

## 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](http://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 n° 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 - https://cnum.cnam.fr](https://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.

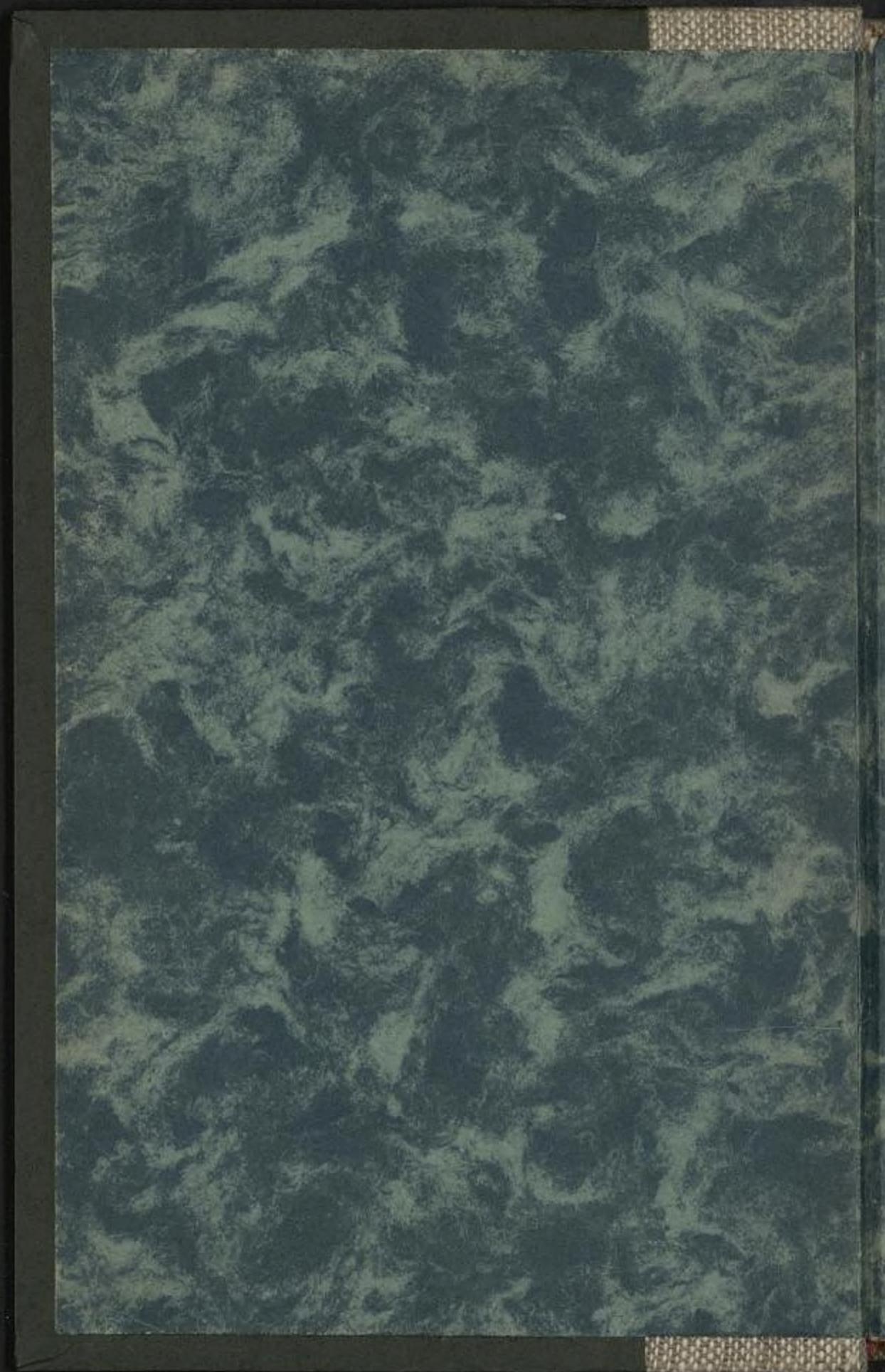
4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

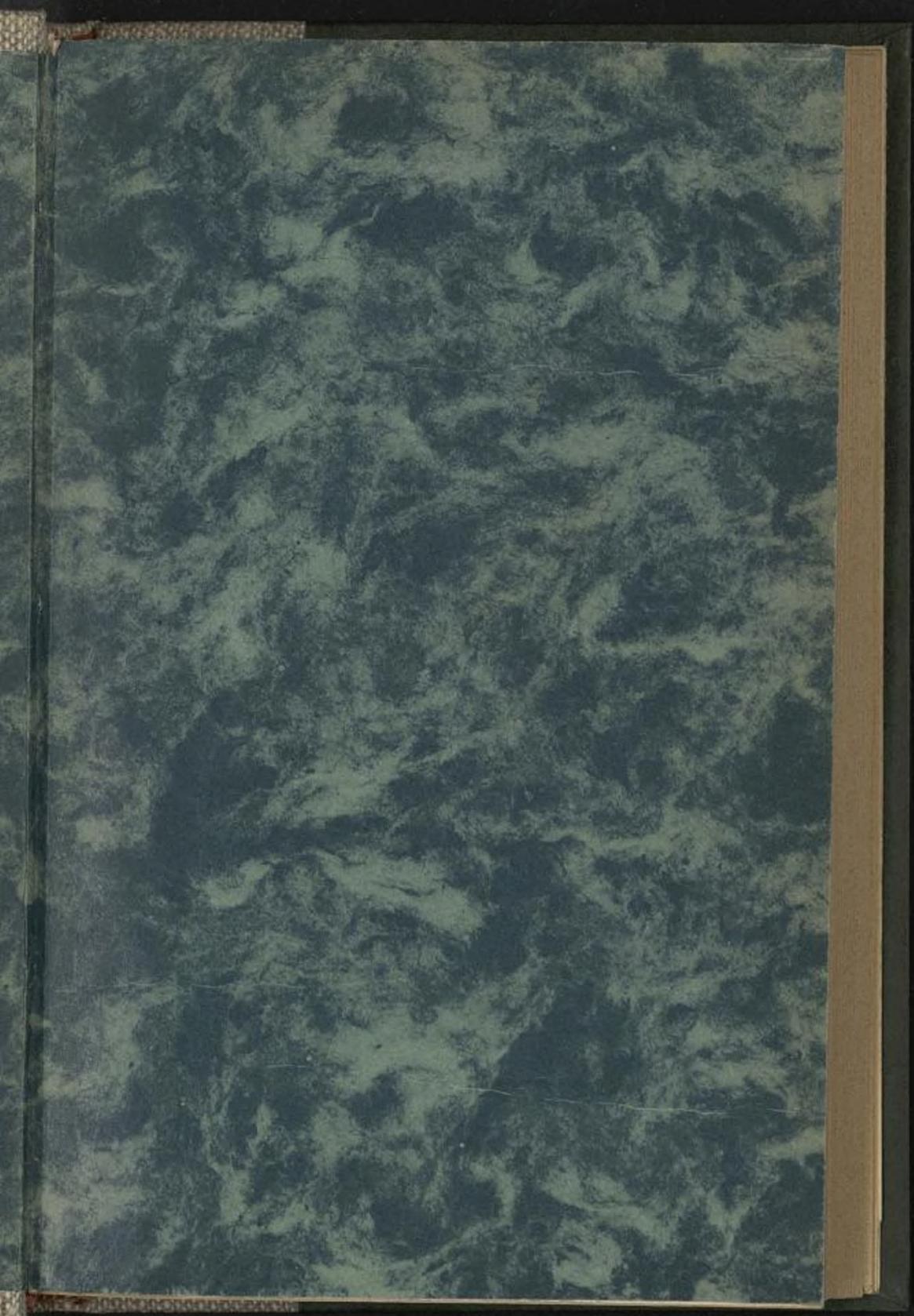
5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

