carbonique et de l'eau qui s'échappe sous forme de vapeurs; elle acquiert de nouvelles propriétés par suite de l'action de l'atmosphère, se transforme en sucs nourriciers, et, redescendant des feuilles vers les racines par le tissu cellulaire de l'écorce, elle fournit aux divers organes les matériaux nécessaires à leur accroissement.

C'est également par l'élaboration de la séve dans les parties vertes des végétaux que se forment ces produits et ces principes immédiats que nous avons étudiés précédemment, ainsi que ces *sucs propres*, particuliers à certains vaisseaux, et qui s'échappent quelquefois au dehors lorsqu'ils deviennent trop abondants. Ces matières excrétées, qui varient par leur consistance, leur couleur, leur saveur, etc., sont de la nature des résines dans les *pins*, les *sapins* et autres arbres verts; de la nature du sucre dans l'intérieur des fleurs et sur les tiges des *frênes*, des *érables*, du *mélèze*, de l'*olivier*, du *figuier*; ce sont des gommes dans les *acacias* d'Afrique et nos arbres fruitiers d'Europe; c'est de l'opium dans les tiges et les capsules vertes des pavots, etc.

Parmi les produits rejetés naturellement par les organes des plantes, il en est un qui mérite de vous être signalé en passant, à cause de ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

usages journaliers en médecine. C'est la *manne* du commerce, suc légèrement sucré, mais nauséabond, doué de propriétés purgatives.

Le tronc des frênes de la Sicile et de la Calabre laisse exsuder, vers le milieu de l'été, un liquide incolore, dont on provoque l'écoulement plus abondant au moyen d'incisions. Ce liquide ne tarde pas à se concréter en fragments irréguliers d'un blanc jaunâtre, qu'on appelle *manne en larmes*.

La manne renferme, d'après Thenard, du sucre de canne, du mucilage, une matière jaune nauséabonde, et un principe immédiat, cristallin, doux et soluble, qu'il a nommé *mannite*. La manne contient plus des deux tiers de son poids de ce principe, auquel elle doit ses propriétés purgatives. Si on la traite par de l'alcool bouillant, la mannite se dissout, mais elle se dépose en jolies petites aiguilles par le refroidissement de la liqueur.

La mannite est représentée par la formule suivante : $C^6H^5O^4$,2HO. Elle ne peut fermenter. Elle se dissout, sans se colorer, dans l'acide sulfurique chaud et dans les lessives alcalines. Elle n'a aucune action sur la liqueur de Barreswill. L'acide azotique fumant la convertit en une substance explosive analogue à la pyroxyline.

Elle se montre sur les feuilles de certains fusains, existe dans beaucoup de champignons, dans les racines du grenadier, dans les feuilles et les fruits du lilas, dans les tubercules du cyclamen ; elle se montre à la surface de certaines algues marines après leur mort, se produit dans presque tous les sucs sucrés qui deviennent acides ; tels sont surtout les sucs d'oignon, de céleri, d'asperge, de carotte, de melon, de betterave et les miels communs. Elle se forme encore dans les fermentations qui marchent mal, et qui, au lieu de donner de l'alcool, fournissent une matière visqueuse, encore peu connue, ressemblant à la gomme ; c'est ce qu'on appelle la *fermentation visqueuse*, sans savoir au juste en quoi consiste le phénomène.

Une dernière fonction de la vie végétale que j'examinerai sous le rapport chimique, c'est la *maturation* des fruits. On donne ce nom à la réunion des divers phénomènes qui se succèdent depuis le moment où les ovules sont fécondés jusqu'à l'époque où le fruit a acquis sa maturité complète.

Tant que les fruits ne sont pas parvenus à ce dernier état, ils font subir aux fluides qui arrivent dans leurs tissus des changements analogues à ceux qu'éprouve la séve des racines dans les feuilles. Comme ces dernières, ils exhalent, par les pores de leur surface, de l'eau et du gaz oxygène. Mais, tous les fruits ne rejettent pas une égale quantité d'humidité. Ceux qui en exhalent le plus deviennent des fruits à péricarpe sec, comme les fruits des fèves, des pois, etc.; ceux qui en exhalent le moins deviennent charnus, comme les pommes, les pêches, les prunes, etc.

Aussitôt que les fruits charnus ont atteint tout leur développement, ils perdent progressivement leur couleur verte et se colorent en jaune, en rouge ou en violet, puis, au lieu d'absorber, comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avant, de l'acide carbonique et d'exhaler de l'oxygène, ils absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique (1). Dès que ce double phénomène se produit, il s'opère une modification importante dans la composition chimique des fruits. Jusqu'alors ils avaient une saveur acide ; peu à peu ils commencent à acquérir une saveur sucrée qui arrive bientôt à son maximum.

C'est qu'alors, sous l'influence de la chaleur, il s'établit une série de réactions chimiques entre les principes immédiats contenus dans la chair, sans que la plante intervienne, et ce qui le prouve, c'est que la plupart des fruits mûrissent détachés de l'arbre.

La chair des fruits charnus se compose de tissu cellulaire en quantité très-diverse suivant les espèces, de séve placée dans les méats intercellulaires et de principes contenus dans les cellules. On y trouve donc, généralement, outre une grande quantité d'eau, de la gomme, de la gelée végétale ou pectine, des traces de sucre, des acides libres, de la fécule, de la cellulose, des matières colorantes, une substance aromatique particulière à chaque fruit, et des sels acides en petites proportions, tels que malate acide de chaux, tartrate acide de potasse, tartrate de chaux, citrates alcalins, etc,

La comparaison de l'analyse des mêmes fruits avant la maturité et à cette époque permet de concevoir comment s'effectue la maturation. On voit d'abord une disparition proportionnelle d'eau à l'état liquide. Le sucre paraît, au contraire, aller toujours en augmentant, tandis que la gomme, la cellulose, la pectine, la fécule diminuent progressivement en quantité. Voici, par exemple, les résultats que M. Bérard, de Montpellier, a constatés sur certains fruits à deux époques de leur existence.

	FRUITS VERTS.				FRUITS MURS.			
	Eau.	Sucre.	Cellulose.	Gomme.	Eau.	Sucre.	Cellulose.	Gomme.
Abricots.....	89,39	6,64	3,61	»	74,87	16,48	1,86	»
Groseilles rouges..	86,41	0,52	8,45	1,36	81,10	6,24	8,01	0,78
Cerises royales....	88,28	1,12	2,44	6,01	74,85	18,12	1,12	3,23
Prunes de reine-claude.....	74,87	17,71	1,26	5,53	71,10	24,81	1,11	2,06
Pêches d'été.....	90,31	0,63	3,01	»	80,24	11,61	1,21	»
Poires cuisse-madame.....	86,28	6,45	3,80	3,17	83,88	11,52	2,19	2,07

(1) Ce changement dans les gaz absorbés et exhalés par les fruits aux différentes époques de la maturation, a été démontré par des expériences positives. Un fait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les acides libres, toujours si abondants dans les fruits verts, ne disparaissent pas à l'époque de la maturité, comme on le croit généralement; loin de là, leur proportion augmente graduellement, mais ils finissent par se trouver masqués à mesure que le sucre se développe davantage. C'est ce que confirment les expériences de Robiquet sur les groseilles rouges. Souvent ces acides se trouvent en partie neutralisés par des alcalis qui arrivent en plus grande quantité à l'époque de la maturité. Ainsi, dans le raisin, l'acide tartrique se change peu à peu en bitartrate de potasse dont la proportion s'accroît à mesure que le fruit mûrit. C'est à de pareils sels alcalins, accumulés dans leurs tissus, que certains fruits, complétement mûrs, doivent leurs propriétés purgatives.

Que conclure de tous ces renseignements? C'est que, dans la maturation des fruits, les acides libres, aidés de la chaleur, réagissent sur les parties gommeuses, mucilagineuses, pectineuses, féculentes et ligneuses, qui sont en grande quantité dans la chair des fruits verts, et les convertissent graduellement en sucre. D'après ces idées, la maturation serait une véritable saccharification, analogue à celle que nous produisons nous-mêmes dans nos laboratoires par la réaction des acides faibles sur les gommes, les fécules et la sciure de bois.

M. Buignet, qui a publié en 1860 un mémoire fort intéressant sur les fruits acidules et sucrés, émet quelques idées nouvelles que je crois devoir, Messieurs, vous signaler brièvement. Il a découvert dans les fruits verts, en proportions notables, un principe astringent se rapprochant des tannins, qui jouit de la propriété d'absorber l'iode avec plus d'énergie encore que l'amidon, en formant avec lui un composé incolore. Ce principe astringent disparaît peu à peu avec les progrès de la maturation, en même temps qu'augmente la quantité de la matière sucrée. M. Buignet incline à penser que c'est lui qui, par sa transformation, produit le sucre des fruits.

D'après le même chimiste, il n'y a dans les fruits, au commencement de leur développement, que du sucre de canne; mais, pendant la maturation, ce dernier subit une influence particulière et se change peu à peu en sucre interverti, identique par ses propriétés avec celui qu'on obtient par l'action des acides ou du ferment glucosique sur le sucre de canne. Ce n'est pas, toutefois, suivant M. Buignet, l'acidité des fruits qui détermine cette transformation, mais bien une matière azotée jouant le rôle de ferment.

---

qui prouve l'exhalation de l'acide carbonique par les fruits à l'époque de la maturité, ce sont les accidents survenus à des personnes qui ont séjourné dans des appartements remplis de fruits; plusieurs sont mortes asphyxiées. L'atmosphère des fruitiers est toujours sursaturée d'acide carbonique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans tous les cas, à la maturité complète, le sucre qui forme souvent à lui seul plus de la moitié du poids de toutes les matières solides, est tantôt du sucre interverti pur et simple, comme dans les raisins, les cerises, les groseilles et certaines fraises, tantôt un mélange de ce sucre et de sucre de canne, comme dans les pommes, les poires, les prunes, les abricots, les pêches, les oranges, l'ananas, etc.

§ 2. — Des fonctions dans les animaux.

Occupons-nous actuellement des fonctions qui sont propres aux animaux. Je me bornerai à quelques faits généraux, car la science n'a pas autant de renseignements sur les phénomènes chimiques qui se développent dans nos organes que sur les fonctions vitales des plantes. D'ailleurs, l'un des actes les plus importants de la vie des animaux, la RESPIRATION, sur lequel on a le plus de données certaines, a déjà été exposé dans la 4ᵉ leçon de ce Cours (t. Iᵉʳ, p. 68).

Comme les végétaux, les animaux ont besoin à chaque instant de réparer les pertes continuelles qu'ils éprouvent, et c'est par l'introduction, dans l'intérieur de leur corps, de substances capables de concourir à la nutrition et au développement de leurs organes, qu'ils se maintiennent dans un état normal de force et de santé.

Les animaux ont une nourriture bien plus variée que les végétaux, et pour eux il n'y a pas, comme pour ces derniers, nécessité que les aliments soient en dissolution dans l'eau. Certains animaux ne vivent que de substances végétales : tels sont les *herbivores* (bœuf, cheval, mouton, etc.); d'autres ne font usage que de substances animales : ce sont les *carnivores* (lion, tigre, vautour, etc.); enfin, il en est, comme l'homme, qui emploient les unes et les autres; ce sont les *omnivores*. Mais ce qui distingue encore plus l'homme de tous les êtres animés, à l'égard de sa nourriture, c'est non-seulement l'habitude qu'il a contractée de modifier ses aliments pour les accommoder à son usage, mais aussi la faculté qu'il possède d'en créer.

Tous les aliments appartiennent au règne organique, car les substances minérales que l'on ingère souvent, telles que le sel marin, etc., ne sont que des assaisonnements qui seraient incapables de nourrir. Les substances que l'on mange remplissent d'autant mieux le but de la nature, qu'elles offrent plus d'analogie, par leur composition, avec le corps des animaux. Il suffit de réfléchir au nombre des éléments qui concourent à former nos organes, pour concevoir que la réparation des pertes de l'économie ne peut être effectuée que par des aliments qui les renferment

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tous. C'est ce qui explique les deux lois importantes que Magendie a découvertes par l'expérimentation directe, à savoir :

1° Nécessité d'une nourriture variée ;

2° Supériorité du régime animal sur le régime végétal.

L'expérience a démontré, en effet, qu'un aliment simple, soit végétal, soit animal, ne peut suffire seul à produire une nutrition complète. Ainsi, le pain, la viande, le bouillon, pris isolément, ne peuvent suffire à l'alimentation ; les forces s'affaiblissent, la santé se détériore, si l'usage exclusif de ces substances est trop longtemps continué. Le célèbre Clouet se nourrit quelque temps de pommes de terre et d'eau ; le médecin anglais Stark se mit, pendant un mois, au régime exclusif de sucre et d'eau : tous deux furent obligés de cesser leurs expériences ; leur santé l'exigeait. La conséquence directe de tous les essais et de la pratique habituelle, c'est que les aliments doivent être variés, pour que la nutrition soit aussi complète que possible.

D'un autre côté, l'expérience a encore appris que les substances animales, et surtout les substances azotées, sont les plus faciles à digérer et les plus nutritives, parce qu'elles se rapprochent le plus de notre nature. Les animaux omnivores et l'homme ne pourraient vivre uniquement de substances végétales non azotées, parce qu'elles ne contiennent pas tous les principes réparateurs dont le corps a besoin ; et c'est précisément parce que les végétaux ne renferment que des quantités assez faibles de matières azotées, que les herbivores ont besoin d'en ingérer une si grande quantité ; nécessité à laquelle la nature prévoyante a pourvu, en donnant à ces animaux plusieurs estomacs et un tube digestif beaucoup plus long que celui des carnivores et des omnivores.

Les aliments azotés, tels que fibrine, albumine et caséine végétales (contenues dans les semences des céréales et des légumineuses), fibrine, albumine et caséine animales (contenues dans la chair, le sang, les œufs, le lait, le fromage), sont les seuls qui soient propres à la sanguification et qui donnent naissance aux principes des organes.

Les aliments non azotés, tels que la graisse, l'amidon, la gomme, le sucre, ne servent, dans l'état de santé, qu'à l'entretien de l'acte respiratoire et au développement de la chaleur animale qui en est la conséquence. Ces derniers ne sont donc pas des aliments au même titre que les premiers ; de là, la distinction faite avec beaucoup de justesse par M. Liebig des substances mangées par l'homme en *aliments plastiques* (azotés), et en *aliments respiratoires* (non azotés).

L'entretien régulier de la vie ne peut avoir lieu évidemment qu'avec le concours de ces deux sortes d'aliments, et notamment avec une prédominance des *aliments plastiques ;* car les *aliments*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

respiratoires étant en totalité consommés par la respiration, leur usage exclusif amènerait bientôt la débilité et la mort, puisque aucune matière assimilable ne viendrait accroître ou renouveler les organes essentiels.

Une substance organique ne peut être considérée comme un *aliment complet*, qu'autant qu'elle offre réunis :

1° Des *principes azotés* ayant la même composition que les principes essentiels du sang (fibrine, albumine, caséine) ;
2° Des *matières grasses* ;
3° Des *principes amylacés* ou *sucrés* ;
4° De *l'eau* ;
5° Enfin, des *matières salines* ou *minérales*, notamment des sels de potasse, de soude, de chaux, de magnésie, des phosphates, du fer, qui sont nécessaires à la formation de tous les tissus, à la vitalité du sang.

Il n'y a guère que le lait, parmi les matières alimentaires, qui réunisse tous ces éléments divers, indispensables pour suffire à une nutrition complète; voilà pourquoi, comme je vous le disais précédemment, il y a nécessité d'introduire dans le régime habituel une grande variété de substances organiques, animales et végétales, afin de satisfaire aux conditions qui viennent d'être indiquées. Dans tous les cas, les aliments empruntés au règne végétal sont d'autant plus nutritifs qu'ils contiennent une plus forte proportion de principes albuminoïdes ou azotés, les seuls propres à produire du sang ; de sorte qu'on a été conduit, non sans raison, à représenter la valeur relative des aliments, de quelque nature qu'ils soient, par la quantité relative d'azote qu'ils contiennent.

Dans les substances qui sont introduites dans l'intérieur du corps, tout n'est pas aliment ; il y a des parties qui ne peuvent servir à la nutrition, et qui sont rejetées sans avoir subi aucun changement appréciable. L'acte de la DIGESTION a surtout pour effet de séparer immédiatement des matières alimentaires les parties assimilables et réparatrices de celles qui ne le sont pas. C'est dans le *canal digestif*, notamment dans l'estomac et l'intestin grêle, que s'accomplit cette importante fonction. L'estomac est une sorte de sac fort et flexible, d'une forme très-variable dans les différentes classes d'animaux, mais qui, chez l'homme, ressemble, en quelque sorte, à la panse d'une cornemuse (*fig.* 620).

Indépendamment des actions mécaniques qui ont pour effet de broyer, de diviser les aliments, de les faire cheminer dans les diverses parties du tube digestif, il y a, dans l'acte de la digestion, des phénomènes chimiques qui concourent à fluidifier, à métamorphoser certains principes insolubles et les amènent ainsi dans un état qui permet leur absorption et plus tard leur assimilation. Ces phénomènes sont produits par des agents d'une nature toute spéciale. Ainsi :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° Dans la bouche, la *salive*, secrétée en abondance pendant la mastication, imbibe, ramollit les aliments et commence à con-

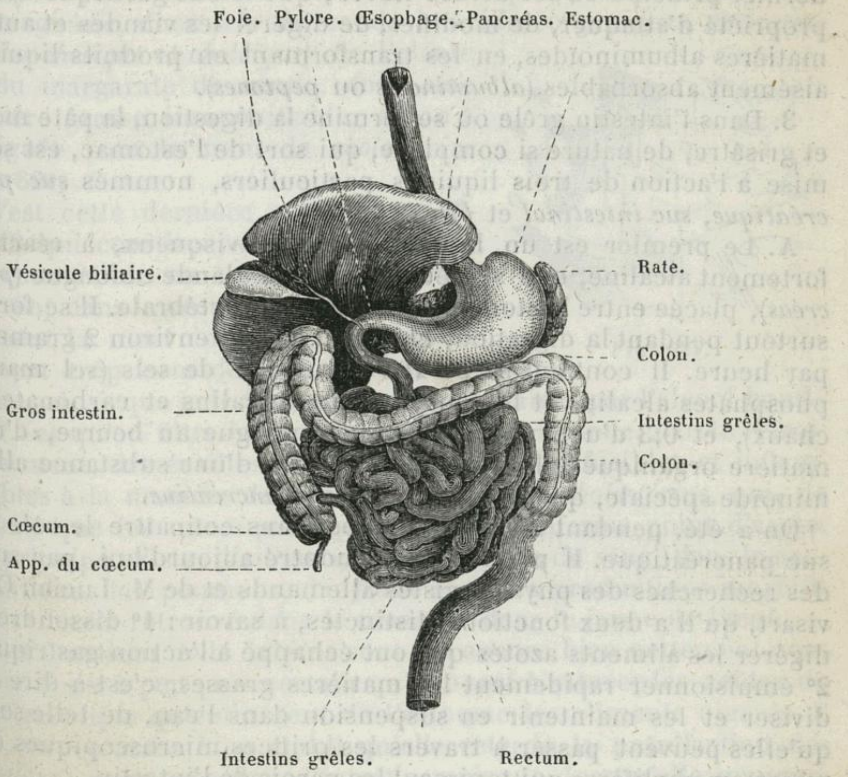


Fig. 620.

vertir les principes féculents en dextrine et en sucre. On rapporte ce genre d'effet à une matière albuminoïde, propre à la salive, qu'on a distinguée sous les noms de *ptyaline* et de *diastase salivaire*. Cette matière paraît être en combinaison avec de la potasse, de la soude et de la chaux, et elle est associée, dans la salive normale de l'homme, à une autre matière azotée, à des acides gras, à des chlorures et des lactates alcalins, à du sulfocyanure de potassium. La somme de tous les principes solides de la salive dépasse rarement 1 p. 100.

2. Dans l'estomac, le bol alimentaire éprouve des modifications profondes de la part d'un liquide particulier, acide, incessamment sécrété par la membrane muqueuse du viscère. C'est ce qu'on appelle le *suc gastrique*, dont l'eau forme la majeure partie (98 à 99 p. 100), et dont les principes solides consistent en phosphate de chaux, sel marin, sel ammoniac, acides lactique et phosphorique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

libres, mucus et principe azoté spécial connu sous les noms de *pepsine*, *chymosine*, et *gastérase*. C'est à l'action combinée de ce dernier principe et des acides libres, que le suc gastrique doit la propriété d'attaquer, de modifier, de digérer les viandes et autres matières albuminoïdes, en les transformant en produits liquides aisément absorbables (*albuminoses* ou *peptones*).

3. Dans l'intestin grêle où se termine la digestion, la pâte molle et grisâtre, de nature si complexe, qui sort de l'estomac, est soumise à l'action de trois liquides particuliers, nommés *suc pancréatique*, *suc intestinal* et *bile*.

A. Le premier est un liquide incolore, visqueux, à réaction fortement alcaline, que sécrète une grosse glande oblongue (*pancréas*), placée entre l'estomac et la colonne vertébrale. Il se forme surtout pendant la digestion, et il s'en écoule environ 2 grammes par heure. Il contient 91 p. 100 d'eau, 8,7 de sels (sel marin, phosphates alcalins et terreux, sulfates alcalins et carbonate de chaux), et 0,3 d'une matière grasse analogue au beurre, d'une matière organique soluble dans l'alcool et d'une substance albuminoïde spéciale, qui a reçu le nom de *pancréatine*.

On a été, pendant bien longtemps, sans connaître le rôle du suc pancréatique. Il paraît bien démontré aujourd'hui, par suite des recherches des physiologistes allemands et de M. Lucien Corvisart, qu'il a deux fonctions distinctes, à savoir : 1° dissoudre et digérer les aliments azotés qui ont échappé à l'action gastrique ; 2° émulsionner rapidement les matières grasses, c'est-à-dire les diviser et les maintenir en suspension dans l'eau, de telle sorte qu'elles peuvent passer à travers les orifices microscopiques des vaisseaux chylifères qui tapissent les parois de l'intestin.

B. Le *suc intestinal*, sécrété par les follicules utriformes du canal intestinal, moins bien connu dans sa composition que les agents précédents, incolore, filant et doué d'une réaction alcaline, remplace en quelque sorte le suc gastrique et le suc pancréatique, devenus inactifs pendant leur trajet dans l'intestin grêle ; et de plus, il possède la propriété de transformer très-rapidement en sucre les principes féculents qui ont échappé à l'action de la *ptyaline*.

C. Quant à la *bile*, c'est un liquide très-variable dans sa nature suivant l'espèce d'animal qui le fournit, mais, en général, d'une couleur jaune, verte ou brune, d'une odeur nauséabonde et d'une amertume très-prononcée. Il est plus ou moins visqueux, et toujours alcalin au papier de tournesol. Ce fluide est sécrété du sang par le foie, et on le rencontre en plus ou moins grande quantité dans la vésicule du fiel de la plupart des animaux.

C'est un mélange assez complexe, contenant, en moyenne, chez l'homme, 14 p. 100 de parties solides, consistant en : mucus,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux matières colorantes, une jaune (*cholépyrrhine*), et une verte (*biliverdine*), du sucre, de l'albumine, du chlorure de sodium, du phosphate et du carbonate de soude, des phosphates de chaux et de magnésie, deux sels de soude à acides organiques résineux (*acides cholique* et *choléique*), de l'oléate et du margarate de soude, enfin une matière grasse insaponifiable, qu'on a désignée sous le nom de *cholestérine* (*fig.* 621).

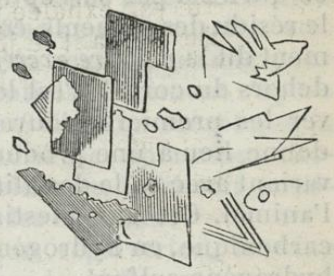


Fig. 621.

C'est cette dernière substance ($C^{26}H^{22}O$) qui constitue, en grande partie, les concrétions ou *calculs* qu'on trouve souvent dans la vésicule du fiel, et qui causent la mort lorsque leur volume devient trop considérable. Quand on traite, ainsi que je le fais, ces calculs biliaires par l'alcool bouillant, et qu'on filtre la liqueur, celle-ci abandonne, par le refroidissement, des écailles blanches et brillantes, fusibles et inflammables à la manière de la stéarine; c'est la *cholestérine*, qui, de même que les autres principes gras, ne renferme point d'azote. Ce principe existe, d'ailleurs, dans le sérum du sang, dans le cerveau, dans les poumons, dans une foule de productions morbifiques; on l'a retrouvé dans le musc et dans le jaune de l'œuf.

Les fonctions de la bile ne sont pas encore bien nettement connues. Il est à peu près certain qu'elle sert à saturer les acides du suc gastrique qu'entraînent de l'estomac les aliments digérés. Il est encore assez bien établi qu'elle retarde la putréfaction des matières contenues dans l'intestin, puisque, lorsqu'elle manque, les excréments prennent une odeur extrêmement repoussante.

Elle doit aussi, en raison de son alcalinité, contribuer à émulsionner les matières grasses, mais il n'est pas prouvé qu'elle ait de l'action sur les matières albuminoïdes, ainsi que quelques physiologistes le prétendent (1).

A mesure que les diverses réactions dont je viens de parler s'effectuent, les matières des aliments liquéfiées et dissoutes, sont

(1) La bile du bœuf, plus connue sous les noms de *fiel de bœuf* et d'*amer*, est employée par les dégraisseurs pour enlever les taches de graisse sur les tissus qui sont altérables par les alcalis et le savon, parce qu'en raison de sa légère alcalinité, elle se mêle très-bien aux corps gras, qu'elle dissout en grande partie, ou qu'elle amène à un état d'extrême division. Les peintres à l'aquarelle et à la miniature, les enlumineurs en font également usage pour donner plus de ton, de brillant et de vivacité aux couleurs, qu'elle fixe plus facilement sur les corps polis, et qu'elle conserve mieux que les autres matières visqueuses.

Comme la bile se putréfie promptement, surtout dans les temps chauds et humides, on la réduit souvent en consistance d'extrait, après l'avoir fait bouillir et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

absorbées par les parois de la cavité stomacale et de l'intestin, et vont se réunir au sang pour réparer les pertes qu'il éprouve sans cesse à entretenir le phénomène de la vie. C'est l'ensemble de ces réactions qui constitue l'acte de la *digestion*. Pendant ce temps, ce qui n'est pas susceptible d'être modifié et assimilé, c'est-à-dire le résidu des aliments, coloré par le mélange de bile altérée, autrement dit la *matière excrémentitielle*, se rend par le gros intestin au dehors du corps. C'est lorsque cette matière commence à éprouver les premiers mouvements de fermentation putride, qu'elle donne lieu à une production de gaz dont la quantité et la nature varient avec celle des aliments, et aussi suivant l'état de santé de l'animal. Ces gaz intestinaux consistent le plus souvent en acide carbonique, en hydrogène, en azote, en hydrogène carboné et en hydrogène sulfuré.

La DIGESTION n'est pas un phénomène aussi compliqué qu'on l'avait d'abord supposé ; c'est une simple fonction d'absorption, car l'animal ne crée point de matière organique, il se borne à se l'assimiler ou à la dépenser en la brûlant. Les matières solubles des aliments passent dans le sang, inaltérées pour la plupart ; les matières insolubles arrivent dans l'intestin étant assez divisées ou modifiées pour être aspirées par les orifices des vaisseaux chylifères. Ainsi, les matières amylacées se changent en gomme et en sucre, les matières sucrées s'absorbent; les matières grasses se divisent, s'émulsionnent et passent ainsi dans les vaisseaux, pour former ensuite des dépôts que le sang reprend et brûle au besoin. Les matières azotées neutres, la fibrine, l'albumine, la caséine, dissoutes d'abord, puis précipitées, passent dans le *liquide intestinal*, très-divisées ou dissoutes de nouveau. Enfin ce *liquide intestinal*, mélange confus de tous ces produits de transformation, est transmis aux vaisseaux sanguins et aux poumons, où il se change en *sang*, destiné à remplacer celui que la respiration détruit, d'une manière continue, pendant toute la durée de la vie.

écumer ; c'est ce qu'on appelle alors le *fiel de bœuf concentré*, qu'on délaie simplement dans l'eau pour en faire usage. Mais comme la teinte propre à la bile altère plus ou moins certaines couleurs de peinture, telles que le bleu qu'elle fait paraître vert, et le carmin qu'elle affaiblit, on la décolore au moyen d'un procédé indiqué par un Anglais, M. Tomkins. Pour cela, après l'avoir fait bouillir et écumer, on la partage en deux flacons, dans l'un desquels on ajoute 32 grammes d'alun, et dans l'autre 32 grammes de sel marin par litre. On laisse reposer jusqu'à ce que les liqueurs soient éclaircies ; on les décante, on les mêle et on laisse reposer de nouveau ; on filtre ensuite. On obtient ainsi un liquide incolore, qui se conserve très-bien, et auquel on donne le nom de *fiel de bœuf purifié*.

Chez les anciens, le fiel de taureau était employé pour nettoyer le linge, celui du bœuf comme remède très-énergique et comme mordant pour dorer les cuirs et l'airain. Le fiel de cheval passait pour être un poison. (Pline, lib. XXVIII, cap. XL.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous savons maintenant comment se forme le sang ; mais il nous reste à apprendre le rôle qu'il remplit dans l'économie. On sait, à n'en pas douter, que c'est lui qui fournit à tous les organes les matériaux nécessaires à leur développement ; qu'il donne des phosphates terreux et du tissu cellulaire aux os ; de l'albumine aux membranes et aux cartilages ; de la fibrine aux muscles, etc. Mais comment chaque organe agit-il sur la masse du sang pour en séparer les principes qui lui sont essentiels ; comment s'opère l'assimilation ou la nutrition des organes ? C'est un secret que la science n'a encore pu pénétrer. Ces mystérieuses opérations s'accomplissent avec une régularité admirable, sans qu'il soit possible de reconnaître les agents employés à les effectuer.

Mais indépendamment de cette fonction réparatrice, le sang concourt aussi à la formation de ces liquides différents, qui paraissent nécessaires à la conservation de l'économie animale, et qu'on désigne d'une manière générale sous le nom de SÉCRÉTIONS. Telles sont la *bile*, la *salive*, les *larmes*, la *synovie* ou matière qui suinte à la surface des articulations dont elle favorise le jeu, etc. Tels sont encore le *lait*, la *sueur*, l'*urine*, qui sont rejetés au dehors, et qui ne pourraient séjourner longtemps dans le corps sans danger. Nous ne sommes pas plus instruits, d'ailleurs, sur la production de ces sécrétions que sur la manière dont s'effectue l'assimilation.

Les matières salines, qui sont si abondamment répandues dans l'économie animale, sont à peu près les mêmes que celles qui existent dans les végétaux ; mais il y a beaucoup plus de phosphates, et de plus des sels ammoniacaux, des acétates, des urates et des lactates alcalins. Il y a également du cuivre métallique, mais en aussi faible proportion que dans les plantes.

Puisque, d'après tout ce qui précède, le sang, que l'illustre médecin Bordeu a ingénieusement appelé de la *chair coulante*, est l'intermédiaire obligé de la nutrition, la connaissance de ses propriétés et de sa constitution chimique doit offrir un très-grand intérêt. Ce sera l'un des objets de la prochaine leçon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SOIXANTE-CINQUIÈME LEÇON.

DES PHÉNOMÈNES CHIMIQUES PENDANT LA VIE. (SUITE.)

SOMMAIRE. — Étude du SANG. — Ses propriétés physiques et chimiques. — Son analyse. — *Sérum, caillot, matière colorante, globules.* — Distinction du sang veineux et du sang artériel. — De l'URINE. — Acide *urique* et *urée*. — Du sucre dans les urines des diabétiques. — Production d'une matière glycogène dans l'économie. — De l'*acide hippurique*. — Des calculs de la vessie et des concrétions intestinales. — PHÉNOMÈNES CHIMIQUES QUI APPARAISSENT DANS LES ORGANES APRÈS LA CESSATION DE LA VIE. — De la Putréfaction dans l'air, sous terre et sous l'eau. — Résidus de la décomposition spontanée des végétaux et des animaux : Terreau, gaz inflammable, bitumes, succin, gras des cadavres, tourbes.

DU SANG.

Le sang circule dans les veines et dans les artères des animaux les plus parfaits, ainsi que le célèbre Harvey l'a démontré en 1652. Bien que la plupart des médecins et des chimistes les plus distingués de toutes les époques aient exercé leur patience et leur sagacité à son étude, la connaissance de sa véritable composition est une des conquêtes de la chimie moderne; car, jusqu'à Rouelle jeune, on avait peu de données certaines sur cette grave question.

Le sang est loin d'être toujours identique dans sa forme et sa composition; il offre, au contraire, de très-nombreuses différences, soit dans les diverses classes d'animaux, soit dans les individus de la même classe, et jusque dans le même individu, suivant son âge, son état de santé ou de maladie. Ainsi, pour ne parler que des différences les plus saillantes, il est d'un rouge plus ou moins vif dans les mammifères, les oiseaux, les reptiles, les poissons, les annélides. Chez les animaux inférieurs il est incolore ou laiteux (limaces), bleu ou améthyste dans quelques-uns, verdâtre dans les sauterelles, les grillons, les perce-oreilles, jaunâtre dans le ver à soie, d'un brun foncé chez les hannetons et autres coléoptères. — Il est froid ou chaud, mucilagineux, plastique ou, au contraire, aussi fluide que l'eau. — Mais sous ces apparences si étrangères, on retrouve en lui quelques propriétés générales qui le caractérisent. Au reste, on n'a guère étudié jusqu'ici que le sang rouge des mammifères, et surtout le sang de l'homme. C'est de ce dernier que je vais surtout vous parler.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le sang humain est toujours à l'état liquide dans l'économie animale ; mais il est rouge dans les artères et rouge brun dans les veines. Son odeur est fade et sa saveur un peu salée. Sa température est celle du corps ; elle est de 37° pour le sang veineux, et de 38 à 39° pour le sang artériel ; il est un peu plus pesant que l'eau ; sa densité varie de 1,050 à 1,059.

Si l'on applique le microscope à l'étude du sang, soit au moment où il jaillit de la veine ou de l'artère, soit tandis qu'il circule encore dans la queue du têtard, la patte de la grenouille, l'aile de la chauve-souris, il se présente sous un nouveau jour aux yeux de l'observateur ; il paraît alors composé d'un liquide légèrement jaunâtre, au milieu duquel sont tenus en suspension des corpus-



Fig. 622.



Fig. 623.

Sang de l'homme vu au microscope. On voit en *a* des globules à plat, et en *b* des globules sur leur épaisseur.

cules rouges, de forme variable, tellement petits qu'ils sont invisibles à l'œil nu ; on les connaît sous le nom de *globules du sang*.

Circulaires chez l'homme et la plupart des mammifères (*fig.* 622 et 623), elliptiques chez les oiseaux, les reptiles et les poissons (*fig.* 624), ces globules ont un diamètre variable pour chaque espèce animale ; ainsi :

Chez l'homme, leur diamètre est, en moyenne, de $0^{mm},0075$;

Chez la plupart des mammifères, il est un peu moindre ;

Chez les oiseaux, il est plus grand ;

Chez les amphibies, il est encore plus grand et atteint jusqu'à $0^{mm},0316$.



Fig. 624.

Globules sanguins de la grenouille.

Ces globules, toujours aplatis, présentent généralement l'aspect d'un petit disque renflé au milieu et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont les bords déprimés ont une couleur plus foncée. — Ils sont plus abondants dans le sang des oiseaux que dans celui des mammifères; plus abondants dans ce dernier que dans celui des animaux à sang froid; plus abondants dans le sang des carnivores que dans celui des herbivores.

Tel est le sang tandis qu'il circule dans les veines ; mais à peine en est-il sorti, que déjà il tend à s'altérer; sa chaleur se dissipe, et, en même temps, une vapeur aqueuse, fortement odorante, se répand dans l'atmosphère. Bientôt il s'épaissit, se coagule et forme une masse cohérente, molle et tremblante, rouge-pourpre au dehors, rouge noir à l'intérieur; c'est ce qu'on appelle *cruor* ou *caillot*. Dès qu'il est coagulé, les parties se resserrent et exsudent peu à peu un liquide jaunâtre qu'on désigne sous le nom de *sérum*, et dont la quantité va toujours en croissant pendant plusieurs jours.

Le phénomène de la coagulation du sang est purement physique, car il s'opère sans le concours des agents extérieurs. — Il est produit par l'isolement et la solidification de la fibrine qui est en dissolution dans le sang vivant; cette fibrine, en se coagulant, emprisonne dans ses mailles les globules colorés, et laisse libre le *sérum*.

Le *sérum* n'est autre chose que de l'eau tenant en dissolution beaucoup d'albumine, des matières grasses et extractives, divers sels, tels que phosphates, carbonates et chlorures.

Quant au *caillot*, si on le malaxe légèrement sous un filet d'eau, après l'avoir enfermé dans un linge, le liquide en entraîne la plus grande partie, en se colorant en rouge vif, et laisse dans le nouet des filaments blancs et feutrés de fibrine.

Ainsi, comme vous le voyez, Messieurs, le sang peut être partagé, par une analyse toute mécanique, en trois parties principales : le *sérum*, la *fibrine* et les *globules rouges*.

Ceux-ci sont des corpuscules formés d'une enveloppe membraneuse incolore, qui a tous les caractères de la fibrine, et d'un liquide visqueux rouge, qui paraît être un mélange intime de matière colorante rouge et d'une substance albuminoïde, la seule cristallisable, qui a reçu de M. Lehmann le nom d'*hématocristalline*.

Les figures 625-628 montrent que ce principe cristallise sous des formes différentes, suivant l'espèce d'animal d'où il provient.

La matière colorante du sang, ou l'*hématosine*, amenée à son plus grand état de pureté, est insoluble dans l'eau ; elle est solide, en lamelles d'un éclat métallique prononcé, d'une belle couleur améthyste sur les bords; ce qui la distingue de toutes les autres matières colorantes, c'est la grande proportion de fer qu'elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contient à l'état élémentaire. Mulder lui assigne la formule suivante : $C^{44}H^{44}Az^{6}O^{6}Fe$.

C'est Menghini qui, vers la fin du dix-septième siècle, découvrit

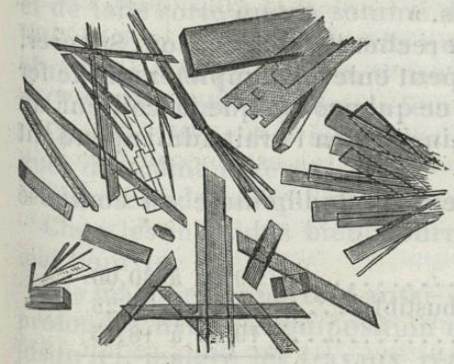


Fig. 625.

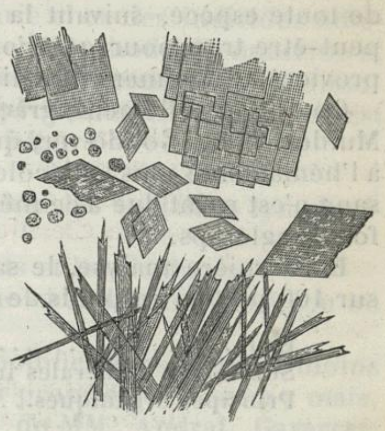


Fig. 626.

Hématocristalline retirée du sang de l'homme et de celui de la plupart des carnivores.

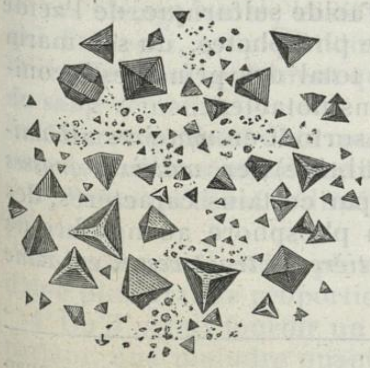


Fig. 627.
Hématocristalline retirée du sang de la souris.

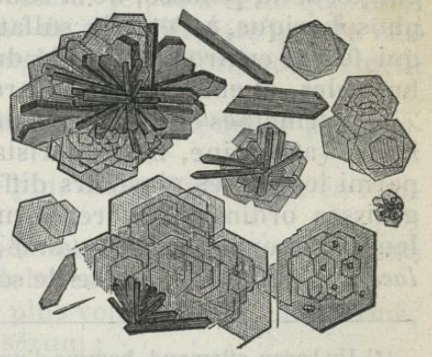


Fig. 628.
Hématocristalline retirée du sang de l'écureuil.

le fer dans le sang et notamment dans les globules. La proportion de ce métal dans le sang de l'homme parut si considérable à ce médecin, qu'il émit la pensée qu'on pourrait en fabriquer un jour des clous, des épées, des instruments de toute espèce. — Deyeux et Parmentier avaient eu l'ingénieuse idée de faire frapper, avec le fer retiré de leur sang, des médailles destinées à éterniser la mémoire des hommes célèbres. D'après M. Lecanu, l'hématosine contient une proportion de fer représentant environ les 0,07 de son poids. La quantité de sang qui se trouve dans le corps d'un adulte étant estimée à 15 kilogrammes, et cette quantité de liquide renfermant $2^{gr},414$ de fer métallique, il s'ensuit qu'il y

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aurait dans le sang des 36 millions d'habitants de la France, 86,904 kilogrammes de fer métallique : « C'est trop peu de fer dans le sang, dit M. Lecanu, pour qu'on en fabrique des instruments de toute espèce, suivant la pensée de Menghini, et, par contre, peut-être trop pour que l'on puisse admettre sans réserve qu'il provient uniquement des aliments. »

On sait actuellement, grâce aux recherches de Sanson, Scherer, Mulder et Van Goudœver, qu'on peut enlever complétement le fer à l'hématosine sans la décolorer, ce qui prouve que la couleur du sang n'est point due à ce métal, ainsi qu'on l'avait admis pendant fort longtemps.

En dernière analyse, le sang veineux de l'homme est composé sur 100 parties en poids de :

Eau	79,00 à 80,00
Substances minérales incombustibles	1,50 à 1,25
Principes organiques	19,50 à 18,75
	100 (1)

Les substances minérales du sang sont : de la chaux, de la magnésie, de la potasse, de la soude, de l'acide sulfurique, de l'acide phosphorique, à l'état de sulfates et de phosphates, du sel marin qui forme environ la moitié du poids total des principes incombustibles, et enfin du fer en proportions notables.

Les principes organiques consistent surtout en *matières albuminoïdes* (albumine, hématocristalline, fibrine); en *matières grasses* parmi lesquelles plusieurs diffèrent, par certains caractères, des graisses ordinaires et renferment du phosphore au nombre de leurs éléments; en *hématosine;* en *matières extractives* et en *acide lactique* à l'état de lactate de soude.

(1) Un baron allemand, homme d'une famille très-ancienne, ayant les seize quartiers dans chaque lignée, suivait, à Berlin, le cours de chimie qu'y professait alors le célèbre Klaproth. Un jour, comme le baron se rendait au laboratoire du chimiste, sa voiture versa en chemin, et lui et son cocher furent tellement meurtris par la chute, que le chirurgien appelé crut devoir les saigner l'un et l'autre. Le baron conçut alors la pensée de mettre à profit cet accident pour éclaircir une question qui l'avait souvent occupé ; il voulait déterminer si le sang d'un baron allemand et celui d'un homme du peuple sont, en effet, de différente nature, comme on le prétendait. En conséquence, le produit des deux saignées ayant été recueilli en deux vases différents, il l'adressa au chimiste, avec prière de le soumettre à la plus exacte analyse. L'analyse faite, elle donna la même quantité des différents principes du sang ; seulement le sang du baron contenait 200 parties d'eau de plus que celui du cocher, circonstance qui eût été à l'avantage de ce dernier, si cette petite différence avait mérité qu'on y fît attention. Le seigneur allemand, enchanté de ce résultat, transmit au précepteur de son fils copie de l'analyse en question, en lui recommandant bien de la mettre sous les yeux du jeune baron, toutes les fois qu'il paraîtrait regarder son sang comme plus pur que celui des autres hommes !

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De plus, les expériences de M. Magnus ont démontré l'existence de l'oxygène, de l'azote et de l'acide carbonique à l'état de liberté dans le sang.

La composition du sang normal varie chez des individus différents par le sexe, l'âge, le tempérament, le mode de nourriture, et de telle sorte que la somme des matières contenues en dissolution reste la même, tandis que la proportion des globules est plus forte et la proportion d'eau plus faible :

Chez l'homme que chez la femme ;

Chez les individus sanguins que chez les individus lymphatiques du même sexe ;

Chez les adultes que chez les enfants et les vieillards ;

Chez les individus bien nourris que chez les individus peu ou mal nourris.

Les maladies apportent aussi des modifications plus ou moins profondes dans la composition et les propriétés du sang ; mais, jusqu'ici, malgré les travaux récents de MM. Andral, Gavarret, Delafond, Nasse, Hermann, etc., on est loin de connaître tous les changements qu'il éprouve, et d'être bien fixé sur la nature même de ces changements ; aussi ne m'arrêterai-je pas à cette question, qui d'ailleurs, est plutôt du domaine du physiologiste que du chimiste. Je dirai seulement que le sang artériel diffère notablement du sang veineux :

1° Parce qu'il est d'un rouge plus vermeil, d'une odeur plus prononcée que le sang veineux ;

2° Parce qu'il est ordinairement plus élevé d'un degré en température ;

3° Qu'il paraît offrir plus de tendance à la coagulation, indice d'une plus grande proportion de globules ;

4° Qu'il paraît fournir un caillot plus volumineux, plus ferme, partant, une moindre quantité de sérum ;

5° Qu'il paraît contenir proportionnellement moins d'eau et plus de matières fixes, ce qui implique l'idée d'une plus grande densité ;

6° Qu'il contient plus d'oxygène et moins de carbone, comme le montre le tableau suivant.

	Sang artériel.	Sang veineux.
Carbone.....	50,2	55,7
Azote.....	16,3	16,2
Hydrogène.....	6,6	6,4
Oxygène.....	26,3	21,7
	99,4	100,0

Munis des connaissances précédentes, il vous sera facile, Messieurs, de comprendre maintenant l'action des agents chimiques sur le sang.

Le sang se délaie dans l'eau en toutes proportions ; il n'en faut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que quelques gouttes pour colorer en rouge une grande masse d'eau. L'esprit-de-vin, s'emparant de l'eau du sang, en précipite la fibrine, l'albumine, la matière colorante et plusieurs sels. Les alcalis s'opposent à sa coagulation, parce qu'ils ont la propriété de dissoudre la fibrine qui tend à se précipiter. La plupart des acides, au contraire, pour peu qu'ils soient forts, le coagulent sur-le-champ, en s'unissant à l'albumine et à la matière colorante. Toutes les dissolutions métalliques y produisent un précipité considérable, qui provient principalement de la combinaison de l'albumine avec l'oxyde et une partie de l'acide de la dissolution.

Beaucoup de gaz en modifient la teinte ou en opèrent la coagulation. L'oxygène et l'air avivent la teinte du sang veineux ; l'azote, l'hydrogène, le gaz acide carbonique, le protoxyde d'azote l'augmentent ; le gaz acide chlorhydrique, le gaz sulfureux, le chlore le noircissent et le coagulent.