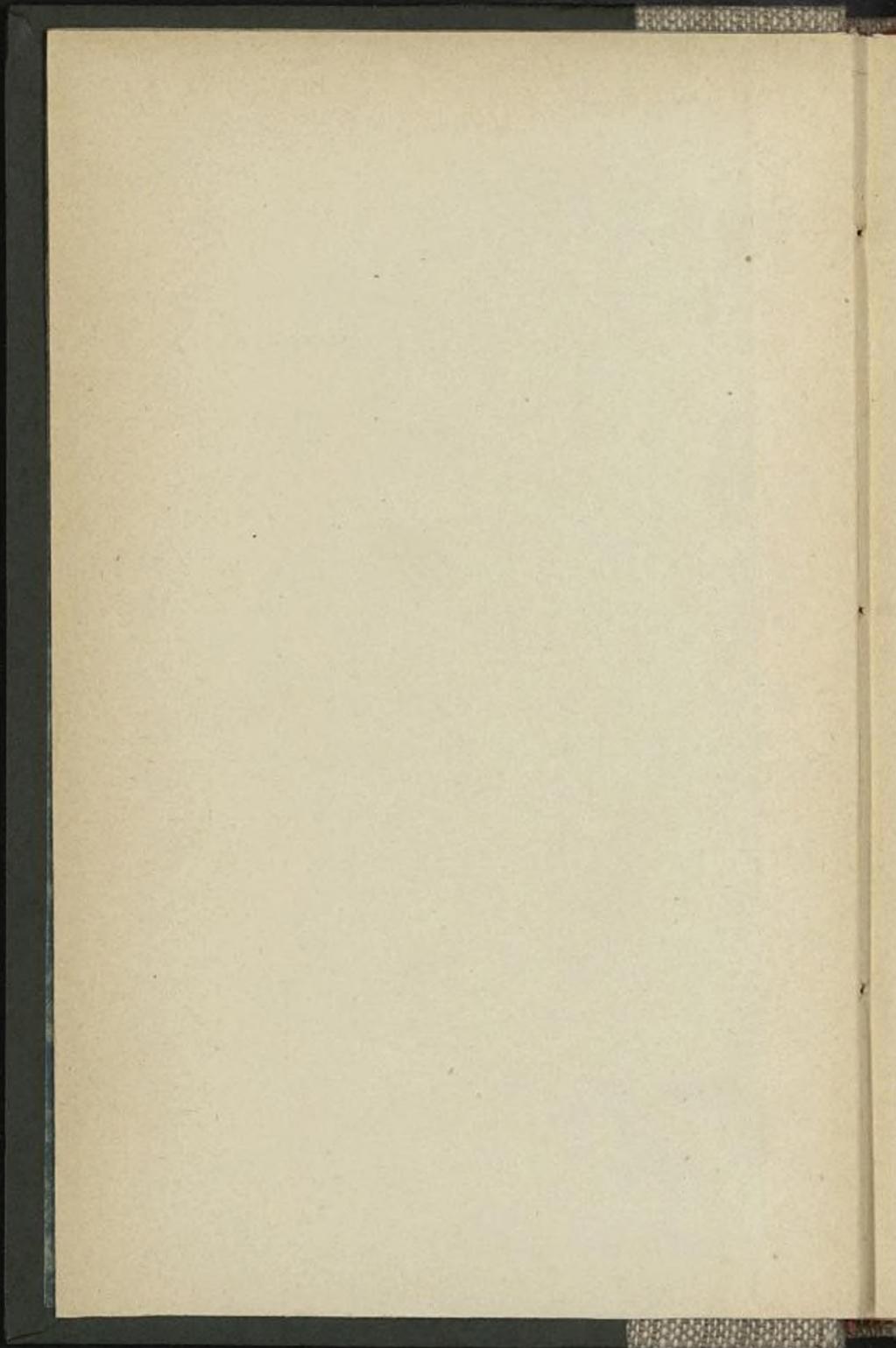
6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

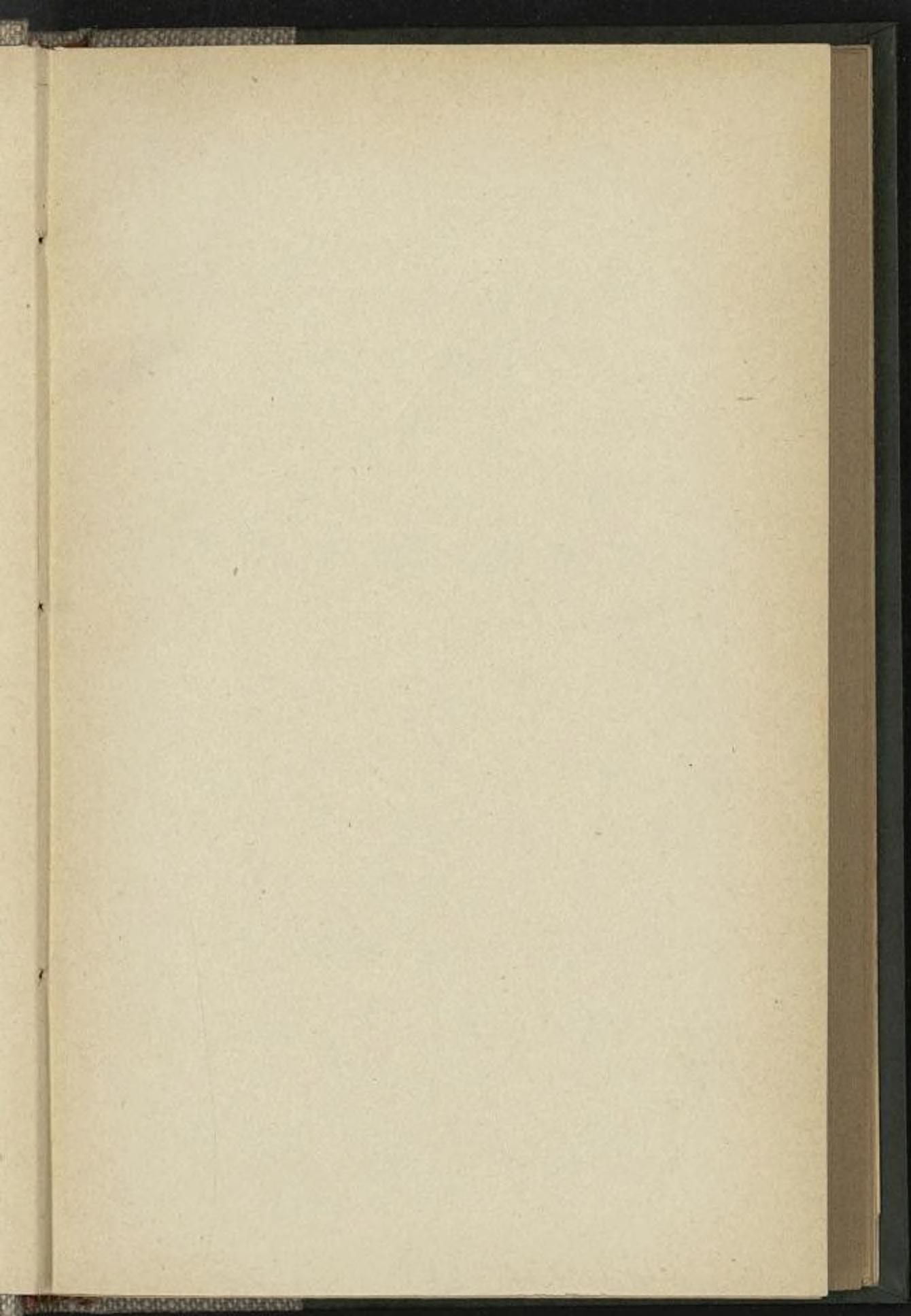
## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