Le sang a de nombreux usages dans les arts et l'économie domestique. C'est une matière alimentaire fort importante, surtout celui du cochon. On prépare, en Suède, pour les gens peu fortunés, un pain très-nutritif avec le sang des animaux de boucherie et la pâte ordinaire de farine de blé. En Italie, les pauvres font communément usage de sang, qu'on expose en vente dans des poêlettes analogues à celles dont on se sert pour la saignée (1). Les Lapons

(1) Le boudin qu'on prépare avec le sang du cochon, et en général tous les aliments dans lesquels il entre du sang d'animaux, acquièrent des propriétés vénéneuses par leur altération et leur trop longue conservation. Beaucoup d'empoisonnements ont été occasionnés par l'usage de ces mets gâtés. Les anciens connaissaient cette propriété délétère du sang altéré, et ils la mettaient à profit pour l'exécution des criminels. L'histoire rapporte que Tanyoxarcès, Midas, Thémistocle et Annibal furent empoisonnés par ce moyen. Il est donc très-important de faire attention au choix des aliments, surtout ceux qui sont d'un usage journalier, en raison de leur bas prix. Ce sont surtout les viandes fumées, les saucisses, les couennes de lard, le fromage d'Italie, le jambon, le bœuf gras salé, les pâtés de jambon, et toutes les autres préparations des charcutiers, qui sont plus susceptibles de devenir vénéneuses, lorsqu'elles commencent à se corrompre ou qu'elles sont arrivées à un certain degré de vétusté. En 1839, dans une fête populaire, aux environs de Zurich, plus de 600 personnes furent empoisonnées par du veau rôti froid et du jambon qui étaient altérés par une putréfaction commençante ; beaucoup périrent. C'est surtout dans le Wurtemberg et la Souabe, que ces sortes d'accidents ont été le plus fréquemment observés, et, d'après un relevé officiel, le nombre des individus empoisonnés par les boudins fumés s'est élevé, depuis une cinquantaine d'années, pour le Wurtemberg seul, à plus de 400, parmi lesquels 150 succombèrent. Partout, d'ailleurs, en France aussi, on a signalé des cas nombreux d'empoisonnement par les viandes cuites chancies, les poissons gâtés ou altérés spontanément par une trop longue conservation.

La cause la plus vraisemblable de ces accidents paraît devoir être attribuée aux moisissures à peine visibles à l'œil nu qui se développent sur ces viandes, dont les jus, analogues au bouillon, acquièrent facilement le caractère acide très-propre à la production de ces petits êtres végétaux, et notamment des champignons, classe qui compte un grand nombre d'espèces vénéneuses. Un savant belge, qui a publié

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

boivent souvent le sang de leurs rennes ; mais ils le conservent plus ordinairement dans la vessie de cet animal, l'exposent au froid et le laissent condenser ou devenir solide ; lorsqu'ils veulent faire du potage, ils en coupent ce dont ils ont besoin, et le font bouillir avec du poisson.

Desséché, le sang de bœuf constitue un engrais très-puissant, facilement transportable, et lorsqu'il est frais, c'est un agent clarifiant très-précieux pour les raffineries de sucre, en raison de la grande proportion d'albumine qu'il contient. Les raffineries de Paris consomment annuellement environ 1,100,000 kilogrammes de sang frais, qui se vend à raison de 5 fr. 50 cent. les 100 kilogrammes : 30 grammes de sang desséché suffisent pour clarifier une pièce de vin.

On emploie quelquefois le sang dans la teinture du coton en rouge des Indes, non pas à cause de sa matière colorante, mais en raison de son albumine.

Le sérum, mélangé à la chaux très-divisée, forme un badigeon excellent pour les murs, employé depuis fort longtemps en Espagne, et de toute antiquité en Chine ; mais, dans ce dernier pays, c'est le sang de porc qui sert, et le vernis qu'il forme est principalement appliqué sur le bois qui doit ensuite être peint.

Enfin, on consomme des quantités prodigieuses de sang pour la fabrication du BLEU DE PRUSSE, ainsi que je vous l'ai dit antérieurement.

DE L'URINE.

Le sang se dépouille incessamment de toutes les parties qui sont inutiles à la nutrition, au moyen de deux organes sécréteurs qu'on appelle *reins* (*fig.* 629). Le liquide nouveau, qui en provient, se rend dans une poche ou *vessie*, d'où le canal de l'urètre le conduit au dehors du corps. Ce liquide est l'URINE, qui a tant occupé les alchimistes, mais qui n'est bien connue que depuis les travaux de Rouelle jeune et de Schèele.

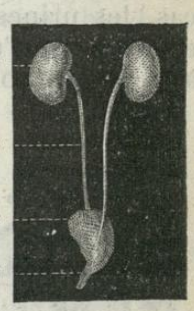


Fig. 629. — *a* reins, *b* uretère, *c* vessie, *d* canal de l'urètre.

L'urine fraîche est transparente, d'un jaune

---

en 1855 un intéressant mémoire sur le poison qui se développe dans les viandes et les boudins fumés, M. Van den Corput, nomme ce végétal élémentaire vénéneux, *Sarcina botulina*.

La chair des animaux surmenés, épuisés de fatigue ou frappés de terreur, surtout quand ils sont naturellement très-craintifs, comme le daim, le chevreuil, le lièvre ; la chair des animaux morts de maladies charbonneuses, déterminent aussi des accidents graves et souvent la mort, quoique les caractères physiques et chimiques de ces aliments ne décèlent aucune modification appréciable de texture ou de composition, aucun principe toxique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

citrin, d'une saveur salée et d'une odeur forte, qu'il est difficile de caractériser. Elle rougit le tournesol et pèse un peu plus que l'eau.

L'urine émise immédiatement après le repas est moins colorée, moins odorante, moins dense que celle qu'on rend le matin ou longtemps après la digestion. La première n'est pour ainsi dire que de l'eau. L'autre contient, généralement, sur 1,000 parties, 933 parties d'eau et 67 parties de substances solides. Ces substances sont : des sels (chlorures de sodium et de potassium, sulfates alcalins, phosphates de chaux et de magnésie, bi-phosphate de soude, urate de soude), des matières extractives et colorantes, du mucus de la vessie, de la créatine et de la créatinine, et enfin l'alcaloïde cristallisable, très-riche en azote, que Fourcroy et Vauquelin ont désigné sous le nom d'*urée*.

Ce qui caractérise donc chimiquement l'urine, c'est l'existence de deux composés qui lui sont essentiellement propres, à savoir : l'acide URIQUE et l'URÉE.

Le premier, découvert par Schèele en 1776, ne figure dans l'urine normale de l'homme que pour 0,1 pour 100; il est généralement uni à la soude ; sa proportion augmente dans tous les cas où la nutrition est entravée, lorsque la digestion est troublée, dans les maladies des organes respiratoires, dans toutes les excitations fiévreuses, après l'ingestion des spiritueux. Dans ces divers cas, les urines, en se refroidissant, déposent un sédiment grenu et amorphe d'urate de soude (*fig.* 630 et 631), que l'on reconnaît à sa grande solubilité dans l'eau chaude.



Fig. 630.

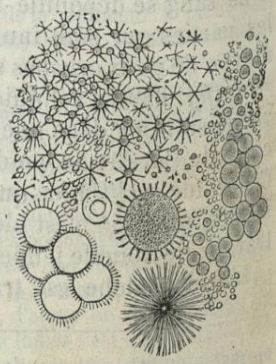


Fig. 631.

URATE DE SOUDE.

L'acide urique est peu abondant dans l'urine des mammifères, il manque dans celle des herbivores ; mais les urines des serpents, des oiseaux, des insectes en renferment de très-grandes quantités à l'état de liberté ou de combinaison.

On peut l'obtenir sous la forme de petites paillettes blanches et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

satinées, de lames ou de prismes qui apparaissent, au microscope, comme on le voit dans les figures suivantes. Il est à peine

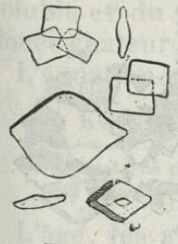


Fig. 632.



Fig. 633.

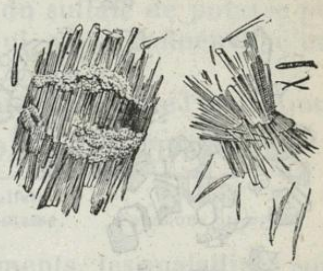


Fig. 634.

ACIDE URIQUE.

soluble dans l'eau, mais très-soluble dans les liqueurs alcalines d'où les acides le précipitent complétement.

Il est représenté par la formule : $C^{10}H^2Az^4O^4,2HO$.

L'URÉE a été d'abord entrevue par Rouelle jeune, en 1773. Sa proportion moyenne dans l'urine normale de l'homme est de 2,5 pour 100, et un homme bien portant en évacue, par 24 heures, 32 grammes environ; l'urine des carnivores est encore bien plus riche en ce principe.

L'urée cristallise en longs prismes de diverses formes (*fig.* 635), incolores, inodores, d'une saveur fraîche. Elle est très-soluble dans

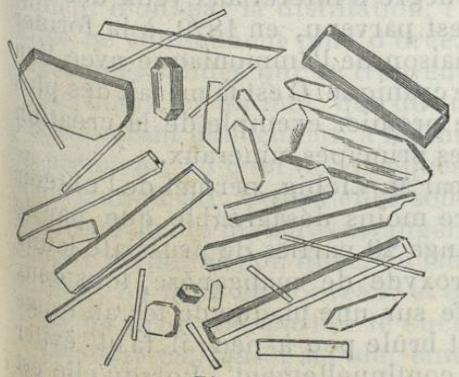


Fig. 635.

URÉE.

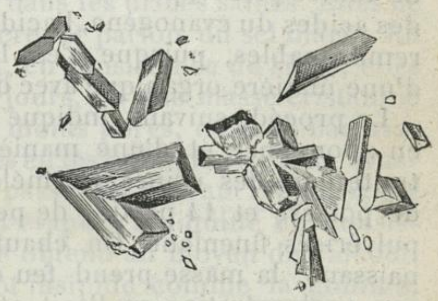


Fig. 636.

OXALATE D'URÉE.

l'eau et dans l'alcool. Elle forme avec les acides azotique et oxalique de fort jolis sels (*fig.* 636, 637, 638).

Elle renferme jusqu'à 46,6 p. 100 d'azote. Le symbole suivant : $C^2H^4Az^2O^2$ la représente. En s'unissant à 4 équivalents d'eau, elle se change en carbonate d'ammoniaque :

$$C^2H^4Az^2O^2 + 4HO = 2(AzH^3,HO,CO^2).$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sous ce rapport, l'urée se place donc dans le groupe des *Amides*, tandis que, par sa propriété de former des sels bien définis avec les acides, elle se range à côté des alcaloïdes.



Fig. 637.



Fig. 638.

AZOTATE D'URÉE.

La transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque s'effectue très-rapidement par le contact de certains ferments et spécialement des matières organiques contenues dans l'urine; c'est donc la cause de la putréfaction rapide de l'urine, et la source de la grande quantité de carbonate d'ammoniaque qu'elle contient après cette putréfaction. C'est en raison de la présence des sels ammoniacaux que l'*urine pourrie* est si convenable au montage des cuves d'indigo, au dégraissage des laines, à la préparation de l'orseille et au virage de certaines couleurs.

L'urée a acquis un nouveau degré d'intérêt aux yeux des chimistes, depuis que M. Wœhler est parvenu, en 1829, à la former de toutes pièces, par la combinaison de l'ammoniaque avec l'un des acides du cyanogène, l'acide cyanique. C'est là un fait des plus remarquables, puisque c'est le premier exemple de la création d'une matière organique avec des principes minéraux.

Le procédé suivant, indiqué par M. Liebig, permet de l'obtenir en abondance et d'une manière moins désagréable que par le traitement des urines. On mélange 28 parties de prussiate jaune de potasse et 14 parties de peroxyde de manganèse, tous deux pulvérisés finement. On chauffe sur une plaque de fer au rouge naissant; la masse prend feu et brûle peu à peu; il faut éviter son agglomération en l'agitant continuellement. Lorsqu'elle est éteinte, on la traite par l'eau froide; on ajoute à la liqueur 20 p. $^1/_2$ de sulfate d'ammoniaque sec; comme on opère avec des liqueurs concentrées, il se fait aussitôt un précipité de sulfate de potasse; on décante et on évapore, tant qu'il se dépose des croûtes cristallines. On évapore alors à sec et on traite par l'alcool bouillant qui dissout l'urée seulement.

1 kilogr. de prussiate de potasse peut fournir environ 350 gram. d'urée bien cristallisée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans cette opération, le prussiate, en réagissant sur le peroxyde de manganèse, forme du cyanate de potasse très-soluble ; l'addition du sulfate d'ammoniaque produit du sulfate de potasse peu soluble et du cyanate d'ammoniaque qui, sous l'influence d'une douce chaleur, se change en urée.

L'équation suivante représente la dernière phase de l'opération :

$$\underbrace{KO,C^2AzO}_{\text{Cyanate de potasse.}} + \underbrace{AzH^3,HO,SO^3}_{\text{Sulfate d'ammoniaque.}} = \underbrace{KO,SO^3}_{\text{Sulfate de potasse.}} + \underbrace{C^2H^4Az^2O^2}_{\text{Cyanate d'ammon. ou urée.}}$$

L'âge, les affections morales, les aliments, les maladies, sont autant de circonstances qui influent sur la nature chimique de l'urine. Vous avez pu remarquer que les asperges, l'ail, l'oignon et quelques autres aliments lui donnent une odeur infecte, tandis que la térébenthine, les résines, les baumes lui communiquent, au contraire, l'odeur de violette.

Les individus qui sont attaqués de la maladie connue sous le nom de *diabètes* ou de *glucosurie*, rendent chaque jour, une quantité d'urine qui s'élève quelquefois jusqu'à 30 et 32 litres. Ces urines sont limpides, presque incolores, neutres au tournesol ; elles n'ont point l'odeur et la saveur désagréables des urines ordinaires. Loin de pouvoir, comme elles, éprouver la fermentation putride et donner lieu à des produits infects, elles sont, au contraire, capables de subir la fermentation spiritueuse et de former une liqueur d'où, par la distillation, l'on peut retirer de l'eau-de-vie. Elles ne contiennent plus d'urée, d'acide urique, ni les autres substances salines qui se trouvent dans les urines saines. Elles ne renferment, en un mot, que du sucre, et parfois du sel marin. En les évaporant doucement, à feu nu, en consistance de sirop, elles se prennent, au bout de quelques jours, en une masse cristalline d'un jaune clair. Quand elles sont moins pures, on se débarrasse d'une partie des matières étrangères en les précipitant par le sous-acétate de plomb ; on filtre, on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré, on filtre de nouveau, et on évapore le liquide en consistance de sirop. On purifie le sucre obtenu au moyen de l'alcool.

Ce sucre est tantôt sapide, tantôt insipide comme la gomme. Du reste, quelles que soient sa saveur et son insipidité, il a toutes les propriétés du sucre *interverti* ($C^{12}H^{12}O^{12}$). Thenard a retiré jusqu'à 15 kilog. de sucre des urines d'un diabétique traité par Dupuytren.

La présence du sucre dans les urines ne vous paraîtra plus, Messieurs, aussi surprenante, lorsque vous saurez que M. Cl. Bernard a reconnu, dans ces dernières années, que ce principe se montre constamment dans le sang, et qu'il est élaboré dans le foie aux dépens d'une matière neutre, très-voisine par sa composi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion et ses propriétés de l'amidon et de la dextrine. Cette matière a reçu du célèbre physiologiste français le nom de *matière glycogène*. Dans les carnivores, elle paraît se former exclusivement dans le foie, probablement par le dédoublement des matières albuminoïdes; chez les herbivores, elle a une seconde origine, les substances amylacées apportées par les aliments.

Sa conversion en sucre a lieu très-rapidement par le contact du suc et du tissu pancréatiques, de la salive, du sang lui-même. On peut à volonté exagérer sa production, et par suite celle du sucre dans l'économie par des lésions traumatiques, par la piqûre de certains nerfs. Ainsi, M. Cl. Bernard a montré qu'en blessant l'axe cérébro-spinal dans la région du quatrième ventricule du cerveau d'un chien ou d'un lapin, le sang et les urines se chargent, en quelques minutes, d'une quantité considérable de sucre ; ces animaux deviennent positivement diabétiques !

On conçoit donc qu'un trouble fonctionnel du système nerveux peut, dans certaines circonstances, créer dans le foie un excès de sucre, que le sang verse ensuite dans les urines.

L'urine des herbivores est alcaline, chargée d'une huile particulière odorante, et au lieu d'acide urique, elle contient un acide cristallisable en jolis prismes incolores, parfois assez gros (*fig.* 639), qui avait été confondu, jusqu'en 1830, avec l'acide benzoïque, mais que M. Liebig en a distingué sous le nom d'*acide hippurique*.

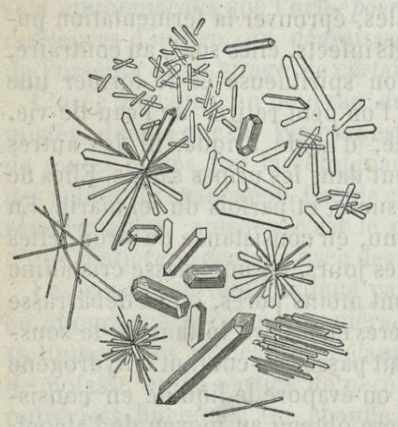


Fig. 639.
Acide hippurique.

Cet acide est représenté par $C^{18}H^{8}AzO^{5},HO$. Ce qu'il offre surtout d'intéressant, c'est que sous l'influence des acides, et surtout des matières organiques contenues dans les urines, il se convertit en acide benzoïque, de même que ce dernier mêlé à des boissons ou à des aliments se change, dans l'acte de la digestion, en acide hippurique qu'on retrouve en proportion considérable dans l'urine.

Lorsque, par suite d'une affection maladive des reins et d'un désordre dans la sécrétion dont ces organes sont chargés, la nature de l'urine vient à changer; lorsqu'elle n'est plus assez acide pour retenir en dissolution les sels insolubles par eux-mêmes, ou lorsqu'un de ses matériaux se produit en trop grande quantité, il arrive toujours alors qu'il se forme dans la vessie des concrétions qu'on désigne, depuis fort longtemps, sous les noms de *calculs* et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pierres urinaires. C'est là ce qui constitue la maladie dite *pierre* ou *gravelle*.

Les calculs urinaires ont une nature très-variable. Ils sont formés, tantôt d'une seule substance, tantôt de plusieurs, superposées de telle sorte que la plus insoluble est au centre. Les calculs les plus communs sont composés d'acide urique, ou d'un mélange de cet acide et de divers phosphates. Il y en a qui ne consistent qu'en oxalate de chaux (*fig.* 640). Ceux-là sont couverts de rugosités et causent, par cela même, de grandes douleurs. Quelquefois ils ne sont pas plus gros que la tête d'une épingle, et, dans ce cas, ils sont entraînés, de temps à autre, au dehors du corps avec les urines. Mais, trop souvent aussi, ils acquièrent un si grand volume, qu'ils distendent la vessie, et que leur extraction nécessite l'opération douloureuse de la *taille* ou celle moins dangereuse de la *lithotritie*.

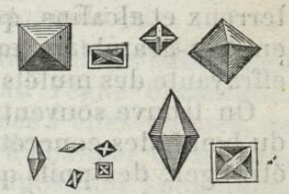


Fig. 640.

Voici quelques exemples de sédiments complexes qui se rencontrent assez fréquemment dans l'urine :



Fig. 641.
Sédiment composé d'acide urique, d'urate de soude et d'oxalate de chaux.

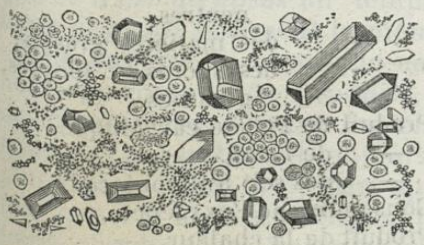


Fig. 642.
Sédiment composé de phosphate-ammoniaco-magnésien et de mucus de la vessie.



Fig. 643.
Sédiment composé de phosphate ammoniaco-magnésien et d'urate d'ammoniaque.

Les concrétions intestinales des animaux, peu différentes des calculs ordinaires, jouissaient autrefois d'une grande réputation comme médicaments et comme antidotes de tous les poisons. On les appelait *bézoards*. Leur prix était souvent considérable. Ils ont conservé dans l'Orient leur antique célébrité. Parmi les présents envoyés à Napoléon, en 1808, par le schah de Perse, il y avait trois bézoards que leur dédaigneux possesseur jeta, dit-on, au feu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Berthollet n'y avait trouvé que du bois et quelques sels.

Les calculs intestinaux des chevaux, formés surtout de phosphates de magnésie et d'ammoniaque, acquièrent parfois des dimensions extraordinaires ; il en est qui sont plus gros que la tête d'un enfant nouveau-né. C'est surtout lorsque les chevaux sont nourris avec du son et des recoupes, très-riches en phosphates terreux et alcalins, que ces concrétions intestinales se produisent en très-grande quantité; c'est là ce qui explique la mortalité effrayante des mulets et des chevaux des meuniers (1).

On trouve souvent dans l'estomac des ruminants, notamment du bœuf, des concrétions formées, presque toujours, sur un noyau étranger, des poils que ces animaux avalent en se léchant. Nos paysans nomment ces concrétions *gobes*, et attribuent leur formation à un *sort* jeté sur les animaux. Les médecins vétérinaires les appellent *bulithes* et *ægagropiles*.

Arrêtons-nous ici. Les considérations générales dans lesquelles je viens d'entrer, sur l'histoire des fonctions vitales, suffisent pour notre objet. Le professeur d'histoire naturelle complétera votre instruction sur la physiologie des plantes et des animaux, étude intéressante qui ressortit plus directement de ses attributions.

Je vous demanderai seulement la permission de clore ce sujet par le tableau suivant, que j'emprunte à M. Dumas, et qui résume parfaitement les différences fondamentales qui caractérisent les deux grandes séries des êtres vivants.

LE VÉGÉTAL.	L'ANIMAL.
Produit des matières azotées neutres,	Consomme des matières azotées neutres,
— des matières grasses,	— des matières grasses,
— des sucres, fécules, gommes,	— des sucres, fécules, gommes.
Décompose l'acide carbonique,	Produit de l'acide carbonique,
— l'eau,	— de l'eau,
— les sels ammoniacaux,	— des sels ammoniacaux,
Dégage de l'oxygène,	Consomme de l'oxygène,
Absorbe de la chaleur,	Produit de la chaleur,
Soutire de l'électricité,	— de l'électricité,
Emprunte ses éléments à l'air ou à la terre,	Rend ses éléments à l'air ou à la terre,
Transforme les matières minérales en matières organiques,	Transforme les matières organiques en matières minérales,
Est un appareil de réduction,	Est un appareil de combustion ou d'oxydation,
Est immobile.	Est locomoteur.

(1) J. Girardin. — *Examen d'un calcul intestinal de cheval* (Précis de l'Académie de Rouen pour 1840, p. 95).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUATRIÈME DIVISION.

PHÉNOMÈNES CHIMIQUES QUI APPARAISSENT DANS LES ORGANES, APRÈS LA CESSATION DE LA VIE.

Un des caractères les plus saillants qui distinguent les substances inorganiques de celles qui appartiennent au règne organique, consiste en ce que les premières, abandonnées à elles-mêmes, ne manifestent que peu ou point de tendance à changer de nature, et n'éprouvent, en général, aucune décomposition spontanée, par la seule réaction de leurs éléments, tandis que les secondes, végétales et animales, s'altèrent continuellement, en passant, lorsqu'on les place dans des circonstances favorables, par une suite régulière de décompositions.

Cette tendance au changement, ces transformations graduelles qui s'accomplissent pendant la vie, se continuent avec une énergie égale ou même plus grande dans les matières organiques, après qu'elles sont rentrées sous l'influence des lois de l'affinité et de la pesanteur, qui agissent sans cesse pour faire passer l'être vivant à l'état de matière inerte. Mais ce sont surtout les matières animales, les principes azotés, qui éprouvent le plus promptement ces effets de décomposition spontanée. Vous savez tous, Messieurs, avec quelle rapidité la chair des animaux, le sang, les œufs, etc., se détériorent et se corrompent ; et vous avez pu remarquer aussi que ce n'est qu'après un temps assez long que les plantes ou leurs produits subissent le même genre d'altération.

Une substance organique en décomposition fournit une série non interrompue de produits, qui résultent d'un nouvel ordre de combinaisons entre les éléments de cette substance. Ces nouveaux produits sont toujours des matières moins complexes et plus stables, dont la plupart appartiennent à la nature minérale, tels que l'acide carbonique, l'ammoniaque, l'eau, divers carbures d'hydrogène, l'acide sulfurique, l'acide acétique, l'acide lactique, l'acide cyanhydrique, etc. Les gaz qui se produisent, pendant cette destruction spontanée, sont quelquefois inodores ; mais le plus souvent, comme ils entraînent avec eux des particules de la matière décomposée, ils répandent une odeur plus ou moins forte, presque toujours infecte. C'est ce qui a fait donner vulgairement le nom de PUTRÉFACTION à ces phénomènes de métamorphoses organiques ; on leur a aussi donné le nom de *fermentation putride ;* mais cette dernière expression a le tort de rapprocher ces phénomènes de décomposition spontanée des matières organiques mortes, des changements provoqués par les ferments alcoolique et lactique,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

car, dans l'état actuel des choses, nous n'avons pas encore une idée bien nette des causes déterminantes de la putréfaction.

Plusieurs conditions sont nécessaires pour qu'elle ait lieu :

1° Il faut d'abord une température qui ne soit ni trop basse ni trop élevée. Au-dessous de 0°, comme au-dessus de + 40°, il n'y a pas de décomposition putride. La température la plus convenable est comprise entre les limites de + 15 à 35°.

2° Il faut que la matière soit humide ; car, sèche, elle peut se conserver indéfiniment. L'eau agit en ramollissant les fibres, en détruisant leur cohésion, et en tendant à s'unir avec quelques-uns des produits de la putréfaction.

3° L'air a une influence marquée sur cette réaction, et, dans bien des cas même, sa présence est indispensable pour qu'elle ait lieu. Mais il ne faut pas qu'il se renouvelle trop promptement au-dessus de la matière abandonnée à elle-même, autrement il la dessèche et emporte les germes putrides qui se forment et qui concourent puissamment à entretenir cette putréfaction.

Les produits de la putréfaction sont nombreux et toujours très-fétides, mais ils varient nécessairement avec la nature propre des matières organiques qui y sont soumises. Les substances azotées répandent une odeur plus intense que celles qui ne le sont pas, et, pour peu qu'elles contiennent du soufre ou du phosphore, cette odeur devient insupportable.

Les phénomènes et les produits de la putréfaction varient encore, selon le milieu dans lequel sont placées les matières qui l'éprouvent. Ainsi, l'on sait qu'ils ne sont pas les mêmes dans l'air, dans la terre et sous l'eau ; qu'ils diffèrent aussi, suivant que les matières se décomposent isolément, ou sont accumulées en grande masse. Je vais vous indiquer rapidement les particularités relatives à chacune de ces circonstances.

§ 1. — Putréfaction dans l'air.

Voici les produits qui se forment dans ce cas, suivant que les matières sont ou non azotées :

MATIÈRES NON AZOTÉES.	MATIÈRES AZOTÉES.
Gaz acide carbonique,	Gaz acide carbonique,
— hydrogène carboné,	— hydrogène carboné,
— azote (des traces),	— azote (beaucoup),
Eau,	— hydrogène sulfuré,
Acide acétique,	— hydrogène phosphoré,
Substance huileuse,	Ammoniaque,
Résidu noir dans lequel le charbon prédomine.	Eau,
	Acide acétique,
	Résidu terreux peu considérable, composé de sels, de charbon, d'huile et d'ammoniaque.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tous ces produits sont le résultat d'un changement d'équilibre dans les propres éléments des substances organiques, avec la participation de l'oxygène de l'air et des éléments de l'eau. Les gaz, en se dégageant, entraînent avec eux une portion des matières à demi décomposées, et c'est ce qui leur donne une odeur si forte.

Une des causes essentielles de la métamorphose des substances végétales, c'est l'affinité prononcée du carbone pour l'oxygène, affinité qui a pour effet la production d'une grande quantité d'acide carbonique. Pour les matières animales, à cette cause s'en joint une autre non moins puissante, l'affinité de l'hydrogène pour l'azote, d'où résulte une formation d'ammoniaque, le plus persistant des composés de l'azote. Il n'est donc pas étonnant qu'en raison de cette double circonstance, les matières animales se détruisent bien plus facilement que les substances végétales.

Lorsque les premières se putréfient en présence de matières alcalines, il se produit constamment des azotates. L'acide azotique, qui prend alors naissance, dérive évidemment de ce que l'ammoniaque, formée d'abord, est brûlée par l'oxygène de l'air, et convertie en eau et en acide azotique, réaction provoquée ou favorisée par la présence des bases alcalines qui tendent à se neutraliser. D'après cela, les matières animales azotées ne sont pas les conditions, mais les moyens de la nitrification ; elles agissent en présentant des sources continues d'ammoniaque. Celle-ci s'oxyde par l'air, se change en eau et en acide azotique, et ce dernier, à mesure de sa formation, se combine aux bases alcalines fixes du sol, et donne ainsi naissance aux azotates de chaux, de magnésie, de potasse et d'ammoniaque qu'on trouve dans les matériaux salpêtrés.

Les plantes qui pourrissent à la surface de la terre laissent, pour résidu de leur décomposition, comme je vous l'ai déjà dit, de l'*humus* ou *terreau*. Mais lorsqu'elles sont réunies en grande quantité et qu'elles fermentent, elles développent toujours de la chaleur, qui s'élève quelquefois au point de déterminer l'embrasement de la masse. Ce phénomène arrive toutes les fois qu'on enferme des fourrages qui ne sont pas assez secs, lorsqu'on entasse des cordes, des chanvres ou des lins humides. C'est encore ce phénomène qui fait prendre feu aux *mulons* de foin et de blé qu'on élève dans les champs, en attendant le moment de les rentrer dans les granges.

Les résidus de la décomposition spontanée des substances organiques sont fort utilisés en agriculture comme de puissants engrais.

§ 2. — Putréfaction sous terre.

La putréfaction s'opère beaucoup plus lentement sous terre ; mais il est presque impossible d'observer ses progrès avec préci-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sion. Les composés nouveaux qui prennent alors naissance ne sont pas encore bien connus, et toutes les recherches faites jusqu'à ce jour se rapportent aux produits qui se conservent le plus longtemps et se transforment le plus lentement en composés binaires.

Les composés gazeux qui sont formés, ne pouvant se dégager en raison de la pression énorme à laquelle les matières organiques sont alors soumises, s'accumulent dans des fentes ou cavités environnantes, et y demeurent ainsi comprimés, jusqu'à ce que le hasard leur offre une issue pour se répandre à la surface de la terre.

Quand on arrive, par exemple, dans l'exploitation des mines de houille, assez près de pareils réservoirs pour qu'ils se trouvent, par des fissures, en communication avec les galeries de la mine, le gaz s'écoule, et il arrive, quelquefois, qu'il lui faut des mois entiers pour se mettre en équilibre avec l'atmosphère, quoiqu'il continue à sortir avec une telle violence, que l'air de la mine devient explosif. Ce gaz est ordinairement un mélange variable de gaz des marais ou hydrogène carboné, de gaz oléfiant ou hydrogène bicarboné, d'azote et d'acide carbonique. Après le traitement par une lessive de potasse, Bischof trouva le gaz *grisou* de trois localités différentes ainsi composé :

	MINE abandonnée à Wellesweiler.	MINE du Gerhards-stocken près de Luisenthal.	MINE de Liekweg dans le comté de Schaumbourg
Gaz hydrogène carboné..	91,36	83,08	79,10
— hydrogène bicarboné.	6,32	1,98	16,11
— azote.....	2,32	14,94	4,79
	100,00	100,00	100,00

Dans les mines de lignite, le gaz qui menace la vie des ouvriers est de l'acide carbonique presque pur; il ne renferme que rarement des gaz combustibles.

De même, lorsque dans les cimetières ou autres endroits qui recouvrent des débris d'animaux, la terre, desséchée par les ardeurs du soleil, vient à se crevasser, il sort des fissures des gaz qui, dans l'obscurité, présentent l'aspect de flammes phosphoriques. C'est en majeure partie de l'hydrogène phosphoré, spontanément inflammable, dont la production s'explique aisément par la présence du phosphore dans la matière cérébrale, la matière des nerfs et plusieurs autres parties de l'économie animale. Ces flammes sont les *feux follets* qui jettent tant d'effroi dans l'âme des campagnards ignorants et superstitieux.

Les jets enflammés des *terrains ardents*, des *fontaines inflammables*, dus à l'hydrogène carboné, cette production continuelle de gaz acide carbonique dans un si grand nombre de grottes, de souterrains et de caves, n'ont certainement pas d'autre origine que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la décomposition des matières organiques enfouies, depuis des siècles, dans les profondeurs du sol.

Les résidus de la décomposition spontanée des végétaux sous la terre sont de diverses natures. Ils ont reçu les noms de *lignite*, de *houille*, d'*anthracite*, de *bitumes*, de *succin*, etc. Vous connaissez déjà les trois premières substances.

L'analyse chimique de la partie combustible des lignites et des houilles a démontré que ces matières sont bien évidemment, ainsi qu'on le supposait depuis longtemps, les résidus de la putréfaction humide et chaude du bois sous terre. En effet, le lignite est du bois, moins une certaine proportion d'hydrogène ou d'eau et des éléments de l'acide carbonique ; la houille est du bois dont se seraient séparés de l'acide carbonique et une certaine quantité de carbures d'hydrogène à l'état de gaz oléfiant, de gaz des marais ou d'huiles combustibles analogues au pétrole. Or, tous ces produits de décomposition accompagnent les lignites et les houilles dans les dépôts souterrains qu'on exploite (1).

Quant aux *bitumes*, ce sont des matières combustibles, très-riches en carbone et en hydrogène, qui brûlent facilement, avec une flamme et une fumée épaisses, en dégageant une odeur forte, toute particulière.

Les uns sont liquides et ressemblent à des huiles volatiles ; ce sont le *naphte* et le *pétrole*, qui servent à l'éclairage et à la cuisson des aliments, dans les pays où ils existent en certaine quantité (Perse, Italie, Sicile, Grèce, Valachie, Pérou, ville de Rangoun au Pégu, île de la Barbade, etc.).

Le naphte est d'un jaune clair, diaphane, d'une odeur forte, non désagréable, d'une densité de 0,750. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, les huiles volatiles, etc. Les acides, les alcalis ont peu d'action sur lui. Il dissout à chaud le soufre, le phosphore, l'iode, le camphre, les résines. Il est très-propre à la conservation du potassium, du sodium, du manganèse.

D'après les analyses de Walter et Pelletier, il renferme réunis : une matière solide qui n'est autre chose que de la paraffine, et trois carbures d'hydrogène, liquides, de différentes compositions, savoir :

Naphte.....	$C^{14}H^{13}$	bouillant à +	88°
Naphtène.....	$C^{16}H^{16}$	— à +	115°.
Naphtole.....	$C^{24}H^{22}$	— à +	190°

(1) Une expérience faite récemment par M. Baroulier confirme pleinement la théorie que j'ai donnée de l'origine de la houille (12e leçon, p. 273, t. I). En exposant des matières végétales enveloppées d'argile humide et fortement comprimées, dans un appareil presque clos, à des températures longtemps soutenues entre 200 et 300 degrés, M. Baroulier a obtenu des résidus charbonneux ayant l'aspect et toutes les propriétés des différentes variétés de houille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le pétrole ne diffère du naphte que par une densité plus grande, une couleur plus foncée et une odeur plus forte. Il paraît renfermer une certaine quantité de bitume solide en dissolution (1).

Les autres bitumes sont mous ou solides, et employés comme goudron et pour faire des ciments très-solides; tel est le *malthe* ou *pissasphalte*, dit aussi *poix* ou *goudron minéral*, qu'on trouve en Albanie, à Seyssel (Ain), à Lobsann (Bas-Rhin), aux environs de Caupenne et d'Orthez (Landes), à Neuchâtel en Suisse, au Puy-de-la-Pège, près de Clermont-Ferrand; tel est encore l'*asphalte* ou *bitume de Judée*, qu'on recueille à la surface des eaux du lac Asphaltique ou de Judée, nommé *Mer Morte* par les anciens, parce qu'ils prétendaient que l'odeur désagréable exhalée par ses eaux, en raison du bitume qui nage à leur surface, était assez active pour faire mourir les oiseaux qui voltigeaient au-dessus. Il existe, dans l'île de la Trinité (Antilles), un lac qui produit aussi de l'asphalte, mais en quantités moindres.

D'après M. Boussingault, les bitumes mous et solides sont des mélanges, probablement en toutes proportions, de deux substances distinctes, à savoir :

1° D'un carbure d'hydrogène liquide, bouillant à $+280°$, nommé *pétrolène*, et ayant pour formule... $C^{40}H^{32}$;

2° D'une matière solide et noire, nommée *asphaltène*, dont la formule $C^{40}H^{32}O^{6}$ représente un oxyde de pétrolène $= C^{40}H^{32} + O^{6}$ qui a dû se former par l'action de l'air.

On conçoit dès lors pourquoi la consistance des bitumes varie, pour ainsi dire, à l'infini; il suffit que l'un ou l'autre des deux prin-

---

(1) Le naphte et le pétrole accompagnent presque toujours les salses et les dégagements d'hydrogène carboné des *terrains ardents*. En creusant le sol dans ces endroits, à une certaine profondeur, on est presque toujours certain de découvrir des sources plus ou moins abondantes de ces bitumes liquides. Les sources de la Valachie produisent annuellement pour 800,000 francs de naphte. Dans l'île de Zante, les sources de pétrole donnent environ 100 barils par an, que les habitants emploient au calfatage des bâtiments, en le mélangeant avec du goudron de résine, pour lui donner plus de consistance. Dans le pays des Birmans, il y a des sources importantes de pétrole, qui fournissent à l'éclairage du pays et à la conservation des bois de charpente; le produit annuel est de plus de 200,000,000 de kilogrammes. Le produit des exploitations de naphte de l'île de Théléken, dans la mer Caspienne, est de 2,179,000 kilogrammes par an. Le fameux *moum* des Perses n'est autre chose que du naphte qui découle des parois d'une caverne des environs de Darab, que le gouverneur tient soigneusement fermée et n'ouvre qu'une fois par an, pour en recueillir le produit et l'envoyer à la cour, où on le regarde comme un baume merveilleux. La seule source de pétrole connue en France est celle de Gabian, près de Pézénas (Hérault), ce qui lui a valu le nom d'*huile de Gabian*, qu'on lui donne dans le commerce. Cette source, découverte en 1608, produisait 18 quintaux métriques de bitume par an ; elle n'en donne plus guère actuellement que 2 quintaux métriques, ou environ 200 litres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cipes domine dans le mélange pour lui donner tel ou tel degré de fluidité.

L'un des principaux usages des bitumes, c'est le goudronnage des vaisseaux et de leurs agrès; on en fait des étoffes imperméables propres à couvrir les bâtiments, et, depuis une vingtaine d'années, on les applique avec avantage à la confection d'espèces de dalles, en les mélangeant avec du sable; on exploite dans quelques localités des bancs de sable bitumineux pour cet objet. Ces dalles ont l'avantage de pouvoir être soudées au moyen d'un fer chaud, en sorte qu'on peut en former des terrasses tout à fait imperméables à l'eau. On a quelquefois aussi employé les bitumes avec succès dans les constructions hydrauliques; on en compose d'excellents mastics qui peuvent servir à toutes espèces de constructions; il paraîtrait même que les anciens en ont fait usage dans la construction de la tour de Babel et des murs de Babylone. Dans les lieux où ils sont abondants, ils entrent dans la composition des vernis noirs et même de la cire noire à cacheter; on assure qu'ils entrent dans celle du brillant vernis chinois qu'on nomme *laque*.

D'après leurs caractères et les circonstances géologiques dans lesquelles on les rencontre, les bitumes doivent être considérés comme de véritables produits volcaniques.

Le *succin*, qu'on appelle aussi *karabé* et *ambre jaune*, tient le milieu entre les bitumes et les résines, et il paraît provenir d'une altération particulière des résines d'arbres verts. Il est en masses ou en fragments jaunâtres, transparents, d'un aspect vitreux, auxquels le moindre frottement communique une vertu électrique très-prononcée. Il est très-combustible et inflammable dans l'air. Par la distillation dans une cornue de verre, on en retire un acide organique particulier, qu'on nomme *acide succinique*.

Le succin abonde dans la Prusse orientale, en Poméranie, sur les côtes de la mer Baltique, où il est disséminé dans des terrains de transport, avec beaucoup de débris organiques. On l'en extrait pour le compte du gouvernement. Outre son usage en médecine, il sert à faire quelques vernis, mais surtout des objets d'ornement, des bijoux, des pommes de cannes. Pour ce dernier emploi, on travaille les beaux morceaux de succin, soit en les mettant sur le tour, soit en les taillant à la manière des pierres.

L'*acide succinique*, qui caractérise essentiellement le succin, cristallise en jolis prismes incolores et transparents, ainsi constitués : $C^8H^3O^5,3HO$. Il est très-soluble dans l'eau, et il a ceci de particulier qu'il résiste, ainsi que l'acide benzoïque, à l'action de l'acide azotique. On l'emploie dans l'analyse minérale pour séparer l'oxyde ferrique des oxydes de manganèse, de cuivre, de cobalt et de nickel, parce qu'il précipite le premier de ses dissolutions

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous la forme d'un précipité jaune rougeâtre, et ne précipite pas les autres. Toutefois c'est à l'état de succinate de soude ou d'ammoniaque qu'il sert dans ce cas.

M. Broméis a reconnu, en 1841, que l'acide succinique prend naissance dans le traitement des acides stéarique et margarique par l'acide azotique, ce qui permet de supposer que le succin résulte de la combustion lente de corps analogues aux graisses, aux cires ou aux résines. On l'a trouvé dans la térébenthine et quelques autres résines des arbres verts, dans l'huile ancienne de cumin. D'après Zwenger, le succinate de potasse est contenu dans les feuilles et les tiges de l'absinthe.

M. Piria a constaté, en 1846, que l'asparagine dissoute dans l'eau se métamorphose, lorsqu'elle n'est pas pure, en succinate d'ammoniaque, et d'après M. Dessaignes, il en serait de même du malate de chaux impur.— Comme les jeunes pousses des plantes légumineuses contiennent toutes de l'asparagine, il en résulte que ces plantes doivent produire de l'acide succinique, lorsqu'on les abandonne au contact de l'eau, à une décomposition spontanée. — Vous vous rappelez, sans doute, que M. Pasteur a découvert que cet acide est un des produits constants de la fermentation alcoolique et qu'il se trouve en proportions notables dans les vins.

Les résidus de la décomposition spontanée des animaux sous terre consistent en squelettes osseux et en une substance grasse particulière, connue depuis longtemps sous le nom de *gras des cadavres*.

Si la terre est très-sèche et la chaleur considérable, l'humidité est souvent absorbée avec une telle rapidité, que les matières animales, au lieu de se putréfier, se dessèchent complétement et se transforment alors en ce qu'on appelle une *momie*.

C'est surtout lorsque les cadavres des animaux sont accumulés en grand nombre sous terre, que la matière dite *gras des cadavres* se produit en plus grande quantité. La connaissance de cette matière est due à Fourcroy, qui eut occasion de l'observer, lors de la destruction du cimetière des Innocents, à Paris, en 1786. Il la considéra comme un composé d'ammoniaque et d'une substance grasse particulière, qu'il nomma *adipocire*, et qu'il crut identique avec le blanc de baleine et la cholestérine. M. Chevreul a fait voir depuis que c'est un savon impur, à base d'ammoniaque, avec un peu d'acides margarique et oléique libres.

La formation de ce *gras des cadavres*, qui exige ordinairement de 8 à 12 mois sous terre, est due à l'action qu'exerce sur la graisse toute formée l'ammoniaque provenant de la décomposition de la fibre musculaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 3. — Putréfaction sous l'eau.

Les matières organiques abandonnées sous l'eau présentent, à peu près, les mêmes phénomènes que sous terre. Leur putréfaction, néanmoins, ne se fait que fort lentement. Les bois enfoncés sous l'eau se conservent, en effet, pendant des siècles; ils deviennent noirs et excessivement durs.

Les plantes qui meurent au fond de l'eau, pourrissent peu à peu et se transforment en une espèce de terre végétale noire, connue sous le nom de *terre limoneuse* ou de *limon*. Remuée avec un bâton, dans la saison chaude, cette vase laisse dégager de nombreuses bulles de gaz, formées en majeure partie d'hydrogène carboné, d'un peu d'azote, d'acide carbonique et d'oxygène.

La *tourbe* est un autre produit de la putréfaction des plantes sous l'eau, comme l'attestent sa structure, son aspect extérieur et sa combustibilité. C'est dans les dépôts d'eau stagnante que la tourbe se produit. On a cru pendant longtemps que le sol du Nord était plus propice à la formation de la tourbe que le sol du Midi; c'est une erreur; la tourbe se trouve dans toutes les zones aux extrémités comme au centre de la France. Les vallées des départements du Pas-de-Calais, de la Somme, de l'Oise, de l'Aisne, de la Seine-Inférieure, renferment presque toutes des bancs de tourbe plus ou moins puissants; les marais de Fox, dans les Bouches-du-Rhône, offrent la plus grande tourbière de France; il y a aussi des gîtes de cette substance à Amiens, en Belgique aux environs de Liége, en Hollande, dans le Wurtemberg, etc.

Les couches de tourbe sont toujours peu profondes; elles diffèrent généralement de nature à la partie supérieure et dans la profondeur; les tourbes superficielles portent le nom de *bouzin*, les parties inférieures, de meilleure qualité, celui de *tourbe limoneuse*. Lorsque les tourbières ne sont pas submergées, on extrait le *bouzin* à la bêche, et l'on emploie ensuite le louchet pour retirer la *tourbe limoneuse*. Quand elles sont placées sous une couche d'eau plus ou moins épaisse, on ne peut les enlever, le plus souvent, qu'au moyen de dragues.

La tourbe, bien qu'elle ne soit qu'une variété d'humus ou de terreau, a des propriétés bien différentes de celles de cette substance. Elle est plus ou moins colorée en brun; elle renferme presque toujours des débris d'herbes sèches non décomposées; elle brûle avec ou sans flamme, en donnant une fumée semblable à celle du foin brûlé, et en laissant pour résidu une braise très-légère. Sa texture est tantôt compacte, tantôt grossièrement fibreuse, ce qui est dû aux végétaux non décomposés qu'elle contient.

Toutes les plantes aquatiques concourent à former la tourbe,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais on l'attribue principalement à diverses espèces d'*utriculaires*, de *potamots*, de *cornifles*, de *myriophylles*, de *conferves*, de *sphaignes*, de *scirpes*, de *carex*, de *prêles*, de *pesses*, de *lenticules*, de *callitriches*, etc. Toutes ces plantes végètent par exception sur les tourbières et leur donnent une physionomie spéciale. Les tourbières sont, en effet, infertiles pour les autres végétaux.

Les tourbes renferment beaucoup d'*acide ulmique* qui, comme je l'ai déjà dit, existe aussi en abondance dans le terreau. Mais il s'y trouve, en outre, des débris de végétaux non altérés ou incomplétement décomposés, des détritus de matières animales, et des substances terreuses qui restent à l'état de cendres après la combustion. Le sable, dont les tourbes sont mélangées en proportions extrêmement variées, est toujours de même nature que les roches environnantes, ce qui prouve qu'il est uniquement formé des débris de celles-ci. Les quantités des différentes matières organiques qui constituent les tourbes sont dans des rapports très-différents, comme vous pouvez le voir par les analyses suivantes :

	Mat. organiques sur 100 part.	Mat. minérales. sur 100 part.
Tourbe de Vassy (Marne).....	92,8	7,2
— de Forges-les-Eaux (Seine-Infér.)	92,3	7,7
— de Bordeaux (Gironde).....	91,5	8,5
— de Ham (Somme).....	88,3	11,7
— de Château-Landon (Sein.-et-M.)	85,0	15,0
— de Clermont (Oise).....	82,6	17,4
— de Crouy, près Meaux (Seine-et-Marne).....	81,2	18,8

Les matières minérales contenues dans les tourbes sont ordinairement :

Silice ou sable.	Sulfate de chaux.
Argile.	Carbonate de magnésie.
Carbonate de chaux.	Sels alcalins, tels que sulfates et chlorures.
Chaux caustique.	
Oxyde de fer.	Alcalis libres ou carbonatés (traces).

Au reste, la nature de ces matières varie nécessairement suivant la contrée d'où l'on tire la tourbe, et suivant la couche à laquelle elle appartient. L'absence ou la très-faible proportion d'un alcali libre ou carbonaté dans les cendres de tourbe explique pourquoi elles ne sont pas, comme la cendre de bois, propres à la lessive, à la fabrication du verre et du savon. Elles ne renfermeraient même que du silicate de potasse, d'après M. Liebig.

C'est au moyen de la chaux qu'on peut améliorer le sol des tourbières, attendu que cet alcali réagit sur les matières organiques, et notamment sur l'acide ulmique, et les rend propres à servir à la nutrition des plantes. Voilà pourquoi Polydore Boullay,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui a fait une étude spéciale de l'acide ulmique, disait que c'est à cet acide que la Hollande, si riche en tourbe, doit la supériorité de ses produits agricoles.

Vous le savez, Messieurs, la tourbe est employée comme combustible, surtout dans les pays où le bois et la houille sont rares. On la moule en briques, afin de pouvoir la transporter plus aisément. Elle s'allume difficilement, mais une fois sa combustion commencée, elle continue tranquillement en donnant beaucoup de flamme, et sans qu'il soit besoin d'attiser le fourneau, comme cela est nécessaire pour la houille. L'odeur désagréable qu'exhale ce combustible en limite l'emploi dans l'économie domestique. Il est très-propre à la cuisson de la brique, de la chaux, aux évaporations, etc. On en fait un charbon excellent, en le calcinant en vase clos. L'art de convertir la tourbe en charbon est pratiqué depuis longtemps en Allemagne, en Hollande et en France. C'est Hellot qui, le premier, en a parlé en 1749.

La tourbe, lorsqu'elle n'est pas trop mélangée de terre, est, en général, un combustible excellent et comparable au meilleur bois, sous le rapport calorifique. Elle renferme une quantité considérable d'oxygène, 39 à 40 p. 100; la proportion d'hydrogène est un peu plus élevée que dans la houille, mais la proportion de carbone est beaucoup plus faible; aussi le pouvoir calorifique est-il bien moins élevé. En tenant compte des matières terreuses et de l'eau que renferme la tourbe, on trouve qu'elle donne environ moitié moins de calories que les houilles grasses et demi-grasses. Elle contient deux fois plus d'azote que celles-ci.

La tourbe a l'inconvénient d'être trop légère, et par suite, de ne pouvoir que difficilement produire une haute température, à cause du grand espace qu'elle occupe dans les foyers ; et, malheureusement, les plus propres, et par conséquent les meilleures, sont presque toujours aussi les plus légères. On a cherché à remédier à cet inconvénient en comprimant fortement les pains moulés et déjà en partie desséchés à l'air, à l'aide d'une presse hydraulique; mais, d'abord, ce moyen est fort dispendieux, et, ensuite, il ne remplit qu'imparfaitement son but, parce qu'en raison de la grande élasticité de la matière, il arrive que le centre des pains ne se contracte que très-peu et qu'il retient encore une quantité d'eau considérable. A l'usine royale de Kœnigsbrunn, près d'Aalen, en Wurtemberg, on dessèche artificiellement les pains de tourbe en les jetant pêle-mêle dans une espèce de four à briques que l'on entretient à une température de très-peu plus élevée que 100°, et que l'on chauffe avec de menus débris de tourbes de la plus mauvaise qualité et qui n'ont presque aucune valeur. Les pains, ainsi desséchés, acquièrent une compacité et une dureté telles qu'on ne peut les briser qu'avec difficulté, et, en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même temps, leur volume se trouve réduit de près de moitié. On emploie avec grand avantage, à Kœnigsbrunn, la tourbe contractée par dessiccation artificielle à chauffer des fours à réverbère dans lesquels on soumet la fonte à une seconde fusion, ainsi qu'à diverses autres opérations métallurgiques. M. Alix l'a employée avec succès au puddlage du fer, et M. Garnier a prouvé, par de nombreux essais, qu'on peut l'appliquer avec succès au chauffage des machines à vapeur.

On a eu l'idée, dans ces derniers temps, de broyer la tourbe sous les roues d'un moulin à plâtre, puis de la bluter comme de la farine, de manière à en séparer les parties terreuses et incombustibles, et enfin de mouler en briques la poussière ligneuse ; le mètre cube de ces briques ainsi préparées pèse jusqu'à 1,300 kilog. Dans cet état, on emploie ce combustible dans les hauts-fourneaux où il ne donne plus que 11 p. 100 de cendres après la combustion.

En mélangeant la tourbe sèche et divisée avec du poussier de houille et du goudron de houille, cuisant le tout, moulant la pâte et la comprimant, on obtient des blocs d'une grande dureté, ayant toutes les qualités de la houille, donnant peu de cendres et ne se détériorant pas à l'air.

Sous le nom de *percollane*, on fabrique, en Angleterre, avec 2 parties de tourbe comprimée et 1 partie de goudron de houille, que l'on fait cuire ensemble, un mastic adhérent et tenace qui est très-propre à peindre l'extérieur des vaisseaux, après qu'on y a incorporé 2 p. 100 de savon de résine et 7 p. 100 d'oxyde de cuivre ou tout autre composé métallique vénéneux.

La distillation de la tourbe, opérée dans les mêmes conditions que celle de la houille, est une nouvelle industrie chimique appelée à donner une plus grande valeur aux tourbières, puisqu'elle fournit des produits gazeux combustibles, applicables au chauffage, du goudron et un liquide aqueux dont on tire un très-bon parti dans les arts. Dans les établissements de la compagnie d'Irlande, montés à Kildare sur une très-vaste échelle, puisqu'on peut y traiter par jour 100 tonnes de tourbe, on retire d'une tonne (1,016 kil.) de cette matière séchée à l'air : 396 mètres cube de gaz, 25 litres environ de goudron et 3 hectolitres de liquide aqueux. Du goudron, par une distillation ménagée, on extrait : 1^k,36 de paraffine, 9 litres d'une huile volatile légère propre à l'éclairage et 4^k,50 d'une huile lourde fixe propre au graissage des machines. Des produits aqueux, on obtient 2^k,5 d'ammoniaque, 2^k.25 d'acide pyroligneux et 3^k,65 d'esprit de bois. Enfin, il reste dans les cornues 25 p. 100 d'un coke dépourvu de soufre et par conséquent aussi avantageux que le charbon de bois pour les opérations métallurgiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une usine semblable à celle d'Irlande a été montée dans ces dernières années par M. Debonne, dans les tourbières de Fontaine-le-Comte (Oise). Ses produits figuraient à l'exposition universelle de 1855.

Les matières animales plongées dans l'eau se transforment plus promptement que sous terre, en *gras des cadavres*, puisqu'il ne faut, en été, que six semaines à deux mois. C'est ce que reconnut, en 1794, le docteur Smith Gibbes, en renfermant des muscles dans une caisse percée de trous, qui fut maintenue dans un courant d'eau. Le chimiste anglais chercha à tirer parti de ce gras, qu'il nommait, très-improprement, *sperma-ceti*, en introduisant son emploi dans les manufactures où l'on fait usage du suif; il lui enlevait une partie de son odeur fétide, en le laissant exposé pendant quelque temps à l'air et à la lumière, le malaxant pendant une heure ou deux avec de l'acide azotique faible, puis le fondant dans l'eau bouillante. Il en faisait ensuite des bougies (1).

SOIXANTE-SIXIÈME LEÇON.

MOYENS DE RETARDER ET D'EMPÊCHER LA PUTRÉFACTION.

Sommaire. — Moyens de retarder et d'empêcher la putréfaction. — Froid, dessiccation, cuisson. — Soustraction du contact de l'air. — *Procédé d'Appert.* — *Soufrage* ou *mûtage.* — Conservation des œufs. — Procédé de Chevet. — Emploi de l'alcool, du sucre, des acides. — De la *créosote.* — Emploi du sel marin et de certains autres sels, notamment du sublimé corrosif. — De l'art des *embaumements* chez les anciens.

On a essayé beaucoup de moyens pour retarder les progrès destructeurs de la putréfaction, afin de conserver les matières organiques, surtout celles qui servent à notre alimentation. Il ne sera pas superflu de vous indiquer ceux qui offrent les meilleurs résultats, car, ainsi que l'a dit, avec raison, M. Charles Dupin, conserver un temps considérable les aliments qui se corrompent naturellement avec rapidité, ce n'est pas seulement prolonger les jouissances du riche au delà des limites posées par les saisons ou resserrées en des espaces plus étroits encore, c'est multiplier,

---

(1) Le chimiste Schmeisser, de Hambourg, en envoyant quelques-unes de ces bougies à Blumenbach, lui apprit qu'elles avaient été préparées avec les jambes d'un homme qui n'avait rien fait de bon pendant sa vie. Blumenbach lui répondit: Ceux qui vécurent dans l'obscurité, brillent après leur mort. (*Mortui lucent qui in vitâ obscuri fuerunt.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour un grand nombre de classes de citoyens, les facilités de vivre sainement en des circonstances auparavant les plus fâcheuses.

Les procédés de conservation varient nécessairement, suivant le volume et la forme des objets, leur plus ou moins grande altérabilité, et suivant, surtout, l'usage qu'on veut en faire. Ils reposent tous sur ce principe, qu'il faut priver les matières organiques du contact de l'air et de l'humidité, causes principales de leur altération. On arrive à ce but, soit par la dessiccation, soit par la cuisson, soit aussi par l'emploi de certains agents qui absorbent l'eau contenue dans les substances, ou qui les isolent du contact de l'air et de l'humidité atmosphérique.

Froid. — Le froid est un préservatif efficace contre la putréfaction, pendant tout aussi longtemps que les substances organiques y sont exposées. La température de 0° suffit pour cet objet. C'est de là que provient, dans beaucoup de pays, l'habitude de placer la viande dans la neige, d'emballer le poisson et les chairs dans la glace, lorsqu'on doit les transporter au loin, de mettre les matières alimentaires dans les caves et autres endroits frais, à l'époque des chaleurs de l'été, etc.

On dit que c'est en tenant leurs viandes dans une glacière, que les bouchers autrichiens les préservent d'altération pendant les chaleurs de l'été. Lorsque les cadavres des hommes et des animaux sont enfouis sous la neige, ils s'y conservent, pour ainsi dire, indéfiniment, à l'état de fraîcheur (1).

Dessiccation. — Cuisson. — Je vous ai déjà dit que toutes les fois qu'une matière organique est soumise à une température capable de la dessécher complétement, on peut la conserver in-

(1) En voici une preuve bien curieuse. « En 1799, dit M. Milne Edwards, un pêcheur tongouse remarqua sur les bords de la mer glaciale, près de l'embouchure de la Lena, au milieu des glaçons, un bloc informe qu'il ne put reconnaître. L'année d'après, il s'aperçut que cette masse était un peu plus dégagée, mais il ne put encore en deviner la nature. Vers la fin de l'été suivant, il vit à nu une des défenses et tout le flanc d'un monstrueux animal ; enfin la cinquième année, les glaces ayant fondu plus vite que de coutume, cette masse énorme vint échouer. Le pêcheur en enleva les défenses et les vendit pour une valeur de 50 roubles ; on fit en même temps un dessin grossier de l'animal, et les Iakoutes du voisinage en dépecèrent les chairs pour nourrir leurs chiens ; des bêtes féroces vinrent aussi s'en repaître. Mais deux ans après, lorsqu'un naturaliste, M. Adams, se rendit sur les lieux, l'animal, quoique fort mutilé, conservait encore des débris de chair et de peau couverte de crins noirs ayant jusqu'à 15 pouces de long, et d'une espèce de laine rougeâtre, si abondante, que ce qui en restait ne put être transporté que difficilement par dix hommes. On connaît encore d'autres exemples de *mammouths* conservés si bien dans les glaces, que les chairs n'étaient pas corrompues, et que les poils adhéraient à la peau. Cette espèce d'éléphant a cependant disparu de la surface de la terre depuis les dernières révolutions qui en ont bouleversé la surface. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

définiment. Il est, en effet, certain que là où il n'y a pas d'eau, il ne peut y avoir putréfaction. Des cadavres enfouis depuis des siècles dans les sables brûlants des déserts de l'Afrique, de l'Arabie, des Pampas du Nouveau-Monde, ont été retrouvés dans un état parfait de conservation (1). C'est ce qu'on appelle des *Momies blanches*. Les anciennes peuplades du Nouveau-Monde se servaient fréquemment, pour conserver les corps de leurs ancêtres, de la simple dessiccation opérée soit en suspendant le cadavre au-dessus du feu pendant un certain temps, soit en l'entourant de couvertures de coton et le mettant sur une grille sous laquelle on allumait un feu léger.

On se sert fréquemment de la dessiccation comme moyen de conservation pour un grand nombre de produits commerciaux. Les pharmaciens, les herboristes n'emploient pas d'autre moyen que l'étuve ou la dessiccation au soleil pour garder intactes, pendant toute l'année, les plantes qu'on ne peut se procurer que dans une saison. Les botanistes se servent aussi de la dessiccation, opérée entre des feuilles de papier non collé, pour faire leurs *herbiers*.

Les *fruits secs*, qui forment un objet de commerce considérable entre le Midi et le Nord, les *pruneaux*, les *figues*, les *dattes*, les *jujubes*, les *raisins muscats*, les *poires tapées*, etc., sont desséchés au soleil, dans des étuves, ou dans des fours. Lorsque les fruits sont volumineux, on les coupe par tranches, pour faciliter l'évaporation de l'eau contenue dans le parenchyme charnu; c'est ainsi qu'on agit pour les pommes et les poires, qui servent à fabriquer des *piquettes*, boissons peu coûteuses, qu'on obtient aisément en laissant tremper et fermenter, pendant quatre à cinq jours, 30 kilog. de ces fruits dans 250 litres d'eau. En ajoutant, avant la fermentation, quelques kilogrammes de baies de genièvre, ou un peu de fleurs de sureau, on donne à la piquette un goût plus agréable, et on la rend plus saine et plus tonique.

On sait que les raisins, à l'époque de leur maturité, sont recouverts d'un enduit cireux imperméable à l'eau, qui retarde singulièrement leur dessiccation et même empêche qu'elle ne soit jamais parfaite. Pour obvier à cet inconvénient, les paysans de la Pro-

(1) En 1787, Wafer, chirurgien anglais, ayant débarqué à Vismejo, dans le Pérou, marcha environ pendant quatre milles sur le sable d'une baie qui, dit-il, était couverte de cadavres d'hommes, de femmes et d'enfants, si serrés, qu'il aurait pu, s'il eût voulu, marcher un demi-mille (800 mètres) sans jamais poser le pied ailleurs que sur un corps mort. Leur apparence était celle de personnes mortes depuis une semaine au plus; mais au toucher, on les trouvait aussi légères et aussi sèches qu'un morceau de liége. C'étaient les restes d'une tribu d'Indiens qui, plutôt que de tomber aux mains des Espagnols, avaient creusé des trous dans le sable et s'étaient ensevelis vivants. Les hommes, dans cette posture, avaient avec eux leurs arcs brisés; les femmes, leurs rouets et leurs quenouilles entourées de coton.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vence ont, depuis longtemps, adopté l'usage d'immerger à deux ou trois reprises les grappes de raisin dans une lessive bouillante, qui dissout facilement leur enduit cireux et leur permet ensuite de se dessécher avec rapidité. Ce procédé remplit parfaitement son but, mais il reste à la surface des grains une petite quantité de potasse qui les rend hygrométriques, et l'acide tartrique libre qu'ils renferment, en se combinant avec cet alcali, augmente la proportion de tartre qui leur est propre ; les raisins deviennent ainsi plus laxatifs qu'émollients, et peu convenables pour les usages auxquels ils sont consacrés en médecine. M. Hugoulin, pharmacien de la marine, a conseillé, en 1840, de laver successivement les grappes, au sortir de la liqueur alcaline, d'abord dans de l'eau acidulée, et ensuite dans de l'eau pure. On obtient ainsi des raisins exempts de tout corps étranger, d'une dessiccation facile et comparables aux meilleurs raisins de Malaga (1).

Certains sucs de plantes sont convertis, par la concentration sur le feu, en *extraits* secs qu'on peut ainsi transporter au loin; c'est ce qu'on fait pour le suc de réglisse, l'extrait de ratanhia, le cachou, les extraits tinctoriaux. Les sucs de pavots et de laitue sont concrétés par l'action du soleil à mesure qu'ils s'échappent des incisions pratiquées aux capsules ou aux tiges vertes de ces plantes, et ils forment alors l'*opium* et le *lactucarium* du commerce. — Le *raisiné* du commerce est un extrait mou obtenu par la concentration du moût de raisin.

Je dirai ici que fort souvent les *raisinés* du commerce contiennent du cuivre, parce que la cuisson a lieu dans des chaudières de ce métal et qu'on n'a pas toujours la précaution de maintenir un paquet de clefs pendant l'évaporation du moût. Pour reconnaître la présence du cuivre dans cette confiture, il suffit d'y laisser séjourner, pendant quelque temps, une lame de couteau bien propre ou une aiguille d'acier. On la retire toute rouge, c'est-à-dire couverte de cuivre. Ces raisinés occasionnent presque toujours des coliques, et, parfois même, un commencement d'empoisonnement. Un accident de ce genre est arrivé le 11 décembre 1840, à Cham-

(1) Les auteurs du XVIe siècle enseignent beaucoup de moyens pour conserver les fruits lorsqu'ils sont détachés de l'arbre. Ces moyens, au reste, sont presque tous tirés des anciens auteurs latins, et consistent à les enduire de plâtre, de cire ou de résine, à les mettre dans du vin, du miel, de la mousse, de la lie de vin humide, dans un tonneau défoncé et rempli de tartre bien sec, dans des vases d'argile exactement fermés et enfouis dans du sable à une certaine profondeur. La dessiccation des fruits est employée en France de toute ancienneté. Les Gaulois connaissaient le moyen de sécher les raisins, mais ils les desséchaient à la fumée, et ce procédé était vraisemblablement une suite de l'usage qu'ils avaient d'enfumer les vins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

béry, à toute une famille qui mangea un gâteau couvert de raisiné cuivreux.

La cuisson des viandes, en expulsant la majeure partie de l'eau qu'elles contiennent et en coagulant l'albumine, principe si altérable à l'état liquide, s'oppose avec succès pendant un certain temps à la décomposition spontanée. Mais pour la conservation indéfinie de ces matières, il faut absolument recourir à la dessiccation, c'est-à-dire en expulser rapidement la presque totalité des 77/100 d'eau qu'elles renferment. C'est ce que font les Tartares et les Américains du Sud, qui vivent sous des climats si différents ; les premiers, pour préserver ces viandes de la gelée, les autres pour les garantir de la chaleur atmosphérique qui les altère si promptement. Dans une partie de la Tartarie, on réduit en poudre les viandes desséchées qui servent, dans cet état, aux longs voyages de terre et de mer. A Buenos-Ayres, au Mexique, au Chili, au Pérou, on découpe la chair du bœuf en très-minces lanières, longues de 2 à 3 mètres, on les saupoudre de farine grenue de maïs, et on les dessèche ensuite au soleil. C'est alors ce qu'on appelle le *tasajo*, ailleurs le *charqué*, qui est l'objet d'expéditions assez importantes pour les contrées aurifères et pour les colonies des tropiques. On se contente le plus souvent d'entasser le *tasajo* dans la cale des navires sans le mettre en barils. M. Boussingault nous dit avoir souvent rencontré, dans ses voyages en Amérique, des consommateurs de *tasajo* qui n'avaient jamais vu un bœuf en vie.

Au Texas, on prépare un aliment pour la marine et les voyages sur terre, qu'on désigne sous le nom de *meat-biscuit* ou *biscuit-viande*, en faisant bouillir des quartiers de bœuf pendant longtemps dans l'eau, de manière à obtenir un bouillon qu'on débarrasse de la graisse surnageante, qu'on évapore ensuite en sirop et qu'on convertit en pâte ferme à l'aide de farine de froment. Cette pâte est étendue sous le rouleau, percée de petits trous et découpée en tablettes qu'on fait cuire au four à la manière des biscuits ordinaires pour la marine. Elles sont alors emballées et livrées en cet état. — On a prétendu que ce biscuit peut remplacer le pain et la viande, et que 151 gram. suffisent pour nourrir un homme pendant un jour ; il y a de l'exagération, car cet aliment ne peut équivaloir à la viande, puisqu'il ne contient de la chair que la portion soluble dans l'eau bouillante.

Le *biscuit-viande*, préparé par M. Callamand, avec de la farine, de la viande cuite et des légumes, doit être évidemment plus nutritif, et offrir une préparation très-convenable pour les voyages lointains : 250 gramm. de ce biscuit donnent avec 2 litres d'eau et un assaisonnement approprié, 6 rations de soupe grasse, et de plus toute la chair cuite à laquelle le bouillon doit ses qualités.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Blumenthal cuit, dessèche les viandes et les convertit en farine. Mais toutes ses conserves ont le grave inconvénient d'être rapidement attaquées et détériorées par les insectes.

Dessiccation et forte pression. — Quand on doit conserver des masses assez considérables de substances végétales, une manière avantageuse consiste à les tasser fortement en balles, après qu'elles ont été desséchées. L'air et l'humidité ne peuvent plus pénétrer dans l'intérieur, et leur action se borne tout au plus à dénaturer les couches superficielles. C'est là le moyen qu'emploient les droguistes en gros, et celui qu'on applique au houblon, au foin qu'on doit expédier au loin. La compression, dans ces derniers cas, s'effectue au moyen de la presse hydraulique.

Les légumes alimentaires, de toute nature, sont actuellement conservés avec leurs caractères de forme, de couleur, de saveur, d'arôme, à l'aide de procédés fort simples dont la première idée revient à MM. Masson et Gannal (1845-1853). On les soumet d'abord, pendant quelques minutes, à l'action d'une vapeur à 5 atmosphères, puis on les dessèche rapidement dans des étuves à double courant d'air, et, lorsqu'ils doivent être envoyés au loin, on les réduit à un très-petit volume par la presse hydraulique. C'est la maison Chollet et Cie, qui exploite avec le plus de succès cette nouvelle industrie de conserves végétales sèches; elle a rendu depuis une dizaine d'années d'immenses services sous ce rapport, en fournissant à nos armées de terre et de mer, pendant les guerres de Crimée et d'Italie, des cargaisons entières de légumes frais en tablettes de 500 grammes, ce qui correspond à 20 rations. — Il suffit de faire tremper ces légumes desséchés dans l'eau froide ou tiède pendant cinq à six heures pour qu'ils reprennent leur volume et leur aspect primitifs. On les soumet alors à la cuisson selon les habitudes ordinaires. Les conserves de la maison Chollet sont aujourd'hui justement appréciées et sont devenues d'un usage journalier dans toutes les classes de la population parisienne.

Soustraction du contact de l'air. — Puisque, comme je vous l'ai déjà dit, c'est l'air qui détermine en partie l'altération des matières végétales et animales, il s'ensuit qu'en les préservant de son contact on devra les conserver aussi longtemps qu'on pourra le désirer. C'est, en effet, ce qui a lieu. Il y a plusieurs manières d'atteindre ce but :

1. L'une consiste à placer les matières dans un milieu dépourvu d'oxygène, dans un gaz, par exemple, tel que l'azote, l'hydrogène, etc. Mais ce moyen ne peut être appliqué en grand.

On dit que les Mexicains, pour conserver les fruits, les enfer-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment dans un sachet contenant du monosulfure de fer, qui agit en absorbant l'oxygène de l'air, et en ne laissant que l'azote et l'acide carbonique.

2. Souvent on introduit dans des intestins préparés des viandes coupées en petits morceaux et mélangées d'une certaine quantité de matières grasses; on lie avec soin les deux bouts de l'intestin, de manière à en expulser l'air aussi complétement que possible. C'est ainsi qu'on agit pour les saucisses, les saucissons; les boudins se préparent de même avec le sang des animaux. Presque toujours on associe aux viandes ou au sang que l'on empoche une certaine quantité de poivre qui, comme toutes les substances aromatiques, contribue à assurer la conservation de ces matières.

3. Une autre manière fort économique d'arriver au même résultat consiste à placer les objets dans des vases remplis d'huile, de graisse, de beurre ou de suif. Les habitants du Languedoc, du Périgord, de la Guyenne, de la Saintonge et du Poitou conservent ainsi pendant très-longtemps des cuisses et des ailes de diverses volailles au milieu de la graisse de ces mêmes animaux.

A la Rochelle, aux Sables d'Olonne, à Nantes, au Croisic, à Concarneau, à Lorient, etc., on prépare aussi une très-grande quantité de sardines confites à l'huile. A Saint-Jean-de-Luz, à Marseille, au Port-Louis, à Belle-Isle-en-Mer, etc., on conserve le thon de la même manière.

Les pharmaciens garantissaient autrefois les sucs végétaux de toute altération en les recouvrant d'une légère couche d'huile fraîche et peu susceptible de rancidité. En 1826, les fouilles faites à Pompéia firent découvrir quelques bouteilles pleines d'olives qui avaient été mises dans de l'huile, et qui étaient en très-bon état, quoique l'huile, devenue rance, se trouvât convertie en acides gras.

4. Dans les départements du Haut et du Bas-Rhin, on conserve les viandes crues pendant l'été en les entourant d'une couche de lait caillé; il paraît qu'elles cuisent mieux, sont plus délicates et de plus facile digestion. Cette pratique offre aux habitants des petites communes rurales, où les bouchers ne tuent qu'une ou deux fois par semaine, l'avantage de pouvoir manger les viandes dans un état frais.

5. Les œufs, qui constituent un des aliments le plus en usage, ne peuvent être, comme on sait, gardés longtemps au contact de l'air sans se dessécher, se vider en partie et se putréfier. Soustraits à l'influence de cet agent, on peut, au contraire, les conserver très-longtemps frais.

Réaumur et l'abbé Nollet ont essayé, les premiers, d'obtenir ce résultat en recourant à des enduits ou vernis consistant en graisse de mouton, huile d'olive, suif récent, seuls ou mélangés, en cire,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résine, solution alcoolique de résine-laque ou de cire d'Espagne. On s'est également servi plus tard d'une solution visqueuse de gomme ou de gélatine, et tout récemment M. Dareste, professeur à la Faculté des sciences de Lille, a expérimenté avec le collodion et le vernis à chaussure.

Ces moyens sont efficaces, car des œufs ainsi enduits se sont conservés frais pendant des temps assez longs. Mais, au point de vue économique, il n'y aurait guère que les corps gras qui pourraient être utilisés. Ce sont, d'ailleurs, les enduits qui s'opposent le mieux à l'évaporation de l'eau intérieure et à l'introduction de l'air.

La maison Cormier, du Mans, livre actuellement au commerce des œufs recouverts d'un vernis peu coûteux, d'une application facile et d'une efficacité parfaite, puisque plus de vingt capitaines de navires ont certifié qu'après des traversées de sept, huit et même neuf mois, ces œufs étaient aussi bons que le premier jour. Ils sont par caisses de 500, emballés dans de la sciure de bois et posés debout, pour que les parties intérieures conservent toujours leurs positions respectives. La chaleur n'est pas à craindre pour leur conservation, puisqu'après trois mois de garde, ils peuvent être maintenus sous la poule pendant vingt-deux jours sans tourner; mais si, auparavant, ils ont été débarrassés de leur vernis, ils éprouvent alors tous les effets de l'incubation. — Ces œufs sont livrés de septembre à février, au prix de 66 fr. le mille; ceux pour la marine coûtent 80 francs, à cause des frais d'emballage qu'ils nécessitent. J'en ai mangé après plusieurs mois de préparation; je les ai trouvés aussi frais que les œufs récemment pondus.

Dans les campagnes, on met les œufs, par couches, dans un tonneau sur un lit de cendres, de sable fin, de son, de sciure de bois, de plâtre ou de charbon pulvérisé, en ayant soin qu'ils ne se touchent pas; on les recouvre d'une couche de ces matières pulvérulentes, et on les stratifie ainsi jusqu'à ce que le baril soit plein. Ils se conservent assez bien de cette manière, mais ils se vident un peu. On arrive à de meilleurs résultats, à ce qu'il paraît, lorsqu'on les enveloppe de papier et qu'on les recouvre avec de la menue paille d'avoine ou avec du sable bien sec.

En Asie, on les garde, dit-on, en les entourant d'une couche de cendres humectées avec de l'eau de mer.

Cadet de Vaux a proposé de plonger les œufs, pendant vingt secondes, dans l'eau bouillante, afin d'y former une pellicule d'albumine concrète qui s'oppose à l'introduction de l'air, puis de les essuyer et de les placer dans un vase qu'on remplit de cendres tamisées. Ce procédé, suivi dans les montagnes d'Écosse, est employé en grand pour l'approvisionnement de Paris, mais il est évident que les œufs doivent être souvent durcis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le meilleur moyen, toutefois, est celui que Cadet-Gassicourt a imaginé et qui est depuis longtemps adopté par les marchands et les ménagères. Il consiste à les tenir plongés dans de l'eau où l'on a délayé un dixième de chaux éteinte. On se sert, pour cela, de ces grands pots à beurre, dits *pots de Tallevanes*. On a soin que les œufs soient constamment recouverts d'une couche de liquide. — Ainsi conservés, les œufs ont toujours un petit goût spécial qui ne permet plus de les manger sous forme *d'œufs à la coque*, mais ils sont excellents en omelette et sur le plat. Ils se fendillent plus facilement que les autres quand on les plonge dans l'eau bouillante.

En 1852, M. Chambord a fait connaître une autre méthode qui est surtout applicable aux approvisionnements des navires. On expose à l'étuve, sur des plaques de faïence, de porcelaine ou de verre, une couche d'œufs, jaunes et blancs, de 2 millimètres d'épaisseur. Après vingt-quatre heures, on obtient une masse que l'on pulvérise et que l'on conserve à l'abri de l'air, après l'avoir fait sécher encore pendant une journée. Chaque kilogramme de poudre d'œuf ainsi préparé demande 2 kil. d'eau froide dans laquelle on les bat, et équivaut à 100 œufs pour faire des omelettes, ou pour tout autre usage de la cuisine ou de la pâtisserie. — Une barrique de 100 kilogr. peut contenir la poudre fournie par 10,000 œufs. Lorsqu'on veut conserver le jaune séparément, on remplace l'albumine de l'œuf par du sucre, dans la proportion de 125 grammes de ce dernier pour huit jaunes d'œufs (1).

6. Chevet, célèbre marchand de comestibles, conservait des raisins, des patates, des noix, des amandes, des châtaignes, etc., pendant fort longtemps, dans un état satisfaisant de fraîcheur, en les rangeant par couches entre lesquelles il semait un lit de chaux éteinte et pulvérisée, d'une épaisseur plus ou moins grande, selon l'espèce de végétal. Le vase non bouché, dans lequel on a disposé ainsi les produits, est renversé sur un lit de chaux de 3 à 6 centimètres d'épaisseur, dans lequel son orifice se trouve enterré.

7. Le sucre et le miel dont on entoure les substances organiques

(1) Les œufs sont chaque année, de la mi-février à Pâques, l'objet d'une préparation qui a pour but de les faire cuire et teindre en rouge, au moyen d'une décoction alunée de bois de Brésil, ou en bleu violacé au moyen du bois de Campêche. Les marchands de conserves alimentaires et les fruitiers de Paris soumettent environ un million d'œufs à cette opération ; elle entraîne à une dépense de 1 fr. 50 par mille ; mais la valeur du produit n'en est pas augmentée, les marchands choisissant, pour la teinture, les œufs dont la coque n'a pas une blancheur suffisante pour la vente ordinaire. — Ces œufs durs sont vendus en détail sous le nom d'*œufs de Pâques*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produisent les mêmes résultats que les agents précédents; ils opèrent par leur affinité pour l'eau et en empêchant le contact de l'air. Il y a bien longtemps que leur efficacité est connue. Chez les Romains, le poisson des contrées lointaines était apporté dans des vases pleins de miel. Les Badas, habitants de Ceylan, coupent la viande crue par morceaux, la couvrent de miel, la placent dans le trou d'un gros arbre, à quelque distance du sol, et bouchent le trou avec une branche enduite de terre; un an après, cette viande est de fort bon goût, confite et parfumée. D'après Mac-Culloch, une cuillerée à bouche de cassonade introduite dans le corps d'un saumon de 2 à 3 kilogrammes, après qu'il a été vidé, suffit pour le conserver. Tous les poissons de mer (morue, merlan, etc.), peuvent être traités ainsi avec succès; le sucre ne leur communique aucun goût désagréable. Dès le commencement du xve siècle, Saladin d'Ascolo, médecin du grand connétable de Naples, remarquait que le beurre et la graisse se conservent longtemps sans rancir lorsqu'on a la précaution de les saupoudrer de sucre.

On a proposé dernièrement la mélasse comme agent très-économique pour la conservation des viandes; on l'emploie telle qu'elle sort des fabriques ou des raffineries. Lorsque les chairs en sont bien pénétrées, on les lave à grande eau, et on les met à sécher dans un courant d'air. Renfermées dans des caisses, elles peuvent être envoyées au loin, sans subir, dit-on, aucune espèce d'altération.

8. Dans beaucoup de pays, on conserve les racines de toute espèce, et notamment les pommes de terre, les carottes, les betteraves, dans des fosses profondes, creusées dans un sol sec et abritées de tous côtés. Les racines y sont déposées aussi sèches que possible, et placées en lignes qu'on sépare les unes des autres par un peu de paille. De cette manière, elles échappent à l'action de l'air et de l'humidité, et restent parfaitement saines jusqu'à l'été suivant.

C'est aussi dans des fosses que les anciens conservaient les graines céréales (1); et ce procédé, qu'ils avaient porté à un haut degré de perfection, a repris faveur dans ces dernières années, par les soins du comte de Lasteyrie. C'est à ces fosses qu'on donne le nom de *silos*. En Espagne et en Hongrie, on appelle *matamores* d'immenses silos creusés à 26 mètres de profondeur dans des sols choisis, et où les grains sont gardés, durant plusieurs

(1) Quinte-Curce raconte que l'armée d'Alexandre éprouva de grandes privations sur les bords de l'Oxus, parce que les habitants de ces contrées conservaient leurs grains dans des fosses souterraines qui n'étaient connues que de ceux qui les avaient creusées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

années, dans un parfait état de conservation. Les Arabes de l'Algérie emploient le même moyen.

Bien des procédés différents ont été proposés, dans ces derniers temps, pour la conservation du blé; je citerai surtout les greniers clos du comte Dejean et de Dubreuil, père de Rouen, le grenier mobile de M. Vallery, le grenier-glacière du général Demarçay, les silos perfectionnés de d'Arcet et de M. Doyère. Dans tous ces appareils plus ou moins dispendieux et convenables pour les grands approvisionnements, on a cherché à réunir les trois conditions suivantes : absence de la lumière, absence de l'humidité, température basse et invariable, qui s'opposent à la fermentation du grain ainsi qu'à la naissance et au développement du charançon, de l'alucite et autres insectes qui occasionnent de si grands ravages dans les greniers ordinaires.

M. Garreau, de Lille, et, après lui, M. Doyère, ont reconnu que les vapeurs de sulfure de carbone et de chloroforme opèrent la destruction des insectes (charançon, alucite, teigne des blés) qui rongent les grains dans les silos. Deux grammes de ces liquides par hectolitre introduits avec le blé dans les silos y font périr les insectes jusqu'au dernier, avec leurs germes, sans que le grain subisse aucune altération ni conserve aucune trace de ce traitement.

M. Léon Dufour a indiqué, en 1844, un moyen bien plus simple que les précédents pour obtenir la parfaite conservation du blé; il consiste à remplir de grains des tonneaux ordinaires, des colis, dont le couvercle est seulement maintenu par une grosse pierre, et que l'on dispose debout, en séries d'une seule rangée, le long du mur, dans le lieu le plus sombre du grenier, dont on a soin de tenir habituellement fermés les volets des croisées, pour éviter l'accès de la lumière, de la chaleur et de l'humidité. Le grain, ainsi placé, n'est point attaqué par les larves des insectes, il est défendu contre les rats et la poussière, et il ne contracte aucune mauvaise odeur, aucune espèce d'altération qui nuise à la panification, à la germination ou à la vente. Vous concevez que la dépense est réduite à l'achat des tonneaux, qui peuvent, d'ailleurs, servir indéfiniment (1).

M. Persoz a constaté, dès 1857, que dans les blés réputés *secs*, la proportion d'eau varie de 8,5 à 18,5 p. 100, de sorte que lorsqu'ils sont accumulés dans un réservoir quelconque, ils ne tardent

(1) Voir, pour plus de détails sur les nouveaux appareils de conservation du blé que j'ai cités plus haut : les *Bulletins de la Société d'Encouragement*, les *Mémoires des Sociétés d'Agriculture de Paris et de Rouen*, le *Journal d'Agriculture pratique*, rédigé par M. Barral, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas *à transpirer*. C'est là une cause d'altération qui rend les procédés d'ensilage fort défectueux dans nos climats. Une petite quantité de chaux vive, grossièrement pulvérisée, mélangée au grain suffit, d'après M. Persoz, pour prévenir cette transpiration ou en combattre les effets. L'habile expérimentateur s'est assuré et a démontré par des expériences faites en grand que 60 litres de chaux *en contact direct* avec 3,000 litres de blé suffisent pour le conserver parfaitement et sans exiger sensiblement plus d'espace, puisque la chaux, en s'hydratant, se loge entre les grains.

« Par sa simplicité et les résultats qu'il fournit, dit M. Persoz, ce procédé se rapproche beaucoup de celui des Romains et des Arabes : en effet, tandis que pour prévenir la *transpiration* du blé, ces peuples exposent leurs blés au soleil avant de les ensiler, nous obtenons le même résultat en mélangeant de la chaux vive à ces mêmes blés, et cet agent nous offre, de plus, le précieux avantage de permettre l'ensilage des grains au niveau, au-dessus comme au-dessous du sol, par suite de l'action qu'il exerce sur le ferment, et surtout sur les insectes et leurs larves (1). »

M. Petitot, colonel du génie, a aussi démontré par des expériences entreprises sur une grande échelle, que la chaux vive peut être employée avec toute chance de succès à la conservation des grains.

9. Mais le procédé le plus généralement employé aujourd'hui pour préserver les matières alimentaires du contact de l'air, c'est celui qu'Appert a imaginé et mis en pratique dès 1804. L'économie domestique, la marine tirent de précieuses ressources de ce procédé depuis cette époqne. Voici, en peu de mots, en quoi il consiste :

On enferme dans des vases de verre, de grès ou de fer-blanc, les matières à conserver; on achève de remplir avec le liquide qu'on veut interposer, en ayant soin de laisser un petit espace libre pour que ce liquide puisse se dilater, sous l'influence de la chaleur, sans rompre les vases; l'on ferme ceux-ci avec de bons bouchons de liége assouplis, ou à l'aide d'une soudure d'étain. On dispose dans une chaudière contenant de l'eau un certain nombre de ces vases ou de ces boîtes, et l'on chauffe graduellement jusqu'à l'ébullition de l'eau, qu'on maintient pendant 30 ou 60 minutes, suivant le volume des vases. On laisse ensuite refroidir.

En remplaçant l'eau du bain-marie par de l'eau salée ou par un mélange de sel et de sucre, ainsi que le pratique M. Fastier, depuis 1839, la température s'élève à + 110°, en sorte qu'il s'établit une véritable ébullition dans les vases conservateurs ; la vapeur

(1) Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. 1857, t. XLV, p. 150.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'eau qui s'en échappe, par une issue étroite ménagée dans le haut de ces vases, entraîne tout l'air de l'intérieur ; on introduit alors, tout bouillant, par cette ouverture restée libre, une certaine quantité du liquide qui doit baigner les matières à conserver, puis on ferme cette ouverture en soudant à l'étain une petite rondelle de fer-blanc.

M. Chevalier-Appert arrive au même résultat que M. Fastier, et avec plus de commodité dans la pratique, en mettant les boîtes dans l'eau d'une chaudière qu'on ferme hermétiquement de manière à pouvoir élever la température du bain-marie bien au delà de 100° à volonté et suivant la nature des substances. Il est certain que si pour les haricots verts, la plupart des fruits, une chaleur de 100° suffit pour en assurer la conservation, d'autres légumes (petits pois, etc.) exigent une température d'au moins 106°, et la chair de bœuf 112°, etc.

A l'aide de ce procédé sûr, économique et rapide, M. Chevalier-Appert a pu confectionner, en 1855, 200,000 kilos de bœuf, un million de rations, pour l'armée d'Orient ; depuis lors, cet industriel a fait d'immenses livraisons à l'armée Sarde, à l'armée Française d'Italie, et il expédie jusqu'en Californie.

M. Martin de Lignac conserve les viandes crues en morceaux considérables par un procédé à peu près semblable. D'autres fois, après avoir chassé des viandes fraîches découpées en tranches minces la moitié au moins de l'eau qu'elles contiennent par un courant d'air chaud (30 à 35°), il les entasse et les comprime dans des boîtes cylindriques en fer-blanc, remplit les vides avec un bouillon à demi concentré, ferme les boîtes en soudant le couvercle à l'étain, et les expose ensuite pendant un temps convenable dans le bain-marie d'un autoclave à la température de + 108°.

Toutes ces modifications heureuses, apportées au procédé primitif d'Appert, n'en changent pas le principe. Jusqu'ici on avait basé la théorie de ce procédé sur cette idée, émise par Gay-Lussac, que l'oxygène était nécessaire pour exciter la fermentation dans les matières organiques ; on met celles-ci à l'abri de toute altération en excluant des vases, où on les enferme, les dernières traces d'air.

Mais les récentes recherches de MM. Schwann, Pasteur, B. Hoffmann, etc., qui ont fait découvrir dans ces poussières impalpables continuellement en suspension dans l'air, des germes de levûre, des spores de champignons, de mucédinées et autres végétaux microscopiques, paraissent prouver que le rôle de l'air est tout autre que celui qu'on lui attribuait. Cet agent n'opérerait plus par ses éléments chimiques, mais uniquement par ces germes microscopiques qu'il renferme. Ces germes, en tombant dans les liquides ou sur les matières organiques molles, s'y développent, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est en vivant qu'ils feraient naître ces diverses espèces de fermentation qui y apparaissent.

Dans cette manière de voir, la théorie du procédé d'Appert est très-facile à comprendre. La première opération, qui consiste à cuire et préparer les substances, tue les nombreuses spores de champignons qui s'y trouvaient. Ensuite vient la soudure hermétique du vase. La deuxième ébullition, pendant laquelle on tient le vase dans l'eau bouillante, a pour objet de tuer les spores qui ont pu s'introduire dans celui-ci avant ou pendant sa fermeture; une seule spore suffirait pour détruire tout l'effet de l'opération.

Dans tous les cas, il est certain que les conserves alimentaires préparées à Paris, à Nantes, à Marseille, au Mans, à Bordeaux, au Havre, etc., par le procédé plus ou moins perfectionné d'Appert, sont encore bonnes après 15 à 20 ans ; toutefois, après un trop long temps de conservation, elles prennent une certaine saveur officinale qui finit par dégoûter ceux qui en font un usage continu (1).

L'importance qui s'attache au lait, cet aliment si complet et si bien approprié à notre organisation, explique les nombreuses tentatives faites depuis un demi-siècle pour arriver à retarder son altération spontanée. Appert, le premier, le fit évaporer et concentrer avant de le soumettre à son procédé ; il y ajoutait des jaunes d'œufs. Mais il est difficile de prévenir, durant un voyage prolongé, l'agglomération partielle de la substance grasse, et le lait, dans ce cas, privé d'une partie notable de ses globules butyreux, ressemble au lait écrémé.

Braconnot, Grimaud et Calais, de Villeneuve, Robinet, Lesson, ont indiqué des moyens de réduire le lait en tablettes, en pâtes sucrées ou bien en sirop. Mais tous ces moyens ont présenté, dans la pratique, des inconvénients tels qu'il a fallu les abandonner. Il en est un, cependant, proposé et mis en œuvre sur une grande échelle par M. Martin de Lignac, qui n'offre pas ces inconvénients. Voici en quoi il consiste :

---

(1) Les Anglais font un usage immense des conserves d'Appert; ils en approvisionnent leurs escadres et jusqu'à leurs hôpitaux du Bengale. Mais, suivant la manie qui leur est habituelle de prétendre être les inventeurs de tout ce qui se fait de bon et d'utile, c'est à un de leurs compatriotes, au sieur Donkain, qu'ils attribuent la conservation indéfinie des substances alimentaires.

Appert commença ses recherches en 1796, et en fit constater le résultat, à Brest, en 1804, par des expériences officielles. La Société d'encouragement lui décerna des médailles en 1816, 1820, et un prix de 2,000 fr. en 1822. Il obtint la médaille d'or à l'exposition des produits de l'industrie en 1827, et le rappel de cette médaille à celle de 1834. Malgré tous ces témoignages honorables, Appert est mort en 1840 dans une position qui approchait du besoin! Nouvel et triste exemple de notre indifférence pour ceux qui, par leurs découvertes, illustrent ou enrichissent le pays !

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On prend du lait de très-bonne qualité ; on y fait dissoudre du sucre blanc, dans la proportion de 75 à 80 gramm. par litre, et on le concentre, à la vapeur, dans des chaudières à fond plat et très-peu profondes où l'épaisseur de la couche liquide ne dépasse pas 1 à 2 centimètres ; celle-ci est continuellement agitée avec des palettes en bois, pour empêcher la formation de pellicules à la surface. Lorsque le lait est ainsi réduit au cinquième de son volume primitif, on le distribue dans des boîtes cylindriques en fer-blanc, de la contenance de 1 à 1 litre 1/2, que l'on tient immergées pendant 30 minutes dans un bain-marie chauffé à + 105°. Avant de retirer ces boîtes du bain, on ferme avec une goutte de soudure le petit trou qui a servi d'issue à l'air et à la vapeur.

Lorsqu'on veut se servir de ces conserves, on ouvre la boîte, on prend de l'espèce de frangipane qui s'y trouve la quantité que l'on doit consommer, et on la délaie dans 5 fois son volume d'eau tiède ; le liquide reprend à l'instant l'aspect laiteux primitif ; il peut supporter l'ébullition sans tourner. Chaque boîte coûte 5 francs, et comme elle peut fournir 6 litres de lait, il en résulte que le litre de ce liquide tout sucré revient à 83 centimes 1/2. — Les conserves de M. de Lignac sont adoptées depuis plusieurs années dans la marine, de préférence à toutes les autres.

M. Mabru, chimiste de Paris, a fait connaître, en 1855, un procédé ingénieux de conserver le lait naturel, avec toutes ses qualités, sans le concentrer et sans y ajouter aucune substance étrangère. Ce procédé consiste à faire chauffer et refroidir ensuite le lait renfermé dans des bouteilles métalliques ouvertes, en le maintenant néanmoins à l'abri du contact de l'air pendant les opérations. Mais comme le moyen de M. Mabru n'est pas exploité, bien qu'il donne d'excellents résultats, je me borne à vous renvoyer aux rapports favorables qui en ont été faits à la Société d'encouragement et à l'Académie des sciences (1).