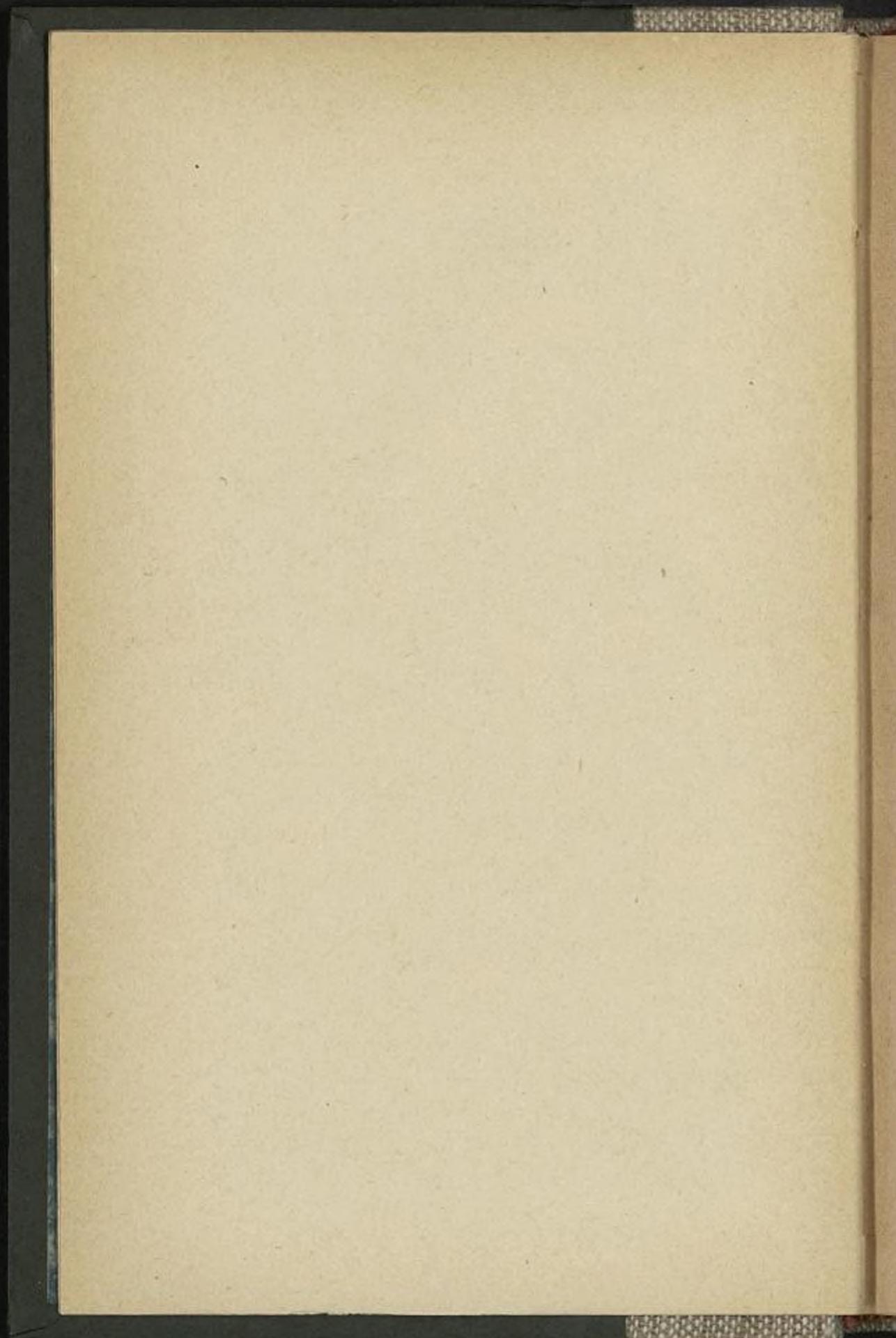
Auteur(s)	Fleurent, Émile (1865-1938)
Titre	Le pain de froment : étude critique et recherches sur sa valeur alimentaire selon le blutage et les systèmes de mouture
Adresse	Paris : Gauthier-Villars, imprimeur-libraire du Bureau des longitudes, de l'École polytechnique, 1911
Collection	Actualités scientifiques
Collation	1 vol. (222 p.) : ill. ; 19 cm
Nombre de vues	241
Cote	CNAM-BIB 8 Ki 66
Sujet(s)	Blé Boulangerie Pain -- Composition
Thématique(s)	Matériaux
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	20/05/2021
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/082219540">https://www.sudoc.fr/082219540</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8Ki66">https://cnum.cnam.fr/redir?8Ki66</a>











A l'Ami Verneuil  
cordial hommage

H. Lefèvre

## LE PAIN DE FROMENT.

---

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,  
47767 Quai des Grands-Augustins, 55.

---

8° KI.66

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES

LE PAIN DE FROMENT.

ÉTUDE CRITIQUE ET RECHERCHES  
SUR SA VALEUR ALIMENTAIRE SELON LE BLUTAGE  
ET LES SYSTÈMES DE MOUTURE.

PAR

ÉMILE FLEURENT.

Docteur ès Sciences,  
Professeur de Chimie industrielle au Conservatoire national  
des Arts et Métiers.  
Membre du Conseil supérieur de l'Agriculture.