10. Un autre moyen tout différent, mais qui repose encore sur la soustraction du contact de l'air, a été appliqué tout récemment à la conservation des viandes par M. Marle, ancien élève de l'École centrale. Après avoir écorché l'animal sans le souffler, afin de ne pas introduire d'air dans les tissus, on désarticule les membres, sans les couper, puis on expose les morceaux au-dessus d'un foyer ardent pour en éliminer l'air, chasser la plus grande partie de l'eau interposée, détruire les ferments, enfin, on les enrobe de gélatine préparée avec soin. Le bain de gélatine est maintenu à la température de 80° ; on y plonge les viandes, au

(1) Bulletin de la Société d'encouragement, 2me série, tome II, 1855, p. 400. — Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, tome XL, 1855, p. 49.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moyen d'un fil de fer, et on les y maintient pendant 5 ou 6 minutes; on les suspend ensuite à l'air libre dans un endroit couvert. — Dans cet état, on peut les conserver sans aucune altération pendant plusieurs mois; mais pour rendre la conservation beaucoup plus longue, surtout quand elles doivent être envoyées au loin, on tanne la gélatine d'enveloppe, suivant le conseil du savant et spirituel M. Jobard, de Bruxelles, en plongeant les viandes enrobées dans une légère dissolution de tannin (20 gramm., à peu près, pour 5 ou 6 litres d'eau); quelques secondes d'immersion suffisent pour rendre la gélatine imputrescible; on retire les morceaux et on les fait sécher à l'air. Pour les expédier, on les enfouit dans des caisses, au milieu de tan ou de sciure de liége, ou même seulement de varechs.

Des viandes envoyées de l'établissement de Grenelle ont franchi l'équateur, et sont arrivées parfaitement saines à Buenos-Ayres. — M. Marle a des succursales à Tanger, à Constantine, à la Plata (1).

11. Le *soufrage* ou *mûtage* est une opération qui se pratique très-en grand pour la conservation des liquides sucrés ou vineux, tels que le vin, le moût de raisin, les sucs de pommes, de poires, de coings. Elle consiste à les imprégner de gaz acide sulfureux qu'on obtient par la combustion de *mèches soufrées*. Celles-ci ne sont autre chose que des bandes de grosse toile ou de coton, que l'on plonge à plusieurs reprises dans du soufre fondu, auquel on ajoute, dans certains pays, des poudres aromatiques.

La manière ordinaire de procéder au mûtage consiste à faire brûler dans des barriques trois à quatre mèches soufrées, à y introduire le moût dans la proportion du tiers de la capacité des tonneaux, à les boucher et à les tenir agités pendant une heure et demie à deux heures; à retirer, à l'aide d'un soufflet, l'air vicié des barriques, à y introduire de l'air frais, y faire brûler trois à quatre mèches nouvelles, boucher et renouveler l'agitation comme auparavant. On répète cette opération plus ou moins de fois, selon le degré de soufrage que l'on veut donner au vin. On consomme ordinairement 35 mèches soufrées, et quelquefois 70 par chaque barrique de 3 hectolitres et demi.

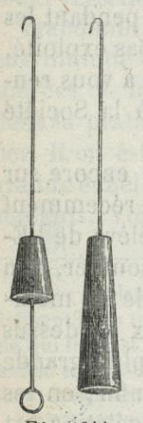


Fig. 644.

Les mèches s'accrochent à une tige de fer (*fig.* 644), passée au centre d'un bouchon de bois assez large

(1) Vilaris, de Bordeaux, avait eu l'idée, dès 1769, de se servir de la gélatine pour enrober et vernir les viandes destinées aux voyages de long cours. Dizé, Wislin, d'Arcet modifièrent légèrement son procédé; mais c'est M. Marle qui a su en faire un moyen véritablement pratique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour remplir la bondonnière. C'est là ce qu'on appelle un *méchoir*. Comme les débris des mèches tombent dans le tonneau, il y aurait avantage à adopter le méchoir imaginé par M. Maumené, et dont voici la figure (645). C'est un dé en terre C, percé de trous *a*, suspendu à la bonde B par trois fils de fer attachés sous la bague du dé et sous le fond *m*. On fait tomber le morceau de mèche *b* dans l'intérieur du dé, on y met le feu et on descend l'instrument dans le tonneau ; le soufre brûle, l'acide sulfureux passe par les trous, et les débris de la toile restent dans le dé.

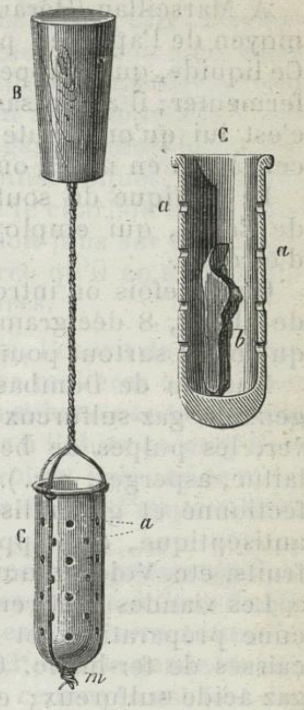


Fig. 645.

Vous concevez très-bien, Messieurs, que le soufre, pour brûler, absorbe l'oxygène de l'air du tonneau, et se change en gaz acide sulfureux, qui est en grande partie retenu par les surfaces humides du bois; ce gaz se dissout ensuite dans le liquide, lui enlève tout l'oxygène qu'il avait pris à l'air, et empêche par sa présence l'acétification de l'alcool. On doit donc toujours trouver de l'acide sulfurique dans les liquides qui ont subi l'opération du soufrage.

Lorsqu'on la pratique en grand, on fait brûler le soufre dans le petit fourneau en tôle A (*fig.* 646), imaginé par l'abbé Rozier. Le gaz sulfureux passe par le tuyau B pour

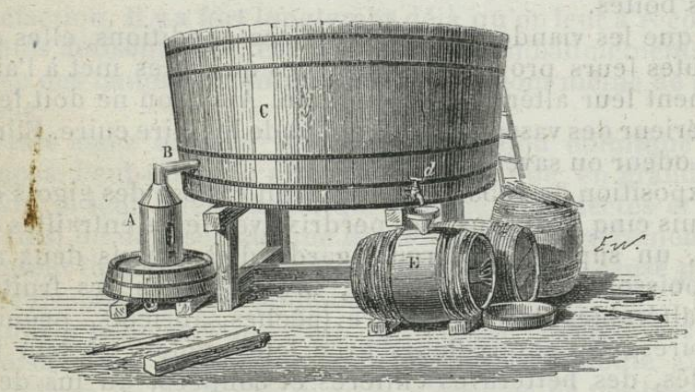


Fig. 646.

se rendre dans la cuve C, où arrive incessamment le moût ou le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vin; celui-ci tombe par le robinet *d* dans des pièces E, qu'on a eu soin de soufrer d'avance.

A Marseillan (Hérault), en Espagne, on soufre fortement, au moyen de l'appareil précédent, du moût collé de raisins blancs. Ce liquide, qu'on appelle *muet*, se conserve plusieurs années sans fermenter; il a une saveur douceâtre, une forte odeur de soufre; c'est lui qu'on ajoute aux vins que l'on veut garantir de l'acescence; on en met 2 ou 3 bouteilles par tonneau.

La pratique du soufrage des vins était déjà connue du temps de Caton, qui employait les mèches soufrées, ainsi qu'il vient d'être dit.

Quelquefois on introduit, dans les sucs à conserver, du sulfite de chaux, 8 décigrammes environ par litre de liquide. C'est ce qu'on fait surtout pour les sucs de coings.

Mathieu de Dombasle et Braconnot ont tiré un parti avantageux du gaz sulfureux pour conserver intacts, pendant tout l'hiver, les pulpes de betteraves et les légumes herbacés (oseille, laitue, asperges, etc.). M. Lamy, dans ces derniers temps, a perfectionné et généralisé l'emploi de cet agent, si éminemment antiseptique, en l'appliquant à la conservation des viandes, des fruits, etc. Voici comment il opère.

Les viandes sont renfermées, à l'état frais, sans avoir subi aucune préparation, et surtout sans avoir été soufflées, dans des caisses de fer-blanc. On remplit celles-ci d'une atmosphère de gaz acide sulfureux; et pour empêcher ce gaz de passer à l'état d'acide sulfurique, on introduit, dans le double fond des boîtes, une dissolution alcaline de protoxyde de fer, ou une dissolution de couperose saturée de deutoxyde d'azote, chargée d'absorber incessamment l'oxygène de l'air qui s'introduit inévitablement dans les boîtes.

Tant que les viandes restent dans ces conditions, elles conservent toutes leurs propriétés; mais dès qu'on les met à l'air, elles reprennent leur altérabilité primitive. Aussi on ne doit les sortir de l'intérieur des vases qu'au moment de les faire cuire. Elles n'ont aucune odeur ou saveur particulière.

A l'exposition de 1855, M. Lamy avait exposé des gigots conservés depuis cinq et dix ans, des perdrix avec leurs entrailles et leurs plumes, un superbe chevreuil, gardé déjà depuis deux ans; de beaux poissons, turbot, saumon, brochet, puis des fruits charnus si altérables de leur nature (pêches, abricots, prunes, raisins, poires), des choux-fleurs avec leur couleur et leur rigidité naturelles, des betteraves entières et coupées, du jus de betterave, de la levûre de bière, du lait. Tout cela était dans un parfait état de conservation.

Tous les procédés que j'ai relatés jusqu'ici, pour s'opposer à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

putréfaction, reposent sur l'exclusion de l'air, l'expulsion de l'eau ou l'abaissement de la température. Mais on peut arriver au même résultat par l'intervention de certaines substances, dites *antiseptiques* ou *antiputrides,* qui opèrent, soit en modifiant la nature des principes altérables contenus dans les matières organiques, soit en se combinant à celles-ci, et donnant lieu à de nouveaux composés qui peuvent résister à l'action des agents atmosphériques. Étudions donc maintenant ces matières antiseptiques, et voyons comment on les utilise; je laisserai de côté le charbon et les substances astringentes, je ne reviendrai pas non plus sur les procédés relatifs à la conservation des bois, parce qu'il en a été suffisamment question dans les leçons antérieures.

Emploi des alcools. — L'alcool de vin, l'esprit de bois, l'alcool amylique, garantissent parfaitement les matières organiques de toute altération. Ils agissent comme des substances très-avides d'eau, en s'emparant de celle qui est propre à l'objet qu'on y tient plongé. Ils doivent aussi intervenir en coagulant l'albumine et les autres matières azotées, en les mettant ainsi dans l'impossibilité de se décomposer.

Un grand nombre de substances végétales sont conservées par l'alcool de vin : tels sont, entre autres, les *fruits à l'eau-de-vie,* qu'on sert sur nos tables. Dans les galeries d'histoire naturelle, c'est aussi dans ce liquide, affaibli à 20 ou 22°, qu'on garde les animaux destinés à l'étude. Malheureusement ce moyen est fort dispendieux; l'esprit de bois, la glycérine seraient plus économiques.

Emploi des aromates. — La plupart des aromates ou parfums, tels que le camphre, les huiles volatiles, les baumes, les résines, peuvent être considérés comme d'assez bons préservatifs de la putréfaction. Il y a fort longtemps déjà qu'on leur a reconnu des propriétés antiseptiques, car les premiers embaumements eurent lieu avec des baumes, comme l'indique le nom même de ces préparations.

Il serait assez difficile d'expliquer l'action chimique de ces substances. Peut-être leur efficacité est-elle due, en grande partie du moins, à leur odeur forte, qui éloigne les insectes et les empêche ainsi de déposer aucune de ces matières excrémentitielles qui agissent toujours comme un ferment puissant, cause première de toute décomposition spontanée.

Ce qu'il y a de certain, c'est que l'encre, la colle, les graines qui moisissent si facilement, sont garanties de toute altération par l'addition de quelques gouttes d'essence de térébenthine ou de lavande. Les cuirs que l'on imprègne de matières résineuses ou d'huile de térébenthine ne sont plus sujets à la moisissure. William Gibson observa qu'en suspendant une vessie remplie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'essence de térébenthine au milieu des collections de zoologie, on en écarte tous les insectes qui y occasionnent habituellement tant de ravages. Suivant M. Fournel, de Metz, l'essence de serpolet est peut-être le meilleur préservatif contre l'attaque des insectes parasites. M. Léchelle préconise l'emploi de la *naphtaline*, dont l'odeur est excessivement forte et pénétrante.

Les graines aromatiques très-pourvues d'huile essentielle, comme l'anis, le fenouil, le cumin, le genièvre, etc., ne contractent jamais de moisissure, et leur voisinage en garantit aussi les autres semences; elles produisent le même effet sur les substances animales. Tout le monde sait que les viandes farcies de poivre se gardent beaucoup plus longtemps que les autres. Le pain d'épices et généralement toutes les pâtisseries épicées sont beaucoup moins sujets à moisir que le pain ordinaire.

Emploi des acides. — On sait, depuis très-longtemps déjà, que les viandes et les substances végétales marinées dans le vinaigre se conservent fort bien, et l'économie domestique tire un grand parti de ce moyen peu coûteux et bien simple. Mais tous les acides minéraux et végétaux jouissent également de cette propriété. L'acide pyroligneux brut, ou non complétement privé de toute odeur empyreumatique, est surtout un excellent antiseptique. Les substances animales charnues, plongées quelque temps dans ce liquide, puis abandonnées à l'air, se dessèchent peu à peu sans se putréfier.

C'est Monge qui, dans nos temps modernes, a reconnu dans l'acide pyroligneux brut cette faculté conservatrice, qui tient véritablement du prodige. Les anciens la connaissaient et en tiraient parti pour les embaumements, car leur *cedrium* n'est autre chose que l'acide pyroligneux brut (1).

C'est surtout à la *créosote* que le vinaigre de bois, l'eau de

(1) Voici ce que dit Pline à ce sujet (liv. XVI, chap. XI) : « Le téda (espèce de pin sauvage) fournit à l'Europe la poix liquide avec laquelle on enduit les navires, et qu'on emploie encore à beaucoup d'autres usages. On l'obtient en coupant l'arbre en petites pièces que l'on fait suer dans des fours entourés de feu à l'extérieur. Le premier liquide qui s'échappe coule comme de l'eau, dans un canal disposé pour le recevoir. Ce liquide se nomme, en Syrie, *cedrium;* et telle est son efficacité, qu'en Égypte, il sert à embaumer les cadavres. »

Cette méthode était aussi employée chez les anciens Péruviens, ainsi qu'on le voit dans l'historien espagnol Augustin de Zarate, au rapport de M. Alvaro Reynoso. On brûlait devant les idoles un bois odorant. Lorsque l'écorce de cet arbre était enlevée, il en sortait une liqueur d'une odeur si pénétrante qu'elle finissait par incommoder. Les cadavres, vernis avec cette liqueur, et dans lesquels on en introduisait une certaine quantité par la gorge, ne se corrompaient jamais. Il est bien évident que c'était de l'acide pyroligneux brut qu'on produisait ainsi.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

goudron, la suie, la fumée de bois, doivent leurs propriétés antiseptiques.

En Allemagne, on enduit d'une couche d'acide sulfurique concentré le bois qu'on doit ficher en terre ou dans l'eau. Cet acide, non-seulement carbonise la surface du bois, mais, de plus, il se forme entre lui et la fibre ligneuse une combinaison qui la garantit parfaitement contre les influences extérieures; en outre, il prévient la pourriture provenant du développement à l'intérieur du bois de végétations cryptogamiques, etc. A Chemnitz, on emploie cette sorte de peinture depuis longtemps, avec un succès remarquable, pour pilotis de pont, boisage de mines, pieux, pilotis, échalas, etc. Les frais sont très-minimes, car l'acide n'a besoin que d'être appliqué en couche très-mince. On préfère cette méthode au goudronnage, comme plus efficace et plus économique.

Emploi du sel marin. — Le sel marin est un antiseptique très-puissant; et c'est de cette propriété, bien constatée depuis des siècles, que dérive la pratique de la salaison des viandes, qui deviennent, par cette opération, susceptibles d'une conservation indéfinie (1). Mais il n'est pas indifférent d'employer tel ou tel sel marin pour faire ce qu'on appelle vulgairement la *saumure*. Plusieurs pays sont renommés pour la bonté de leurs viandes salées, ce qui tient évidemment à la nature du sel qu'on y emploie; telle est l'Irlande, tel est Saint-Ubès, en Portugal. Le sel de ce dernier pays est le meilleur que l'on connaisse pour la salaison de la morue. Il est extrait de la mer dans des marais salants; sa saveur est sensiblement amère. M. Berthier attribue sa supériorité, pour les salaisons, à la grande proportion de sulfates de magnésie, de soude et de chaux qu'il contient.

La manière de saler les substances animales est très-simple. On les divise d'abord en tranches ou morceaux de peu d'épaisseur, puis on les roule dans le sel, et l'on forme, dans des pots ou des barils, des couches superposées et alternatives de sel et de substances salées; on recouvre d'un dernier lit de sel, puis on ferme hermétiquement.

(1) Le secret de saler la viande et le poisson est fort ancien, puisqu'il en est fait mention dans Hésiode et dans Homère. Selon Hérodote, il était pratiqué en Égypte de toute antiquité. En effet, le peuple qui, en embaumant ses morts, avait trouvé le moyen de les préserver de la pourriture, devait avoir trouvé auparavant celui de conserver, par la salaison, les chairs qu'il mangeait. En Grèce et à Rome, on salait quelquefois les cadavres pour les conserver. Dion et Plutarque racontent que Pharnace envoya à Pompée le corps de Mithridate conservé dans de l'eau salée. Eunapius, qui vivait au ve siècle, rapporte qu'il y avait une secte de religieux dont l'occupation consistait à embaumer, dans la saumure, les têtes des martyrs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La salaison des viandes est une industrie très-importante, puisque, vous devez le savoir, Messieurs, la nourriture des marins consiste surtout en viandes salées, dont l'usage prolongé occasionne ou accélère malheureusement le développement de ces maladies affreuses dont les relations de voyage offrent de si nombreux exemples.

Dès 1667, cette branche d'industrie fixait l'attention du grand Colbert. Avant la révolution, la France achetait pour 3 à 4 millions de salaisons, et c'est seulement depuis 1804 que les importations de chairs salées ont commencé à diminuer.

Le *caviar*, dont on fait une si grande consommation en Russie, en Allemagne, en Autriche, en Italie et en Angleterre, est confectionné avec les œufs de l'esturgeon qu'on pêche dans le Volga. Après les avoir débarrassés des pellicules, du sang qui s'y trouvent mêlés, on lave ces œufs avec soin, puis on les plonge dans de la saumure, on les exprime et on les pétrit dans des tonneaux, jusqu'à ce qu'ils aient été réduits en une pâte bien homogène.

Le *caviar*, ainsi préparé, est assez analogue au savon vert pour la consistance et la couleur ; son odeur est pénétrante et ammoniacale, sa saveur âcre et piquante. C'est un mets assez grossier, mais salubre, susceptible d'une longue conservation. C'est la nourriture presque exclusive des Grecs et des autres chrétiens schismatiques de l'Orient pendant leurs longs carêmes. En 1828, les pêcheries du Volga et de la mer Caspienne ont fourni 369,516 kil. de caviar.

Sur presque tout le littoral de la Méditerranée, mais particulièrement en Égypte, à Alexandrie, dans la Sardaigne, dans la Dalmatie vénitienne, et en France à Martigues (Bouches-du-Rhône), on fabrique une espèce de caviar avec les œufs du poisson nommé muge (*Mugil cephalus*) ; on les sale et on les comprime fortement entre des planches, de manière à en former une sorte de galette qu'on fait sécher au soleil et qu'on enferme ensuite dans des pots de grès ou dans des bocaux de verre. C'est là ce qu'on appelle, à Marseille, le *boutargue* ou *boutarque*, qu'on mange assaisonné à l'huile et au vinaigre ou au jus de citron. Son prix varie de 6 à 18 francs le kilogr.

On est dans l'usage, en Chine, de saler les œufs et d'assurer ainsi leur conservation pendant plusieurs années ; la préparation en est très-simple. On fait une solution aqueuse saturée de sel marin, et on y place les œufs, jusqu'à ce qu'ils coulent au fond de l'eau ; ils sont, dans cet état, suffisamment pénétrés de sel ; on les retire, on les laisse sécher, et on les met en caisses. Ces œufs, qui sont mangés durs, sont excellents ; le degré de salure qu'ils ont contractée est précisément celui qui convient au goût.

Plusieurs sels, et spécialement l'azotate de potasse, agissent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme le sel marin dans la conservation des viandes. Les charcutiers associent toujours un peu de nitre au sel avec lequel ils salent la viande de porc, parce que le premier communique aux chairs une teinte rose agréable. Le plus souvent ils font usage du sel marin des salpêtriers, qui renferme toujours une certaine proportion de nitre.

Quel est, au reste, le mode d'action de ces sels? C'est ce qui n'est pas encore bien connu. Mais on ne peut douter qu'ils ne produisent quelque changement chimique dans la viande, car ils modifient sensiblement sa saveur, sa couleur et ses autres propriétés physiques, enfin ils la rendent plus ou moins coriace, et, partant, moins digestible.

On remédie, en partie, à cet inconvénient, en Angleterre, en employant au lieu de sel marin pur le mélange suivant :

Sel marin.....	3^k,000
Nitre.....	0^k,045
Sucre.....	0^k,500

On fait dissoudre à chaud dans 20 litres d'eau. — Le sucre maintient les viandes dans un état de tendreté remarquable.

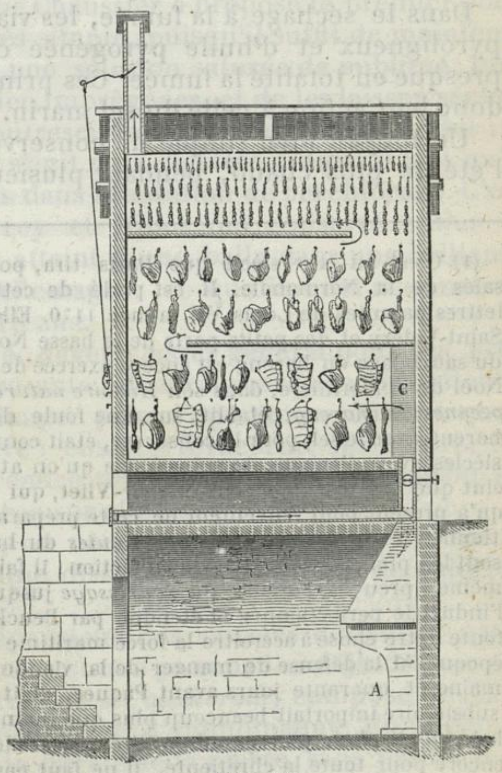


Fig. 647.

Fumaison ou boucanage.—Très-souvent on ne se contente pas de saler les viandes et les poissons, mais on les dessèche encore en les exposant à la fumée. L'art de *fumer* ou de *boucaner* les viandes, très-anciennement connu et pratiqué d'abord sur les bouquetins par les Canadiens et les Indiens des deux Amériques, a été porté à Hambourg à une telle perfection, que les autres nations n'ont pu l'atteindre, et le *bœuf fumé de Hambourg* jouit partout de la première réputation. Cet art est cependant assez simple,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puisqu'il consiste à exposer, pendant quatre ou cinq semaines, les viandes dépecées, salées et suspendues dans une chambre, à l'action de la fumée produite par des copeaux de chêne, de hêtre ou de bouleau très-secs.

Voici la coupe (*fig.* 647) d'une de ces chambres de l'Allemagne, où l'on fume non-seulement les quartiers de bœuf, mais aussi les jambons, les boudins, les langues, les andouilles, etc.

Le *saurage* du hareng est une opération semblable, seulement on suspend les poissons salés dans des espèces de fours ou de cheminées qu'on appelle *roussables*, et où l'on fait un petit feu de menu bois qu'on ménage de manière qu'il donne peu de flamme et beaucoup de fumée. On laisse le hareng jusqu'à ce qu'il soit entièrement *sauré* ou *sec* et enfumé. Vingt-quatre heures suffisent pour cette opération. Dix à douze milliers de harengs peuvent être saurés à la fois. C'est en Hollande que ce genre d'industrie est le plus étendu. Les Hollandais vendent annuellement aux autres peuples pour plus de 60 millions de francs de *harengs blancs* ou salés, et de *harengs rouges* ou *saurs* ou *fumés* (1).

Dans le séchage à la fumée, les viandes sont pénétrées d'acide pyroligneux et d'huile pyrogénée ou *créosote*, qui constituent presque en totalité la fumée. Ces principes conservateurs ajoutent donc leur action à celle du sel marin.

Un moyen bien simple de conserver les viandes fraîches, dans l'été le plus chaud, pendant plusieurs jours, et sans leur com-

---

(1) C'est au XIIe siècle que Paris tira, pour la première fois, des harengs salés de la Normandie. Il est parlé de cette sorte de marchandise dans les lettres patentes de Louis VII, année 1170. Elle venait de Dieppe, de Fécamp, de Saint-Valery et des petits ports de la basse Normandie où l'industrie du salage et du saurissage du hareng est encore exercée de nos jours sur une grande échelle. Noël de la Morinière, dans son *Histoire naturelle et économique des pêches européennes du hareng*, établit, sur une foule de preuves, que l'art de préparer le hareng avec le sel, pour le conserver, était connu des peuples du Nord plus de trois siècles avant l'époque du moyen âge qu'on attribue à cette découverte ; il en conclut que Beuckelz, pêcheur de Bier-Vliet, qui vivait en 1387, et qui a passé jusqu'à présent pour l'inventeur de cette préparation, ne fit tout au plus que perfectionner la méthode, en ôtant les *ouïes* du hareng et les parties intérieures qui sont les plus disposées à la putréfaction ; il fait remonter pareillement, et sur les mêmes preuves, l'origine du *saurissage* jusqu'au VIIIe siècle. Quoi qu'il en soit, l'industrie perfectionnée et étendue par Beuckelz a peut-être contribué plus que toute autre chose à accroître la force maritime et l'opulence des Hollandais. A une époque où la défense de manger de la viande de boucherie, deux jours de la semaine et quarante jours avant Pâques, était générale, un genre de nourriture subsidiaire importait beaucoup plus que maintenant. Aussi, la méthode de Beuckelz fut-elle de la plus grande utilité, non-seulement pour ses compatriotes, mais encore pour toute la chrétienté. Il ne faut pas oublier, pour la gloire de l'empereur Charles-Quint, qu'en 1536, se trouvant à Bier-Vliet, où Beuckelz avait été enterré, il alla visiter son tombeau, et voulut qu'on lui érigeât un monument magnifique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

muniquer l'odeur et le goût de viande fumée, qui sont loin d'être agréables à tout le monde, consiste à placer une assiette contenant de la créosote immédiatement au-dessous de chaque pièce de viande, après l'avoir suspendue et recouverte d'un linge. Si l'assiette est légèrement chauffée avant d'y verser la créosote, ses vapeurs s'élèvent plus rapidement, et si, de plus, on a pris la précaution de suspendre la viande dans une boîte en bois ou une jarre en terre, qu'on peut fermer avec un couvercle, l'effet avantageux de cette substance est bien plus marqué encore. La viande, ainsi entourée d'une atmosphère de créosote, résiste pendant plusieurs jours à toute espèce d'altération. Quand on la fait cuire, elle ne présente pas la moindre saveur ou la plus légère odeur de créosote. Il y a encore un autre avantage à employer ainsi la créosote ; son odeur est tellement antipathique aux mouches, qu'elle délivre entièrement de ces insectes incommodes.

Emploi du chloride de mercure. — Pour conserver les cadavres et les pièces d'anatomie, on se sert avec beaucoup d'avantage, du sublimé corrosif que Chaussier a proposé le premier pour cet objet. Le procédé est très-simple, puisqu'il suffit de maintenir les matières animales dans une solution saturée de sublimé, jusqu'à ce qu'elles en soient bien imprégnées, et de les laisser sécher à l'air. Elles sont alors imputrescibles et inattaquables par les insectes et les vers. Lorsqu'il s'agit d'un cadavre entier, il faut qu'il macère pendant 2 ou 3 mois dans la solution de perchlorure. C'est par ce procédé que Larrey et Ribes ont conservé entier le corps du colonel Morland, atteint d'une balle dans une brillante charge de cavalerie, en Allemagne, et que Boudet a conservé celui d'une jeune fille de 10 ans.

Mais l'emploi du sublimé, devenu assez général pour les préparations anatomiques, présente d'assez graves inconvénients. D'abord, il n'est pas sans danger pour l'opérateur, comme quelques exemples l'ont prouvé ; ensuite il racornit les chairs, les rembrunit et finit par les rendre méconnaissables, en raison de l'action chimique qu'il exerce sur elles.

Depuis plusieurs années, on conserve les plantes des herbiers en les empoisonnant avec une dissolution alcoolique de chloride de mercure.

L'abbé Baldaconni, préparateur des musées d'histoire naturelle de Vienne, a substitué, comme je vous l'ai déjà dit, au sublimé corrosif une dissolution de *sel alembroth*, composé de chloride de mercure et de chlorhydrate d'ammoniaque. En quelques jours les objets acquièrent la dureté de la pierre, sans perdre leur couleur naturelle et sans se déformer. Le musée impérial de Vienne renferme un assez grand nombre de pièces traitées par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette méthode, parmi lesquelles on voit des animaux à corps mous et gélatineux.

Sels métalliques et autres.—D'autres sels peuvent encore remplacer le perchlorure de mercure pour la conservation des matières organiques non alimentaires ; tels sont l'alun préconisé par Clauderus, et ensuite par Rouelle et Pelletan fils ; le sulfate de peroxyde de fer par Braconnot ; le chlorure de zinc par Barnet ; le chlorure et le sulfate de manganèse par Muenzing ; le perchlorure d'étain par Taufflieb ; le sirop de couperose par Dussourd ; les saccharates par Cottereau ; l'acide chrômique et le bichrômate de potasse par Jacobson ; l'acétate, le sulfate simple d'alumine et le chlorure d'aluminium par Gannal ; l'acide arsénieux par Tranchina ; l'hyposulfite de zinc par M. Robin ; le sulfite de soude par MM. Bobierre et Sucquet ; le sulfate de zinc par M. Falcony, etc.

Jusqu'en 1830, on ne connaissait d'autre méthode pour utiliser ces diverses substances conservatrices que d'en former des dissolutions ou bains dans lesquels on laissait tremper, pendant plus ou moins de temps, la matière à préserver. Cela était encore assez praticable pour les objets peu volumineux ; mais lorsqu'il s'agissait d'animaux entiers ou de cadavres, les difficultés devenaient presque insurmontables.

Le docteur Tranchina, de Naples, et Gannal, de Paris, ont donc rendu un immense service en montrant qu'il est aussi facile que peu coûteux d'arriver au résultat cherché en faisant pénétrer les liquides conservateurs dans l'intérieur des corps. Pour cela, au moyen d'une seringue à injection, on les introduit dans le système artériel, par l'une des carotides ; ils arrivent ainsi par l'extrémité du système capillaire dans toutes les parties du corps, pour se communiquer, de là, par imbibition, dans tous les points qui auraient échappé à la pénétration.

Avec cette méthode, il n'est plus nécessaire de mutiler les corps et d'en extraire les viscères, ce qui simplifie l'opération, et dans le cas des cadavres humains, lui enlève le caractère de profanation qu'on peut reprocher à l'ancien système.

Gannal se servait de sels d'alumine pour ses injections ; Tranchina, d'acide arsénieux. Mais les premiers n'empêchent la putréfaction que pendant un temps très-court ; le second offre des dangers. M. Sucquet leur a substitué avec beaucoup d'avantages le chlorure de zinc en solution marquant 40°. Cinq à six litres de cette solution suffisent pour la conservation d'un cadavre ; celui-ci, abandonné ensuite à l'air libre, se dessèche sans répandre la moindre odeur, et acquiert une dureté comparable à celle du bois et de la pierre.

Quand il s'agit des sujets destinés aux dissections anatomiques,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on se sert pour les injections de sulfite de soude neutre ; 4 litres de la solution à 24 ou 25° Baumé suffisent. Le liquide injecté, transsudant à travers les parois des vaisseaux, ne tarde pas à imbiber tous les tissus. Dans les cadavres ainsi préparés, à mesure que l'on découvre les tissus, on les trouve fermes et doués de toutes leurs apparences normales ; mais les parties disséquées ne tardent pas à s'altérer à l'air. Alors, tous les matins, on imprègne légèrement de chlorure de zinc, au moyen d'une éponge, les préparations anciennes dont la putréfaction est à craindre. Les tissus les plus avancés perdent, sous l'influence de ce réactif énergique, toute odeur et toute putrescibilité. Au moyen de ces soins, les cadavres peuvent se conserver de 15 à 30 et même 40 jours, sans que l'on éprouve la moindre incommodité. C'est ainsi qu'on opère, depuis 1845, dans les amphithéâtres de dissection de la Faculté de médecine de Paris.

M. Michiels, pharmacien d'Anvers, a essayé, en 1843, si le transport des métaux par la pile pouvait s'opérer aussi bien sur les substances animales que sur les métaux, la pierre, le bois, le plâtre. Il est parvenu à recouvrir entièrement de cuivre des pièces anatomiques, de manière à intercepter complétement le contact de l'air, et, par conséquent, à les conserver indéfiniment. Les formes du corps, les moindres replis de la peau, les traits du visage, tout est parfaitement représenté. On peut ensuite dorer ou argenter pour prévenir l'oxydation.

Le célèbre Ruysch, anatomiste hollandais du XVIIe siècle, avait trouvé le moyen de conserver les corps morts, avec toute l'apparence de la vie, sans desséchement apparent, sans rides, avec un teint fleuri et des membres souples ; en sorte qu'ils ne paraissaient qu'endormis. Le czar Pierre lui acheta son cabinet en 1717 ; mais le vaisseau chargé de cette curieuse cargaison périt en route. On a donc perdu à la fois les objets préparés par Ruysch et le moyen de retrouver ses procédés, qu'il n'a pas fait connaître d'ailleurs.

Mais, grâce à Guillaume Rouelle (1) et aux savants français de

(1) Il y a deux chimistes du nom de Rouelle ; tous deux sont Normands, et nés à Mathieu, près Caen, dans les premières années du XVIIIe siècle. Guillaume Rouelle fut démonstrateur de chimie au Jardin du Roi, et jouit d'une grande réputation, qu'il justifia par ses travaux et ses écrits. Il réussit non-seulement à extraire le phosphore, plusieurs années de suite, dans ses cours, mais il multiplia ses recherches et ses produits sur les matières animales. En parcourant les procédés de son *Cours de chimie*, publié en 1762, on reconnaît qu'il a fait faire à cette partie de la science plus de progrès qu'elle n'en offre dans les ouvrages de ses prédécesseurs, et surtout dans celui de Boerhaave. De son école sont sortis Baumé, Cadet, d'Arcet père, Macquer, et son frère, Rouelle le cadet, qui ont si bien préparé la révolution chimique de 1789. Guillaume Rouelle mourut en 1770.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'Institut d'Égypte, on connaît parfaitement celui des Égyptiens, qui excellèrent dans l'art d'embaumer les corps. Les *momies* ou *mumies* égyptiennes, qui ont plus de trois à quatre mille ans d'existence, attestent que l'art des embaumements était parvenu, chez ce peuple instruit, à un grand degré de perfection.

Suivant Hérodote, la méthode la moins dispendieuse, pratiquée par les Égyptiens, consistait à injecter, dans les intestins, une liqueur caustique qui les dissolvait, et à tenir le corps plongé, pendant 70 jours, dans une solution saturée de *natron*, carbonate de soude impur, fourni par des lacs salés. On vidait ensuite le cadavre, on le lavait et on le faisait sécher. Souvent, après cette dessiccation, on plongeait le corps dans du pissasphalte fondu, qui en pénétrait toutes les parties et les rendait noires, pesantes et d'une odeur peu agréable. Ce sont ces momies que les Arabes vendaient autrefois aux Européens, pour l'usage de la médecine et de la peinture. Ils les retiraient des caveaux nombreux de la plaine de Sagarah ou Saqqarah ou plaine des Momies, tombeaux des habitants de la célèbre Memphis.

Pour les corps des personnes riches, on prenait plus de précautions encore. Après les avoir vidés et lavés avec du vin de palmier, on y introduisait des poudres aromatiques, de l'asphalte, et on les recouvrait de natron. Au bout de 70 jours, on les lavait, on les séchait, puis on les enveloppait dans des bandelettes de toile de lin imprégnées d'une résine appelée *commi*. Le tout était recouvert d'un enduit peint, chargé d'hiéroglyphes et enfin renfermé dans plusieurs étuis en bois, de forme humaine.

Mais ces divers procédés, outre leur longueur, avaient encore l'inconvénient d'altérer les formes du corps et les traits du visage. Les découvertes de la chimie moderne ont fourni les moyens d'abréger la durée du travail de l'embaumement et de conserver

---

Quant à Rouelle jeune, il n'a pas moins fait pour la science. Voici l'appréciation de ses travaux par l'illustre Fourcroy : « Élevé depuis longtemps à l'école de son frère, nourri des idées de ce savant chimiste, accoutumé surtout par de longues études pratiques à faire des analyses plus exactes et plus précises qu'on n'en avait fait jusque-là, distingué parmi tous les chimistes de son temps par une grande et précieuse habitude de bien reconnaître les corps et de les séparer habilement les uns des autres, il s'occupa particulièrement de la chimie animale, qu'il semblait avoir prise en une affection particulière. Il publia successivement dans le *Journal de médecine de Paris*, depuis 1773 jusqu'en 1777, des recherches nombreuses et neuves sur les sels du sang, sur l'eau des hydropiques, sur l'urine humaine, sur l'urine de vache et celle de cheval comparées, sur le sucre de lait, sur le sang, sur les sels fusibles, sur l'urine du chameau. Il confirma la découverte de Menghini, faite en Italie, sur la présence du fer dans le sang. Toutes ces analyses, décrites avec sagesse et simplicité, données sans application forcée à la médecine, offrirent des vérités nouvelles, qui répandirent du jour sur plusieurs points de la physique animale. Les médecins en profitèrent... » (Fourcroy, *Système des connaissances chimiques*, t. IX, Histoire de la chimie animale, p. 28.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la forme du corps sans le secours de bandelettes. MM. Capron et Boniface ont présenté, en 1832, à l'Institut, une momie bien supérieure à celles qui sont conservées dans les cabinets d'antiquités, et pour la préparation de laquelle il n'a fallu que quelques jours. La méthode par injection avec le chlorure de zinc produit les mêmes résultats, ainsi que je vous l'ai dit précédemment.

Dans certaines localités, le sol, en raison de sa porosité, de sa température, ou de sa constitution chimique, jouit de la propriété remarquable de dessécher et de conserver, à l'abri de toute corruption, les cadavres qu'on y dépose. Les grottes calcaires présentent surtout ce phénomène qui, dans plusieurs pays, a donné lieu à une foule d'idées superstitieuses et à ces histoires de *vampires*, qui étaient supposés sortir de leurs tombes, poussés par un esprit de vengeance, pour aller sucer le sang des vivants. Auprès de Maëstricht, est la montagne de Saint-Pierre, dont on tire depuis plus de quinze siècles, une pierre calcaire tendre, et qui est traversée par un si grand nombre de galeries, qu'elle offre un labyrinthe inextricable d'environ 24 kilomètres de circonférence. En 1831, deux Anglais, en la visitant, trouvèrent dans une galerie un cadavre, une véritable momie desséchée, que l'air sec et l'absence de toute espèce d'insectes avaient parfaitement conservée. La contraction des membres du cadavre fit supposer qu'un voyageur, après s'être égaré dans le dédale épouvantable des galeries, avait succombé aux angoisses de la faim. A la forme de ses habits, restés intacts, on rapporta l'époque de sa mort au milieu du XVIIIe siècle.

Le charnier des cordeliers de Toulouse, celui des jacobins de la même ville, l'église souterraine de Saint-Michan, à Dublin, possèdent cette propriété de momifier les corps. Les auteurs de l'histoire du Languedoc attribuent le phénomène de conservation des corps dans les caveaux de Toulouse, au long séjour d'une grande quantité de chaux qui y aurait été déposée lors de la construction des monastères dont ils font partie.

Non loin de Palerme, il existe un couvent de capucins très-renommé dans toute la Sicile par la propriété merveilleuse dont jouit son caveau de préserver les corps de la corruption. Après six mois de séjour dans ce caveau, les corps, revêtus de leurs habits, sont rangés le long des murs de galeries souterraines qui en renferment ainsi des milliers ; car non-seulement on y place les religieux décédés dans le couvent, mais encore tous les Palermitains de distinction, qui, pour disputer quelque chose à la destruction, veulent reposer dans le caveau des fils de Saint-François. Voilà bien des siècles qu'on y enfouit les cadavres. Le baron d'Haussez, qui visita cet immense charnier, en 1833, a su d'un moine qui l'accompagnait, que, pour prévenir les effets inévitables

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la putréfaction, on injecte une préparation de sublimé dans l'intérieur des corps, et qu'on les couvre d'une légère couche de chaux. Ce n'est donc plus à la nature chimique du sol, mais bien au sublimé corrosif qu'il faut rapporter la faculté conservatrice du caveau des capucins, bien que les bons pères croient fermement à la merveilleuse vertu de leurs souterrains. Ceci nous apprend l'ancienneté de l'emploi du perchlorure de mercure comme antiseptique. Toutefois, comme jusqu'à M. d'Haussez, que la naïveté du moine a si bien servi dans cette circonstance, rien n'avait transpiré sur la partie fondamentale du procédé des capucins, il est juste de conserver à Chaussier le mérite d'une application si heureuse des connaissances chimiques.

Ma tâche est achevée; je n'ai plus rien d'essentiel à vous apprendre, Messieurs, sur les matières végétales et animales, envisagées sous le triple rapport de leur composition, de leurs propriétés chimiques et de leur manière d'être, pendant et après la vie. Leur étude, je l'espère, vous a présenté, pour le moins, autant d'intérêt que celle des matières minérales; car elle est tout aussi riche en faits curieux, en découvertes utiles et en applications importantes à nos besoins ou à nos jouissances.

En vous donnant des notions exactes sur tous ces produits que le commerce nous procure, et qui alimentent le travail de nos fabriques, j'ai voulu vous faire comprendre le rôle qu'ils jouent dans les opérations industrielles ou dans les pratiques plus simples de nos ménages. J'ai cherché à vous mettre en garde contre ces fausses explications, contre ces erreurs et ces préjugés que l'ignorance colporte et entretient, et, pour atteindre ce but, j'ai toujours eu présente à l'esprit cette pensée vraiment philosophique : Qu'en faisant cesser des erreurs populaires, un professeur peut être aussi utile qu'en exposant des vérités nouvelles.

J'avais une mission bien belle, mais difficile à remplir. J'ai fait tous mes efforts pour m'élever à la hauteur de la position qui m'a été assignée. Je ne sais si j'ai réussi; mais, en tout cas, je suis certain que vous me tiendrez compte de mon zèle et de mon ardent désir de vous initier aux merveilleux secrets d'une science qui est le principe vivifiant de l'industrie, et la gloire de notre siècle.

FIN.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES.

CHIMIE ORGANIQUE.