BIBLIOTHÈQUE  
CONSERVATOIRE NATIONAL  
DES ARTS & MÉTIERS

N° d: Catalogue 8° KI.66

PARIS. Entrée, le Décembre 1943

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE  
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,  
Quai des Grands-Augustins, 55.

1911

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation  
réservés pour tous pays.

---

## PRÉFACE.

---

Le lecteur trouvera, au Chapitre I de ce Volume, les idées générales qui m'ont guidé dans sa rédaction.

Elles peuvent se résumer en une seule : faire connaître le produit qui sert de base à l'alimentation française et définir la valeur économique de la qualité de pain qu'elle réclame impérieusement.

Il y a peu de temps encore, cette étude pouvait apparaître comme une œuvre de combat. Aujourd'hui, elle a perdu ce caractère.

C'est que toutes les critiques passionnées qui se sont élevées pour plaider, au point de vue physiologique et alimentaire, la supériorité du pain bis ou complet sur le pain blanc se sont apaisées. Le peu de faveur qu'elles ont trouvé devant le consommateur a été pour leurs auteurs le commencement de la sagesse. Ils ont compris

qu'on ne traite pas l'humanité tout entière comme un cas pathologique et que s'il est utile pour le médecin de conseiller, dans certaines occasions, l'emploi de tel ou tel aliment, il est non moins nécessaire, pour l'homme sain qui travaille, de pouvoir se procurer, au plus bas prix, le produit capable de lui fournir la plus grande somme d'énergie.

Aussi bien, y a-t-il lieu, même pour le savant, dans cette voie comme dans beaucoup d'autres, de se laisser guider par les usages de la pratique courante.

« Je me plais, disait Pasteur, à rattacher aux explications de la Science les usages techniques. Ils sont presque toujours le fait d'observations justes. Bien que la nature de mes travaux ne m'ait pas souvent rapproché de l'application, il m'a été donné déjà maintes fois de reconnaître toute la vérité des pratiques du métier. Il arrive bien, parfois, que c'est la vérité de la légende, mêlée de merveilleux ; mais, si cette pointe de miracle ne vous rebute pas et que vous aimiez à considérer les faits en eux-mêmes, vous reconnaîtrez à peu près invariablement *qu'un usage quelconque, lorsqu'il est*

*généralement suivi, est le fruit d'une expérience raisonnée, qu'il y a quelque utilité à ne point s'en écarter et que la connaissance des phénomènes naturels qui s'y rattachent n'est vraiment complète que lorsqu'on en peut donner scientifiquement l'explication ».*

Cette affirmation de l'illustre savant s'applique merveilleusement à l'objet dont traite ce Volume.

La recherche de la farine de plus en plus blanche est une préoccupation qu'on retrouve à toutes les époques de l'histoire de l'homme, si bien que, malgré toutes les tentatives de réaction, l'usage du pain blanc de froment s'est imposé à toutes les nations civilisées.

Justifier cet usage, de façon à l'affermir, par les moyens dont la Science dispose à l'heure actuelle, tel est le but que je me suis proposé.

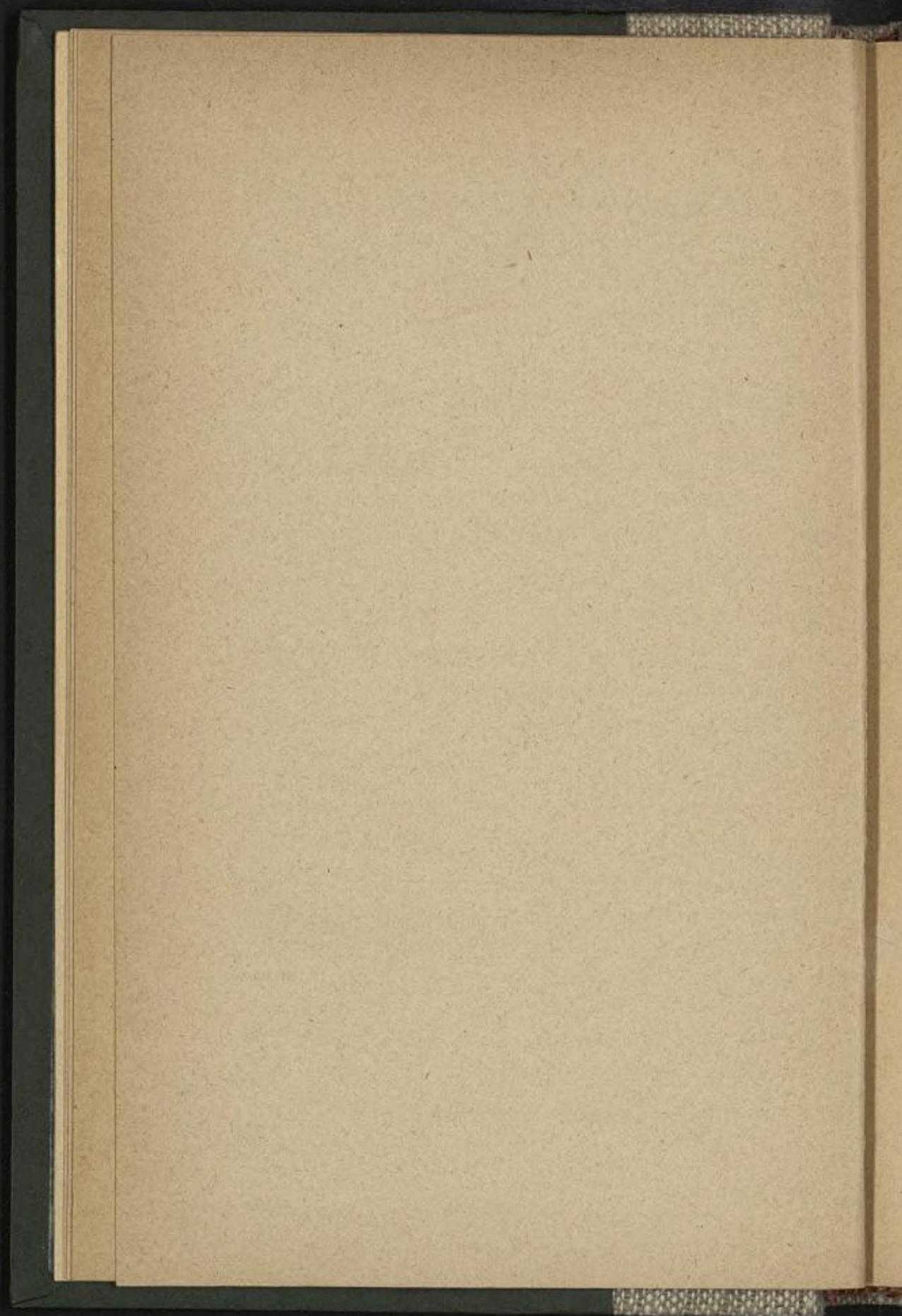
J'ai essayé de l'atteindre en utilisant soit des matériaux déjà connus, soit des recherches personnelles encore inédites.