XXXIe LEÇON. — **Notions générales.** — Forces qui régissent les êtres vivants. — Différences, sous le rapport de la composition, entre les substances végétales et animales et les matières minérales. — Des moyens de reconnaître la nature des composés organiques. — De l'*Analyse élémentaire*. — Division du cours. 1

XXXIIe LEÇON. PREMIÈRE DIVISION. — **Étude des produits et des principes immédiats.** — Définitions. — Caractères à l'aide desquels on distingue une matière organique d'une matière minérale. — Classification des principes immédiats. — *Principes immédiats acides*. — Des acides contenus dans les plantes et les animaux. — Caractères génériques de cette classe de principes. — De leur composition chimique. — Étude spéciale des acides organiques les plus employés. — De l'*acide oxalique* ou du *sel d'oseille*. — De l'*oxalate d'ammoniaque* et de l'*oxamide*. 21

XXXIIIe LEÇON. — **Acides organiques** (SUITE). — Du *tartre* et de l'*acide tartrique*. — Du *suc de citron* et de l'*acide citrique*. — De l'acide des fruits ou *acide malique*. — Applications diverses de ces acides et de leurs sels. — Étude des acides *tannique* et *gallique*. — Action remarquable de ces acides sur les dissolutions métalliques. — Leurs applications dans la teinture. — *Acide pyrogallique*. — Ses usages et sa préparation..... 40

XXXIVe LEÇON. — **De l'encre.** — **Des alcaloïdes.** — De l'*encre à écrire*. Des encres de couleur et des encres indélébiles. — Des encres de sympathie. — Des *principes immédiats basiques* ou *alcalins*. — Leur découverte. — Comment ils existent dans les végétaux. — Leurs propriétés vénéneuses. — Des poisons des Indiens. — Principales propriétés des alcaloïdes végétaux. — Du sulfate de quinine et de son emploi en médecine..... 61

XXXVe LEÇON. — **Principes immédiats neutres ou indifférents.** — Définitions. — Classification. — Des *sucres*. — Caractères distinctifs et composition des quatre espèces principales. — Du sucre ordinaire ou *sucre de canne*; végétaux qui le contiennent; propriétés; préparation de l'*acide oxalique*. — Du *glucose* ou *sucre de fécule*. Moyen de le distinguer du précédent. — Liqueur de Barreswil. — Du *miel* et de ses usages..... 83

XXXVIe LEÇON. — **Des principes immédiats neutres** (SUITE). — Extraction du sucre de canne dans les colonies; cassonade, mélasse. — Extraction du sucre de la betterave; nouveaux perfectionnements introduits dans cette industrie. — Raffinage des sucres bruts. — *Fermentation alcoolique*. — Théorie de la transformation du sucre en alcool. — Nature de la *levûre de bière*... 100

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXXVIIe LEÇON. — **Des principes immédiats neutres** (SUITE). — De l'*alcool* et de ses dérivés : *aldéhyde*, *chloroforme*, *éther*. — Propriétés de ces principes et théories de leur formation. — Applications nouvelles de l'éther et du chloroforme. — Des *gommes* et *mucilages*. — Végétaux qui les fournissent. — Composition et caractères chimiques de ces produits. — De l'*acide mucique*. — De la *pectine* ou *gelée végétale* et des acides gélatineux des fruits. 123

XXXVIIIe LEÇON. — **Principes immédiats neutres** (SUITE). — De la *matière amylacée*. — Diverses espèces de *fécules* du commerce. — Leur structure anatomique. — Composition et propriétés de la matière amylacée. — *Dextrine* et ses applications. — Fabrication du *glucose*. — De la *matière ligneuse*. — Ses deux principes constituants : *cellulose* et *lignine*. — Composition et propriétés de la cellulose. — Ses curieuses métamorphoses : dextrine, glucose, *pyroxyline*..... 144

XXXIXe LEÇON. — **Principes immédiats neutres** (SUITE). — Propriétés de la *pyroxyline* ou *coton-poudre*. — *Collodion*. — Composition et caractères de la *lignine*. — Cellulose dans le règne animal. — Des *corps gras*. — Leur composition immédiate. — *Oléine*, *margarine*, *stéarine*. — Appareils pour le dosage des matières grasses. — Extraction des graisses et des huiles. — Épuration des huiles d'éclairage. — Extraction de l'huile d'olive. — Ses diverses sortes commerciales. — Des huiles de poisson..... 163

XLe LEÇON. — **Des principes immédiats neutres** (SUITE). — Suite de l'étude des corps gras. — Propriétés générales. — *Oléomètre*. — Produits de la décomposition des corps gras par le feu : *acroléine*, *acide sébacique*, *alcool caprylique*, gaz pour l'éclairage. — Huiles siccatives. — Rancidité. — Essais des huiles. — Des *savons* et de la *saponification*. — Pratique et théorie de cette opération..... 184

XLIe LEÇON. — **Des principes immédiats neutres** (SUITE). — Composition des diverses espèces de savon du commerce. — Propriétés générales. — *Hydrotimétrie*. — Usages de chaque espèce de savons. — Des *bougies stéariques* et de leur fabrication. — *Corps gras difficilement saponifiables*. — *Blanc de baleine*. — Des bougies diaphanes. — Des *cires*, et en particulier de la cire des abeilles..... 205

XLIIe LEÇON. — **Des principes immédiats neutres** (SUITE). — Des *huiles volatiles*. — Propriétés et nature chimique. — Modes d'extraction. — Du parfum des fleurs. — Production artificielle des huiles volatiles. — Leurs nombreux usages. — Des *principes résineux*. — Résines, gommes-résines et baumes. — Des savons de résine, de la cire à cacheter, des vernis et des mastics hydrofuges..... 226

XLIIIe LEÇON. — **Des principes résineux** (SUITE). — **Caoutchouc.** — Acides des baumes. — *Acide benzoïque*. — De la *benzine* et de la *nitrobenzine*. — Du *caoutchouc*. — Propriétés curieuses de ce principe et ses nombreux usages. — Caoutchouc volcanisé et durci. — Glu marine. — De la *gutta percha* et des services qu'elle rend. — *Principes immédiats colorants* ou *matières colorantes*. — Comment elles existent dans les substances organiques. — Listes de celles qui ont été isolées..... 247

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XLIVe LEÇON. — **Des principes colorants** (SUITE). — Propriétés générales, physiques et chimiques des matières colorantes. — De l'*ozone* et de son action sur les couleurs. — Action des agents oxydants. — Théorie du blanchiment. — Action du charbon sur les couleurs. — Dissolvants. — Action des acides et des alcalis sur les couleurs. — Explication du rôle du tournesol. — Action décolorante de l'acide sulfureux. — Fabrication des *laques*. — Couleurs *substantives* et *adjectives*. — Des couleurs *solides* et des couleurs *faux-teint*..... 271

XLVe LEÇON. DEUXIÈME DIVISION. — **Composition et propriétés chimiques des organes**. — Classification. — Des organes employés à l'alimentation. — Des végétaux alimentaires : racines, légumes herbacés, fruits servant à la nourriture de l'homme. — De la pomme de terre et de l'extraction de sa fécule. — Du thé. — Du marron d'Inde. — Du cacao. — Du café. — Du café-chicorée. — Du poivre. — Des semences des légumineuses. — Des graines céréales; leur importance ; leur composition comparée..... 286

XLVIe LEÇON. — **Des organes employés à l'alimentation** (SUITE). — Suite des céréales. — Analyse des farines. — Du *gluten*. — Extraction de l'amidon du blé. — Du *gluten granulé*. — Du *pain*. — Composition des farines et du son. — *Panification*. — Des différentes espèces de pains. — Des *boissons fermentées*. — Généralités. — Du *vin*. — Sa fabrication. — Vins rouges, blancs, de liqueur et mousseux. — Composition des vins. — Leurs falsifications. 307

XLVIIe LEÇON. — **Des boissons fermentées** (SUITE). — Du *cidre* et du *poiré*. — Leur préparation. — De la *bière* et de sa fabrication. — Houblon. — De l'*eau-de-vie* et des *esprits*. — Appareil à distillation continue. — Distinctions commerciales établies entre les diverses sortes d'eau-de-vie et d'esprits. — Noms des alcools suivant les pays. — Fabrication de l'alcool avec la betterave, les mélasses, les graines céréales et la pomme de terre..... 336

XLVIIIe LEÇON. — **Des boissons fermentées** (SUITE). — Appareil distillatoire de M. Dubrunfaut. — Cause du mauvais goût des esprits du commerce. — Huile volatile de pomme de terre ou *alcool amylique*. — Rectification des esprits. — *Rectificateur* de M. Dubrunfaut. — De l'eau-de-vie de vin. — Richesse des différentes boissons fermentées en alcool. — Dosage de l'alcool dans les liquides fermentés. — Alambic de Gay-Lussac. — Des moyens d'apprécier la force des esprits. — *Alcoomètre centésimal*. — Titres des alcools du commerce. — Des *substances animales alimentaires*. — Des œufs et de l'*albumine*. 361

XLIXe LEÇON. — **Des organes employés dans l'alimentation** (SUITE). — Du lait. — Étude spéciale du lait de vache. — Sérum ; *sucre de lait ; acide lactique*. — Caséine; crème; beurre et fromages ; *acide butyrique*. — Composition des diverses espèces de lait. — Falsification du lait dans les grandes villes. Instruments pour les découvrir. — De la chair des animaux ou des *muscles*. — *Fibrine*. — De la préparation du bouillon et théorie du pot-au-feu..... 379

Le LEÇON. — **Des organes non alimentaires**. — Des organes employés en médecine. — Du *tabac* et de son alcaloïde, la *nicotine*. — Des organes employés dans l'industrie. — Des bois de chauffage et de travail. — Propriétés chimiques des bois. — De leurs diverses causes d'altérations et des moyens de les en préserver. — Distillation des bois. — Fabrication de l'*acide pyroligneux*. — Gaz

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'éclairage extrait du bois. — Produits nombreux contenus dans l'acide pyroligneux. — Purification de cet acide..... 403

LIe LEÇON. — **Des organes employés dans l'industrie** (SUITE). — Acide *acétique* pur. — Acétone, acétates, anhydride-acétique. — *Cacodyle* et ses composés. — Radicaux composés métalliques. — Acétate de cuivre. — *Vert-de-gris*. — Accidents qu'il occasionne. — Préparations alimentaires qui en renferment. — Des acétates de plomb. — *Extrait de Goulard*. — Pyrolignite de plomb. — Acétate d'alumine. — Préparation du *mordant de rouge* des indienneurs. — Acétate et pyrolignite de fer. — Du vinaigre de vin et de sa fabrication. — Esprit de bois ou *alcool méthylique*. — Goudron de bois. — *Paraffine* et *créosote*..... 430

LIIe LEÇON. — **Des organes employés dans l'industrie** (SUITE). — Matières textiles et filamenteuses. — Du *lin*, du *chanvre* et du *coton*, considérés comme bases des tissus. — Du rouissage du lin. — Caractères physiques et composition des fibres textiles végétales. — Du coton *mercerisé*. — Étude de la *laine*, ses diverses espèces, sa nature, ses propriétés. — Moyens de distinguer les fils de coton dans les étoffes de laine. — De la *soie* et de l'éducation du ver à soie. — Mode de formation, nature et propriétés de la soie. — Sa distinction d'avec la laine et les fibres végétales..... 454

LIIIe LEÇON. — **Des matières textiles et filamenteuses** (SUITE). — Blanchiment des fibres textiles : coton, lin, chanvre en fils et en toile, laine et soie. — Appareils nombreux employés pour les diverses opérations du blanchiment. 481

LIVe LEÇON. — **Des matières textiles et filamenteuses** (SUITE). — **Matières tinctoriales.** — Du *papier* et de sa fabrication. — Papiers divers du commerce ; papiers colorés et peints. — Carton, cartes à jouer, carton à couvertures. — Des *matières tinctoriales*. — Matières rouges : *garance* et produits qui en dérivent. — Essais des garances et des garancines..... 506

LVe LEÇON. — **Des matières tinctoriales** (SUITE). — Des bois de Campêche, de Brésil et de Santal. — *Carthame* ou *safranum*. — Rouge végétal. — Lichens tinctoriaux : *Orseille*, carmin d'orseille. — Pourpre française.... 532

LVIe LEÇON. — **Des matières tinctoriales** (SUITE). — Insectes tinctoriaux : *cochenille*, *kermès*, *résine-laque*, *lac-lake* et *lac-dye*. — Racine d'orcanette. — *Alloxane* et rouge de *murexide*. — Distinction de la laine des autres fibres textiles au moyen de l'alloxane. — *Matières tinctoriales jaunes*. — *Curcuma*. — *Fustet*. — *Bois jaune*..... 553

LVIIe LEÇON. — **Des matières tinctoriales** (SUITE). — Suite des matières tinctoriales jaunes. — *Quercitron*. — *Gaude*. — *Graines jaunes*. — *Rocou* et *bixine*. — Suc *d'aloès* et acide chrysammique. — Acide picrique. — *Safran*. — *Matières tinctoriales bleues*. — *Indigo*. — Manière de l'obtenir. — De ses diverses espèces commerciales..... 582

LVIIIe LEÇON. — **Des matières tinctoriales** (SUITE). — Suite de l'*indigo*. — Ses caractères ; sa composition. — *Indigotine*. — Carmin d'indigo. — Plantes diverses qui fournissent de l'indigo ; *pastel*, *renouée* des teinturiers. — Du *tournesol*. — *Matières bleues artificielles*. — *Matières tinctoriales vertes*. — *Chlo-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rophylle. — *Vert de Chine*. — *Matières tinctoriales brunes ou noires*. — *Noix de galle*. — *Gallons* du Piémont et du Levant. — *Cachou*, *gambir* et *kino*. — *Sumac* et autres matières astringentes moins employées..... 610

LIXe LEÇON. — **Des matières tinctoriales** (SUITE). — Art de la teinture. — Principes généraux de la teinture *par immersion*. — Des mordants et du mordançage. — Des bains de teinture. — Chauffage à la vapeur. — Nettoyage des tissus teints. — Définition de certaines expressions techniques..... 647

LXe LEÇON. — **De l'art de la teinture** (SUITE). — Différentes classes de couleurs pour le teinturier. — Moyens pratiques de les produire. — Exemples de la teinture en bleu, en rouge, en jaune, en noir et en vert. — Des cuves d'indigo et manière de les monter. — *Rouge des Indes*. — *Écarlate* et *cramoisi* de cochenille. — Couleurs à la murexide, à la pourpre française, à l'aniline..... 669

LXIe LEÇON. — **De l'art de la teinture** (SUITE). — Principes généraux de la *teinture par impression*. — Des différents moyens mécaniques d'imprimer les tissus. — Mordançage des toiles. — Épaississage des mordants et des couleurs. — *Oxydation* et *bousage* des pièces mordancées. — Du *garançage*. — Du blanchiment et de l'avivage des couleurs garancées. — Des différents genres d'impression..... 689

LXIIe LEÇON. — **Des organes employés dans l'industrie** (SUITE). — Matières servant à la fabrication de la gélatine et des cuirs. — De la *peau* — De la *gélatine* et de la *chondrine*. — Composition, caractères et fabrication de la gélatine. — Des diverses espèces de gélatine commerciale. — Du *tannage* et de sa théorie. — Des *os* et des *dents*. — Extraction de la gélatine des os. — Huile animale de Dippel. — Noir animal. — Fabrication des sels ammoniacaux. — Du suif d'os. — De l'ivoire animal et végétal..... 720

LXIIIe LEÇON. — **Des os et des industries qui s'y rattachent** (SUITE). — Extraction du phosphore. — Du *bleu de Prusse* et des prussiates. — Sa découverte, sa préparation, ses caractères essentiels. — Du *cyanogène* et de l'*acide prussique* ou *cyanhydrique*. — Propriétés délétères de cet acide. — Des *cyanures* simples et doubles. — Des *prussiates jaune* et *rouge de potasse*. — Fabrication des cyanoferrures par l'azote de l'air. — Fabrication du *cyanure de potassium*. — Des poudres fulminantes ou des fulminates de mercure et d'argent. — Des amorces à capsules..... 746

LXIVe LEÇON. TROISIÈME DIVISION. — **Histoire chimique des fonctions des organes pendant la vie**. — Des fonctions chez les végétaux. — De la *germination* et des phénomènes chimiques qui l'accompagnent. — Saccharification de l'amidon des graines. — De la *nutrition*. — Action des plantes sur l'atmosphère. — Rôle des éléments de l'air, de l'eau et du sol, dans l'acte de la végétation. — De la *sève* et de ses fonctions. — Manne et *mannite*. — Maturation des fruits. — Des fonctions chez les animaux. — De la digestion. — De la nature des aliments : aliments *plastiques* et *respiratoires*. — Du canal digestif et des actes mécaniques et chimiques qui s'y accomplissent. — Nature de la salive, du suc gastrique, du suc pancréatique, de la bile. — Formation du sang. — De l'*assimilation* et des *sécrétions*..... 774

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LXVe LEÇON. — **Des phénomènes chimiques pendant la vie** (SUITE). — Étude du *sang*. — Ses propriétés physiques et chimiques. — Son analyse. — *Sérum*, *caillot*, *matière colorante*, *globules*. — Distinction du sang veineux et du sang artériel. — De l'*urine*. — Acide *urique* et *urée*. — Du sucre dans les urines des diabétiques. — Production d'une matière glycogène dans l'économie. — De l'*acide hippurique*. — Des calculs de la vessie et des concrétions intestinales. — *Phénomènes chimiques qui apparaissent dans les organes après la cessation de la vie*. — De la putréfaction dans l'air, sous terre et sous l'eau. — Résidus de la décomposition spontanée des végétaux et des animaux : terreau, gaz inflammable, bitumes, succin, gras des cadavres, tourbes..... 800

LXVIe LEÇON. — **Moyens de retarder et d'empêcher la putréfaction**. — Moyens de retarder et d'empêcher la putréfaction. — Froid, dessiccation, cuisson. — Soustraction du contact de l'air. — *Procédé d'Appert*. — *Soufrage* ou *mûtage*. — Conservation des œufs. — Procédé de Chevet. — Emploi de l'alcool, du sucre, des acides. — De la *créosote*. — Emploi du sel marin et de certains autres sels, notamment du sublimé corrosif. — De l'art des embaumements chez les anciens..... 827

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

DES DEUX VOLUMES.

A.

Abaca, II, 455
Ablette, I, 234
Absorption de l'oxygène par les corps gras, II, 189
— par l'acide pyrogallique, II, 59
des gaz par le charbon, I, 298
des taches grasses par la poudre à dégraisser, I, 710
Abus des liqueurs alcooliques, II, 351
du sucre, II, 116
du vinaigre, II, 448
Acacias produisant les gommes, II, 137
les cachous, II, 636-637
Accidents par les poudres fulminantes, II, 771
Acétal, II, 128
Acétate d'alumine, II, 439
d'ammoniaque, I, 236
de baryte, II, 441
de chaux, II, 428
de cuivre (neutre), II, 436
(sous-) II, 436
de fer, II, 441
de morphine, II, 75
d'oxyde d'amyle, II, 364
de plomb (neutre), II, 438
(sous-) ou tribasique, II, 438
de soude, II, 428
Acétates, II, 433
Acétification de l'alcool, II, 442
Acétone, II, 427-431
Achard, de Berlin (note historique), II, 104
Acide acétique (analyse élémentaire), II, 15
— II, 92-127-430-445
— anhydre, II, 433
— cristallisable, II, 429
— des alchimistes, II, 437
aconitique, II, 49
aérien, I, 36
anchusique, II, 268-568
anglais, I, 145
anthranilique, II, 613
antimonieux, I, 748
antimonique, I, 748
Acide arsénieux, I, 381
— porcellanique, I, 384
— pour l'essai du chlore, I, 388
— (agent de conservation), II, 415-852
arsénique, I, 381
aurique, I, 865
azoteux, I, 214
azotique, I, 208
— (réactif de la laine), II, 473
— sa formation, II, 817
— absorbé par les plantes, II, 783
azoto-azotique, I, 215
azoto-sulfurique, II, 280
benzoïque, II, 227-247-812
bézoardique, II, 58
bolétique, II, 52
borique, I, 530
butyrique, II, 7-387-388
cachoutannique, II, 61-639
caféique, II, 299
cafétannique, II, 61-299
carbazotique, II, 598
carboneux, II, 31
carbonique, I, 34-45
— liquide, I, 41
— solide, I, 42
— dans les mines de
— lignite, II, 818
carminique, II, 268-557
carthamique, II, 268-546
catéchucique, II, 639
chloracétique, II, 432
chloreux, I, 184
chlorhydrique, I, 184-199
chlorique, I, 184-572
chlorogénique, II, 299
chlorosique, I, 184-573
choléique, II, 797
cholique, II, 797
chrômique, I, 677-682
chrysanilique, II, 613
chysammique, II, 270-597
chrysolépique, II, 270
chrysophanique, II, 269
cinnamique, II, 227-247
citrique, II, 21-47
coccinique, II, 557
crayeux, I, 36

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acide cuivrique, I, 763
cuminique, II, 227
cyanhydrique, II, 755-756
cyanique, II, 810
de la craie, I, 36
des pommes aigres, II, 50
des tourbes, II, 824
du nitre, I, 208
du sucre, II, 29
du tartre, II, 40
élaïdique, II, 216
ellagique, II, 56
erratique, II, 268
érythrique, II, 548-568
érythroléique, II, 268-551
éthalique, II, 218
euxanthique, II, 270
évernique, II, 548
ferrique, I, 666
fluorhydrique, I, 727
fluorique, I, 706-726
fluosilicique, I, 728
formique, II, 92
fulminique, II, 771
fumant ou glacial de Nordhausen, I, 151
fumarique, II, 52
gallique, II, 52-631
gallotannique II, 61
glucique, II, 96
gummique, II, 139
hippurique, II, 802
hircique, II, 413
humique (voyez acide ulmique).
hydrochlorique, I, 200
hydrochloro-nitrique, I, 428
hydrocyanique, II, 755-756
hydrofluorique, I, 726
hydrosulfurique, I, 154
hypo-azotique, I, 208-214, II, 193
hypochloreux, I, 184
hypochlorique, I, 573
hypophosphoreux, I, 171
indigotique, II, 613
inosique, II, 400
japonique, II, 270-640
lactique, II, 381
lécanorique, II, 548
lichénique, II, 52
lutéo-gallique, II, 270
maléique, II, 52
malique, II, 50
manganique, I, 615
margarique, II, 187-201
marin, I, 176-199
mélasique, II, 96
méphytique, I, 36
métagallique, II, 58
métagummique, II, 139
métapectique, II, 143
métastannique, I, 741
mimotannique, II, 61-639
morintannique, II, 61-269-581
morique, II, 269-581
Acide mucique, II, 139-381
muriatique, I, 199
— déphlogistiqué, I, 176
— oxygéné, I, 176
myronique, II, 235
nitreux, I, 208
nitrique, I, 208
nitro-muriatique, I, 428
nitro-phénisique, II, 598
nitro-picrique, II, 598
nitroso-nitrique, I, 215
œnanthique, II, 333
oléique, II, 187-201-215-217
oxalique, II, 18-28-92
oxysaccharique, II, 29
palmitique, II, 217
paramaléique, II, 52
paratartrique, II, 47
pectique, II, 143
pectosique, II, 143
perchlorique, I, 184
permanganique, I, 615
phénique, II, 599
phosphatique, I, 170
phosphoreux, I, 166
phosphorique, I, 166
— anhydre, I, 168
picrique, II, 270-598-601
plombique, I, 783
polychrômatique, II, 270
prussique, I, 198, II, 754
purpurique, II, 569
purrhéique, II, 270
pyrogallique, II, 58
pyroligneux, II, 424-428
— distillé, II, 428
— des tourbes, II, 826
— pur, II, 429
— (moyen de conservation), II, 846
quercitannique, II, 61
quercitrique, II, 269-583
quinotannique, II, 61
racémique, II, 47
rhéadinique, II, 268
rosolique, II, 269-576
rubinique, II, 268-640
ruténique, II, 269
saccharin, II, 29
saccharique, II, 92
sacchulmique, II, 92
sébacique, II, 187
silicique, I, 705
stannique, I, 724-734-737-741
stéarique, II, 201
succinique, II, 118-821
sulfhydrique, I, 129-153
sulfo-amylique, II, 452
sulfo-glucique, II, 202
sulfo-indigotique, II, 617
sulfo-vinique, II, 135
sulfureux, I, 129-136
— (dans l'acide chlorhydrique), I, 740

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acide sulfurique, I, 129-143-146
— anhydre, I, 150
— distillé, I, 248
— monohydraté, I, 146
— (fabrication), I, 236
— de Saxe, I, 149
tannique, II, 52-631
tartareux, II, 40
tartarique ou tartrique, II, 40
ulmique, { I, 147, II, 92-413-427-784-824
urique, II, 568-808
valérianique, II, 227-364
vitriolique, I, 144
Acides, I, 29
anhydres, II, 27
des baumes, II, 247
engendrés par le feu, II, 26
des fruits, II, 791
des plantes et des animaux, II, 23
gras, II, 201-822
— odorants, II, 184
métalliques, I, 430
organiques, II, 23
pyrogénés, II, 26
(agents de conservation), II, 846
Aciers, I, 660-661
damassé, I, 662
de cémentation, I, 661
de fonte, I, 661
de l'Inde, I, 662
fin, I, 661
fondu, I, 661
naturel, I, 661
poule, I, 661
trempés, I, 660
Acquetta di Napoli, I, 386
Acroléine, II, 187-202
Action électro-chimique, I, 451
de présence, I, 876
mutuelle et réciproque des corps, I, 16
des vapeurs ammoniacales sur les bois, II, 424
Adultération des garances, II, 526
Adamas, I, 250
Adam (Note historique), II, 353
Adipocire, II, 822
Ægagropiles, II, 814
Aérage des tissus teints, II, 699
Aérostats, I, 107
Ætite, I, 643
Affinage de la fonte, I, 649-652
de l'argent par cristallisation, I, 827
de l'or, I, 852
du cuivre, I, 758
Affinité, I, 14
Agaric amadouvier, I, 135
Agate, I, 707
Agents chimiques, I, 12
anesthésiques, II, 136
antiputrides ou antiseptiques, II, 845
Agents conservateurs des bois, II, 415
décolorants, I, 303
de coloration, II, 267
Agua ardiente, II, 352
Aigue-marine, I, 709
Aiguilles blanches de benjoin, II, 247
Aimants artificiels, I, 419
naturels, I, 643
Air, I, 17-22
alcalin, I, 222
confiné, I, 62
des contrées marécageuses, I, 49-52
de l'eau, I, 93
détonant, I, 110
éminemment respirable, I, 27
enflammé, I, 355
expiré, I, 75
inflammable, I, 108
inspiré, I, 75
méphytique, I, 36
puant, I, 154
tonnant, I, 110
vital, I, 27
Airain, I, 755-770
Ajuapar, II, 397
Alambic, I, 89
à distillation continue, II, 353-361
en platine, I, 246
Albane, II, 258
Albâtre calcaire, I, 45-588
gris, I, 600
gypseux, I, 600
Albumen, II, 376
Albuminates, II, 376
Albumine, II, 375-377
coagulée, II, 378
du sang, II, 807
pour le fixage des couleurs, II, 717
sèche ou vitreuse, II, 377
végétale, II, 172-287-292-376
Albuminoses, II, 796
Alcali, I, 430
du tartre, II, 46
fixe minéral, I, 479-538
végétal, I, 479
volatil, I, 220
— concret, I, 235, II, 741
Alcalis caustiques, I, 430
végétaux, II, 72
Alcalimètre, I, 483
Alcalimétrie, I, 483
Alcaloïdes, II, 24-72
artificiels, II, 73-77
naturels, II, 73-77
Alcarsine, II, 77
Alcée à feuilles de chanvre, II, 456
Alchimie, I, 2-398
Alcofol, I, 749
Alcool, I, 749, II, 118-123
(substances employées à sa préparation), II, 358
absolu, II, 124-356
anhydre, II, 124
amylique, II, 363-452

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alcool caprylique, II, 187-364
de betterave, II, 358
de bois, II, 449
de grains, II, 359
de mélasse de betterave, II, 359
de pomme de terre, II, 360
de riz, II, 360
déshydrogéné, II, 128
méthylique, II, 450
pur contenu dans les boissons fermentées, II, 369
Alcools du commerce, II, 373
bon goût, II, 364
mauvais goût, II, 363
(agents de conservation), II, 845
Alcoolisme, II, 351
Alcoomètre centésimal de Gay-Lussac, II, 372
Aldéhyde, II, 128-146
Alfa des Arabes, II, 456
Alimentation, II, 286-792
Aliments, II, 286
complets, II, 794
contenant du vert de gris, II, 437
du diable, II, 603
plastiques et respiratoires, II, 793
Alinéine, II, 269
Alizari, II, 519
Alizarine, II, 268-523-525
commerciale, II, 525
Alkermès, II, 564
Alliages, I, 422
d'antimoine, I, 747
d'argent et de cuivre, I, 830
d'étain et de plomb, I, 743
d'or, I, 857
d'or et de cuivre, I, 854
de Biberel, I, 761
de bismuth, I, 801
de d'Arcet, I, 802
de cuivre, I, 766
de mercure, I, 812
de nickel, I, 772
de Rose, I, 802
de platine, I, 871
de zinc, I, 772
fusibles, I, 801
pour plomber les dents, I, 802
Alloxane, II, 568
Allumettes, I, 135
à friction, I, 575
allemandes, I, 175
androgynes, I, 577
chimiques, I, 175-575
hygiéniques, I, 576
phosphoriques, I, 575
Alluvions, I, 459
Aloès, II, 596
Aloétine, II, 596
Aloïne, II, 596
Alquifoux, I, 776
Altération de l'argenterie, I, 834
des métaux par l'hydrogène sulfuré, I, 155-157
Altération des bois, II, 413
du vinaigre, II, 447
des viandes et du sang, II, 806
des vitres, I, 718
Aludèles, I, 805
Aluminate de potasse, I, 691
de soude, I, 691
Alumine, I, 686
en gelée, I, 691
Aluminium, I, 685-701-702
Alun, I, 687-690
ammoniacal, I, 688
basique, I, 693
calciné, I, 691
catin, I, 479
cubique, I, 693
de chrôme, I, 68?
de Rome, I, 689-693, II, 654
de roche, I, 688
ferrugineux, I, 692
fin de Paris, I, 689
octaédrique, I, 690
Aluns du commerce, I, 690
Alunage des bois, II, 423
Alunite, I, 688
Amadou, I, 135
inflammable, I, 576
Amalgamation, I, 825
Amalgames, I, 422-812
d'argent, I, 813-823-857
de bismuth, I, 813
d'étain, I, 813
d'or, I, 857
de cuivre, I, 813
de palladium, I, 813
des dentistes, I, 813
Amandine, II, 379
Amarante de murexide, II, 570
— sur laine, II, 683
Amarine, II, 77
Amas, I, 460
Ambre jaune, II, 821
noir, I, 276
Amer de bœuf, II, 797
de Welter, II, 598
Améthyste, I, 707
orientale, I, 686
Amiante, I, 375-710
Amide phénique, II, 571
Amides, II, 39-84
Amidon, II, 145
des céréales, II, 309
en aiguilles, II, 310
fin, II, 310
grillé, II, 152
Amidonnière d'E. Martin, II, 310
Ammoniaque, I, 220
absorbée par les plantes, II, 783
de l'atmosphère, I, 223
liquide, I, 229
sa formation, II, 817
Ammoniaques composées, II, 77
Ammoniure d'argent, I, 838
de cuivre, I, 763

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ammoniure d'or, I, 865
Amorces des fusils à piston, II, 772
Amorce (cuves d'indigo), II, 680
Amphibole, I, 710
Amygdaline, II, 234
Amyle, II, 364
Amylol, II. 363
Analyse, I, 12
de l'air, I, 24-121, II, 58
de l'eau, I, 113
des monnaies, I, 832-854
des farines, II, 307
des manganèses, II, 35
élémentaire organique, II, 10
— des matières azotées, II, 16
— — non azotées, II, 13
— de l'acide acétique, II, 15
du minerai de platine, I. 867
qualitative et quantitative, I, 13
par la voie humide, I, 13
— sèche, I, 13
ultime, II, 19
Anatomie de la garance, II, 518
Anchusine, II, 268-568
Anesthésiques, II, 136
Anhydrides, II, 27
Anhydride acétique, II, 433
Anhydrite, I, 600
Aniléine, II, 572
Aniline, II, 77-571-613
Animaux, I, 3
antédiluviens, II, 828
Anis et anisette de Bordeaux, II, 237
Anthocyane, II. 264-270
Anthracite, I, 260, II, 819
Antichlore, II, 509
Antidotes de l'acide prussique, II, 760
du sublimé corrosif, I, 819, II, 377
Antimoine, I, 745
cru, I, 746
Antimoniate de potasse, I, 748
de soude, I, 749
Antirrhine, II, 269
Appareil à déplacement, II, 54
au chlore des fabriques, I, 180
à combustion des mat. organiques, II, 15
à cylindres pour sécher les tissus, II, 493
à distillation continue, II, 353
à distiller les os, II, 742
à mordancer les fils, II, 657
à sublimer le sel ammoniac, II, 743
à vaporiser, II, 714
américain pour lessivage, II, 496
de Briet pour les eaux gazeuses, I, 39
de Boucherie pour la conservation des bois, II, 418-420
de Bréant, *id.*, II, 416
de Deshayes pour la teinture, II, 663
Appareil d'Édouard Adam pour la distillation des vins, II, 353
de Dubrunfaut pour la distillation, II, 361
de Gaudry pour lessiver à haute pression, II, 497
de grillage, II, 495-496
de Hall pour flamber les tissus, II, 496
de Mallet pour le gaz de l'éclairage, I, 230
de Marsh, I, 394
de Paulin pour les incendies, I, 51
permanent de désinfection, I, 190
de sauvetage pour les savonniers, II, 197
de Thilorier pour la liquéfaction du gaz carbonique, I, 42
de Woulf, I, 178
pour la distillation des bois, II, 425
pour l'essai des vins, II, 370
pour l'extraction de la fécule, II, 291
— de la gélatine, II, 727
pour la fabrication de l'acide pyroligneux, II, 425
— du papier, II, 507
pour fumigations sulfureuses, I, 139
pour le soufrage des vins, II, 843
pour la production accélérée du vinaigre, II, 444
pour la fabrication du vinaigre par la mousse de platine, II, 446
pour la teinture mécanique des écheveaux, II, 663
pour la vinification, II, 326
de MM. Legé et Fleury-Pironnet pour l'injection des bois, II, 421
Appareils de lessivage, II, 483-490
distillatoires, I, 89-90-91
Apple-oil, II, 364
Application des couleurs, II, 719
Apprêt des toiles, II, 493
Aqua toffana, I, 386
vitæ, II, 352
Aquila alba ou mitigata, I, 817
Arabine, II, 138
Arach, arak, araka, II. 357
Araka, II, 391
Araki, II. 357
Arbre à thé, II, 293
au café, II, 298
au cacao, II, 297
au caoutchouc, II, 252
de Diane, I, 450-837
de la vache, II, 397
de Saturne, I, 450
philosophique, I, 450
Arcanson, II, 239
Aréomètres, II. 371

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Argent, I, 820
anglais, I, 774
antimonial, I, 825
ardent, I, 836
corné, I, 838
chinois, I, 774
de coupelle, I, 833
doré, I, 858
en coquilles, I, 863
fulminant, I, 838-865, II, 772
natif, I, 821
pur, I, 833
rouge, I, 825
vitreux, I, 821
Argentan, I, 397-772
Argenture, I, 841
au pouce, I, 841
Christofle, I, 861
des étoffes, I, 837
des glaces, II, 229
des métaux, I, 841
du cuivre, I, 841
du verre, II, 229
galvanique, I, 861
Argiles, I, 695
infusibles, I, 697
plastiques, I, 697
à détacher, I, 699
smectique, I, 699
Argue, I, 829
Argyrose, I, 821
Ariki, II, 357
Arki, II, 357-391
Aroérythrine, II, 268-551
Aromates, II, 237
(agents de conservation), II, 845
Arome des plantes, II, 234
des viandes, II, 410
Arrack, II, 357
Arrastres, I, 825
Arrow-root, II, 146
Arséniate acide de potasse, I, 387
Arsenic, I, 376
blanc, I, 381
jaune, I, 379
rouge, I, 380
sublimé, I, 385
Arsenicon, I, 378
Arsénite de cuivre, I, 384
Arsénio-sulfure de cobalt, I, 723
Arséniure de cobalt ferrugineux, I, 723
Arséniures d'hydrogène, I, 392
Art de l'émailleur, I, 724
de la teinture, II, 647
du mégissier, II, 735
hermétique, I, 398
sacré ou divin, I, 397
Arza, II, 357-391
Asbeste, I, 175
Asparagine, II, 822
Asphalte, II, 820
Asphaltène, II, 820
Asphyxie par le gaz carbonique, I, 36
par le gaz chlorhydrique, I, 200
Asphyxie par le gaz hydrogène, I, 111
— sulfuré, I, 155
par les essences, II, 227
par la braise et le charbon, I, 37-313
par le chlore, I, 183
par le gaz de la houille et du coke, I, 266
par le gaz des fosses d'aisances, I, 156-158
par les fruits, II, 791
Assamare, II, 412
Assainissement des cavités souterraines, I, 50
des citernes, I, 612
des égouts et fosses d'aisances, I, 158
des habitations, I, 69
des mines, I, 372
par le chlore, I, 189
par les hypochlorites, I, 196
Assimilation, II, 778-788
Astragales, II, 137
Atmosphère, I, 18
Aubier, II, 168
Aune (écorce d'), II, 645
Aurichalque, I, 755
Aurore au rocou, II, 593-685
Autographie, I, 585
Avelanèdes, II, 635
Aventurine, I, 700
Avivage, II, 703
du rouge des Indes, II, 680
Axonge, II, 178
Azale, II, 523
Azaléine, II, 269-573-684
Azolitmine, II, 270-623
Azotate acide de mercure pour l'essai des huiles II, 193
d'argent, I, 835
de bismuth, I, 802
de cuivre, I, 763
de mercure (réactif de la laine), II, 474
de plomb, I, 787
de potasse, I, 553, II, 848
de soude, I, 560
de strontiane, II, 127
d'urée, II, 810
mercureux, I, 814
Azotates naturels, I, 209, II, 817
de mercure, I, 814
Azote, I, 22-26-30
Azoture de carbone, II, 756
d'hydrogène, I, 220
Azuline, II, 625
Azur, I, 722
de cuivre, I, 763
Azurage du papier, II, 513

B

Babeurre, II, 385
Bablah, II, 645
Bactrioles, I, 862

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Badigeon avec le sérum du sang, II, 807
Bagasse, II, 103
Bains blancs ou huileux, II, 680
de bouse, II, 699
de dégrais, II, 500
de sable, I, 91
marie, I, 91
de teinture, II, 659
Baleine végétale, II, 455
Ballage, I, 652
Balles de fusil, I, 780
Ballons en caoutchouc, II, 254
Bandanas, II, 711
Bandoline, II, 141
Baptême des cloches, I, 771
Baquoi odorant, II, 455
Baratte, II, 384
Barbe espagnole, II, 455
Barbes de plumes, II, 721
Barille d'Espagne, II, 34
Baromètre, I, 20
Barque, II, 657
Barral, II, 239
Bar-wood, II, 344
Baryum, I, 404
Base de Mayence, I, 721
salifiable, II, 441
Bases salifiables organiques, II, 24-72
Bassorine, II, 138
Bastain, II, 456
Bâtiments de graduation, I, 540
Batardes (cassonades), II, 115
Bateaux de sauvetage, I, 108
Batiste, II, 461
Battage du lin, II, 458
Battitures, I, 652 666-762
Baumes, II, 237
de la Mecque, II, 243
de Saint-Yves, I, 810
de Tolu, II, 243
du Pérou, II, 243
Baumé (note historique), I, 204
Becs à gaz, I, 344
d'Argand, I, 342
Bélier, I, 749
Benjoin, II, 243
Benzène, II, 248
Benzidam, II, 571
Benzine, II, 248
Benzol, II, 248
Berbérine, II, 269
Bernard-Palissy (note historique), I, 724
Berthollet (note historique), II, 498
— (le), I, 189
Berthollimètre, I, 198
Berzelius (note historique), I, 476
Bêtes à laine, II, 468
Bétons, I, 597
Betterave blanche de Silésie, II, 105
Beurre, II, 169-171-173-384
d'antimoine, I, 752
de cacao, II, 173-178-298
Beurre de coco, II, 173
de galam, II, 186
de muscades, II, 173-178
fondu, II, 386
salé, II, 386
Bézoards, II, 56-813
Bi-antimoniate de potasse, I, 748
Bicarbonate de chaux dans les eaux, II, 537
de potasse, I, 525
de soude, I, 525
— contre la coagulation du lait, II, 390
Bicarbure d'hydrogène de Faraday, II, 249
Bichlorure d'étain, I, 740
— (réactif des fibres ligneuses), II, 474
de mercure, I, 818
de platine, I, 871
de soufre, I, 186
Bichrômate de potasse, I, 679
— (son action sur les couleurs végétales), II, 274
Bière, II, 345
Bijoux d'argent, I, 830
d'or, I, 854
faux, I, 766
Bi-hydrate de méthylène, II, 450
d'hydrogène bicarboné, II, 124
Bile, II, 796
Bilifulvine, II, 270
Biliphéine, II, 270-797
Biliverdine, II, 270
Billets de banque, II, 512
de commerce, II, 512
Billon de la garance, II, 519
Binitronaphtaline, II, 576
Bi-oxalate de potasse, II, 38
Bi-oxyde d'azote, I, 218
de cuivre, I, 762
de mercure, I, 810
Biscuit, II, 311
de chaux, I, 592
de viande, II, 831
Bismuth, I, 800
Bisulfure d'étain, I, 742
de fer, I, 672
Bitartrates, II, 43
de potasse, II, 43-45
Bixine, II, 270-593
du commerce, II, 596
Bitumes, II, 819
de Judée, II, 820
liquides, II, 819-820
mous, II, 820
solides, II, 820
Black-vernis, I, 341
Blanc à fleur, II, 186-489
azuré, II, 504
d'argent, I, 788-796, II, 504
de baleine, II, 217
de Bougival, I, 586
de Champagne, I, 586

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Blanc de Chine, II, 504
de Dieppedalle, I, 586
d'Espagne, I, 586
de fard, I, 803
de Hambourg, I, 789
de Hollande, I, 789
d'impression sur coton, II, 489
de Krems, I, 796
de Meudon, I, 586
de neige, I, 637
d'œuf, II, 374-376
de perle, I, 803
de pâte, II, 504
de plomb, I, 788
— du Tyrol, I, 798
de Troyes, I, 586
de Venise, I, 789
de zinc, I, 634
des Indes, II, 504
fixe, I, 798
métallique, I, 639
Blanchiment américain, II, 496
de la cire, II, 221
de la laine, II, 498-502-503
de la soie, II, 504
— en Chine, II, 505
de l'huile de palme, II, 189
de l'ivoire, II, 745
des calicots et des croisés, II, 494
des chiffons, II, 509
des épingles, I, 769
des estampes, I, 197
des fibres végétales, II, 482
des fils, II, 482-484
des objets d'argent, I, 831
des soies écrues blanches, II, 505
des toiles de chanvre et de lin, II, 494
— de coton, II, 486
par le chlore et les chlorures,
par l'acide sulfureux, II, 280
Bland, II, 357
Blanquette de Limoux, II, 332
Blé, II, 313-321
Blés durs et tendres, II, 313
— (procédés de conservation,) II, 837
Blende, I, 624
Bleu à la naphtaline, II, 626
au campêche sur laine, II, 679
chimique, II, 670
d'aniline, II, 624
d'azur, I, 722
de Berlin, II, 764
de composition, II, 612-677
de cuve, II, 670
d'émail, I, 722
d'empois, I, 722
d'enfer, II, 679
de France, II, 766
— sur coton, II, 677
— sur laine, II, 678
de montagne, I, 763
Bleu de montagne artificiel, I, 764
de Paris, II, 626
d'outremer, I, 709
de Prusse, II, 752-760
— (sa préparation), II, 753
— (variétés commerciales), II, 764
— (sur laine,) II, 677
— de Paris, II, 764
de quinoléine, II, 626
de roi, II, 679
de Saxe, I, 151-722, II, 612
II, 670-676-677
de safre, I, 722
de smalt, I, 722
de Turnbull, II, 767
distillé, II, 677
en liqueur, II, 612
foncé au campêche, II, 679
Guimet, I, 709
lapis, II, 551
Marie-Louise, II, 677
minéral, II, 764
Napoléon, II, 677
national pour uniforme, II, 681
Nemours, II, 681
Raymond, II, 677
remonté, II, 535-665
solide, II, 670
soluble, II, 617
turc, II, 551
turquin, I, 583
Bleuine, II, 625
Bleus de campêche (moyen de les distinguer), II, 535
de Prusse du commerce, II, 764
en réserve, II, 706
prussiates, II, 677
de France ou de Saint-Denis, II, 677
vapeur, II, 766
Bloc ou planche des imprimeurs, II, 690
Bocard, I, 463
Bocardage des minerais, I, 643
Bœuf fumé de Hambourg, II, 849
Boghead d'Écosse, II, 452
Bois, II, 408-413-415
aromatiques, II, 411
au cachou, II, 640
bitumineux, I, 275
blancs, II, 167-409
bleu, II, 532
bruns, II, 167
conservés sous l'eau, II, 413
colorants, II, 411
de Bahama, II, 539
de Bar-wood, II, 344
de Brésil, II, 537
— (variétés commerciales).
— jaune, II, 579
de Brésillet, II, 539
de Caliatour ou Cariatour, II, 544

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bois de Californie, II, 395
de Campêche, II, 532
— (variétés commerciales), II, 533
de Cam-wood, II, 545
de Carthagène, II, 580
de chauffage, II, 408
de Côte-Ferme, II, 580
de Cuba, II, 579
de Fernambouc ou Fernambourg, II, 538
de fustet, II, 578
d'Inde, II, 532
de Lima, II, 539
de Madagascar, II, 544
de Maracaïbo, II, 580
de Nicaragua ou Nicaraque, II, 538
de Sainte-Marthe, II, 538
de santal, II, 540
de Santo-Domingo, II, 580
de Sapan ou Sappan, II, 537-539
de Siam, II, 539
de Tampico, II, 580
de teinture, II, 411
de Terre-Ferme, II, 539
de travail, II, 408-410
de Tuspan, II, 580
de Zapote, II, 580
des Indes orientales, II, 580
du Japon, II, 539
durs, II, 167-410
fossiles, I, 275
gris, II, 167
jaune, II, 579
— de Fernambourg, II, 580
— de Hongrie, II, 578
légers, II, 167
lourds, II, 167
mous, II, 409
noirs, II, 532
pourri,
résineux, II, 411
rouges, II, 537
— de la Jamaïque, II, 539
tendres, II, 167
Boissons alcooliques (tableau), II, 357
fermentées, II, 323
— (richesse en alcool), II, 369
Boîte à savonnette, I, 738
Boîtes fumigatoires, I, 139
Bol d'Arménie, I, 700
Bombice du mûrier, II, 475
Bonde hydraulique, II, 327
Bonbons chinois, II, 772
Bonne aventure (diseurs de), I, 158
Borate de soude, I, 527
Borates, I, 531
Borax brut et raffiné, I, 527-535
Borgerase ou borgeraste, II, 100
Boucanage des viandes, II, 849
Boudin, II, 806
Boues d'encre, II, 62
Bougies de cire, II, 225
Bougies de cire végétale, II, 225
de l'Étoile, II, 213
de gras des cadavres, II, 827
de paraffine, II, 453
composites, II, 216
diaphanes, II, 218
margariques, II, 126
palmitiques, II, 217
stéariques, II, 212
Bouilli ou viande cuite, II, 401
Bouillitoires, I, 842
Bouillon, II, 692
aromatique et fortifiant, II, 402
d'or, I, 845
Boulangers, II, 311
Boulée, II, 177
Boules de Mars de Nancy, II, 44
Bouquet du vin, II, 334
Bourre de dattier, II, 455
Bousage, II, 699
Boutargues ou boutarques, II, 848
Bouse de vache, II, 699
Bouzin, II, 823
Boyle (note historique), I, 10
Braconnot (note historique), II, 725
Brai minéral, I, 341
sec, II, 239
Braise de boulanger, I, 313
Brance, II, 345
Branloire, II, 667
Brasage de la tôle, I, 530
Braseros, I, 314
Brassage des fruits, II, 339
Brèches, I, 584
Brésiléine, II, 268-539
Brésiline, II, 268-539
Brevet, II, 665
Brillant, I, 255
doux, I, 659
Briques, I, 699
de tourbe, II, 826
hydrofuges, II, 821
Briquet, I, 135
à gaz hydrogène, I, 420
oxygéné, I, 574
de sûreté, I, 576
Brisou, I 326
Brocatelles, I, 584
Broie, II, 460
Brôme, I, 502
Bronzage des métaux, I, 752
Bronze, I, 412-723-752-755-770
blanc, I, 775
cramoisi, I, 775
d'aluminium, I, 703
des peintres, I, 742
doré pâle, I, 775
— rouge, I, 775
florentin, I, 775
vert, I, 775
vert sur laine au chrômate, II, 687
Bronzes de couleur, I, 775
Brouillards, I, 57

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Brou de noix, II, 646
Brucine, II, 54-74
Brun d'indigo, II, 613
rouge, I, 700
Van Dyck, I, 701
Brunissage à fond, I, 841
Brunitures, II, 669
Bûches économiques, I, 263
Bulithes II, 814
Burgos (lustre), I, 865
Butyrine, II, 387

C.

Cacao, II, 297
Cacaotier (arbre), II, 297
Cachalots, II, 217
Cachou du commerce, II, 637
épuré de Paris, II, 639
jaune, II, 638
Cactiers, II, 553
Cacodyle, II, 433
Cadavres (moyen de conservation), II, 852-858
Cadmie des fourneaux, I, 625
naturelle, I, 755
Cadmium, I, 404
Café, II, 298
du commerce, II, 299
au lait, II, 301
chicorée, II, 301
Caféier (arbre), II, 298
Caféine, II, 299
Caféone, II, 300
Cafetin, II, 87
Caillé du lait, II, 380
Caillot du sang, II, 802
Cailloutage, I, 698
Cailloux, I, 707
Calabre (vin de), II, 335
Calamine, I, 623-755
Calcaire grossier, I, 585
lithographique, I, 584
(marbre), I, 583
Calcanthum, I, 666
Calchos, I, 755
Calcédoine, I, 707
Calcin, I, 608
Calcination, I, 12
de la pierre à chaux, I, 590
des os, II, 746
Calcium, I, 404-580
Calculs biliaires, II, 797
de la vessie, II, 812
fibrineux, II, 397
intestinaux des chevaux, II, 814
urinaires, II, 812
pour l'analyse élémentaire, II, 15
Calluxanthine, II, 269
Caloee, II, 455
Calomel et calomélas, I, 816-818
Calories, II, 412
Calorique de fusion, I, 99
Cambouis, II, 228
Caméléon minéral, I, 616
Campêche, II, 532
(variétés commerciales), II, 533
(son oxydation), II, 536
(teinture alcoolique), II, 537
Camphre, II, 232
brut du Japon, II, 232
raffiné, II, 232
Cam-Wood, II, 545
Canal digestif, II, 794
Candel-Coal, I, 267
Canna discolor, II, 148
Canne à sucre, II, 87-118
Caoutchouc, II, 252-302
durci, II, 256
volcanisé, II, 255-351
Capacité de saturation, I, 444
Capnomore, II, 427
Caprine, II, 387
Caproïne, II, 387
Capsules des fusils à piston, II, 772
Capucines (crayons), I, 259
Caractères distinctifs des fibres végétales, II. 464
des principes immédiats, II, 22
Caractères d'imprimerie, I, 746
Caragate, II, 455
Caramel, II, 90
Carbonates, I, 45
d'ammoniaque, I, 223-235, II, 741
de chaux, I, 582
de cuivre, I, 763
de fer, I, 644
de plomb, I, 788
de potasse, I, 479
de soude, I, 479-512
de zinc, I, 634
Carbone, I, 35-248-310
Carbonisation de la houille, I, 293
des os, I, 290, II, 741
du bois, I, 279
— par la vapeur, I, 565
— en Chine, I, 281
Carburation des gaz combustibles, II, 250
Carbure de fer, I, 258, II, 770
Carbures d'hydrogène, II, 83-320
Carmélite au cachou, II, 640
Carmin, II, 558
à la gélatine, II, 558
à l'œuf, II, 558
d'indigo, II, 617-677
sur laine, II, 677
de garance, II, 525
d'orseille, II, 549
Carmine, II, 268-556
Carotine, II, 268
Carré mou (papier), II, 512
Carry, II, 303
Cartes à jouer, II, 514
de visite, I, 788
fulminantes, II, 772
Carthame, II, 545
Carthamine, II, 268-546

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cartilages, II, 723
Cartons, II, 514
bitumés ou goudronnés, II, 516
Carton-pierre, II, 515
Caséine, II, 380-383
du gluten, II, 383
du lait de vache, II, 383
du sang, II, 383
végétale, II, 297-308
Caséum, II, 380
Cassave, II, 151
Cassitérite, I, 734
Cassonade, II, 103-113
Cassure saccharoïde, II, 88
Castine, I, 645
Catalyse, I, 876
Cate ou catch, II, 636
Catéchine, II, 639
Catéchu, II, 636
Cause de la couleur du corps, II, 261
Caustification, I, 515
Cavendish (note historique), I, 105
Caveaux de Palerme, II, 855
Caviar, II, 848
Cédrirète, II, 427
Cedrium, II, 846
Célastase, II, 158-166-408
Cellules des plantes, II, 158
Cellulose, II, 158-408-454-466
Cendres bleues, I, 764
des plantes, I, 477
de védasse, I, 480
de zinc, I, 637
gravelées, I, 480, II, 328
perlées, I, 480
vertes, I, 385
Cérasine, II, 138
Cérat, II, 225
Céréales, II, 306
Céréaline, II, 320
Cérine, II, 224
Cérium, I, 404
Céroléine, II, 224
Cérotène, II, 224
Céruléine, II, 617
Céruléo-sulfate, II, 617
Céruse, I, 788
Céruses du commerce, I, 796
Cervoise, II, 345
Cétine, II, 218
Chair des animaux, II, 396-399
blanches, II, 400
crue, II, 403
de bœuf, II, 403
noires, II, 400
rôtie, II, 403
rouges, II, 400
Chaleur animale, I, 77
blanche, I, 355
latente, I, 99
obscure, I, 355
Chalumeau des orfèvres, I, 357
à gaz, I, 359
de Clarke, I, 360
Chalkopyrite, I, 756
Chambre à fumer les viandes, II, 849
à sécher les soies teintes, II, 667
à soufrer la laine, II, 503
d'aérage, II, 698
d'oxydation, II, 698
Chambres de plomb, I, 243
Chamois au cachou, II, 640
au fer, II, 705
Chamoisage des peaux, II, 736
Champagnes, II, 674
Champignons des mèches, II, 179
Chandelles romaines, I, 628
Chanvre, II, 455-461
blanc, II, 455
de Calcutta, II, 455
de Chine, II, 455
de Haïti, II, 455
de Manille, II, 455
du Bengale, II, 455
indien, II, 456
Chapiteau, I, 89
Chaptal (note historique), II, 330
Chaptalisation des vins, II, 331
Charbon, I, 296
(action sur les couleurs), II, 276
(emploi pour purifier les eaux calcaires), I, 611
animal, I, 290
chandelle, I, 267
de bois, I, 279
de forge ou de maréchal, I, 267
de grille, I, 267
de Paris, I, 283
de pierre, I, 263
de terre, I, 263
— épuré, I, 292
de tourbe, II, 825
d'os, I, 290, II, 742
épuré, I, 266
fossile, I, 263
léger pour la poudre, I, 564
minéral, I, 263
noir, I, 564
roux, I, 565
sulfurique de garance, II, 524
végétal, I, 279
Charbons décolorants, II, 277
durs, I, 272
Charpie de coton, II, 465
Charqué, II, 831
Charrée, I, 478
Châtaignier (écorce de), II, 645
Chaudière à mordancer, II, 657
autoclave pour la gélatine, II, 740
Chauffage à la vapeur, II, 661
des bains de teinture, II, 661
par le gaz, I, 330
Chaux, I, 580
d'argent, I, 451
caustique, I, 581
délitée, I, 581
éteinte, I, 581
grasses, I, 594

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaux hydratée, I, 581
hydrauliques, I, 595
— artificielles, I, 596
limites, I, 598
maigres, I, 594
métalliques, I, 400-430
sodée, II, 17
vive, I, 581
— (moyen de conservation du blé), II, 837
— des fruits, II, 835
Chayaver, II, 567
Chêne à crochets, II, 731
à la galle, II, 631
jaune, II, 582
liége, II, 410
quercitron, II, 582
Velani, II, 635
Chènevis, II, 461
Chènevotte, II, 459
Cheveux, II, 721
Cheviller, II, 483
Chica, II, 268
Chicorée, II, 301-302
— dans le café, II, 303
Chiffons à papier, II, 507
Chimie, son antiquité, son objet, I, 1-2
organique, II, 1-2
pneumatique, I, 36
China-grass, II, 455
Chinasilber, I, 774
Chitine, II, 168
Chlorate de potasse, I, 572
Chlore, I, 176
(destruction des couleurs), II, 275
(réactif des huiles de poisson), II, 190
Chloride aurique, I, 863
mercurique, I, 818
(agent de conservation), II, 415-851
de platine, I, 871
Chlorine, I, 176
Chlorite, I, 710
Chloroforme, II, 129
Chloromètre, I, 199
Chlorométrie, I, 388
Chlorophylle, II, 263-270-627
Chloro-stannates, I, 741
Chlorure d'antimoine, I, 752
d'argent, I, 838-840
d'arsenic, I, 378
de calcium, I, 695
de chaux, I, 194-619
d'hydrogène bicarboné, I, 329
de manganèse, I, 178-622
de plomb, I, 787
de potasse, I, 191
de sodium, I, 537-551
de soude, I, 191
de soufre, I, 185
— (son action sur les huiles), II, 191
de zinc anhydre, II, 217
Chlorure de zinc (agent conservateur), II, 415-852
double d'aluminium et de sodium, I, 703
mercureux, I, 816
Chlorures, I, 421
décolorants et désinfectants, I, 191
d'étain, I, 738
de mercure, I, 816
Chocolat, II, 297
Choix des indigos, II, 610
Cholestérine, II, 797
Cholépyrrhine, II, 797
Chondrine, II, 723
Chrômates, I, 677
métalliques, I, 682
de plomb, I, 683
de potasse, I, 678
Chrôme, I, 404-676
Chrômite de fer, I, 678
Chrômolithographie, I, 585
Chrômule, II, 263-270-627
Chrysalides du ver à soie, II, 477
Chrysammates, II, 598
d'ammoniaque de soude, II, 598
Chrysocale, I, 767
Chrysocolle, I, 527
Chrysorhamnine, II, 269-590
Chymosine, II, 796
Cidre, II, 336
doux, II, 342-343
paré, II, 342-343
qui se tue, II, 343
Cigarettes de Raspail, II, 236
Ciment, I, 580
des mosaïques, I, 92
romain, I, 596
Cinabre artificiel, I, 811
naturel, I, 804
d'antimoine, I, 754
vert, I, 684
Cinchonine, II, 74
Cinglage à la loupe, I, 651
Cirage anglais, I, 291
Cire, II, 170-219
à cacheter, II, 243
à sceller, II, 244
blanche, II, 222
brute, II, 221
d'abeilles, II, 221
de Carnauba, II, 225-600
de Chine, II, 225
d'Espagne, II, 244
de palmier, II, 225
des myrica, II, 225
du Japon, II, 220-225
jaune, II, 221
transparente, II, 218
punique, II, 224
végétale, II, 220
vierge, II, 221
Citernes, I, 95-612
Citrates, II, 50
de fer, II, 50

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Citrates de magnésie, II, 50
de potasse, II, 28
Clairçage des sucres, II, 115
Clairce, II, 111
Clapeau à lanières, II, 488
Clarification par la gélatine, II, 725
Classification des eaux, I, 80-87
des métaux, I, 405-408
des essences, II, 230
des principes immédiats, II, 24
— neutres, II, 83
des résines, II, 242
Clichage, I, 802
Clichés métalliques, I, 802
Clinquant, I, 775
Cloches anciennes, I, 771
d'argent de Rouen, I, 770
Clous fumants, II, 243
Coagulation du blanc d'œuf, II, 378
du lait, II, 389
du sang, II, 802
Cobalt, I, 403
arsenical, I, 723
gris, I, 723
Cobaltine, I, 723
Coccine, II, 556
Cochenilles, II, 553
(variétés commerciales), II, 556
ammoniacale, II, 559
d'Algérie, II, 555
de Pologne, II, 553-564
des cactiers, II, 553
du chêne, II, 553-562
épuisées, II, 560
laque, II, 553-564
Cocon du ver à soie, II, 477
Coconières, II, 476
Coction ou cuite des huiles, II, 195
Codéine, II, 74
Cohésion, I, 5
Coke, I, 266-292-294
métallique, I, 297
de tourbe, II, 826
Coir, II, 456
Colcothar, I, 668
Colique des peintres, I, 797
Cold-cream, II, 219
Collage du papier, II, 510
du vin, II, 329
Colle à bouche, II, 728
au baquet, II, 730
de Flandre, II, 726
de pâte, I, 151
de poisson, II, 723-726
des chapeliers et des menuisiers, II, 729
d'os, II, 738
en livres, rubans et tablettes, II, 726
forte, II, 729
liquide, II, 729
navale de Jeffery, II, 257
Colles matières, II, 727
Collodion, II, 165
Colophane ou colophone, II, 239
Colorados, I, 821
Coloration (théorie de la), II, 263
des bois, II, 423
des cheveux, I, 836, II, 721
des eaux-de-vie, II, 368
par le chlorure d'argent, I, 840
des fleurs, II, 265
des huiles par l'acide sulfurique, II, 192
Coloriage des tissus, II, 689
Colorimètre, II, 560-595 621
Colorine, II, 523
Colombium, I, 404
Combinaison chimique, I, 14
Combustibles, I, 28-352
Combustion, I, 28-351
continue, I, 242
des bois, II, 412
lente, I, 353
du ligneux, II, 784
rapide, I, 353
Combustions humaines spontanées, II, 126
Composés azotés et non azotés, II, 22
carbo-hydratiques, II, 83
de l'azote, I, 205
— oxygénés, I, 206
— non oxygénés, I, 220
indifférents, II, 24
inflammables, II, 83
inorganiques, II, 3
métalliques de la 1re section, I, 477
neutres, II, 24
non facilement putrescibles, II, 84
organiques, II, 3
phosphorés, II, 84
surhydrogénés, II, 83
sulfurés, II, 84
Compositions d'étain, I, 740
pour colorer les cheveux, II, 721
Compression des tourbes, II, 825
Concrétions intestinales des animaux, II, 813
des ruminants, II, 814
urinaires, II, 813
Condenseur de Liebig, II, 14
Condiments, II, 286
Conductibilité des métaux, I, 417
Cônes de houblon, II, 348
Confitures, II, 143
Congélateur, I, 448
Congélateur Goubaud, I, 449
Congrèves, I, 575
Conine, II, 77
Conservateur de la chair, II, 454
Conservation de l'eau à bord des navires, I, 306
des bois, II, 415-847
des cadavres, II, 828-833
des collections d'histoire naturelle, II, 236

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conservation des corps dans les sols calcaires, II, 855
des fourrures et pelleteries, II, 236
des fruits, II, 829
des légumes, II, 832
des matières organiques par le charbon, I, 300
dans le vide, II, 832
par les alcools, II, 845
des œufs, II, 833
des pièces d'anatomie, I, 819, II, 852
des racines, II, 836
des raisins, II, 829
des sucs végétaux, II, 830-833
des viandes et poissons, II, 831-833-839-841
des tissus animaux morts, I, 820
du beurre, II, 386
du blé, II, 836
du bouillon, I, 301
du cidre, II, 343
du lait, II, 849
du poli des métaux, I, 518
par les acides, II, 846
par l'acide sulfureux, II, 844
par l'acide sulfurique, II, 847
par la créosote, II, 450
par le froid, II, 828
par le sublimé, II, 851
par le sucre, II, 856
par les aromates, II, 845
par les corps gras, II, 833
par le sel marin, II, 847
Conserves alimentaires, II, 840
Consommation du sucre, II, 88
— de la bière, II, 345
Constitution des bois, II, 408
Conté (Note historique), I, 259
Contre-poison de l'acide cyanhydrique, II, 760
de l'eau-forte, I, 212
de l'acide sulfurique, I, 146
du sublimé corrosif, I, 819
Contrôle de l'argent, I, 830
Conversion de l'amidon en sucre, II, 149-153
de l'indigotine bleue en indigotine blanche, II, 614
du tannin en acide gallique, II, 56
des peaux en cuir, II, 730
du sucre en alcool, II, 84-95-117
Cœur du bois, II, 168
Copal, II, 241
Coquillages, I, 45
Coquilles d'œufs, II, 374
Coraux, I, 45
Cordes de chanvre, II, 462
Corindon, I, 722
Cornaline, I, 707
Cornes de buffle, II, 721
Cornues, I, 10
Corps, I, 12-14-15
brûlés, I, 29
Corps bruts, I, 3
comburants, I, 28
combustibles, I, 28
composés, I, 10
déliquescents, I, 60
dimorphes ou polymorphes, I, 128
gras, II, 169-202
— difficilement saponifiables, II, 217
(agents de conservation), II, 833
— facilement saponifiables, II, 170
hygrométriques, I, 60
insolubles, I, 102
isomères, I, 322
métalliques, I, 11
non métalliques, I, 11
oxygénables, I, 28
oxygénés, I, 29
réfractaires, I, 359
simples, I, 10
solubles, I, 102
Corroyage des cuirs, II, 734
Corroyère, II, 642
Cossettes de betteraves, II, 302
Coton, II, 455-462
animalisé, II, 684
mercerisé, II, 467
poudre, II, 162
Cotons à courte et à longue soie, II, 464
Cotonniers, II, 463
Cotylédons, II, 775
Couches, I, 458
Coulage des lessives, II, 485
Couleur de racine, II, 646
Couleurs des corps (définition), II, 261
des animaux et des plantes, II, 647
adjectives, II, 284
dérivées de l'aniline, II, 683
à la murexide, II, 682
bistres, II, 615
composées, II, 669
d'application, II, 719
de bon et grand teint, II, 284
à la pourpre française, II, 687
de conversion, I, 685, II, 275-716
de faux ou de petit teint, II, 284
du prisme, II, 261
du tournesol, II, 279
franches, II, 669
grises, II, 669
minérales, II, 650
primitives, II, 669
rabattues, II, 669
remontées, II, 665
rompues, II, 699
rongeantes, II, 769
simples, II, 669
solides, II, 284
solitaires, I, 615
ternes, II, 669
substantives, II, 284
vapeur, II, 712

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Coupage des esprits du commerce, II, 368
Coupellation, I, 778-785-831
du plomb d'œuvre, I, 784
Coupelles, I, 832
Couperoses du commerce, I, 668
blanche, I, 633
bleue, I, 763
verte, I, 144-666
Courtois (note historique), I, 502
Couscous des Arabes, II, 151
Couvain, II, 98
Couvertures en papier, II, 516
en zinc, I, 629
Craie, I, 45-586
de Briançon, I, 710
Cramoisi fin à la cochenille, II, 559-682
Crasse de l'étain, I, 737
Crayons de Conté, I, 260
de charpentier, I, 260
de fusain, I, 290
de mine de plomb, I, 260
noirs, I, 258-290
de plombagine, I, 260
Créatine, II, 399
Créatinine, II, 399
Création artificielle de l'urée, II, 810
Crème, II, 380-384-385
de Sotteville, II, 389
de tartre, II, 28
— soluble, II, 46
Crémomètre, II, 394
Créosote, II, 427-453
brute (agent de conservation), II, 416-846-850
Crétons du suif, II, 177
Creuset, I, 8
brasqué, I, 615
réfractaire, I, 259
Cri de l'étain, I, 737
de la soie, II, 505
Crin végétal, II, 455
— d'Afrique, II, 455
Cristal, I, 711
de roche, I, 706
Cristalline, II, 571
Cristallinéine, II, 573
Cristallisation, I, 444
des métaux, I, 416
Cristaux, I, 444
anhydres, I, 445
hydratés, I, 445
de lune, I, 835
de soude, I, 512
de tartre, II, 41
de Vénus, II, 436
Crocine, II, 269
Crown-glass, I, 713
Crottas, II, 239
Cruor, II, 802
Cryolite, I, 703
Cucurbite, I, 89
Cudbear, II, 519
Cuir, II, 730
Cuirs colorés, II, 735
de Russie, II, 735
mous, II, 732
verni, II, 734
Cuisson des couleurs, II, 697
des mordants, II, 697
du pain, II, 316
du plâtre, I, 601
de la viande, II, 400-831
des fruits, II, 143
par le gaz, I, 330
(moyen de conservation), II, 828
Cuite de la soie, II, 504
Cuivre, I, 754
azuré, I, 763
blanc, I, 772
dans les plantes, II, 787
doré, I, 857
gris, I, 756
jaune, I, 766
noir, I, 757
oxydulé, I, 756
pur, I, 760
pyriteux, I, 756-764
rosette, I, 759
Culture du coton, II, 463
de la garance, II, 517
de la gaude, II, 586
du lin, II, 457
Curaçao de Hollande, II, 537
Curage des fosses d'aisances, I, 301
Curare et curarine, II, 76
Curaudau (note historique), I, 689
Curcuma, II, 576
Curcumine, II, 269-577
Cuticule, II, 409-721
Cutose, II, 409
Cutt, II, 656
Cuve à bouser, II, 700
à circulation, II, 490
à garancer, II, 701
à la couperose, II, 673
à papier, II, 511
d'indigo, II, 266-613-673-770
à teindre, II, 701
à l'urine, II, 671
allemande, II, 671
au pastel, II, 671
carrée à roulettes, II, 675
décolorante, II, 709
d'Inde ou à la potasse, II, 671
pour l'argenture, I, 861
Cuvier à projection, II, 485
Cyanate d'ammoniaque, II, 811
de potasse, II, 811
Cyanine (bleu des fleurs), II, 270
(matière bleue du vert de de Chine). II, 270-630
(nouvelle couleur artificielle), II, 626
Cyanoferride de potassium, II, 766
Cyanoferrure de potassium, II, 761
Cyanogène, II, 755
Cyanosels, II, 761

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cyanure d'argent, II, 757
de cacodyle, II, 435
de fer, II, 761
de mercure, II, 756-761
de potassium, II, 756-760-769
double de fer, II, 763
— et de potassium, II, 761
ferrico-potassique, II, 766
ferroso-ferrique, II, 763
ferroso-potassique, II, 761
Cyanures doubles, II, 761
métalliques, II, 756-760
Cylindres pour l'impression, II, 692
Cymbales, I, 770

D

D'Arcet (note historique), II, 738
Dahlia à la pourpre française, II, 552
Dalles de bitume, II, 821
Damas, I, 662
Dambourney (note historique), II, 516
Danger des appartements nouvellement peints, I, 797
des émanations de plomb, I, 797
des vapeurs mercurielles, I, 809
des vases de cuivre, I, 760
des vases métalliques pour le lait, II, 390
des vases de zinc, I, 630
Dash wheel, II, 487
Datiscine, II, 269
Débourrage des peaux, II, 732
Décapage des métaux, I, 530, II, 38
— de la fonte, I, 632
Décoction de châtaignier, II, 645
de noix de galle, II, 57
des matières tinctoriales, II, 660
Décoloration de la pâte à papier, II, 509
par l'acide azoto-sulfurique, II, 280
— chrômique, I, 680
par le charbon, II, 276
par le chlore, II, 275
par le gaz sulfureux, I, 138, II, 280
par le sel d'étain, I, 730
par l'ozone, II, 273
par les hypochlorites, II, 276
Décomposition chimique, I, 15
des alcalis par la pile, I, 402
de l'eau par le charbon, I, 318
— par le chlore, I, 187
— par l'électricité, I, 119
— par le fer, I, 117
— par le potassium, I, 406
— de l'acide carbonique par les plantes, II, 778
des matières organiques, II, 9-10
des os, II, 741
(double) des sels, I, 455
des sels par les acides, I, 452
— par les bases, I, 454
du bichrômate d'ammoniaque, I, 681
Décomposition spontanée des matières organiques, II, 815
du savon par les acides, II, 207
— par les eaux calcaires, II, 207
Découverte de la poudre à canon, I, 561
de l'eau-de-vie, II, 352
des armes à feu, I, 562
des boissons fermentées, II, 323
du savon, II, 211
du verre, I, 711
Décrépitation, I, 446
Décreusage des fils et tissus, II, 482
de la soie, II, 504
Défauts des indigos, II, 610
Défilage des chiffons, II, 508
Défileuse à papier, II, 508
Définitions générales, I, 1
Dégommage de la soie, II, 504
des toiles, II, 699
Dégorgeuse à excentrique, II, 665
Dégorgeage, II, 482-487
Dégraissage avec la benzine, II, 249
de la laine, II, 500
des tissus, II, 297
Dégras, II, 736
Degrés hydrotimétriques des eaux, II, 209
De la Follie (note historique), I, 629
Déliquescence, I, 446
Delessert (note historique), II, 104
Delphine, II, 75
Densité des corps, I, 5
des huiles, II, 184
des métaux, I, 411
Dent de loup, I, 858
Dents, II, 738
d'éléphant, II, 744
Départ de l'or, I, 852-854
Dépurateurs d'usines à gaz, I, 338
Dépuration des eaux, I, 333
— par l'alun, I, 694
— par le charbon, I, 611
Derme, II, 722
Descroizilles (note historique), II, 370
Désinfection des égouts, II, 196
des fosses d'aisances, I, 301
par l'acide sulfureux, I, 142
par le charbon, I, 301
par le chlore et les chlorures, I, 189
Désoxygénation de l'indigo, II, 614
Dessiccation des cadavres, II, 829
des fruits, II, 829
des plantes, II, 829
— (moyen de conservation), II, 828
Destruction de l'encre, I, 197
des animaux qui terrent, I, 160
des bois par les champignons, II, 414
— par les insectes, II, 414

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Destruction des bois par le fer, II, 414
des couleurs par l'acide azoto-sulfurique, II, 280
— par l'acide sulfureux, II, 280
— par l'air, II, 272
— par la lumière, II, 272
— par l'ozone, II, 274
des émanations putrides, I, 190
des insectes, I, 820
des matières organiques, II, 5
des punaises, I, 820
des rats et souris, I, 175
Désuintage des laines, II, 500
Détonation de la poudre, I, 570
des poudres fulminantes, II, 772
du grisou, I, 368
Deutoxyde d'azote, I, 218
d'étain, I, 724-734
de mercure, I, 810
de plomb, I, 781
vitrification, I, 718
extrine, II, 139-149-151
amylacée, II, 153
glucosée, II, 153
gommeuse, II, 152
Heuzé, II, 152
Deyo, II, 64
Diabète sucré, II, 310-811
Diable, II, 111-484
Diamant, I, 249-251
à couper le verre, I, 252-255
Diamants bruts ingénus, I, 253
de la Tolfa, I, 707
de curiosité, I, 256
parangons, I, 256
Diane, I, 820
Diastase, I, 876, II, 95-154-318-345-776
salivaire, II, 795
Didyme, I, 404
Différences fondamentales entre les matières minérales et organiques, II, 8-23-815
— entre les animaux et les végétaux, II, 814
Digestion, II, 794-798
Dimorphisme, I, 128
Diss des Arabes, II, 456
Dissolution, I, 102
alcoolique de savon, II, 208
de l'indigo, II, 617
décime, I, 839
de l'or, I, 863
du caoutchouc, II, 254
Dissolutions métalliques, I, 425
Dissolvant de la cellulose, II, 160
de la soie, II, 481
Distillateurs, II, 352
Distillation, I, 88
blanche, II, 28
de l'amalgame d'argent, I, 824
de l'eau, I, 89
de l'eau de mer, I, 543
de la pomme de terre, II, 360
de la tourbe, II, 826
Distillation des betteraves, II, 358
des corps gras, II, 187
— par la vapeur surchauffée, II, 216
des grains, II, 359
des mélasses, II, 357
des métaux, II, 418
des os, II, 742
des résines, II, 240
du bois, II, 424
du riz, II, 360
du mercure, I, 808
du soufre, I, 130
du zinc, I, 627
sèche, II, 10
des vins, II, 353-367
Distinction de l'arsénic et de l'antimoine, II, 434
de la laine et de la soie par l'alloxane, II, 571
de la soie dans les tissus de laine, II, 479
des corps, I, 3
des acides citrique et tartrique, II, 49
— gallique et tannique, II, 56
des fibres textiles, II, 456-466
— par l'acide picrique, II, 601
— par l'alloxane, II, 571
du coton et du lin, II, 465
— et de la laine, II, 473
du maillechort et de l'argent, I, 774
des matières azotées et non azotées, II, 23
des potasses et des soudes, I, 514
des tissus de coton et de laine, II, 473
entre la peinture et la teinture, II, 649
Dividivi, II, 645
Divisibilité des corps, I, 3
Division de la chimie organique, II, 20
Docimasie, I, 530
Docteur, II, 691-694
Dokn des Africains, II, 306
Dolomie, I, 596
Donner un pied à une couleur, II, 665
Doré, I, 852
Dorure, I, 858
à l'amalgame, I, 857
à la colle, I, 863
à l'huile, I, 863
au trempé, I, 858
de l'acier, I, 860
des métaux, I, 857
de la porcelaine, I, 862
fausse, I, 768
galvanique, I, 860
par immersion, I, 858
Dosage de l'acide carbonique de l'air, I, 66
de l'alcool dans les vins, II, 370

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dosage de l'azote dans les matières organiques, II, 16
de l'humidité de l'air, I, 66
de l'indigotine dans les indigos du commerce, II, 619
des corps gras, II, 173
Doublé, I, 842
Doura des Arabes, I, 306
Douze-Mazarin, I, 255
Dragon, I, 818
Drap teint en pièces, II, 662
Drèche, II, 347
Ductilité des métaux, I, 412
Dufay (note historique), II, 648
Dulcose, II, 85
Durcissement du plâtre, I, 605
Dupasquier (note historique), I, 499
Durée des bois, II, 411

E

Eau, I, 78-88
africaine, I, 836
ardente, II, 236-352
céleste, I, 763
combinée, I, 445
contenue dans les bois, II, 411
d'alun, I, 694
dans le pain, II, 319
de chaux, I, 582
de Chine, I, 836
de Cologne, II, 228
de cristallisation, I, 445
de cuivre, II, 34
d'Egypte, I, 836
forte, I, 208-852
— des chapeliers, I, 815
— seconde, I, 212
de goudron, II, 453
de Javelle, I, 195-617
de Jouvence, I, 88
d'interposition, I, 446
de laurier-cerise, II, 760
de Perse, I, 836
de potasse, I, 438
de soude, I, 438
des Anglais, I, 103
distillée, I, 89
dissolvante, I, 208
liquide, I, 79
philosophique, I, 208
prime, I, 208
régale, I, 427
saturée, I, 99
seconde, I, 212
— des peintres, I, 518
solide, I, 78
sure des amidonniers, II, 309
Eau-de-vie, II, 351
camphrée, II, 236
de betteraves, II, 357
de fécule, II, 156-357
de grains, II, 257-353
de lait de jument, II, 391
de pommes de terre, II, 156-357
Eau-de-vie de riz, II, 357
de vin, II, 367
factice, II, 368
forte, II, 356
ordinaire, II, 356
preuve de Hollande, II, 356
Eaux (degrés hydrotimétriques), II, 209
acides, I, 87-53
acidules, I, 87-53
alcalines, I, 87
amères, II, 759
ammoniacales du gaz, I, 341
aromatiques, II, 228
calcaires, I, 587
— (leur action sur le savon), II, 207
cémentatoires, I, 451
continentales, I, 79
crues, I, 607
d'étangs, I, 85
de la mer, I, 85-710
de mares, I, 85
de pluie, I, 84
de puits, I, 85
— jaillissants ou artésiens, I, 83
de rivières, I, 83
de roche, I, 82
de savon, II, 212
de sources, I, 83
dormantes, I, 85
dures, I, 607
ferrugineuses, I, 87
froides, I, 87
gazeuses, I, 53
grasses des amidonniers, II, 309
hépatiques, I, 154
incrustantes, I, 587
jaillissantes, I, 83-708
médicinales ou minérales, I, 86
mères, I, 444
non potables, I, 85
potables, I, 80
salines, I, 87
séléniteuses, I, 607
siliceuses, I, 708
spiritueuses, II, 228
sulfureuses, I, 87-154
thermales, I, 53-87
Ébelmen (note historique), I, 646
Éblanine, II, 427
Ébullition de l'eau, I, 99
Écaille factice, II, 729
des reptiles, II, 721
Écarlate à la cochenille, II, 559-681-682
à la laque, II, 566
de graine et demi-graine, II, 564
de Hollande, II, 563
de Venise, II, 563
des Gobelins, II, 563
jaune au fustet, II, 579-682
Écangage du lin, II, 460
Écangue, II, 460
Échantillons d'indiennes, II, 703 à 718

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Échoppe, I, 857
Éclair, I, 833
Éclairage au gaz, I, 331
aux gaz de bois, II, 426
— de l'huile, II, 188
électrique, I, 298
Éclat adamantin, I, 251
métallique, I, 410
Écorce d'aune, II, 645
de châtaignier, II, 645
de chêne, II, 731
de quercitron, II, 582
des saules, II, 409
Écrouir le fer, I, 651
Écruage des fils, II, 486
Écume de mer artificielle, II, 384
du bouillon, II, 400
Écurage des ustensiles de cuisine, II, 34
Éducation des vers à soie, II, 476
Effervescence, I, 45
Effets de contact, I, 874
Effilochage, II, 508
Efflorescence, I, 446
saline des murs, I, 554-559
Égrisée, I, 254
Égrisoir, I, 255
Eisenschwarz, I, 753
Ejou, II, 455
Élaérine, II, 472
Élaïdine, II, 193
Élaïomètre de Berjot, II, 175
Élaveuse pour la pâte à papier, II, 509
Electrum, I, 857
des anciens, I, 866
Éléments, I, 10
organiques, II, 10
Éléphant de l'Ohio, II, 828
Émanations putrides, I, 60
Email bleu, I, 723
noir, I, 843
Émaux, I, 711-724
Embaumements anciens, II, 858
nouveaux, II, 852-853
Émeraude, I, 677-709-722
Emeri ou émeril, I, 686
Émétine, II, 75
Émétique, I, 746, II, 44
Empâtage des huiles, II, 195
Emplâtres, II, 195
Empois, II, 145-149
Empoisonnement par l'acide cyanhydrique, II, 758
— oxalique, II, 32
— sulfurique, I, 146
par l'arsenic, I, 385
par le chloride de mercure, II, 377
par l'eau-forte, I, 212
par le cyanure de potassium, II, 770
par les vieux fromages, II, 384
par les pommes de terre germées, II, 289
par le sang altéré, II, 806
Empoisonnement par le sel d'oseille, II, 32
par les sels de cuivre, II, 437
— de plomb, I, 799
— de zinc, I, 634
par les viandes de charcuterie, II, 806
par les vapeurs mercurielles, I, 809
Empyreumatique (odeur), I, 328
Emulsions, II, 172-376
Encaustique, II, 224
Encens, II, 243
Encre, II, 62-650
de Chine, II, 66
de Rouen, II, 63
de transport, II, 69
des anciens, II, 64
des imprimeurs et lithographes, I, 289
double, II, 62
simple, II, 62
Encres colorées, II, 67-559
de sympathie, II, 70
diverses, II, 63
indélébiles, II, 65
pour écrire sur les métaux, II, 68
pour marquer le linge, I, 836-873
Enduit de la soie, II, 478
Enduits hydrofuges, II, 246
Enfer de Boyle, I, 810
Engallage, II, 634
Engrais Salmon, I, 301
d'os, II, 741
Enlevages, II, 709-711
Epaississants, II, 696
Epiderme des animaux, II, 721
de la plante des pieds, II, 721
Épilage des peaux, II, 732
Epingles, I, 769
Epissures de cuivre, I, 775
Eponge calcinée, I, 498
de platine, I, 868
Epuration des huiles à brûler, II, 179
du gaz de l'éclairage, I, 336
Equations chimiques, I, 474
Equivalents chimiques, I, 467
Erbium, I, 404
Erbue, I, 645
Erythrodanon, II, 517
Erythroglucine, II, 85
Erythroléine, II, 268-623
Erythrolitmine, II, 268-623
Erythrophylle, II, 264-268
Eschynomène des marais, II, 158
Espadon, II, 460
Espart, II, 483
Esparta, II, 456
Esprit acide du bois, II, 428
du soufre, I, 136
adiaphorétique, II, 449
anonyme, II, 449
ardent, II, 352
blanc de mercure, I, 818
de betterave, II, 357

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Esprit de bois. II, 427-449-826
inflammable, II, 449
des bois, I, 36
de cochléaria, II, 236
de corne de cerf, I, 223
de fécule, II, 357
de grains, II, 357
de nitre, I, 208
de pommes de terre, II, 357
de raifort, II, 236
de riz, II, 357
de sel, I, 199
de soufre par la cloche, I, 237
d'urine, II, 223
de vin, II, 122
de vitriol, I, 144
— romain, I, 144
pyro-acétique, II, 431
pyroxylique, II, 449
rectifié, II, 356
sauvage, I, 36
Esprits, II, 226-351-356
aromatiques, II, 228
acides des minéraux, I, 452
d'odeur, II, 127
3/5, 3/6, 3/7, 3/8, II, 356
Essais alcalimétriques, I, 483
Essais des alcools, II, 366-370
des alliages d'argent par la voie humide, I, 838
— par la voie sèche, I, 831
à l'échoppe, I, 857
à la nature, I, 857
des cachous, II, 639
des carmins d'indigo, II, 618
de la cire, II, 223
des cochenilles, II, 559
des eaux-de-vie, II, 373
de la fleur de garance, II, 531
de la graine de colza, II, 175
des garances, II, 526-529
des garancines, II, 530-531
de l'huile d'olive, II, 186-193
des huiles à brûler, II, 191
des huiles par l'acide sulfurique, II, 192
des indigos, II, 611-618
des laines, II, 471
des manganèses, I, 620, II, 35
des monnaies d'argent, I, 838
— d'or, I, 854
des pierres calcaires, I, 590
— gélives, I, 586
des potasses, I, 483
des savons, II, 210
des soudes, I, 512
des suifs, II, 190
des tissus de laine, II, 473
— de soie, II, 480
des vinaigres, II, 447
des vins, II, 369
du chlore et des chlorures, II, 388
du café, II, 298
du coton et du lin, II, 465
Essais du rocou, II, 594
hydrotimétriques, II, 208
Essences, II, 226
d'amande amère factice, II, 251
d'ananas, II, 7-388
de cognac, II, 7-364
de girofle, II, 236
de mirbane, II, 7-251
d'orange amère, II, 236
d'Orient, I, 234
de perles, I, 234
de poire, II, 7-364
de pomme, II, 7-364
de Portugal, II, 237
de rose, II, 237
de savon, II, 208
de térébenthine, II, 236-238
vestimentale, II, 228
Essorage, II, 484-492-667
Estomac, II, 794
Étain, I, 733
brillant, I, 736
de glace, I, 803
des Indes, I, 623
de vaisselle, I, 743
en chapeau, I, 136
en feuilles, I, 743
en poudre, I, 738
terne, I, 736
Étamage de Biberel, I, 761
de Guanilh, I, 762
de Richardson et Motte, I, 762
des épingles, I, 769
du cuivre, I, 761
des glaces, I, 813
des globes de verre, I, 813
par le zinc, I, 630
polychrone, I, 761
Étangs, I, 79
État des corps, I, 6
hygrométrique de l'air, I, 58
naturel des métaux, I, 456
Étendage à l'air libre, II, 484
Étendoir pour les toiles, II, 492
Éthal, II, 218
Éther, II, 131
acétique, II, 432
amylacétique, II, 364
hydratique, II, 132
œnanthique, II, 334-363
pyroligneux, II, 449
phosphorique, II, 131
sulfurique, II, 131
valéramylique, II, 364
Éthérification, II, 131
Ethiops martial, I, 666
minéral, I, 811
perse, I, 810
Éthyle, II, 125-134
Étoffes d'acier, I, 662
de soie, II, 505
imperméables, II, 255
Étoupes, II, 461
Êtres organisés, II, 2

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Eucalyne, II, 85
Eudiomètre, I, 120-123
Eupatoire des teinturiers, II, 621
Eupione, II, 427
Évaporation, I, 58
Excrétions des végétaux, II, 788
Excroissances ligneuses, II, 631
Exhalaisons du mercure, I, 807-809
Exploitation des mines, I, 461
des tourbières, II, 825
Explosion dans les mines de houille, I, 363
Exposition des toiles sur le pré, I, 31, II, 272
Extinction de la chaux vive, I, 581
Extracteur à distillation continue, II, 173
Extrait alcoolique du charbon sulfurique de garance, II, 525
de châtaignier, II, 645
de Goulard, II, 438
d'orseille, II, 549
— très-concentré, II, 549
Extraits de bois de Brésil, II, 541
— de Campêche, II, 536
de garance, II, 525
végétaux, II, 830

F

Fabrication de l'acide citrique, II, 47
— oxalique, II, 29
— picrique, II, 599
— pyrogallique, II, 60
— pyroligneux, II, 424
— suffureux par les pyrites, I, 675
— sulfurique ordinaire, I, 236
— sulfurique de Saxe, I, 151
— tartrique, II, 41
de l'alun, I, 688
de l'azur, I, 723
de la bière, II, 345-347
de la céruse, I, 789
de la cire à cacheter, II, 243
de la couperose verte, I, 668
de la dextrine, II, 152
de la fausse monnaie, I, 856
de la fuchsine, II, 574
de la gélatine, II, 726 à 730
de la poudre à canon, I, 563
de la soude, I, 506
de l'encre de Chine, II, 6
de l'éther, II, 132
de l'eau-de-vie, II, 353
de l'orseille, II, 549
de l'oxyde de zinc, I, 635
Fabrication des acétates de cuivre, II, 436
— de plomb, II, 438
des bougies stéariques, II, 213-215
des chrômates de potasse, I, 678
des mordants de rouge, II, 440
des nielles, I, 843
des savons de Marseille, II, 195
— unicolores, II, 198
— mous, II, 200
— à froid, II, 199
des sels ammoniacaux, II, 742
des vernis, II, 245
du borax, I, 535
du café chicorée, II, 302
du chlorate de potasse, I, 579
du cidre, II, 337
du cuir, II, 730
du gaz d'éclairage, I, 333
du glucose, II, 133
du laiton, I, 768
du minium, I, 781
du papier, II, 506
du plâtre, I, 601
du plomb de chasse, I, 780
du rouge d'aniline, II, 574
du sucre, II, 101
du sulfate de cuivre, I, 764
— de quinine, II, 80
du tabac, II, 405-407
du vermillon, I, 811
du vert-Guignet, I, 681
du verre, I, 714
du vin, II, 325
du vinaigre à Orléans, II, 443
— par la mousse de platine, II, 445
— dans le Nord, II, 444
du violet d'aniline, II, 573
Faïences anglaises, I, 698
communes, I 699
fines, I, 698
italiennes, I, 699
Falonia, II, 634
Falsifications des actes, II, 65
du bleu de Prusse, II, 764
du cachou, II, 639
du café en poudre, II, 303
des céruses, I, 796
de la cire, II, 223
des cochenilles, II, 559
des garances, II, 527
des indigos, II, 611
du lait, II, 392
de la laine par le coton, II, 473
du miel, II, 155
du rocou, II, 594
du sel marin, I, 551
des sels de potasse, I, 748
des savons, II, 210
des suifs, II, 190
des vins, II, 335
du vinaigre, II, 447
Fard de carthame, II, 547
des anciens, I, 749

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fard des dames romaines, I, 788
Farine fossile, I, 707
Farines, II, 307-312
Fausse couleur, II, 691
monnaie, I, 856
Fausses perles, I, 234
Faux bijoux, I, 766
safran II, 545
orpiment, I, 379
réalgar, I, 380
Fécule amylacée, II, 145-146
de marrons d'Inde, II, 296
de pommes de terre, II, 290
gommeuse et soluble, II, 152
sèche, II, 149
torréfiée, II, 152
verte, II, 149
des plantes, II, 627
Fécules purgatives, II, 147
Fer, I, 641
blanc, I, 658
cassant à froid, I, 658
chrômé, I, 678
cru, I, 643
dans le sang, II, 802, 803
des houillères, I, 643
doux, I, 643
ductile, I, 643-654
étamé, I, 630
forgé, I, 649
galvanisé, I, 630
limoneux, I, 643
noir, I, 658
oligiste, I, 642
oolithique, I, 643
oxydulé, I, 643
passif, I, 672
réduit par l'hydrogène, I, 665
rouverain, I, 658
spathique, I, 643
spéculaire, I, 642
sulfuré blanc, I, 674
— jaune, I, 674
zingué, I, 630
Ferment, II, 117
Fermentation, II, 117
acétique ou acide, II, 446
alcoolique, II, 117
lactique, II, 382
du cidre, II, 342
du moût de raisin, II, 327
du tabac, II, 406
putride, II, 815
spiritueuse, II, 117
vineuse, II, 117
visqueuse, II, 789
Feu, I, 352
brisou, grisou ou terrou, I, 326
grec ou grégeois, I, 562
indien blanc, I, 381
Feuilles d'argent, I, 829
des boîtes à thé, I, 743
d'étain, I, 744
de gutta-percha, II, 260
Feuilles de plomb, I, 779
de raisin d'ours, II, 642
de tabac, II, 405
de thé, II, 293
Feux ardents, I, 474
d'artifice, I, 559
follets, I, 174-II, 818
naturels, I, 324
Fez des Orientaux, II, 564
Fibre ligneuse des végétaux, II, 157
musculaire, II, 396
Fibres textiles, II, 481-484
Fibrine, II, 397
végétale, II, 308 397
du sang, II. 802
Fibroïne, II, 479
Fibrose, II, 409
Fiel de bœuf, II, 270-797
concentré et purifié, II. 798
de verre, II, 714
Fiente du diable, II, 240
Figulines (argiles), I, 697
Fil d'aloès, II, 455
d'archal, I, 415-665
de chanvre, II, 462
de clavecin, I, 665
de coton, II, 464
de faux aloès, II, 445
de laiton, I. 769
de lin, II, 461
de plomb, I, 780
de soie, II, 478
de verre, I, 716
Filaments de chanvre vus au microscope, II, 465
du coton, *id.*, II, 465
de laine, *id*, II, 469
du lin, *id.*, II, 465
de soie, *id.*, II, 478
Filasse, II, 459- 60
Filière, I, 414
Filigrane du papier, II, 510
Filons, I, 460
Finage, I, 652
Fineries, I, 652
Fine-forge, I, 252-267
Fine-metal, I, 672
Fioles philosophiques, I, 717
Filtrage de l'eau, I, 303
Filtres, I, 304-307
Dumont, II, 106
Taylor, II, 114
Fixage des couleurs par l'albumine, II, 717
des couleurs par la vapeur, II, 715
Flambage des toiles, II, 494
Flacons bouchés à l'émeri, I, 686
de Bologne, I, 417
Flambards, I, 174
Flambart, II, 200
Flamme, I, 355
de réduction, I, 358
oxydante, I, 358

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Flamme phosphorique, I, 166
Flavine, II, 585
Flèches empoisonnées, II, 75
Flénu, I, 272
Fleurage, II, 290
Fleurée, II, 672
Fleurs (leurs mat. colorantes), II, 264
argentines, I, 748
d'antimoine, I, 748
d'arsenic, I, 382
d'artichaut, II, 389
de benjoin, II, 247
de caille-lait, II, 389
du cardon, II, 389
des chardons, II, 389
de carthame, II, 545
de garance, II, 524-531
de Gaultheria, II, 7
de la grassette, II, 389
de houblon, II, 348
de pecher, II, 759
de la reine des prés, II, 7
de soufre, I, 128
Fleuves, I, 79
Flint-glass, I, 713
Fluavile, II, 258
Fluor, I, 726
Fluorure de calcium, I, 726
Flux blanc et noir, II, 46
Folle (machine pour le blanchiment), II, 491
Fonctions des organes pendant la vie, II, 774
dans les animaux, II, 792
dans les végétaux, II, 775
Fondant de Baumé, I, 559
Fondants métallurgiques, I, 464
Fondeurs de cuillers d'étain, I, 737
Fontaines, I, 304
ardentes, I, 325
dépuratoires, I, 303
empoisonnées, I, 49
filtrantes de grès, I, 310
incrustantes, I, 587
salées, I, 85
Fonte, I, 648
blanche, I, 648
de Berlin, I, 277
grise, I, 648
Force assimilatrice, II, 6
catalytique, I, 876
vitale, II, 3-6
Forces qui produisent la combinaison des corps, I, 14
qui régissent les êtres vivants, II, 3
Forgeage du fer, I, 651
Formation des couleurs dans les plantes, II, 265
des huiles volatiles, II, 234
de l'humus, II, 413
de la tourbe, II, 824
Formes à sucre, II, 110
cristallines du diamant, I, 252
Formules chimiques, I, 473
Fosses ou silos à blé, II, 836
à racines, II, 836
des tanneurs, II, 733
Foulard, II, 501-502-658-695
Foulardage, II, 659-695
Four à bronze, I, 771
à laiton, I, 768
à puddler, I, 653
à réchauffer, I, 654
à sole tournante de Rolland, II, 317
ordinaire de boulanger, II, 316
Fourneaux à alandiers, II, 749
à manche, I, 734
catalans, I, 656
d'affinage de l'argent, I, 828
de coupelle, I, 832
de verrerie, I, 714
à analyses organiques, II, 14
Fours à chaux, I, 591
à plâtre, I, 602
aérothermes, II, 316
anglais pour l'extract. du zinc, I, 627
liégeois, *id.*, I, 625
silésiens, *id.*, I, 626
à soude, I, 507
des Chinois pour le charbon, I, 281
Fousel, II, 363
Frangipane, II, 389
Fritte d'Alexandrie, I, 723
de Pouzzole, I, 723
Froid (moyen de conservation), II, 828
Fromages, II, 383-384
à la crème, II, 384
de Hollange (leur coloration), II, 624
Fruits alimentaires, II, 295
aromatiques, II, 303
astringents, II, 298
à l'eau-de-vie, II, 845
charnus et pulpeux, II, 296-790
contenant de l'acide cyanhydrique, II, 760
huileux, II, 297
des légumineuses, II, 304
du rocouyer, II, 592
secs du commerce, II, 829
sucrés et féculents, II, 298
— non acides, II, 296
tinctoriaux, II, 588
Fucus, I, 493
Fuchsiacine, II, 573
Fuchsine, II, 269-573-574-684
Fulmi-coton, II, 162
Fulminates, II, 771
d'argent, II, 771
de mercure, II, 771
Fumaison des viandes, II, 849
Fumée de Russie, I, 290
de tabac, II, 407
Fumerolles, I, 154
Fumigations d'acide chlorhydrique, I, 205

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fumigations d'acide sulfureux, I, 139
de chlore, I, 100
de vinaigre, II, 449
sulfureuses, I, 139
Fusées à la Congrève, I, 560
de mines, II, 260
Fusion aqueuse, I, 446
ignée, I, 446
du beurre, II, 386
des corps gras, II, 186
des métaux, I, 418
des minerais, I, 464
des suifs, II, 176
Fustel ou fustet, II, 578
Fustic, II, 578
Fustine, II, 269-579