Le lecteur jugera si j'ai réussi.

E. FLEURENT.

Celles-sur-Plaine (Vosges),

Septembre 1911.



# LE PAIN DE FROMENT.

---

## CHAPITRE I.

LA PRODUCTION ET LA CONSOMMATION DU BLÉ ET DU  
PAIN DANS LEURS RAPPORTS AVEC L'HISTOIRE DE  
LA MOUTURE.

---

C'est exprimer une vérité incontestable que d'affirmer l'importance capitale occupée par les céréales dans l'alimentation de l'homme en général. Dès la plus haute antiquité comme aujourd'hui, nous le voyons chercher, en tous lieux, dans les grains que l'agriculture met à sa disposition, l'un des principaux agents de sa nourriture. Alors que la médiocrité de sa fortune lui en fait une loi, c'est le plus souvent à l'emploi exclusif de ces grains que son alimentation se borne, et, lors même que sa richesse lui permet de satisfaire toutes ses fantaisies, nous le voyons encore et malgré tout s'attacher journellement à leur consommation.

Huit plantes sont actuellement comprises dans cette dénomination de céréales, savoir :

sept graminées, le blé, le seigle, l'orge, l'épeautre, l'avoine, le maïs et le riz; une polygonée, le sarrasin.

Toutes interviennent, en plus ou moins grande quantité, suivant les pays et les régions, à la nourriture des habitants. Les formes sous lesquelles leur partie alimentaire est utilisée sont assez variées : quelquefois les grains entiers ou leurs dérivés, gruaux et farines, sont cuits et servis en bouillies; ou bien les farines qu'on en obtient sont préalablement transformées en pâtes alimentaires, macaronis, nouilles, vermicelles, etc.; enfin ces farines peuvent servir à confectionner soit des galettes sans levain, soit des pains ayant, avant cuisson, subi la fermentation, et qui se présentent avec un degré de porosité et de développement variable, suivant la provenance du grain qui leur a donné naissance.

Toutes ces formes sont non seulement des formes historiques, mais encore des formes actuelles, et l'on peut dire que l'emploi plus ou moins exclusif de l'une ou de l'autre définit le degré de civilisation et de richesse du peuple chez lequel on les considère.

Envisagée sous ce point de vue, la question se serre, et l'on constate que la consommation du pain fermenté sur levain s'est développée et se développe au fur et à mesure que les besoins

d'esthétique et de bien-être pénètrent d'un milieu à un autre. Et ici, on doit même faire un départ, car il y a, comme on dit, pain et pain, suivant qu'on s'adresse à une céréale ou à une autre, au seigle ou au blé par exemple, pour ne considérer que les deux produits qui, à ce sujet, se sont fait concurrence de temps immémorial.

Mais pour cela il faut entrer dans quelques détails techniques.

Si l'on définit, sous le nom de *pain*, tout produit de farine de céréale dont la pâte, additionnée de levain ou de levure, a subi avant cuisson la fermentation alcoolique, on peut faire, en considérant les qualités de la mie, deux grandes divisions.

Dans la première, et pour des raisons que nous verrons dans un des Chapitres suivants, la mie est blanche, légèrement teintée de jaune, toute pénétrée de cavités d'un volume plus ou moins grand qui la rendent excessivement spongieuse et capable, par conséquent, d'absorber rapidement une grande quantité de liquide. Fait caractéristique, si l'on détache du pain un fragment de cette mie, et qu'on le serre fortement dans la main, puis qu'on ouvre celle-ci, la matière d'abord comprimée revient sur elle-même et reprend très rapidement son volume et son aspect primitifs. Cette expérience démontre que la mie du pain blanc jouit d'une grande élasticité.

Dans la seconde, la mie est teintée du bis au noir, les cavités qu'y ont creusées les gaz de la fermentation y sont très petites, et les liquides ne peuvent pénétrer la masse que lentement et en faible quantité. La mie est, comme on dit, courte et grasse; comprimée, comme tout à l'heure, fortement dans la main, tous les éléments dont elle est constituée s'agglutinent de nouveau et reconstituent la pâte primitive, démontrant ainsi un manque absolu d'élasticité.

Eh bien ! seule, la farine pure de blé tendre (*Triticum sativum L.*) est capable de donner le pain classé dans la première division, le pain dit *blanc*. Toutes les autres céréales, et le seigle principalement, ne donnent que le pain de la deuxième, c'est-à-dire le pain bis ou noir.

Ces deux catégories de pains ont joué leur rôle dans l'histoire de l'alimentation humaine; l'étude des documents les plus probants montre que, depuis des temps reculés, les hommes savaient en apprécier les différences, et que, sur la table du consommateur, ils se sont fait une concurrence qui dure encore de nos jours.

Refaire cette histoire n'entre pas dans le cadre de cet Ouvrage. Ce n'est pas d'ailleurs en considérant simplement le blé comparativement aux autres céréales que le problème que ce Livre a pour but de résoudre doit être envisagé.

En effet, il n'y a pas que les farines de seigle

et des céréales autres que le blé qui puissent donner du pain noir ou bis. Le blé, lui-même, et nous en verrons bientôt les causes, peut, lui aussi, donner du pain à ranger dans la deuxième catégorie. Mais, à la différence des autres céréales, qui en donnent toujours, le froment peut, à volonté, donner du pain blanc ou du pain plus ou moins coloré suivant la qualité de la farine qu'on extrait. Si celle-ci est parfaitement blanche, c'est-à-dire exempte de débris provenant du son et du germe, le pain est blanc; si au contraire elle est teintée par ces débris, le pain se colore et se rapproche d'autant plus de la qualité du produit fourni par les autres céréales què la proportion en est plus élevée.

Et c'est en face de ces deux catégories de farines, partant de ces deux catégories de pains, que, de tous temps, le consommateur s'est trouvé placé. Sur quelle catégorie son choix doit-il rationnellement se porter? Quelle est celle qui, à tous les points de vue, présente les plus grandes qualités nutritives et se trouve, par suite, la plus économique? Telles sont les questions qui, à toutes les époques, ont été jetées dans les plateaux de la balance.

Pour s'en convaincre, il suffit d'examiner le problème à des époques assez éloignées les unes des autres, et au cours desquelles le contrôle

scientifique que nous possérons aujourd'hui n'existe pas encore.

Si l'on consulte la Bible, il apparaît comme certains que les Hébreux savaient déjà faire la différence entre les qualités de farine et, par conséquent, apprécier les différences de qualité du pain. « Et quand quelque personne offrira une offrande de gâteau à l'Éternel, son offrande sera *de fleur de farine....* Et quand tu offriras une offrande de ce qui est cuit au four, que ce soient des gâteaux sans levain, *de fine farine....* » écrit Moïse au Chapitre II du Lévitique. Or, ces offrandes, puisqu'elles étaient destinées au Seigneur, devaient certainement constituer, au point de vue du goût, l'aliment considéré comme le meilleur.

Si l'on franchit un long espace de temps pour arriver de suite au xv<sup>e</sup> siècle de notre ère, on trouve la farine blanche très en honneur. A cette époque, la mouture se fait à *la grosse*, c'est-à-dire qu'elle ne comporte qu'un seul broyage et un seul tamisage. De 240 livres de blé, on ne tire guère que 90 livres de farine. Le son et le germe sont totalement éliminés, et des édits royaux, de 1546, en interdisent l'emploi par le boulanger. La pratique crée ainsi une situation telle, que si les animaux regorgent de nourriture, les hommes manquent de pain. Rabelais traduit les connaissances de son temps sur cette ques-

tion en écrivant dans son Pantagruel (il s'agit des rapports de Néron et de Fiérabras devenu son valet au séjour des damnés) : « Et lui faisait manger le pain bis et boire vin poussé, lui mangeait et buvait du meilleur. »

Au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, la situation se modifie. En 1760, le boulanger Malisset fit, par autorisation royale, la première expérience publique de mouture dite *économique* comportant le remouillage des gruaux. Dans son *Manuel du meunier* publié en 1776 à Paris, Béguillet, rendant compte de cette expérience, écrit que ce procédé permet d'extraire 72 à 75 pour 100 de farine, mais que celle-ci doit être *bien purgée de son, car le son nuit à la conservation des farines, tache leur blancheur, rend le pain aigre, bis, fait poids et non nourriture.*

Lorsque, sous l'impulsion donnée à la Chimie, par Lavoisier, le contrôle scientifique succède à l'empirisme, Parmentier, par des expériences précises, résout le problème en faveur du pain blanc. Mais la solution n'est pas pour cela définitive, et tout le long du XIX<sup>e</sup> siècle elle occupe, avec des avis opposés, les plus grands savants dont s'honore l'humanité.

Au cours d'un des Chapitres suivants je reviendrai, d'une façon plus précise, sur cette dernière Partie historique.

Mais on voit, par ce rapide aperçu, qu'à

travers toute l'histoire des sociétés, le meilleur mode d'utilisation du blé et des céréales à l'alimentation sous forme de pain a été à l'ordre du jour.

Mais il montre aussi qu'instinctivement l'homme, dès l'origine, a su marquer la différence entre la farine blanche et la farine impure, et qu'au fur et à mesure que l'expérience s'est transmise de générations en générations, c'est à la première qu'il a accordé la préférence et la supériorité. Tout ce qui a été tenté pour lui faire remonter ce courant l'a été en vain, et peu à peu, par une sorte d'intuition qui a entraîné le consentement universel, la consommation du pain blanc s'est taillée la part du lion.

A ce sujet, l'étude des variations de la production du blé et du seigle en France, où le rôle du pain dans l'alimentation générale est prépondérant, devient particulièrement instructive.

Si l'on remonte à l'année 1840, les statistiques montrent qu'à cette date la culture du seigle était très en honneur dans notre pays. La quantité récoltée était alors plus de la moitié de la quantité récoltée en blé, et le pain de seigle était consommé par toutes les populations ouvrières et rurales. Depuis cette époque, la culture du seigle n'a pas cessé de décliner dans notre pays, et le Tableau ci-dessous donne la mesure de cette

défaveur qui se continue à l'heure actuelle :

## CULTURE ET PRODUCTION DU SEIGLE

	Hectares cultivés.	Hectolitres récoltés.
1840.....	2 600 000	28 000 000
1850.....	2 200 000	—
1860.....	1 900 000	25 000 000
1870.....	1 800 000	—
1890.....	1 600 000	—
1904.....	1 272 500	—
1909.....	1 241 500	19 960 000

Ce Tableau montre qu'en 70 ans, la récolte du seigle, malgré les progrès faits depuis une trentaine d'années par les méthodes de culture qui ont sensiblement amélioré les rendements, a diminué de plus de 8 000 000<sup>ha</sup>. Mais il montre aussi, et c'est là le fait particulièrement intéressant, que les surfaces cultivées ont diminué de 1 350 000<sup>ha</sup>, c'est-à-dire de plus de 50 pour 100.

En 1840, la surface cultivée en méteil, qui est comme on sait un mélange de seigle et de froment, atteignait près de 1 000 000<sup>ha</sup>. Elle est actuellement de 100 000<sup>ha</sup> à peine.

Ces constatations montrent que la céréale qui, en France, de temps immémorial, servait à la fabrication du pain consommé par la majorité de la population n'a pas cessé et ne cesse pas de jouir d'une défaveur constante.

C'est à la ville, dans les classes aisées d'abord, que s'est introduit le pain blanc de froment de

première qualité. Les habitants des quartiers pauvres consommaient alors un pain moins blanc dit de *deuxième qualité*, mais de froment également. Peu à peu, la qualité du pain s'est égalisée, et à Paris par exemple, en dehors des pains de luxe, la presque totalité de la population consomme aujourd'hui un pain de qualité égale fabriqué avec le type de farine dite *fleur* représentant un pourcentage d'extraction de 60 à 65 pour 100 du poids du blé.

Le mouvement a gagné les campagnes; la boulangerie de farine de blé a pénétré dans tous les villages et jusque dans les hameaux, au fur et à mesure que, depuis 1884, s'est constituée cette grande industrie meunière à cylindres qui a détrôné, presque partout, la mouture à façon par meules de pierre. Il s'ensuit que le seigle est surtout destiné à l'alimentation du bétail à l'engrais et que le pain noir qu'il donne, s'il est considéré dans les grandes villes et dans certains cas comme un aliment de luxe, ne se rencontre plus comme aliment journalier que dans les régions tout à fait pauvres comme la Bretagne, les Cévennes ou dans les villages des hautes altitudes où le blé ne réussit pas à mûrir et où les moyens de communication sont notamment insuffisants.

Ces observations prennent une importance encore plus grande si nous considérons, en

France d'abord, la culture et la consommation du blé.

En 1820, les emblavements en blé occupaient une surface de 4 600 000<sup>ha</sup> produisant environ 55 000 000<sup>hl</sup> de grain. En 1909, le blé a été cultivé sur 6 570 500<sup>ha</sup> et la récolte a atteint 125 655 900<sup>hl</sup>. C'est, pour la culture, une augmentation de 43 pour 100 et pour la récolte, grâce aux progrès de l'agriculture, une augmentation de près de 130 pour 100.

Ces chiffres se passent de commentaires. Ils deviennent d'ailleurs encore plus significatifs, si on les traduit, à diverses époques, en consommation par tête et par an, en tenant compte, bien entendu, des quantités nécessaires aux ensemencements et des importations qui viennent suppléer aux insuffisances de récoltes.