G

Gâchage du plâtre, I, 604
Gale (son traitement), I, 139
Galène, I, 776
Galipot, II, 239
Gallate de peroxyde de fer, II, 57
Galle (noix de), II, 53
(espèces commerciales), II, 631
Gallons de Hongrie, II, 634
du Levant, II, 635
de Piémont, II, 634
Galvanisation du fer, I, 630
des cadavres, II, 853
Galvanoplastie, I, 859
Gambirs, II, 636
Gangues, I, 460
Gantéine, II, 201
Gants, II, 736
Garançage, II, 701
Garance, II, 517
(espèces commerciales), II, 519
(essai des garances), II, 530
(fleur de), II, 524-531
Garanceux, II, 524
Garancine, II, 524
Gastérase, II, 796
Gaude, II, 585
Gâteaux d'abeilles, II, 221
Gaz, I, 7-335
à l'eau, I, 346
acide carbonique, I, 35
— chlorhydrique, I, 199
— nitreux, I, 215
— sulfhydrique, I, 153
— sulfureux, I, 136, II, 842
ammoniac, I, 221
aqueux, I, 100
coercibles, I, 9
de l'éclairage par la houille, I, 336
— par les huiles, II, 188
— par la tourbe, II, 826
des marais, II, 431-823
des cimetières, II, 818
des mines de houille, II, 818
— de lignite, II, 818
Gaz des terrains ardents, II, 818
des rivières inflammables, II, 818
du bois, II, 426
du Paradis, II, 426
hilarant, I, 217
hydrogène, I, 104
— arseniqué, I, 392
— carboné, I, 323
— bicarboné, I, 328
— phosphoré, I, 170
— sulfuré, I, 153
inflammable, I, 108
intestinaux, II, 798
light, I, 335
méphytique, I, 36
nitreux, I, 218
oléfiant, I, 329
oxyde de carbone, I, 312
permanents, I, 9
phosphorique, I, 170
platine, I, 348
plomb, I, 156
portatif comprimé, I, 345
— non comprimé, I, 346
rutilant, I, 218
spontanément inflammable, I, 170
sylvestre, I, 36
tonnant, I, 110
Gay-Lussac (note historique), II, 755
Gazomètre, I, 361
Gélatine, II, 722
(espèces commerciales), II, 726
des os, I, 736
(agent de conservation), II, 841
Gelée blanche, I, 57
végétale, II, 142
de viandes, II, 401
de fruits, I, 143
Gelées alimentaires, II, 728
Gehlen, chimiste (mort de), I, 393
Gemmes, I, 709
Genièvre, II, 237-357
Gendre de Saturne, I, 749
Genêt d'Espagne, II, 436
Gentianine, II, 269
Géognosie, I, 457
Gerhardt (note historique), II, 26
Germination, II, 755
de l'orge, II, 345
Germoir, II, 345
Geyser, I, 708
Gin, II, 237
Gites aurifères, I, 848
Givre, I, 57
Glace (eau solide), I, 78
Glaces et sorbets, I, 448
Glaces, II, 711
argentées, II, 229
Glacière des familles, I, 448
Glaires de l'œuf, II, 375
Glazer (note historique), I, 558
Globes métalliques, I, 813
Globules de l'amidon, II, 145
du lait, II, 387

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Globules du sang, II, 801-802
Glu marine, II, 257
Glucose, II, 85-95-154
lactique, II, 381
Glucosurie, II, 811
Glucynium, I, 404
Gluten, II, 147-308
d'indigo, II, 613
Glutine, II, 308
Glycérine, II, 85-118-199-202-512,
Glycine, II, 85
Glycocolle, II, 725
Glycose, II, 85
Glycyrrhizine, II, 84
Goëmons, I, 493
Goîtres (guérison par l'iode), I, 498
Goldwasser, II, 357
Gomme, II, 136
adragante, II, 137
arabique, II, 137
astringente de Gambie, II, 637
de Barbarie, II, 137
de Bassora, II, 138
de France, II, 138
de l'Inde, II, 137
de la soie, II, 479
du Sénégal, II, 137
de Sumatra, II, 257
élastique, I, 321, II, 252
gettania, II, 257
gutte, II, 243
kino, II, 637
laque, II, 243-564
ou résine molle, II, 239
résine, II, 237
Gommeline, II, 152
Gomouti, II, 455
Gonflement des peaux, II, 732
Gongs, I, 397
Goudron de bois, II, 427-451
de houille, I, 341
de tourbe, II, 826
du Nord, II, 451
minéral, I, 341-820
végétal, II, 427
Gousses de bablah, II, 645
de libidibi, II, 645
Goût d'empyreume ou de feu, II, 353
Gouttes d'or du général Lamotte, I, 845
Grain de blé vu au microscope, II, 321
Graine en germination, II, 775
Graines aromatiques (agent de conservation), II, 846
céréales, II, 306
— (conservation), II, 836
d'Avignon, II, 589
d'écarlate, II, 554-562
de Perse, II, 589
de ver à soie, II, 477
des légumineuses, II, 304
jaunes, II, 588
Grains de lumière, I, 871
Graisses, II, 170
noires pour les essieux, II, 241
Grand-antique, I, 583
Granatine, II, 84
Granulation du plomb, I, 780
Graphite, I, 258
Gras des cadavres, II, 822-827
Grass-cloth, II, 455
Gravelle, II, 813
Gravure à l'eau-forte, I, 426
à l'acide fluorique, I, 728
Grêle, I, 57-79
Grenat oriental ou syrien, I, 709
Grenétine, II, 143-728
Grès, I, 707
poreux pour filtrer, I, 310
Grésil, I, 57
Grillage du café, II, 299
des minerais, I, 464
des toiles, II, 494
Gris au chrysammate d'ammoniaque, II, 598
de zinc, I, 637
noir au sumac, II, 644
Grisou, I, 326-818
Griots de blé, II, 310
Griotte d'Italie, I, 583
Grotte d'ammoniaque, I, 223
du Chien, I, 36-48
Guarana, II, 299
Guèdre ou guesdre, II, 670
Guesdron, II, 670
Gueuses et gueusets, I, 646
Gutta-percha, II, 257
volcanisée, II, 260
Gypse, I, 599
Guyton de Morveau (note historique), I, 443

H

Haleines lumineuses, II, 749
Halfa des Arabes, II, 456
Happement à la langue, I, 696
Harengs, II, 850
salés, I, 850
saurs (préparation), I, 850
Harmaline, II, 269-572
Harmonica chimique, I, 110
Hausmann (note historique), II, 648
Hauts-fourneaux, I, 644
Héliotrope, I, 707
Hellot (note historique), II, 648
Hématéine, II, 268-534
Hématine, II, 268-522
Hématite brune, I, 643
rouge, I, 643
Hématocristalline, II, 802
Hématosine, II, 268-802
Hématoxyline, II, 268-533
Hennel (sa mort), II, 772
Henné, II, 646
Herbe à la reine, II, 404
à ouate, II 456
au noir, II, 642
aux poux, II, 75

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Herbe aux tanneurs, II, 642
aux teinturiers, II, 642
Herbier, II, 827
Hile, II, 148
Histose, II, 738
Holerea, II, 357
Holker (note historique), I, 238
Homberg (note historique), I, 527
Hott-flue, II, 695
Houblon, II, 348-456
Houille, I, 263-319
(classification des), I, 266
(distillation de la), I, 331
Houilles agglomérées, I, 273
Houillères, I, 270
Huile admirable, II, 236
animale de Dippel, II, 741
de baleine, II, 182
de cachalot, II, 218
d'éclairage, II, 178
fixe ou lourde de résine, II, 240
de fleur, II, 178
de foie de morue, II, 183
— de raie, II, 183
de froissage, II, 178
de gabian, II, 820
de genièvre, II, 237
de goudron de houille, II, 7
— légère, II, 249
légère de résine, II, 240
de l'eau-de-vie de blé, II, 364
— de marc, II, 364
— de mélasse de betterave, II, 361
— de pommes de terre, II, 363
de lin cuite, II, 170
de marmotte, II, 758
de naphte, II, 819
d'olive, II, 180
— de recense, II, 181
— lampante, II, 181
— tournante, II, 181
— vierge, II, 178
de palme, II, 189
de pieds de bœuf, II, 183
de rebat ou de refait, II, 178
de ricin, II, 187
de soufre par la cloche, I, 237
de vitriol, I, 44
— dulcifié, I, 131
des Hollandais, I, 329
du merisier à grappes, II, 758
épurée, II, 179
essentielle de vin, II, 363
légère de houille, II, 599
Huiles, II, 169
animales, II, 182
concrètes, II, 173
de poissons, II, 182
de résines, II, 240
de schiste, II, 452
de tourbe, II, 826
empyreumatiques du bois, II, 427
Huiles essentielles, II, 226
éthérées, II, 226
fixes ou grasses, II, 169
non siccatives, II, 189
siccatives, II, 188
tournantes, II, 679-680
volatiles, II, 226-231
— d'amandes amères, II, 234
— de moutarde noire, II, 234
— de pommes de terre, II, 7
— hydrocarbonées, II, 230
— oxygénées, II, 230
— sulfurées, II, 230
Humidité de l'air, I, 57
Humus, I, 85-413-432, II, 784-817
Hydracides, I, 154
Hydrates, I, 438
de chaux, I, 581
de chlore, I, 186
de cuivre, I, 438-763
d'oxyde de méthyle, II, 450
de peroxyde de fer, I, 386-643-665
de potasse, I, 517
de soude, I, 517
métalliques, I, 438
Hydro-carbon-gaz, I, 346
Hydrochlorate de soude, I, 538
Hydro-extracteur, II, 111-484
Hydrogène, I, 104
arseniqué, I, 392
bicarboné, I, 328
carboné, I, 319-323, II, 818
phosphoré, I, 170, II, 818
sulfuré I, 129
Hydromel, II, 100
Hydrosilicate d'alumine, I, 696
Hydrotimètre, II, 208
Hydrotimétrie, II, 208
Hydrure de phényle, II, 249
Hygroscopes ou hygromètres, I, 60
Hypéricine, II, 268
Hypochlorites, I, 191
de chaux, I, 191
de potasse, I, 191
de soude, I, 191

I

Ichthyocolle, II, 726
Ignition, I, 352
Ilixanthine, II, 269
Imbibition des bois, II, 415
Imperméabilisation des tissus, II, 467
Impression des mordants, II, 696
des papiers, II, 513
des tissus, II, 689
des toiles (art de), II, 689
Impressions à l'albumine, II, 717
à l'aniline, II, 718
au vert Guignet, II, 718
en couleurs d'application, II, 719

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Impressions en couleurs vapeur, II, 712
par mordants et garançage, II, 703
par réserves, II, 705
par rongeants, II, 707
Impuretés de l'air, I, 60
de l'or natif, I, 847
Incendies (moyens de les éteindre), I, 694
Incinération, I, 279
Incrustation des chaudières, I, 608
Indiennes II, 689
Indigo, II, 602
carmin, II, 617
précipité, II, 617
soluble, II. 617
vert de Chine, II, 263-270-629
violet, II, 573
Indigos du commerce, II, 604
Indigotiers ou indigofères, II, 602
Indigotine, II, 612
blanche, II. 614
bleue, II, 614
Indisine, II, 269-572-573
Industrie des pyrites, I. 674
des mines (historique), I, 464
Inflammation des gaz par les métaux, I, 419
spontanée du charbon, I, 318
— des corps gras, II, 189
— des végétaux, II, 817
Infiltration des bois, II, 419
Influence de l'eau sur la coloration des sels, I, 446
de l'oxygène sur la coloration des corps, II, 265
des vases de zinc sur le lait, II, 390
Ingenhousz (note historique), I, 18
Injection des bois, II, 418
des cadavres, II, 852
Inocarpine, II, 268
Inosite, II, 85-400
Inquartation, I. 854
Insecte de la cochenille, II. 554
de la noix de galle, II, 631-632
Insectes tinctoriaux, II, 553
Inuline, II, 288
Invention du papier, II, 506
Iode, I, 495
Iodures, I, 422-495
d'amidon, I, 497, II, 150
d'azote, I, 497
de mercure, I. 496
de plomb, I, 496
de potassium, I, 498
Iridium, I, 404
Isatine, II, 613
Isomérie, I, 322
Isomères (corps), I, 322
Ivoire animal, II, 744
végétal, II, 745
Ivresse (moyens de la faire disparaître), I, 236
Ivrognes, II, 126

J

Jai ou Jais, I, 276
artificiel, I, 276
Jargon, I, 709
Jaspe, I, 707
Jaune Aladin, I, 680-684
à l'acide picrique, II, 600-685
au quercitron, II, 584-685
au sumac, II, 644
bouton d'or, I, 683
d'antimoine, I, 781
de cachou, II, 270
de carthame, II, 269
de Cassel, I, 786
de Cologne, I, 684
de chrôme, I, 683-684, II, 686
de curcuma, II, 577-685
de gaude, II, 588-685
de gomme gutte, II, 270
de graines de Perse, II, 591
de houque, II, 270
de Kassler, I, 786
de Naples, I, 786
d'œuf, II, 375
d'outremer, I, 683
de Paris, I, 786
de rhubarbe, II, 269
de Sienne, I, 583
de Turner, I, 786
de Vérone, I, 786
des lisières, II, 685
indien, II, 270
minéral, I, 786-815
— surfin, I, 787
paille minéral, I, 815
sur laine au bois jaune, II, 581
Jayet, I, 276
Jets enflammés des terrains ardents, II, 818
Job (feuilles d'étain), I, 744
Jus de Brésil, II, 540
de pommes, II, 342
de réglisse, II, 830
Jusée, II, 732
Jute, II, 455

K

Kaolin, I, 698
Kao-lyang, II, 357
Karabé, II, 821
Karat, I, 256
Karsténite, I, 600
Kelp, I, 493
Kermès animal ou végétal, II, 562
(variétés commerciales), II, 563
minéral, I, 746
Khair, II, 456
Kino, II, 637
Kirsch ou kirschen-wasser, II, 357-758
Kneip, II, 357
Knoppern, II, 634
Ko, II, 456

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Koumys ou kumiz, II, 391
Kréosote, II, 453
Kunckel (note historique), I, 161
Kurari, II, 76
Kyanol, II, 571

L

Lac des teinturiers, II, 566
Lac-dye, II, 566
Lac-lake ou lack-lake, II, 566
Lacs, I, 79
salés, I, 539
Lactine, II, 85-381
Lacto-butyromètre de Marchand, II, 395
Lacto-densimètre de Quevenne, II, 393
Lactose, II, 381
Lactucarium, II, 830
Lagonis de Toscane, I, 532
Laine, II, 468
(vue au microscope), II, 469
(son blanchiment), II, 498
de bois, II, 456
de salamandre, I, 375
des philosophes, I, 406
tontisse pour le filtrage, I, 308
végétale, II, 455
Laines du commerce, II, 470
en suint, II, 470
mortes, II, 470
surges, II, 470
de toison, II, 470
Lait, II, 379-387-389
caillé (conservation des viandes), II, 833
(procédés de conservation), II, 840
de beurre, II, 385
de chaux, I, 581
de divers animaux, II, 391
de vierge, II, 439
écrémé, II, 380
qui ne tourne jamais, II, 389
virginal, II, 241
Laitiers, I, 464
Laiton, I, 755-766-768
Lames métalliques (action sur les sels), I, 450
Laminage du fer, I, 652
du plomb, I, 779
Lamineries, I, 652
Laminoirs, I, 413
Lampe de Davy, I, 369
de M. Combes, I, 371
d'émailleur, I, 716
hydroplatinique, I, 420
hydrostatique, I, 633
philosophique, I, 109
sans flamme, II, 128
Lampes de sûreté, I, 370
perpétuelles, I, 375
Langage chimique des anciens, I, 442
des modernes, I, 29-441
Languedoc (marbre), I, 583
Lanternes de sûreté, I, 374
Lanthane, I, 404
Lapis (genre d'indiennes), II, 706
Lapis lazuli, I, 709
Laque (vernis chinois), II, 821
Laques, II, 29-281-687
carminées, II, 558
— de Florence, II, 558
cramoisies, II, 542
de Brésil, II, 542
de Florence, II, 542-558
de gaude, II, 588
de Vienne, II, 542
en boules de Venise, II, 542
Larmes bataviques, I, 717
Larrons (dans les toiles), II, 498
Lassaigne (note historique), II, 473
Laurier-rose des teinturiers, I, 621
Lavage à dos de la laine, II, 499
de la laine après la tonte, II, 500
des minerais, I, 463
du papier timbré, II, 67
des sables aurifères, I, 849
des toiles, II, 487
Laveuse de Rickly, II, 666
Lavoisier (note historique), II, 70
Lau, II, 357
Laurent (note historique), II, 598
Laurier-camphrier, II. 232
Lazulite outre-mer, I, 709
Leblanc (note historique), I, 505
Lebon (note historique), II. 424
Lecheguana (guêpe), II, 99
Le Fèvre (note historique), I, 237
Légumes alimentaires conservés, II, 832
herbacés, II, 292
Légumine, II, 297-304-379
Leïogome ou leïocome, II, 152
Lemery (note historique), I, 237
Lepileur d'Apligny (note historique), II, 648
Lessivage à haute pression de Wright et Freeman, II, 496
— de Gaudry, II, 497
des fils, II, 484-485
des soudes, I, 511
Lessive de sang, II, 753-761
Lessives, II, 478
caustiques, I, 516
des savonniers, I, 516
Leucine, II, 725
Levain, II, 117-311
Levûre de bière, II, 117-120-311
lactique, II, 381
Levûriers, II, 117
Libidibi, II, 645
Lichens tinctoriaux, II, 548
Lie de vin, II, 328
Lifa, II, 455
Ligneux, II, 157
Lignine, II, 158-166
Lignites, I, 275, II, 819
Liguline, II, 268

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lilas d'orcanette, II, 568
d'orseille, II, 551
Limon, II, 823
Limonade sèche, II, 49-103
Lin commun, II, 455-457
(vu au microscope), II, 465
(espèces commerciales), II, 457
vif, I, 375
de la Nouvelle-Zélande, II, 455
Lingotière, I, 836
Liquéfaction du gaz acide carbonique, I, 51
des savons, II, 196
Liqueur alcalimétrique, I, 485
à argenter les glaces, II, 229
ammoniaco-cuivreuse, II, 160
anodine d'Hoffmann, II, 134
cupro-ammoniacale, II, 160
d'amorce, II, 842
de Barreswil, II, 27
de ferraille, II, 442
de Labarraque, I, 198
de Van Swieten, I, 820
des cailloux, I, 729
des Hollandais, I, 329
d'or, I, 845
fumante de Cadet, II, 433
— de Libavius, I, 741
Liqueurs de table, II, 91
Liquide pour bronzer, I, 752
Lisage des fils, II, 663
Lisoirs, II, 657
Litharge, I, 784
(variétés commerciales), I, 785
Lithium, I, 404
Lithographie, I, 584
Lo-chou (nerpruns de Chine), II, 270-629
Lo-kao (vert de Chine), II, 263-270-629
(indigène), II, 630
Lo-mâ, II, 456
Lois de Berthollet, I, 455
de composition des sels, I, 443
de combinaison, I, 206
des acides pyrogénés, II, 26
des équivalents, I, 470
des oxydes métalliques, I, 430
Lophine, II, 77
Lumaca, lumacella, lumachelle, I, 584
Lumière électrique, I, 297
philosophique, I, 166
solaire (son action sur les couleurs), II, 272
Lumps (sucres), II, 115
Lune, I, 820
cornée, I, 838
Lupulin ou lupuline, II, 348
Lustre Burgos, I, 865
de platine, I, 873
métallique, I, 410
Lutéoline, II, 269-586
Luts, I, 91
de sapience ou des philosophes, I, 92
Lymphe des plantes, II, 788

M

Mâ, II, 455
Mâchefer, I, 366
Machine à acide carbonique de Brunel, I, 41
à dégorger de Prévinaire, II, 655
à fabriquer le papier, II, 510-511
à lanières, II, 487
à laver, II, 487
à passer de Prévinaire, II, 655
à rouleaux ou à cylindres, II, 487
— pour impression, II, 693
à tordre, II, 463
à tubes, II, 487
pneumatique, I, 68
Machines à vapeur, I, 100
à vapeurs combinées, II, 136
Macquage du lin, II, 460
Macquer (note historique), II, 648
Madrage ou madrure des savons, II, 198
Magister de bismuth, I, 802
Magistral, I, 825
Magnaneries ou magnanderies, II, 476
Magnès, I, 614
Magnésie noire, I, 614
Magnésite, I, 710
Maillechort, I, 722
en couleur, I, 744
Mahuari, I, 357
Malaria, II, 155
Maladie de la pierre, II, 812
des cidres, II, 343
Malachite, I, 763
Malate de chaux, II, 822
Malléabilité des métaux, I, 412
Malouin (note historique), I, 630
Malt sec ou touraillé, II, 347
Maltage de l'orge, II, 345
des pois, I, 305
Malte ou Malthe, II, 820
Mammouths, II, 828
Manganate de potasse, I, 615
Manganèse, I, 614
Manganèses hydratés, I, 618
métalloïdes, I, 618
ternes, I, 618
Manioc, II, 314
Manne, II, 789
du sérum du lait, II, 381
Mannite, II, 84-98-789
Manuscrits d'Herculanum, I, 317
Marais, I, 79
salants, I, 544
Maraschino de Zara, II, 357
Marbres, I, 45
blancs, I, 583
de Bardiglio, I, 600
de Bergame, I, 600
statuaires, I, 583
Marbrure du savon, II, 198
Marcassite, I, 694-696
Margarates alcalins, II, 204
Margarine, 171-204

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Margaryle, II, 202
Margraff (note historique), II, 104
Marnes, I, 697
Marnières, I, 48
Maroquin, II, 734
Marquage du linge, I, 836
Marron foncé à l'acide chrysamique, II, 598
Marrons de coco, II, 745
— d'Inde, II, 296
Marteaux à vapeur ou marteaux-pilons, I, 654
Massicot, I, 781
Mastic (résine), II, 243
de Bell, I, 813
de Dilh, II, 246
de Serbat, I, 783
Mastics bitumineux, II, 821
hydrofuges, II, 246-821
pour chaudières et machines à vapeur, I, 783
Matamores, II, 836
Matériaux salpêtrés, I, 556
Matière amylacée, II, 144
brune de l'indigo, II, 674
caséeuse, II, 380
colorante du campêche, II, 533-535
— de l'artichaut, II, 631
— des chardons, II, 631
— de la garance, II, 523
— de la peau, II, 723
— de la soie, II, 479
— du sang, II, 802
de la soie, II, 478
excrémentitielle, II, 798
fibreuse de la soie, II, 479
glycogène, II, 812
grasse de la laine, II, 472
incrustante, II, 158-166
ligneuse, II, 157
— des animaux, II, 397
verte des feuilles, II, 263
Matières albuminoïdes, II, 84-398
alimentaires, II, 792
astringentes diverses, II, 645
colorables, II, 267
colorantes, II, 261
— bleues, II, 260
— — artificielles, II, 624
— brunes, II, 270
— de bon teint, II, 274
— de mauvais teint, II, 274
— jaunes, II, 269
— rouges, II, 268
— vertes, II, 270
— violettes, II, 624
colorées, II, 267
de la bile, II, 797
étrangères sur les toiles, II, 487
filamenteuses, II, 454
grasses des animaux, II, 171
— des végétaux, II, 171
Matières grasses de l'huile de ricin, II, 240
organiques, II, 3
— de l'air, I, 60
osseuses employées à l'extraction de la gélatine, II, 739
rouges artificielles, II, 575
salines dans les animaux, II, 794
— dans les plantes, II, 786
servant à la fabrication de la gélatine, II, 720
textiles, II, 454
— animales, II, 468
— végétales, II, 454
tinctoriales, II, 516
— bleues, II, 602
— brunes, II, 631
— jaunes, II, 576
— noires, II, 631
— rouges, II, 517-567
— vertes, II, 631
Mattes, I, 850
Maturation des fruits, II, 789
Maurelle, II, 623
Mauvais goût des esprits, II, 363
Mauve en arbre, II, 456
d'aniline, II, 573
de cochenille, II, 559
d'orseille, II, 551
textile, II, 456
Mazéage, I, 652
Meat-biscuit, II, 831
Mèches incombustibles, I, 375
pour les bougies stéariques, II, 214
soufrées, II, 842
Méchoir, II, 843
— de M. Maumené, II, 843
Médailles en soufre, I, 134
Mégisserie, II, 735
Mélange, I, 15
Mélanges frigorifiques, I, 441
Mélasse, II, 103
— (agent de conservation), II, 836
Mélamine, II, 77
Melchior, I, 772
Mélézitose, II, 86
Mélitose, II, 86
Membrane de l'œuf, II. 374
Menu des indigos, II, 611
Mer, I, 79
Mercure, I, 803-804-808
blanc, I, 818
de vie, I, 753
des sages, I, 398
doux, I, 816
— à la vapeur, I, 817
éteint, I, 810
fulminant de Howard, II, 771
Mères de vinaigre, II, 443
Merrains de chêne, II, 368
Mesurage de la houille, I, 265
du charbon de bois, I, 296
du coke, I, 294

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mesureur de la densité du lait, II, 393
Métal anglais, I, 775
argentin de Paris, I, 747
britannia, I, 775
d'Alger, I, 747
de la civilisation, I, 685
de la coloration, I, 685
de la Reine, I, 747
Muntz, I, 767
des canons, I, 412
des cloches, I, 770
du prince Robert, I, 747
Métalloïdes, I, 11-435
composés de nature organique, II, 435
Métallurgie, I, 463
Métamorphoses des matières organiques, II, 815
Métanaphtaline, II, 240
Métaux, I, 11-396-411-435
alcalins, I, 409
alcalino-terreux, I, 409
attirables à l'aimant, I, 419
cassants et fragiles, I, 413
composés de nature organique, II, 435
conducteurs de l'électricité, I, 419
cuivrés, I, 860
des alcalis et des terres, I, 402
fusibles, I, 418
natifs, I, 456
nobles, I, 409
proprement dits, I, 409
réfractaires, I, 419
vierges, I, 457
volatils, I, 418
Météores aqueux, I, 57
Météorisation des herbivores, I, 236
Météorites, I, 642
Méthyle, II, 450
Méthylène, II, 450
Métier à surface, II, 694
Mets contenant du vert-de-gris, II, 437
Meubles (moyen de leur donner un air de vétusté), II, 424
Meunier (note historique), I, 117
Miasmes, I, 60
Mica, I, 710
Microscope appliqué à la distinction des fibres textiles, II, 465
Miel, II, 98
de roseau, II, 87
— (agent de conservation), II, 835
Mignonnette, II, 304
Miltos, I, 812
Mine d'acier, I, 643
de capucine, I, 259
de cobalt, I, 377
de chrôme, I, 678
de plomb, I, 258
Mine de plomb rouge de Sibérie, I, 676
— orange, I, 797
Mineral succedaneum, I, 813
Minerais de fer, I, 642
de plomb, I, 776
métalliques, I, 463
Minéraux, I, 3
Mines (leur développement industriel), I, 464
d'argent, I, 821
de cuivre, I, 756
de diamants, I, 252
d'étain, I, 734
de houille, I, 270
de mercure, I, 804
d'or, I, 847
de platine, I, 866
de plomb, I, 776
de sel gemme, I, 538
Minium, I, 781
(espèces commerciales), I, 787
Minofor, I, 747
Miracle chimique, I, 601
Miroir d'âne, I, 600
des Incas, I, 676
Mise en couleur des alliages d'or, I, 857
des parquets, II, 224
des peaux en fosse, II, 733
Mispickel, I, 381
Mock-argent, I, 775
Mocou-mocou, II, 456
Moelle de benjoin, II, 247
de bœuf, II, 171
de sureau, II, 159
Moellons, I, 586
Mofette, mophette ou mouphette asphyxiante, I, 47
Moire, II, 505
Moiré métallique, I, 659
Moisissure des viandes, II, 806
Molécules des corps, I, 4
Molybdène, I, 404
Momies, II, 822-854
blanches, II, 829
Momification, II, 822
Monnaies d'argent, I, 830
d'or, I, 854
fausses, I, 856
fourrées, I, 841
Monnayage, I, 830
Montage des cuves d'indigo, II, 616-670
Mordançage, II, 654
de la laine en toison, II, 659
des fils, II, 655
des tissus, II, 658
Mordants, II, 282-651-653
d'alumine des fabriques, II, 441
d'étain, I, 740
de noir, II, 441
de rouge des indienneurs, II, 439
pour impressions, II, 696

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moréine, II, 269
Morfil, II, 744
Morin blanc, II, 269-580
jaune, II, 269-580
Morindine, II, 269
Morindone, II, 268
Morphine, II, 72
Mort aux rats, I, 175-381-387
Mortiers, I, 591
Mosaïques, II, 262
Moscouade, II, 103
Moufle, I, 832
Moulage des bougies stéariques, II, 214
du phosphore, II, 751
Moulin à broyer l'indigo, II, 616
— les pommes, II, 339-340
à cylindre des Hollandais pour le papier, II, 508
à égrener le coton, II, 464
Moum des Perses, II, 820
Moussache, II, 146
Mousse de platine, I, 420-872
(son emploi pour faire le vinaigre), II, 445
Moût de bière, II, 348
de pommes, II, 342
de raisin, II, 325
Moutarde, I, 871
Mouton (figure d'un), II, 469
Mouture du blé, II, 314
Moyens de distinguer la potasse de la soude, I, 873
de rendre les eaux dures potables, I, 607
d'empêcher les incrustations des chaudières, I, 608
— l'humidité dans les appartements, I, 744
— le lait de tourner, II, 389
d'enlever l'encre, I, 197
d'arrêter les incendies, I, 695
de détruire les animaux nuisibles, I, 160
pour combattre les effets du chlore, I, 184
pratiques de produire les couleurs, II, 670
pour enlever la chaux des citernes, I, 612
de reconnaître la nature des composés organiques, II, 12-22
de retarder la putréfaction, II, 827
Mucilage, II, 138
Muet, II, 844
Muqueux sucré, II, 118
Murexide, II, 268-568
Muriate de soude, I, 538
suroxygéné de potasse, I, 572
Mûrier à papier, II, 456-512
blanc, II, 456
des teinturiers, II, 579
Murs noircis par le temps (nettoyage des), I, 204
Muscles, II, 396
Musculine, II, 400
Mutage ou mutisme, II, 842
Mycose, II, 86
Myrica, II, 220
Myricine, II, 224
Myrobolans d'Asie, I, 645
Myronate de potasse, I, 235
Myrosine, II, 235
Mysy, I, 666

N

Naphte, I, 335, I[illegible], 819
Naphtène, II, 819
Naphtaline, II, 427
(agent de conservation), II, 846
Naphtole, II, 819
Naphtylamine, II, 576
Narcéine, II, 74
Narcotine, II, 74
Natromètre, I, 489
Natron, I, 504, II, 854
Nature des corps, I, 9
Nectar, II, 99
Neige, I, 57-79
d'antimoine, I, 748
Neiges rouges, I, 85
Nénuphar blanc, II, 645
Néroli, II, 237
Nerprun des teinturiers, II, 588
purgatif, II, 591-630
Nerpruns tinctoriaux de Chine, II, 629
Nettoyage de l'argenterie, I, 834, II, 46
des bouteilles avec le plomb, I, 800
des murs noircis par le temps, I, 204
des théières anglaises, I, 748
des tissus avec le marron d'Inde, II, 297
— teints, II, 665
Neusilber, I, 774
Nickel, I, 403
Nicotiane, II, 74-404
Nicotianine, II, 404
Nicotine, II, 77-404
Niellage ou niellure, I, 843
Nielles, I, 843
Nihil album, I, 406
Niobium, I, 404
Nitrate d'argent, I, 835
de potasse, I, 554
de soude, I, 560
Nitre, I, 553
cubique, I, 561
de sérum du lait, II, 381
dulcifié, I, 208
fixé par les charbons, I, 558
raffiné, I, 556
Nitrification, II, 817
Nitrobenzine, II, 251-572
Nitron, I, 553

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nitroso-naphtyline, II, 576
Nitrum, I, 553
Noir animal, I, 290-611, II, 277-742
(pour absorber la chaux des citernes), I, 611
animalisé, I, 302
d'Allemagne, I, 289
de bougie, I, 290
de Cassel, I, 290
de châtaigne, I, 289
de Cologne, I, 290
d'Espagne, I, 289
de fer, I, 753
de Francfort, I, 289
de fumée, I, 286
de fusain, I, 289
de hêtre, I, 289
de lampe, I, 290
de liége, I, 289
de pêche, I, 289
de platine, I, 874
de velours, I, 290
de vigne, I, 289
d'ivoire, I, 290
d'os, I, 290
Noirs (teinture), II, 686
au chrômate pour nouveautés, II, 687
d'Elbeuf teint en pièces, II, 686
de Sédan, — — II, 686
sur indigo pour nouveautés, II, 687
Noix d'Arec, II, 636
de coco, II, 745
de galle, II, 631
(variétés commerciales), II, 632
de Gouro, I, 86
de palmier ou de Tagua, II, 745
Nomenclature chimique, I, 30-421
Noms anciens des métaux, I, 397
Nombres proportionnels, I, 467
Nopal ou raquette, II, 554
Notation chimique, I, 472
Notions générales, I, 1
Nouvelles laques, II, 542
Noyer (racine de), II, 645
Nuages, I, 57
Nuances bringées, II, 662
Nutrition des plantes, II, 777
— des animaux, II, 792

O

Oberkampf (note historique), II, 691
Objets en cire, II, 225
en ivoire, II, 745
en platine, I, 871
en succin, II, 821
incombustibles, I, 730
Ocres, I, 697-700
de rue, I, 700
Odeur de peinture I, 797
OEnocyanine, II, 270-333
OEnoline, II, 269-333
OEs, I, 755
OEufs de vers à soie, II, 477
des oiseaux, II, 373
gâtés, I, 155
(moyens de conservation), II, 833
Oléates alcalins, II, 204
Oléine, II, 171-204
Oléomètre de Lefebvre, II, 185
Oliban, II, 243
Olive de gaude, II, 588
Ongles d'homme II, 721
Opale, I, 707
Opium, II, 830
Or, I, 844
blanc, I, 857-865
d'Allemagne, I, 775
de Judée, I, 742
de Nagyag, I, 847
en chaux, I, 852
en coquilles, I, 863
en drapeaux, I, 858
fulminant, I, 805
graphique, I, 847
jaune, I, 857
mosaïque, I, 742
musif ou mussif, I, 742
natif, I, 847
pâle, I, 857
potable, I, 864
rouge, I, 857
vert, I, 857
Orange de chrôme, II, 684-686
de murexide, II, 570
au rocou, II, 593-685
Orcanette, II, 568
Orcanettine, II, 568
Orcéine, II, 268-548-551
Orchis, II, 138
Orcine, II, 85-548
Orelline, II, 270-593
Organes employés à l'alimentation, II, 286
— en médecine, II, 403
— dans l'industrie, II, 408-720
Orge, II, 345
germé, II, 153-345
Orichalque, I, 755
Oripeau, I, 775
Ormes ou ourmes, II, 458
Orpailleurs, I, 848
Orpiment, I, 378
Orpin, I, 378
Orseille, II, 547-735
(variétés commerciales), II, 548
épurée, II, 549
en pâte, II, 549-550
pure et universelle, II, 550-683
violette, II, 549
Ortie de Chine, II, 455
Os, II, 737
calcinés à blanc, II, 746
Osséine, II, 738
Othia, I, 749

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Oulas, II, 436
Outils des tanneurs, II, 732
Outremer factice, I, 709
Oxacides, I, 153
Oxalate acide de potasse, II, 29
d'ammoniaque, II, 39
de chaux, II, 33-813
de potasse, II, 38
d'urée, II, 809
Oxalis acetosella, II, 29
Oxamide, II, 39
Oxychlorure d'antimoine, I, 752
Oxycrat, II, 443
Oxydation du campêche, II, 536
des matières colorantes, II, 274
des tissus imprimés, II, 699
Oxyde azoteux, I, 216
azotique, I, 218
blanc d'arsenic, I, 381
d'aluminium, I, 686
d'antimoine, I, 748
d'argent, I, 837
de cacodyle, II, 433
de carbone, I, 312
carbonique, I, 312
calcique, I, 580
cuivreux, I, 762
cuivrique, I, 762
d'étain, I, 737
de fer magnétique, I, 643
ferreux, I, 665
ferrique, I, 642-665
ferroso-ferrique, I, 666
hydrique, I, 124
mercureux, I, 814
mercurique, I, 810-814
noir de cuivre, I, 762
plombique, I, 781
pyrophosphorique, I, 435
rouge, I, 762
— de fer, I, 643
— de mercure, I, 810
— de plomb, I, 781
stannique, I, 737
Oxydes, I, 29
alcalins, I, 430
d'azote, I, 216
de chrôme, I, 677
d'or, I, 865
irréductibles, I, 433
métalliques, I, 432-499
solubles dans les alcalis, I, 454
terreux, I, 430
Oxygénation, I, 28-352
Oxygène, I, 22-26-682
Oxymel, II, 99
Oxymuriate d'étain, I, 740
Oxysulfure d'antimoine, II, 44
Ozone, II, 273

P

Paât, II, 455
Packfond, I, 397
Pakfund, I, 772
Paillon, II, 744
Pailloteurs, I, 848
Pain, II, 311
azyme, II, 312
de cassave, II, 314
de gluten, II, 310
de munition, II, 320
rassis, II, 319
tendre, II, 319
Pains-assiettes, II, 311
de luxe, II, 320
de pommes de terre, II, 314
en gélatine pour cacheter, II, 729
Palladium, I, 404
Palliement, II, 665-673
Palmine, II, 193
Palo campechio, II, 532
Palus, II, 520
Panacée antimoniale, II, 44
mercurielle, I, 817
universelle, I, 398
Pancréas et pancréatine, II, 796
Panier à salade, II, 491-492
Panification, II, 311-314
d'après les procédés de Mége-Mouriès, II, 320
Pansement des fractures avec la dextrine, II, 153
Pantes, II, 483
Papier, II, 506
à calquer, II, 512-729
à la main, II, 509
à la mécanique, II, 509
à papillotes, II, 513
brouillard, II, 513
d'amiante, I, 376
de Berzélius, II, 159
de chanvre et de lin, II, 507
de coton, II, 507
de Chine, II, 512
de cordes, II, 511
de curcuma, II, 577
de paille, II, 511
de riz, II, 158
de soie, II, 512
de Suède, II, 513
de tournesol, II, 622
de verre, I, 686
demoiselle, II, 513
étamé, I, 738
fulminant, II, 772
gélatine, II, 729
glace, II, 729
goudronné, II, 515
hydrographique, II, 69
Joseph, II, 512
pelure d'oignon, II, 512
pour billets de banque, etc. II, 512
serpente, II, 512
végétal, II, 512
vélin, II, 509
vergelé, II, 509

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Papiers à filtre, II, 513
argentés, II, 514
colorés, II, 513
communs, II, 511
de laine, II, 515
de sûreté, II, 67
d'emballage, II, 511
dorés, II, 514
gris, II, 511
lithographiques, II, 512
maroquinés, II, 514
peints, II, 513
pour l'impression, II, 512
tontisse, II, 514
veloutés, II, 514
Papyrier, II, 456
Papyrine, II, 161
Papyrus, II, 506
PARACELSE (note historique), I, 623
Paraffine, II, 224-427-451-819-826
Paraxylose, II, 409
Parchemin, II, 737
végétal, II, 161
Parelle d'Auvergne, II, 548
Parement ou parou, II, 151
Parfums, II, 237
des fleurs, II, 234
des vins, II, 334
PARMENTIER (note historique), II, 289
Particules des corps, I, 4
Passage des peaux en huile, II, 736
en chlorure de chaux, II, 490
Passes, II, 663
Passivité du fer, I, 672
Pastel, II, 621-622
Pastilles contre la soif, II, 34
digestives de d'Arcet, I, 526
de Vichy, I, 526
odorantes, II, 243
Pâte d'argent de Taveau, I, 813
de guimauve, II, 141
de jujubes, II, 141
du pain, II, 315
orange, I, 684
pour affiler les rasoirs, I, 668
Pâtés de jambon altérés, II, 806
Patine antique, I, 760
Pear-oil, II 364
Peau, II, 720-751
Pectine, II, 142
Pectose, II, 144
Peigne pour le lin, II, 460
Peignage du lin, II, 460
Peinture (distinction d'avec la teinture), II, 649
à l'encaustique, II, 224
à l'huile, I, 797, II, 190
au caoutchouc, II, 257
au gluten, II, 308
au sulfate de baryte, I, 798
noire des anciens, I, 317
sur porcelaine avec le platine, I, 873
sur toiles, II, 689
Peinture sur verre, I, 720
Pélanage, II, 732
Pellicule de l'œuf, II, 374
du lait, II, 389
Pelopium, I, 404
Pénétration des bois par les agents conservateurs, II, 416
Pépites d'or, I, 848
de platine, I, 867
Pepsine, II, 389-796
Peptones, II, 796
Péras artificiels, I, 273
Perchlorure d'étain, I, 740
de mercure, I, 818
d'or, I, 863
de platine, I, 871
Percollane, II, 826
Perlasse, I, 480
factice, I, 514
Perles fausses, I, 234
Permanence de la composition de l'air, I, 32
Peroxyde de cuivre, I, 763
de fer, I, 665
de manganèse, I, 614
de mercure, I, 810-814
Perrotine, II, 693
lithographique, II, 585
Perses (toiles), II, 689
Persio, II, 549
Persulfure de fer, I, 672
Pérusilber, I, 774
Pèse-vinaigre, II, 447
Pétards fulminants, II, 772
Petit-granite (marbre), I, 584
Petit-lait, II, 380
Pétrin mécanique, II, 315
Pétrifications calcaires, I, 587
Pétrissage, II, 315
Pétrole, II, 819-820
Pétrolène, II, 820
Pewter des Anglais, I, 747
Phalène du mûrier, II, 475
Phénaméine, II, 572
Phène, II, 248
Phéniliaque, II, 571
Phénomènes chimiques après la vie, II, 815
de contact, I, 876, II, 157
Phény-ammoniaque, II, 571
Phénylamine, II, 571
Philosophie hermétique, I, 397
Phocénine, II, 182
Phlogistique, I, 144-400
Phloridzéine, II, 268-410
Phloridzine, II, 410
Phlobaphène, II, 270
Phormium, II, 455
Phosphate de chaux des os, II, 746
acide de chaux, II, 747
ammoniaco-magnésien, II, 814
Phosphore, I, 161
(son extraction), II, 746-749
(sa purification), II, 750

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Phosphore amorphe, I, 164
d'Angleterre, I, 162
de Kunckel, I, 162
rouge, I, 164-170
Phosphorescence des poissons, I, 174
Phosphure de calcium, I, 172
Phosphures d'hydrogène, I, 173
Phycite, II, 85
Phyllocyanine, II, 270-628
Phylloxanthine, II, 270-628
Piassaba, II, 455
Picamare, II, 427
Picoline, II, 77
Pièces fausses d'argent et d'or, I, 856
Pied de couleur, II, 665
de cuve, II, 674
Pierre à bâtir des Parisiens, I, 585
à brunir, I, 643
à cautère, I, 518
à chaux, I, 585
à détacher, I, 699
à feu ou à fusil, I, 707
à Jésus, I, 600
à plâtre des Parisiens, I, 600
d'aigle, I, 643
d'argent, I, 785
de carabine, I, 674
de foudre, I, 674
de soude, I, 479
de taille, I, 586
— artificielle, I, 606
de touche, I, 855
infernale, I, 835
philosophale, I, 397
Pierres d'Arménie, I, 763
calcaires, I, 45-585
gélisses ou gélives, I, 586
gemmes, I, 250-709
lithographiques, I, 584
meulières, I, 707
précieuses, I, 250-709
spéculaires, I, 600
tombées du ciel, I, 642
urinaires, II, 813
Pieux et pilotis charbonnés, I, 317
Pigmentum, II, 722
Pigna, II, 456
Pilage des pommes à cidre, II, 339
Pilatre de Rosier (note historique), I, 112
Pile à papier, II, 508
Pile voltaïque, I, 402
Pilules perpétuelles, I, 746
Pina, II, 456
Pinchbeck, I, 707
Pine-apple-ale, II, 7
Pinite, II, 85
Pink-colour, I, 741
Pink-salt, I, 741
Pin maritime, II, 239
Pipérin, II, 304
Piquette, II, 829
Pissasphalte, II, 820
Pittacale, II, 427
Pitte, II, 455
Planches à musique, I, 747
d'impression, II, 690
plate, II, 691
de rentrure, I, 703
stéréotypes, I, 747
Plans des marais salants, I, 545-547
Plantes à indigo, II, 621
à papier, II, 511
qui contiennent de l'acide prussique, II, 758
des tourbières, II, 824
Plaqués métalliques, I, 842
Plaquer de mordant, II, 695
Plateau à battoir, II, 487
Platine, I, 865-866
en éponge ou en mousse, I, 420-868
Plâtrage du vin, II, 333
Plâtre, I, 599
cru, I, 601
cuit, I, 604
éventé, I, 604
Plomb, I, 775-778
blanc, I, 866
de mer, I, 259
d'œuvre, I, 284-778-827
— aurifère, I, 850
des vidangeurs, I, 156
natif, I, 776
noir, I, 775
raffiné, I, 778
Plombagine, I, 258
Plombate de protoxyde de plomb, I, 783
Plombine, II, 694
Plombite de soude, II, 479
Pluie, I, 57
Pluies de cendres, I, 84
de graines, I, 85
de manne, I, 84
de sang, I, 84
de soufre, I, 84
Plumes, II, 721
métalliques, II, 63
Plumule, II, 775
Poêles à gaz, I, 330
Poidou, II, 197
Poids spécifique, I, 5
Poils, II, 721
de barbe, II, 721
Points de congélation des corps gras, II, 186
de fusion des corps gras, II, 186
Pointes-naïves (diamants), I, 253
Poiré, II, 336-344
Poires à cidre, II, 338
Pois secs (leur maltage), II, 305
Poisons végétaux, II, 75
Poissons fumés, II, 850
Poivre, II, 303
(agent de conservation). II, 846
Poix minérale, II, 820
Polissage du marbre, I, 584
Polychroïte, II, 269-602

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Polygonum tinctorium, II, 621
Polymorphisme, I, 128
Polypes fibrineux, II, 397
Polytypage, I, 802, II, 691
Pommes à cidre, II, 337
de terre, II, 288
Populine, II, 409
Porcelaine, I, 698
de Réaumur, I, 718
Pores, I, 5
Porosité, I, 5
Porphyrharmine, II, 268
Portor (marbre), I, 583
Pot-au-feu, II, 400
Potasse, I, 479-517
caustique, I, 516
de mélasse de betteraves, I, 482
de paille, I, 491
du commerce, I, 479
factice, I, 514
Potassium, I, 518
Potée d'étain, I, 737
Poteries, I, 695-697
d'étain, I, 743-747
vernissées, I, 799
Potin, I, 707
Pouce fontainier, I, 307
Poudre à blanchir, I, 842
à canon, I, 559-561
aux mouches, I, 377
à dégraisser, I, 710
brisante, II, 164
clarifiante pour les vins, II, 378
coton, II, 162
d'Algaroth, I, 753, II, 45
de blanchiment, I, 195
de diamant, I, 254
de fusion, I, 559
de guerre, I, 561
de Knox, I, 195
de projection, I, 398
de savon, II, 200
de salinelle, I, 710
de succession, I, 819
de Tennant, I, 195
dentifrice avec le charbon, I, 301
désinfectante de Salmon, I, 380
d'or, I, 849
d'os, II, 741
fulminante d'iode, I, 497
— par la chaleur, I, 559
— par le choc, I, 573
pyrophorique, I, 318
Poudres de garance, II, 520
fulminantes, II, 771
tinctoriales, II, 660
Pourpre antique, II, 268
d'aniline, II, 269-572-574
de Cassius, I, 863
de murexide, II, 682
française, II, 551
solide à l'orseille, II, 683
Pourri, II, 160-413
Pourriture sèche du bois, II, 414
Pousse des indigos, II, 611
des manganèses, II, 37
Pouvoir refroidissant des toiles métalliques, I, 8
Précipitation des métaux par les lames, I, 450
Précipité blanc, I, 817
jaune, I, 815
per se, I, 810
rouge, I, 810
Précipités formés par l'acide sulfhydrique, I, 453
— par le cyanure ferroso-potassique, II, 762
— par la gélatine, II, 724
— par la noix de galle, II, 57
Préparations antimoniales, I, 746
mécaniques des minerais, I, 463
solaires, I, 845
Presse à décharger, II, 710
de Révillon, II, 341
Pression atmosphérique, I, 19
(agent de conservation), II, 832
Présure, II, 380
Priestley (note historique), I, 221
Principe astringent ou tannant, II, 53
doux des huiles, II, 202
mercuriel des anciens, I, 804
Principes généraux de la teinture, II, 617
immédiats, II, 2-20
— acides, II, 25
— azotés, II, 22
— non azotés, II, 22
— alcalins ou basiques, II, 24
— indifférents ou neutres, I, 24-83
— inflammables, I, 168
— résineux, II, 237
Prix de la lumière artificielle, I, 344
du diamant, I, 256
du kilogramme d'argent, I, 833
— d'or, I, 854
Procédés d'Appert, II, 838
de Fastier, II, 838
de M. de Lignac, II, 839
de coloration des bois, II, 423
de conservation des matières organiques, II, 828-833
— du bois, II, 415
de distillation du bois, II, 425
accélérés pour faire le vinaigre, II, 444
industriels pour obtenir l'alizarine, II, 526
d'impression des toiles, II, 689
métallurgiques, I, 463
Production des mines d'argent, I, 828
— d'or, I, 853
— de platine, I, 869
des métaux bruts, I, 465