D'après les statistiques les mieux établies, la consommation du blé en France, par tête et par an, a varié de la façon suivante :

	Litres.
1831 . . . . .	164
1882 . . . . .	250
1892 . . . . .	269
1908 . . . . .	281

Ainsi, en 77 ans, la consommation du blé a augmenté de plus de 70 pour 100, et ce mouvement, on le voit par la comparaison des chiffres de 1882 à 1908, ne cesse pas de s'accentuer. En

kilogrammes de pain, ces chiffres deviennent, en comptant 77<sup>kg</sup> pour le poids moyen de l'hectolitre :

	Consommation par tête et	
	par an.	par jour.
1831.....	126	3,45
1882.....	192	5,26
1892.....	207	5,67
1908.....	216	5,92

D'ailleurs, ce mouvement d'augmentation dans la culture et dans la consommation du blé n'est pas le fait de la France seule, et il est facile de prouver qu'il a gagné tous les pays où la culture de cette céréale est pratiquée. Pour nous en rendre compte, il suffit de consulter les Tableaux suivants que j'ai établis en tenant compte des travaux statistiques de MM. Grandjeau, Levasseur et publiés dans divers journaux spéciaux anglais :

## PRODUCTION DU BLÉ DANS LE MONDE (en milliers de tonnes)

*Pays Européens*

	Moyenne des années 1892-1895	Année 1909
Russie, Pologne et Caucase...	10 800	17 400
France.....	8 600	9 800
Autriche-Hongrie.....	5 200	5 100
Italie.....	3 200	4 000
Allemagne.....	3 000	3 600
Espagne.....	2 500	2 800
Roumanie .....	1 500	1 500
Grande-Bretagne et Irlande .....	1 400	1 700
Bulgarie.....	1 000	1 300
Turquie d'Europe .....	900	850
Belgique.....	500	400
Serbie .....	250	400
Grèce .....	190	180
Portugal .....	170	150
Hollande.....	140	110
Suisse .....	140	110
Danemark.....	120	100
Suède et Norvège.....	100	190
Totaux des pays européens.	39 710	49 690

## PRODUCTION DU BLÉ DANS LE MONDE (en milliers de tonnes)

*Pays hors d'Europe*

	Moyenne des années 1892-1895	Année 1909
États-Unis d'Amérique.....	13 700	19 500
Indes.....	6 600	6 600
Argentine.....	1 700	3 800
Canada.....	1 350	3 700
Australie.....	900	1 500
Asie-Mineure.....	870	890
Algérie.....	490	650
Perse.....	490	390
Chili.....	410	560
Mexique.....	300	270
Syrie.....	300	300
Égypte.....	260	340
Uruguay.....	190	220
Tunisie.....	130	180
Colonie du Cap.....	120	80
Totaux des pays hors d'Europe.	27 810	38 980

## RÉCAPITULATION

	Moyenne des années 1892-1895	Année 1909	Augmen- tation
Pays européens.....	39 710	49 690	9 980
Pays hors d'Europe....	27 810	38 980	11 170
Total général.....	67 520	88 670	21 150

Ce Tableau montre que l'augmentation de la production du blé, dans ces derniers temps, est un phénomène général. Elle peut se traduire de la manière suivante :

*Augmentation pour 100 sur la moyenne 1892-1895*

	Pour 100
Pays européens . . . . .	27
Pays hors d'Europe . . . . .	40
Augmentation moyenne générale .	31

Pour l'Europe, la quantité récoltée est encore inférieure aux besoins de la consommation et celle-ci fait appel à l'étranger pour cinq millions de tonnes en chiffres ronds. Si l'on tient compte de ces données on voit que la consommation moyenne du blé a passé de 118<sup>kg</sup> par tête et par an en 1892-1895 à 142<sup>kg</sup> en 1909. C'est une augmentation de plus de 20 pour 100.

Pour les pays hors d'Europe, il est assez difficile de chiffrer la même augmentation globale, parce que nous ne connaissons pas exactement le nombre des habitants qui utilisent le blé. Mais le Tableau précédent, pris dans ses détails par pays et dans son total général, prouve que, quand l'Europe a prélevé l'excédent qui lui est nécessaire, les disponibilités en 1909 sont bien supérieures à la moyenne de 1892-1895 et que, par conséquent, la consommation a partout sérieusement augmenté.

Ainsi, on le voit par les considérations générales et particulières qui précédent, l'augmentation de la culture et de la consommation du blé est devenu un fait mondial. Partout, peu à peu, la fabrication du pain de froment s'est infiltrée, et elle continuera à s'étendre aux dépens du pain de seigle en particulier. L'usage d'un pain plus blanc que l'ancien devient donc, petit à petit, une exigence de toutes les nations civilisées.

Cette exigence apparaît encore d'une façon plus tangible si l'on se place au point de vue plus spécial de la mouture du froment.

J'ai dit précédemment que le froment peut à volonté donner du pain parfaitement blanc et bien levé ou du pain coloré et gras suivant la qualité de la farine qu'on en extrait par la mouture : pain blanc si la farine est pure, pain bis ou noir si la farine est plus ou moins bise et contient, à l'état de débris très fins, une plus ou moins grande quantité de son.

Ces deux types de farine, je l'ai montré par des coupures historiques, ont été connus à toutes les époques de l'histoire de l'homme, et celui-ci, à toutes ces époques, quel que soit le degré de perfectionnement des engins de mouture existants, a su les extraire et les transformer en pains de qualités nettement tranchées.

A la consommation de laquelle s'est-il attaché

principalement ? Est-ce à la farine blanche ? Est-ce à la farine bise ? L'histoire technique du moulin à grains répond à ces questions d'une façon péremptoire. Et pour qu'elle soit plus probante, il faut la caractériser dans deux grandes divisions : l'une qui s'étend de l'origine de l'humanité à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et l'autre de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle jusqu'à nos jours.

Je n'écris pas un Traité spécial de meunerie et, par conséquent, je ne veux examiner cette histoire que sous son aspect général, mais elle est dominée par une méthode qui ne se dément pas d'une époque à une autre. On part d'un appareil de broyage et d'un appareil de blutage très rudimentaires, et l'on voit le technicien perfectionner d'abord le premier, puis le second ; cela fait, il revient à l'appareil de broyage, puis à l'appareil de blutage et ainsi de suite, le perfectionnement de l'un entraînant le perfectionnement de l'autre pour conduire finalement au moulin automatique que nous connaissons aujourd'hui.

Au début de la civilisation, le grain est écrasé à la main sur la pierre plate (*fig. 1*) retrouvée en Égypte, en Chaldée, dans l'Europe centrale, pierre plate qu'on rencontre encore aujourd'hui chez certaines peuplades de l'Afrique et de l'Amérique tropicale. Ou bien on utilise le mortier qu'on retrouve également, à l'heure actuelle,

chez les Chinois, à Madagascar où il est particulièrement utilisé au décorticage du riz.

Et dès l'origine, l'homme a l'intuition que seul, l'albumen du grain ou amande farineuse est utile à son alimentation puisqu'il a l'idée de soumettre au blutage le produit grossier, la



Fig. 1. — La pierre plate.

boulange comme on dit, que lui donne le broyage du grain.

A ce moment, le tamis utilisé est des plus rustiques : il est constitué à l'aide d'un tissu grossier formé de filaments de papyrus ou de jones.

A l'époque romaine, la pierre plate et le mortier ont disparu, et nous voyons apparaître les deux pierres qui constituent la paire de meules

(fig. 2). A ce moment, la meule de base immobile, la *gisante* suivant l'expression technique, est formée d'une pierre très conique, la *méta*, tandis que la meule de dessus, la *courante*, qui à cette époque prend le nom de *catillus*, est construite en forme de sablier, de telle sorte que le grain

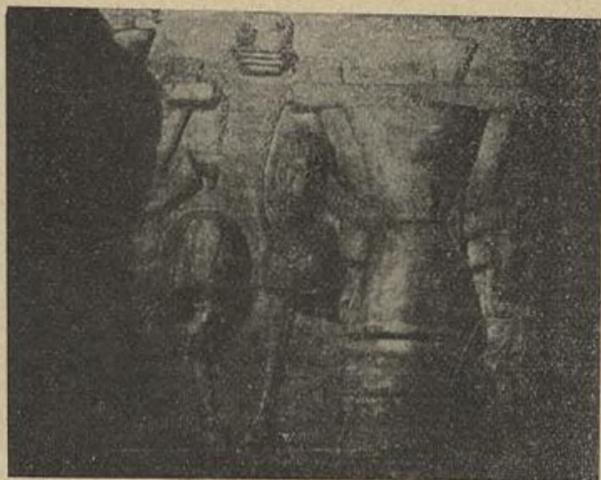


Fig. 2. — Le moulin romain.

versé par l'entonnoir supérieur, est moulé par le mouvement, autour de la mété, de la partie inférieure du catillus, qui la coiffe comme une sorte de chapeau. Durant cette période, ce sont les esclaves, ou des animaux, chevaux et ânes, qui sont attelés au catillus pour le mettre en mouvement de rotation.

A l'époque gallo-romaine, la forme des meules

se rapproche de celle que nous connaissons aujourd'hui; la métate s'est aplatie, elle est à peine bombée, et la partie supérieure du catillus a disparu (*fig. 3*). Il ne reste plus, au centre de ce dernier, qu'un orifice circulaire, l'œillard, par lequel se fera la distribution du grain. Déjà,

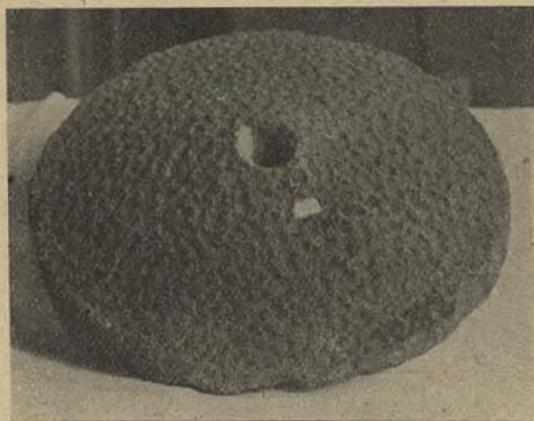


Fig. 3. — Meule gallo-romaine (pierre brute).

dans certains types on n'utilise plus la pierre brute, et les meules commencent à être rayonnées (*fig. 4*).

A ce moment le tamis a reçu un premier perfectionnement : le tissu de fils ou de crin remplace le papyrus et les jones.

Très rapidement alors la mouture entre dans le domaine mécanique : l'eau d'abord, puis le vent

sont utilisés pour la mise en mouvement, et lorsqu'on arrive au XVIII<sup>e</sup> siècle, le moulin à meules, par ses dimensions, sa forme, le mode de suspension des engins, ne diffère pas sensiblement de celui de notre époque.

Entre temps, le blutage lui-même a été amé-

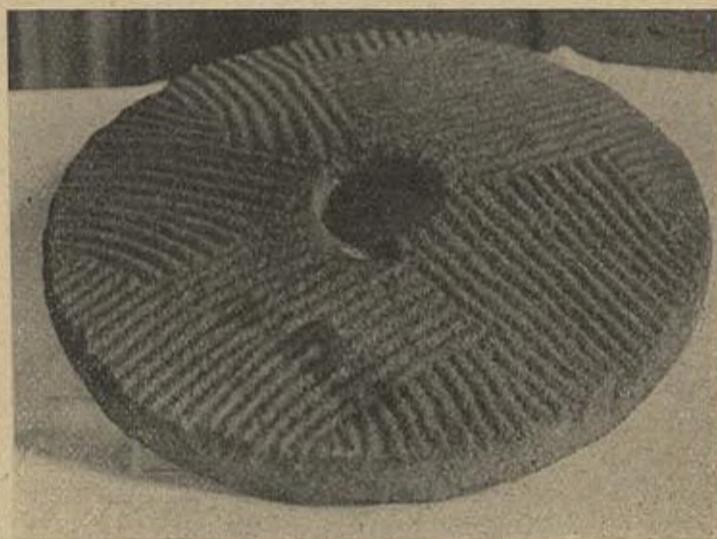


Fig. 4. — Meule gallo-romaine rayonnée.

lioré. La soie de porc, puis l'étamine de laine et enfin la soie servent à la confection du tamis, et celui-ci, chausse ou sac, est déjà disposé de façon que, battu mécaniquement, la farine puisse s'en échapper avec facilité.

Jusque-là, on ne connaît que la mouture dite *basse*, qui a lieu entre des meules très rapprochées et qui ne comporte qu'un seul broyage

donnant de suite beaucoup de farine et une petite quantité de gruaux qui va de suite rejoindre les sons.

En 1760, le boulanger Malisset introduit la mouture dite *économique* qui est l'origine de la mouture dite *ronde ou haute* et dans laquelle le grain n'est plus moulu en une seule opération, mais en une succession d'opérations séparées par des tamisages ; la meule courante rapprochée progressivement de la meule gisant remoud les gruaux séparés par le blutoir, et c'est par conséquent, peu à peu, que finalement l'albumen du grain se réduit en farine et que les sons sont éliminés.

L'avantage de ce système est double : d'une part en effet, l'échauffement produit par le travail étant plus faible, les qualités panifiables de la farine sont mieux conservées, et d'autre part, le travail étant moins brutal, l'enveloppe et le germe, pulvérisés en proportion plus faible, se séparent plus facilement. Le rendement est porté à 72 et 75 pour 100 : c'est le rendement actuel.

C'est alors qu'apparaissent les bluteries rotatives et, en 1785, la bluterie de forme prismatique (*fig. 5*), qui s'est conservée jusqu'à nos jours.

Là s'arrête la première étape de l'histoire du moulin. Elle nous conduit à l'établissement de la mouture entièrement mécanique, et c'est au perfectionnement de celle-ci que le meunier va s'appliquer durant la deuxième étape.