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Produits de la distillation du bois, II, 426
— des houilles, I, 355
de la tourbe, II, 826
immédiats, II, 20-22
Prolongements de la peau, II, 721
Proportions définies (théorie des), I, 207
moyennes de l'huile dans les semences, II, 173
multiples, I, 206
Propriétés chimiques des organes, II, 286
décolorantes des charbons, I, 302
désinfectantes du charbon, I, 300
générales des métaux, I, 409
— des sels, I, 444
vénéneuses des alcaloïdes, II, 75
— des viandes altérées, II, 806
— des vieux fromages, II, 384
Protochlorure d'étain, I, 738
de mercure, I, 816
de soufre, I, 185
Protoxyde d'azote, I, 216
de calcium, I, 580
de cuivre, I, 762
de fer, I, 665
d'hydrogène, I, 124
de mercure, I, 814
d'or, I, 865
de plomb, I, 781
Prussiates, II, 752
de fer, II, 754
de mercure, II, 755
de potasse ferrugineux, II, 761
obtenus avec l'azote de l'air, II, 767
rouge de potasse, II, 763
Ptyaline, II, 795
Puddlage, I, 652
Puissance calorifique, II, 412
Puits artésiens et jaillissants, I, 83-696
Punaises (destruction des), I, 820
Pureté comparative des eaux, I, 81
Purification de l'acide pyroligneux, II, 428
de l'air par les plantes, I, 55
de l'alun, I, 692
du caoutchouc, II, 253
des eaux calcaires, I, 609
des eaux séléniteuses, I, 607
des huiles de résine, II, 241
du mercure, I, 808
des mines et des puits par le charbon, I, 300
de la paraffine, II, 452
des potasses, I, 482
du salpêtre, I, 556
Purpurholcine, II, 268
Purpurine, II, 572
Purrhée, II, 270
Putréfaction, II, 815
dans l'air, II, 816
Putréfaction sous l'eau, II, 823
sous terre, II, 817
de l'urine, II, 810
Pyrétines, II, 427
Pyrites de fer ou martiales, I, 267-672-674
magnétiques, I, 675
Pyrolignites, II, 428
d'alumine, II, 441
de chaux, II, 441
de fer, II, 442
de plomb, II, 439
Pyrophore de Homberg, I, 692
de Magnus, I, 435
Pyroxyle, II, 162
Pyroxyline, II, 163

Q

Qualité de la laine sur le mouton, II, 468
Quadroxalate de potasse, II, 38
Quartz hyalin, I, 706
Quercétin, II, 269-583
Quercétine, II, 585
Quercine, II, 368
Quercite, II, 85
Quercitréine, II, 269
Quercitrin, II, 269-583
Quercitron, II, 582
(variétés commerciales), II, 583
Queue de rat, II, 726
Quinine, II, 74
Quinoléine, II, 77
Quinquet, I, 366
Quinquinas, II, 75
Quintessences, II, 226

R

Rable, II, 655
Racine (couleur de), II, 646
Racines alimentaires, II, 287
de chicorée, II, 301
de curcuma, II, 576
de garance, II, 520
de nénuphar, II, 645
de noyer, II, 645
d'orcanette, II, 568
féculentes, II, 288
Rack, II, 357
Radicaux composés métalliques, II, 435
Radicule, II, 775
Raffinage du borax, I, 536
du camphre, II, 232
du cuivre, I, 759
du salpêtre, I, 556
du sucre, II, 114
Raffineuses pour la pâte à papier, II, 509
Raisin (composition du), II, 324
de Corinthe à l'acide chrysammique, II, 598

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Raisiné, II, 830
Rakia, II, 357
Ramieh, II, 455
Rancidité des corps gras, II, 188-189
du beurre, II, 387
Râpage du sucre, II, 89
Râteliers en platine, I, 871
Rats (moyen de les détruire), I, 175
Raymond Lulle (note historique), I, 208
Réactifs, I, 12
de l'acide arsénieux, I, 434
— sulfureux, I, 740
des acétates, II, 435
de l'albumine, II, 377
de l'amidon, I, 497
de Boudet pour les huiles, II, 193
de Dupasquier pour le bicarbonate de chaux, II, 537
de la chaux, I, 33
du chlore, I, 838
du chloride de mercure, II, 377
du coton, II, 473-474
des eaux séléniteuses, I, 607
de Fauré pour les huiles, II, 190
du fer, II, 762-767
de l'iode, I, 497, II, 150
de la laine, II, 473-474
du peroxyde de fer, II, 479
de la potasse, I, 873, II, 43
de Poutet pour les huiles, II, 193
des principes immédiats, II, 439
des solutions métalliques, I, 453
de la soie, II, 480
des sels de mercure, I, 815
— de soude, I, 748
des vitriols bleus, I, 766
du soufre et des sulfures, I, 499
Réactions des sels les uns sur les autres, I, 455
Réalgar, I, 378
Recenses, II, 195
Récipient, I, 89
florentin, II, 231
Recollage de la porcelaine, II, 308
Recoupettes, II, 310
Rectificateur de Dubrunfaut, II, 364
Rectification de l'alcool, II, 123
Recuit de l'acier, I, 661
de métaux, I, 661
Récurage de l'argenterie, I, 834
du cuivre, II, 34
Redable, II, 196
Redon ou Redoul, II, 641
Réduction de l'aluminium, I, 703
du chlorure d'argent, I, 840
de l'indigo, II, 614
des minerais métalliques, I, 464
des oxydes métalliques, I, 436
Réfrigérant, I, 89
Refroidissement des flammes, I, 366
Régent (diamant), I, 257
Regreffe, II, 665-671
Régule d'antimoine, I, 746
Reins, II, 807
Relargage des huiles, II, 196
Rendement du blé en farine, II, 332
des farines en pain, II, 319
des semences en huile, II, 173
Renouée des teinturiers, II, 621
Rentrures, II, 703
Renverses, II, 663
Respiration, I, 68
Reproduction des matières organiques, II, 6
Réserves, II, 690-705
mordancées, II, 706
Résidus de la décomposition des animaux, II, 822
des végétaux, II, 819
Résinates alcalins, II, 242
Résine laque, II, 564
(variétés commerciales), II, 565
rouge de l'indigo, II, 613-674
verte des plantes, II, 627
Résines, II, 237
aromatiques, II, 243
acides ou négatives, II, 242
neutres ou positives, II, 242
pyrogénées, II, 427
Résistes, II, 690
Respiration des plantes, II, 778-782
Restauration des estampes et des livres, I, 197
Rétinaphte, II, 240
Rétinole, II, 240
Rétinyle, II, 240
Rétistérine, II, 240
Retorte, I, 10
Rhamnoxanthine, II, 269
Rheea, II, 455
Rhéine, II, 269
Rhodium, I, 404
Rhodoxanthine, II, 269
Rhubarbarine, II, 269
Rhum, II, 103-357
Rien blanc, I, 406
Rio-vinagre, I, 145
Rivières, I, 79
inflammables, I, 325-818
qui charrient de l'or, I, 848
Robert (note historique), II, 510
Robiquet (note historique), II, 548
Roches, I, 458
Rochage de l'argent, I, 835
Rochettes, I, 560
Rocou, II, 592
en pâte, II, 596
Rocouyer, II, 592
Roger Bacon (note historique), I, 563
Rognures de cuivre, I, 775
Rondelles fusibles, I, 802
Rongeants, II, 690-707
sur couleurs, II, 708
sur mordants, II, 707
Rose (diamant), I, 255
Rose à l'acide chrysammique, II, 597
de carthame, II, 547

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rose de fuchsine sur coton, II, 684
de groseille à la pourpre, II, 683
Solferino, II, 575
Rosée, I, 57
de vitriol, I, 144
Roséine, II, 573
Rôti de viande, II, 402
Roue à laver, II, 487
Rouelle frères (note historique), II, 853-854
Rouge à la cochenille, II, 681
au cachou et au santal, II, 640
à la murexide, II, 570
à polir, I, 700
au santal sur laine, II, 681
d'Almagra, I, 700
d'Andrinople ou des Indes, II, 679
d'Angleterre, I, 668-700-748
d'aniline, II, 269-573-574-718
d'Anvers, I, 700
de Brésil, II, 542
de fuchsine sur laine, II, 575
de garance, II, 679
de grémil, II, 268
de harmala, II, 268-567
d'iode de Heller, I, 496
de houque, II, 268
de Nuremberg, I, 700
d'orseille, II, 551
de Prusse, I, 668-700
de Venise, I, 700
indien, I, 700
pourpre, I, 683
turc, II, 679
végétal, II, 547
Rouille, I, 405-665
Rouissage du chanvre et du lin, II, 458-462
Rouleaux d'impression, II, 692
(machine à), II, 693
Roussables, II, 850
Roussi des toiles, II, 494
Routoirs, II, 459
Rubia, II, 517
Rubérine, II, 525
Rubine, II, 269-573
d'arsenic, I, 378
Rubis, I, 686-722
de Bohême, I, 707
spinelle, I, 722
Ruisseaux, I, 79
Rum, II, 357
Rumicine, II, 269
Rusma, I, 379
Rutiline, II, 269

S

Sabadilline, II, 74
Sables, I, 707
aurifères, I, 848
bitumineux, II, 821
des Placers, I, 849
platinifères, I, 866
Sabots de cheval, II, 721
Saccharates, II, 93
de chaux, I, 582, II, 18-93
Saccharification de l'amidon, II, 153
de la cellulose, II, 162
des graines, II, 776
dans les fruits, II, 790
Saccharon, II, 87
Safran, II, 601
d'Allemagne, II, 545
bâtard, II, 545
des Indes, II, 576
Safranine, II, 269-602
Safranum, II, 545
(variétés commerciales), II, 546
Safre, I, 723
Sagou, II, 146
Saindoux, II, 178
Sainte-Anne (marbre), I, 583
Salaison du beurre, II, 386
des œufs, II, 848
des poissons, II, 848
des viandes, II, 847
Salep, II, 138-142
Salicine, II, 409-410
Salicote, I, 479
Salin, I, 479
brut de betterave, I, 481
Saline, I, 544
Salive, II, 795
Salpêtre, I, 553
du Chili ou du Pérou, I, 210-561
de l'Inde, I, 555
raffiné, I, 556
Salses, I, 325
Samshu, II, 357
Sand-soap, II, 210
Sandaraque, I, 378, II, 243
Sang, II, 800
(vu au microscope), II, 801
(son rôle dans l'économie), II, 799
artériel, II, 805
veineux, II, 804
de la Saint-Jean, II, 563
du cochon, II, 806
Sanguine, I, 700
Santal rouge, II, 542
Santalidine, II, 543
Santaline, II, 268-542
Sapan (bois de), II, 537
Saphir, I, 722
oriental, II, 686
Saponaire d'Égypte, II, 297
Saponification, II, 194-201
calcaire, II, 213
du blanc de baleine, II, 218
de la cire, II, 224
des corps gras par la chaux, II, 213
des résines, II, 242
sulfurique, II, 215
par le chlorure de zinc anhydre, II, 217
Saponine, II, 201-297
Saprochrôme, II, 270

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Saprocyanine, II, 270
Sarcina botulina (moisissures de la viande), II, 807
Saturne, I, 775
des philosophes, I, 749
Saules (écorce des), II, 409
Saumons de cuivre, I, 757
Saumure, II, 847
Saurage ou saurissage, II, 850
Saussure (Théodore de), II, 785
Sautoir, II, 487
Savons, II, 194-206-211
à froid, II, 200
blanc, II, 196
bleu-noir, II, 196
d'amandes amères, II, 200
de Becœur, I, 387
de chaux, II, 212
de laine, II, 473
de Marseille, II, 195
de résines, II, 242
de silex, II, 210
de suif, II, 211
— anglais, II, 199
de toilette, II, 200
de Windsor, II, 200
dépilatoire, I, 379
des verriers, I, 617
durs, II, 195-206
en table, II, 197
économiques, II, 199-210
insolubles, II, 195-212
madré ou marbré, II, 198
médicinal, II, 200
métalliques, II, 212
mous, II, 195-199-206
noirs, II, 199
ponce, II, 210
pour le foulage des draps, II, 473
solubles, II, 195
transparents, II, 211
unicolores, II, 195-198-206
verts, II, 199
Schistes bitumineux, II, 452
Schlot, I, 541
Schlumberger (note historique), II, 619
Science noire, I, 398
Scories, I, 464
Séchage à la fumée, II, 849
à la vapeur, II, 493
des tissus teints, II, 667
des toiles imprimées, II, 698
Sécrétage des poils, I, 815
Sécrétions animales, II, 799
Sédiments d'urine vus au microscope, II, 813
Sekis-kayavodka, II, 357
Sel à bouser, I, 700-733
alembroth, II, 851
ammoniac, II, 743
blanc, I, 550
commun, I, 538
de cuisine, I, 538
Sel d'Epsom, II, 32
d'étain, I, 738
— pour rose, I, 741
de Glauber,
de nitre, I, 554
d'oseille, II, 28
de pierre, I, 553
de roche, I, 538
de la sagesse, I, 820
de Saturne, II, 458
de science, I, 820
de Seignette, II, 44
de soude, I, 510
de tartre, II, 46
de vie, I, 820
de vinaigre, II, 430
fixe de tartre, II, 46
gemme, I, 538
gris, I, 550
ignifère, I, 548
indien, II, 87
marin, I, 538
(agent de conservation des bois), II, 415
(— des viandes), II, 847
polychreste de Glaser, I, 558
végétal, II, 43
volatil d'Angleterre, I, 236
Sélénite, I, 599
Sellerie française, II, 737
Sels, I, 425-441
acides, I, 441
anhydres, I, 446
basiques, I, 441
d'argent, I, 835
de cuivre, I, 763
de fer, I, 666
de manganèse, I, 622
(agents de conservation des bois), II, 415
de mercure, I, 815
d'or, I, 863
de plomb, I, 787
de platine, I, 871
de soude, I, 525
de varechs, I, 494
de zinc, I, 632
déliquescents, I, 446
doubles, I, 442, II, 44
métalliques (agents de conservation), I, 852
neutres, I, 441
organiques, II, 28
réductibles par les métaux, I, 452
qui colorent les flammes, II, 127
Sensibilité, II, 3
Séparation de la laine du coton, II, 474
Seran, II, 460
Serançage du lin, II, 460
Serène, II, 384
Sérum du lait, II, 380
du sang, II, 802-807

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sesquicarbonates I, 525
de soude, I, 504-525
Sesquichlorure d'or, I, 863
Sesqui-oxyde d'aluminium, I, 687
de fer, I, 665
Séve des plantes, II, 788
Show-choo, II, 357
Siccatibilité des huiles, II, 188-190
Siccatif de la Vieille-Montagne, I, 638
zumatique, I, 638
Sidérochrôme, I, 678
Sidérose, I, 643
Sikiou, II, 680
Signes symboliques des métaux, I, 397
Silex, I, 705
Silica-soap, II, 210
Silicates, I, 706
alcalins solubles, I, 729
naturels, I, 709
d'alumine, I, 696
de potasse, I, 729
de soude. I, 730
doubles de chaux et d'alumine, I, 710
Silicatisation, I, 731
Silice, I, 705
Silicium, I, 706
Silos, II, 836
Similor, I, 767
Sinapismes, II, 235
Sirop, II, 90
Slivovitza, II, 357
Smalt, I, 722
Smaltine, I, 723
Sodawater, I, 103-525
Sodium, I, 404-522
Soffioni, I, 533
Soie, II, 474
vue au microscope, II, 478
(blanchiment de la), II, 504
blanche, II, 478
cuite, II, 478
décreusée, II, 478
écrue, II, 478
grége, II, 478
jaune, II, 478
ouvrée, II, 478
sina, II, 478
Sol, I, 432-457
Solanine, II, 75-289
Soleil, I, 845
Solfatares ou soufrières, I, 125
Solidification de l'acide carbonique, I, 41
des huiles par le froid, II, 186
Solitaires (couleurs), I, 615, II, 705
enluminés, II, 708
Sols qui conservent les cadavres, II, 855
Solution, I, 102
ammoniacale de nickel, II, 401
— de cuivre, II, 160
Son du blé, II, 314
Sondes élastiques, II, 254
Sorbetière, I, 448
Sorbets, I, 448
Sorbine, II, 85
Sory, I, 106
Soubeiran (note historique), II, 129
Souchet des Indes, II, 576
Soude, I, 479-517
artificielle, I, 505
brute, I, 509
caustique, I, 516
naturelle, I, 492
salée, I, 512
de varech, I, 493
Soudure autogène, I, 362
des plombiers, I, 744
du fer et de la tôle, I, 530
Souffleurs, I, 398
Soufrage de la laine, II, 502
de la soie, II, 504
des légumes, II, 844
des liquides sucrés, II, 842
des viandes, II, 844
des vins, II, 842
Soufre, I, 124
amorphe, I, 129
brut, I, 130
cristallisé, I, 129
dans la laine, II, 472
des philosophes, I, 144
doré d'antimoine, II, 44
en canons, I, 131
en fleur, I, 131
sublimé, I, 134
utriculaire, I, 129
vif, I, 130
vitreux, I, 128
Sources d'acide carbonique, I, 54
de naphte et de pétrole, II, 819-820
incrustantes, I, 587
salées, I, 540
Sous-acétate de cuivre, II, 436
de plomb, II, 438
Sous-azotate de bismuth, I, 802
Sous-chrômate de plomb, I, 684
Sous-phosphate de chaux des os, II, 747
Sous-sulfate de peroxyde de mercure, I, 815
Soustraction du contact de l'air (moyen de conservation), II, 832
Soutiens de la combustion, I, 28
Spaniolitmine, II, 268-623
Sparte, II, 456
Spath d'Islande, I, 583
fluor, I, 726
Speauter ou speltrum, I, 623
Spectre solaire, I, 261
Spermaceti, II, 217
des cadavres, II, 827
Spiréine, II, 269
Spiritus lethalis, II, 269
Squelette des articulés, II, 168
osseux, II, 822

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Stahl (note historique), I, 100
Stalactites, I, 588
Stalagmites, I, 588
Stannates, I, 741
de soude, I, 741
Statkaiatrava, II, 357
Stéarates alcalins, II, 204
Stéarine, II, 171-203
Stéarérine, II, 472
Stibine, I, 749
Stibium, I, 749
Stigmates du safran, II, 601
Stil de grain, II, 591
Strass, I, 721
Strontium, I, 404
Structure de la flamme, I, 363
Strychnine, II, 74
Stuc, I, 604
Sublimé corrosif, I, 818
(moyen de conservation), II, 851
Substances animales alimentaires, II, 373
astringentes, II, 53-631
minérales dans les plantes, II, 786
organiques, II, 22
réfractaires, I, 359
tinctoriales, II, 263-516
Suc d'acacia, II, 646
d'aloès, II, 596
de chou rouge, II, 279
de citron, II, 48
gastrique, II, 795
intestinal, II, 796
pancréatique, II, 796
Sucs astringents, II, 53
de fruits, II, 142
fermentescibles, II, 120
laiteux, II, 264
propres des végétaux, II, 788
résineux des plantes, II, 238-264
végétaux (leur conservation), II, 833-838-842
Succédanés du café, II, 301
Succin, II, 819-821
noir, I, 276
Succinates alcalins, II, 822
Sucette, II, 115
Sucrage des vins, II, 330
Sucrates, II, 93
de chaux, I, 582, II, 18-93
Sucre, II, 84
(agent de conservation), II, 835
brut, II, 103
candi, II, 88-90
commercial, II, 85
d'amidon, II, 85-95-154
de betterave, II, 85-105
de bois, II, 162
de canne, II, 85-86
de chiffons, II, 161
de citrouille, II, 86
de diabète, II, 811
d'érable, II, 86
de fécule, II, 85-95-154
Sucre de gélatine, II, 725
de lait, II, 85-381
de miel, II, 99
d'orge, II, 90
de plomb, II, 438
de pommes, II, 90
de raisin, II, 332
de Saturne, II, 438
d'urine, II, 811
dans les fruits, II, 791
en pains, II, 115
incristallisable ou liquide, II, 85
interverti, II, 91-118
ordinaire ou prismatique, II, 85-86
royal, II, 115
sécrété par le foie, II, 811
véritable, II, 84
Sucres, II, 84
tapés, II, 115
Suifs, II, 170
d'os, II, 741
Suint de laines, II, 470
Sulfates, I, 145
acide d'éther, II, 135
d'alumine, I, 695
de baryte artificiel, I, 798
de chaux, I, 599
de cuivre, I, 763
— (agent de conservation des bois), II, 415
de fer (agent de conservation des bois), II, 415
d'indigo, II, 612
de peroxyde de mercure, I, 814
de protoxyde de fer, I, 666
— de mercure, I, 814
de quinine, II, 75-79
de soude, I, 204
de zinc, I, 633
ferreux, I, 666
Sulfhydrate de sulfure de calcium, II, 736
Sulfhydromètre, I, 500
Sulfhydrométrie, I, 499
Sulfites, II, 281
de chaux, II, 844
de soude, II, 503-553
Sulfo-indigotate de potasse, II, 617
de soude, II, 617
Sulfuration du caoutchouc, II, 255
Sulfures, I, 157
d'antimoine, I, 749
d'argent, I, 821
d'arsenic, I, 378
de carbone, I, 348
d'étain, I, 742
de mercure, I, 804
double de fer et de cuivre, I, 756
de plomb, I, 776
de sodium, II, 735
mercurique, I, 811
Sumac des corroyeurs, II, 641
des teinturiers, II, 641
(variétés commerciales), II, 642

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Surelle, II, 29
Sunchée-paât, II, 455
Suroxyde de manganèse, I, 433-615
de plomb, I, 782
Suun, II, 456
Symboles chimiques, I, 472
Synaptase, II, 235
Synovie, II, 799
Synthèse des corps, I, 12
de l'air, I, 25
de l'eau, I, 113-436
des corps gras, II, 202
Système d'appel, I, 73

T

Tabac, II, 74-404
— (fumée de), II, 407
Tabatières de platine, I, 844
Tablettes digestives de d'Arcet, I, 526
Taches d'azotate d'argent, I, 837
de blanc de baleine, II, 219
de cambouis, II, 228
de cire, II, 225
de graisse, II, 228
d'huile, II, 228
de rouille, II, 34
sur les marbres par les acides, I, 45
Taffetas d'Angleterre, II, 728
Tafia, II, 357
Taille du diamant, I, 255
Tain des glaces, I, 742-773
Talc, I, 710
Tam-tam, I, 772
Tan, II, 410-731
Tannage, II, 730
Tannates, II, 57
d'amidon, II, 150
de fer, II, 650
Tannée, II, 732
Tannin, II, 69-631
artificiel, II, 242
du cachou, II, 639
(réactif de la gélatine), II, 725
Tantale, I, 401
Tapioka, II, 146
Tarbouche des Orientaux, II, 564
Tartare, II, 40
Tartrates neutres, II, 43
acide de potasse, II, 18-40
de potasse et d'antimoine, II, 44
— et de fer, II, 44
— et de soude, II, 44
Tartre blanc et rouge, II, 40
Tasajo, II, 831
Tchingan, II, 391
Tchou-ma, II, 455
Teille, II, 459-460
Teillage du lin, II, 460
Teinture (de la), II, 647
Teinture alcoolique de campêche, II, 537
Teinture à l'azaléine, II, 684
à la fuchsine, II, 684
de curcuma, II, 577
d'iode, I, 499
de tournesol, II, 279-622
de l'ivoire, II, 745
des bois, II, 423
des laines en bleu de cuve, II, 672
en bleu, II, 670
— de cuve, II, 670
en jaune, II, 684
en noir, II, 686
en rouge, II, 679
en vert, II, 687
par immersion, II, 649
par impression, II, 689
par les sulfures d'arsenic, I, 380
par les chrômates, I, 684
par l'azotate d'argent, I, 837
sèche, II, 712
Teintures alcooliques, II, 241
Tellure natif, I, 847
Température de la flamme, I, 363
de la glace fondante, I, 99
Ténacité des métaux, I, 415
Tendons de veau, II, 723
Terbium, I, 404
Térébenthine, II, 238-411
Ternedoux, I, 659
Terra merita, II, 576
rosa, I, 700
Terrage du sucre, II, 115
Terrains, I, 458
ardents, II, 818-820
conservant les cadavres, II, 855
Terre à foulon, I, 699
à polir, I, 707
animale des os, II, 746
arable, I, 432
de Cassel, I, 277
de Cologne, I, 277
d'Italie, I, 700
de montagne, I, 700
d'ombre, I, 700
de pipe, I, 698
de Sienne, I, 700
de soufre, I, 125
du Japon, II, 636
glaise, I, 699
limoneuse, II, 823
mercurielle, I, 804
pourrie, I, 748
primitive ou élémentaire, I, 431
rouge d'Italie, I, 700
sigillée, I, 700
siliceuse, I, 705
végétale, I, 432, II, 784
verte de Vérone, I, 710
vierge et pure, I, 431
vitrifiable, I, 705
Terreau, I, 413-432, II, 784-817
charbonneux, II, 784
Terres, I, 430

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Texture schisteuse, I, 265
Thallochlore, II, 270
Thé, II, 292
(variétés commerciales), II, 293
du Paraguay, II, 299
Thébaïne, II, 74
Théières anglaises, I, 747
Théine, II, 295-299
THENARD (note historique), I, 875
Théorie chimique, I, 160
de l'acidité, I, 153
de l'acétification, II, 445
de l'altération du bois par le fer, II, 414
de la caustification, I, 515
de la coagulation du lait, II, 389
de la coloration, II, 265
de la combustion, I, 351
de la décoloration par le chlore, II, 275
— par le charbon, II, 276
— par l'acide sulfureux, II, 280
de la désinfection par le chlore, I, 196
de la digestion, II, 794-798
de la fabrication du bleu de Prusse, II, 761-763
— du beurre, II, 387
de la fermentation alcoolique, II, 117
— acide, II, 445
de la formation des houilles, I, 273, II, 819
de la germination, II, 776
de la nitrification, I, 554, II, 817
de la panification, II, 117
de la respiration, I, 75
de la saponification, II, 201-203-317
de Stahl, I, 400
des mordants, II, 282-652
des proportions définies, I, 207
— multiples, I, 206
des rongeants au sel d'étain, I, 739
du blanchiment par le chlore, II, 275
du briquet ordinaire, I, 135
du phlogistique, I, 400
du pot-au-feu, II, 400
du procédé d'Appert, II, 839
du tannage, II, 730
Thermolampes, II, 425
Thorium, I, 404
Tilleul, II, 456
Tinkal, I, 528
Tireur des fabriques d'indiennes, II, 693
Tissu cellulaire des animaux, II, 721
— des plantes, II, 158
— des os, II, 737-740
papillaire ou réticulaire, II, 722
vasculaire, II, 158
Tissus d'amiante, I, 373-375
de chanvre (impuretés), II, 487
de laine, II, 468-474
de lin, — II, 487
de soie (historique), II, 475
de verre, I, 716
des animaux, II, 720
imperméables, II, 255
incombustibles, I, 373-375-730
métalliques (pouvoir refroidissant), I, 366
renaissance, II, 474
végétaux, II, 158
Titane, I, 404
Titrage des alcalis, I, 483-512
des alcools du commerce, II, 373
des chlorures, I, 388
des indigos, II, 619
des manganèses, II, 35
Titre pondéral des alcalis, I, 487
Titre des monnaies d'argent, I, 830
— d'or, I, 854
alcalimétrique, I, 486
Toffana (empoisonneuse napolitaine), I, 386
Toiles de chanvre, II, 487
de coton, II, 487
de lin, II, 461
peintes, II, 689
pour deuil, II, 707
Toison, II, 468
Toits de paon, I, 600
en papier, II, 515
Toitures en zinc, I, 629
Tôle, I, 658
Tolérance, I, 830-854
Tombac, I, 768
Ton d'une couleur, II, 664
Tonne au noir, II, 442
Tonneaux-filtres, I, 305
Topaze, I, 709
du Brésil, I, 707
orientale, I, 686
Topinambours, II, 287
Tordage à la cheville, II, 483
Torréfaction du café, II, 299
Touchaux des orfèvres, I, 856
Toupie, II, 111
Tour, II, 658
à piler les pommes, II, 340
Touraille, II, 345
Touraillons, II, 347
Tourbe, II, 823
comprimée, II, 825
linconeuse, II, 823
Tourbières, II, 823
Tournesol en drapeaux, II, 623
en pains, II, 279-622
de Provence, II, 623
Tournette, II, 659
Tourniquet, II, 490
Toutenague, I, 772
Traitement de la gale, I, 139
du minerai de platine, I, 868

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tranchoirs, II, 311
Transmutation des métaux, I, 397
Travertin, I, 587
Tréhalose, II, 86
Trémie, I, 552
Trempe de l'acier, I, 660-662
du bronze, I, 772
du verre, I, 717
Triage des minerais, I, 463
Trinquet, II, 487-490-658
Tripoli, I, 707
Troster, II, 357
Troubles des rivières, I, 83
Tsing-mâ, II, 455
Tube à boules de Liebig, II, 14
Tubes en caoutchouc, II, 254
en gutta-percha, II, 259
Tufs, I, 45-587
Tubercules féculents, II, 288
Tungstène, I, 404
Turbine, II, 111
Turbith minéral, I, 815
nitreux, I, 814
Tuyaux de plumes, II, 721
Tyrosine, II, 557

U

Ulmine, II, 43
Unité de chaleur, II, 412
Upas-antiar, II, 76
tieuté, II, 76
Uranium, I, 404
Urari, II, 76
Urate de soude, II, 808
Urée, II, 809
Urine, II, 807
des herbivores, II, 812
Urines pourries, II, 810
sucrées, II, 811
Ustensiles d'argent (nettoyage), I, 834
Utricules du soufre, I, 128

V

Vacoua, II, 455
Vaisseaux des plantes, II, 158
Vaisselle d'argent, I, 830
d'étain, I, 743-747
d'or, I, 854
Valérate d'oxyde d'amyle, II, 364
Vallonée, II, 635
Vanadium, I, 404
Vapeurs, I, 9
aqueuses, I, 100
lumineuses sans chaleur, I, 174
mercurielles, I, 809
nitreuses, I, 215
Vaporisage des couleurs, II, 712
Vaporisation du mercure, I, 809
Varantia, II, 517
Varechs, I, 493
Variétés des couleurs, II, 262
Vasculose, II, 409
Vases de zinc pour le lait, II, 390
Vaude, II, 585
Vauquelin (note historique), I, 677
Végétaux, I, 3
alimentaires, II, 286
Végétation (actes de la), II, 775
Vélin, II, 737
Ventilateurs, I, 50-73
Ventilation, I, 71
forcée, I, 73
Vénus, I, 755
Ver à soie, II, 475
Vérantrine, II, 525
Vératrine, II, 54-74
Verdet, II, 436
Verentia, II, 517
Vergeoises (sucres), II, 115
Vergeures du papier, II, 510
Vermeil, I, 562-774-858-860
Vermillon, I, 807-821, II, 562
d'antimoine, I, 754
Vernis, II, 244
à l'alcool, II, 244-245
à l'essence, II, 244-245
au blanc d'œuf, II, 377
au caoutchouc, II, 257
chinois, II, 821
de la soie, II, 478
des feuilles, II, 219
des fleurs, II, 219
des fruits, II, 219
gras, II, 245
hydrofuges, II, 246
pour les cuirs, II, 734
Verreries, II, 476
Verre, I, 710
dévitrifié, I, 712
de cobalt, I, 728
de mille fiori, I, 726
de Venise, I, 726
filé, I, 716
opalin, I, 725
soluble, I, 729
Verres antiques, I, 711
colorés, I, 719
doublés, I, 719
irisés, I, 719
mosaïques, I, 726
filigranés, I, 726
plaqués, I, 719
du commerce, I, 713
Verrières, I, 719
Verrues (moyen de les faire disparaître), I, 212
Vert anglais, I, 385
Azof, II, 630
à l'acide picrique, II, 601-688
au bois jaune, II, 688
charvin, II, 630
cristallisé, II, 436
de Brême, I, 764
de Chine, II, 263-629

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vert de chlorophylle, II, 629
de chrôme, I, 678
de cobalt, I, 640
de cuve, II, 687
d'eau, II, 436
des feuilles, II, 270
des fleurs d'artichaut et de chardon, II, 631
de gris, I, 760, II, 436-437
de Hongrie, I, 763
de Kirchbergen, I, 385
de Mittis, I, 365
de montagne artificiel, I, 764
de Rinmann, I, 640
de Saxe, I, 151, II, 687
de Schéele, I, 384-764
de Schweinfurth, I, 385-764
de vessie, II, 591
de Vienne, I, 385
de zinc, I, 640
distillé, II, 436
de douane, II, 688
dragon, II, 688
émeraude, I, 681
en grappe, II, 436
Guignet, I, 681
minéral, I, 385
Pannetier, I, 681
Paul Véronèse, I, 385
préparé, II, 436
printemps, I, 684, II, 601-688
sur laine au bois jaune, II, 581
turquoise, I, 681
Vénus, II, 630
Vésicule du fiel, II, 796
Vesou, II, 103
Vêtements d'amiante, I, 373
Viandes, II, 396
conservées dans l'huile, II, 833
corrompues ou gâtées, II, 806
cuites ou bouillies, II, 401
empochées, II, 833
fumées, II, 849
— vénéneuses, II, 806
rôties, II, 402
salées, II, 847
séchées, II, 831
Vie, II, 6
Vieux fustic des Anglais, II, 579
Vif-argent, I, 804
Vins, II, 324
aigres, II, 442
blancs, II, 329
— mousseux, II, 331
cuits, II, 329
de Champagne, II, 331
de couleur, II, 333
de cuvée, II, 335
de presse, II, 327
de liqueur, II, 329
pelure d'oignon, II, 334
sucrés, II, 329
teinturiers, II, 333
Vinage des vins, II, 335
Vinagrillo, II, 408
Vinaigre, II, 442
(agent de conservation), II, 846
de bière, II, 443
de cidre, II, 443
de Mollerat, II, 429
de poiré, II, 443
de plomb de Goulard, II, 439
de vin, II, 443
de Vénus, II, 437
d'Orléans, II, 443
radical des alchimistes, II, 428
de Boyle, II, 430
fait en vingt-quatre heures, II, 437
par la mousse de platine, II, 445
Vinification, II, 325
Violet à la pourpre, II, 683
à l'acide chrysammique, II, 597
d'aniline, II, 269-572-718
d'azuline, II, 625
d'harmaline, II, 625
d'orcanette, II, 559 568-683
Violine, II, 572
Vitelline, II, 375
Vitres, I, 711
(leur altération), I, 718
Vitriol, I, 236-666
blanc, I, 633
bleu, I, 763
de Chypre, I, 763
mixte de Chypre, I, 766
de Goslar, I, 633
de Salzbourg, I, 765
de Vénus, I, 763
martial, I, 866
romain, I, 666
vert, I, 144-646
Vitriolage, II, 486
Vitriolisation des pyrites, I, 676
Vive essence, II, 240
Volatilité, I, 9
Volatilisation des métaux, I, 418
Volcanisation du caoutchouc, II, 255
Volcans d'air, I, 325
de boue, I, 325
vaseux, I, 325
Volume des corps, I, 5
Vouède, II, 622
Vue des lagonis de Toscane, I, 532
des marais salants, I, 545-547

W

Wash-Stocke, II, 487
Watky, II, 357
Whisky, II, 357
Wootz, I, 662

X

Xanthéine, II, 264-269
Xanthine, II, 264-269-323

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Xanthinocarpine, II, 270
Xantholcine, II, 270
Xanthopicrite, II, 269
Xanthorrhammine, II, 270-590
Xyloïdine, II, 164
Xylose, II, 409

Y

Yttrium, I, 404
Yucca, II, 456

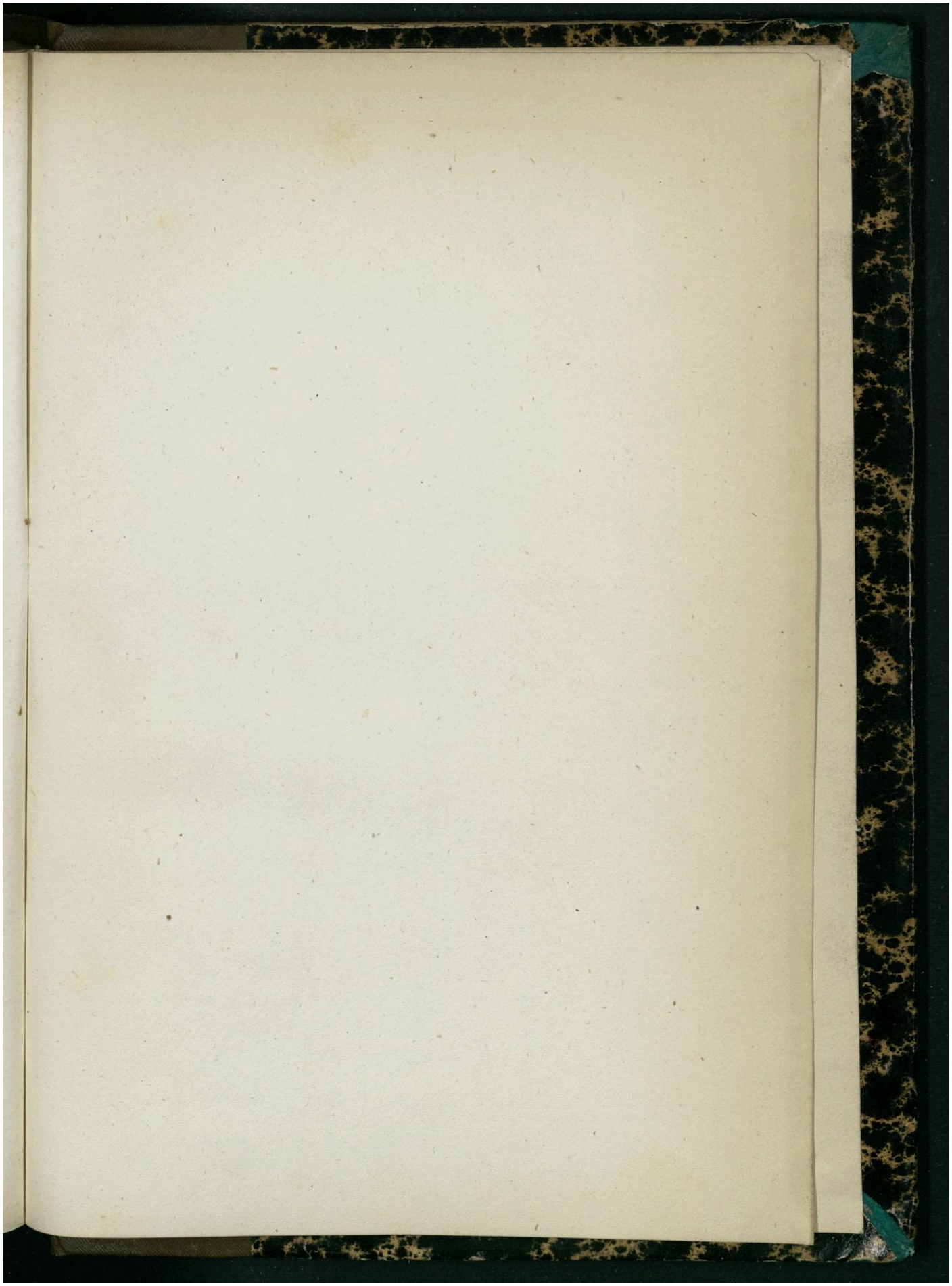
Z

Zacatille, II, 555
Zeste, II, 48
Zinc, I, 623
pur, I, 628
Zincage du fer, I, 630
Zincographie, I, 585
Zwetschkenwasser, II, 357

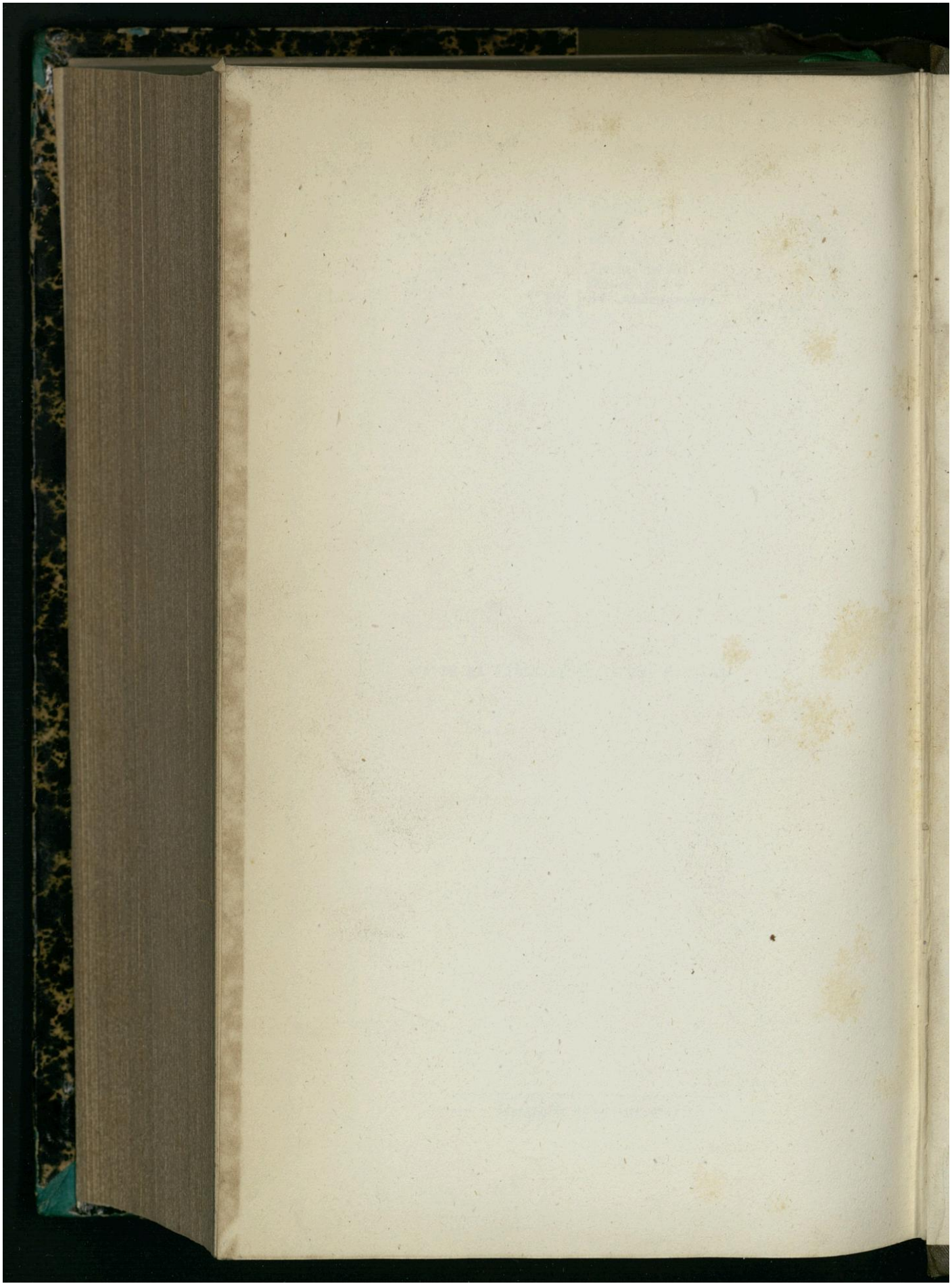
FIN DE LA TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES.

CORBEIL — Typographie et stéréotypie de CRÉTÉ.

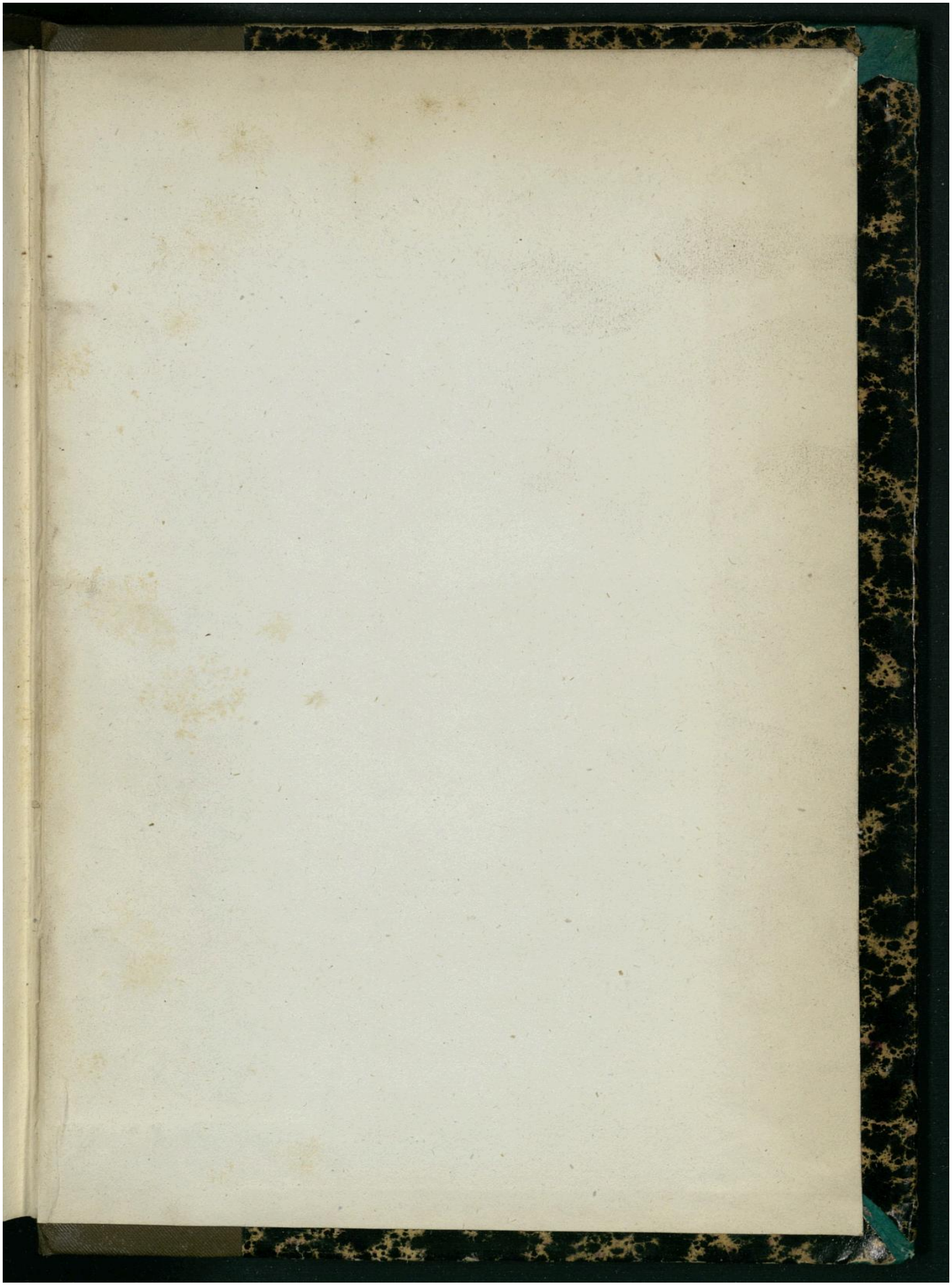
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires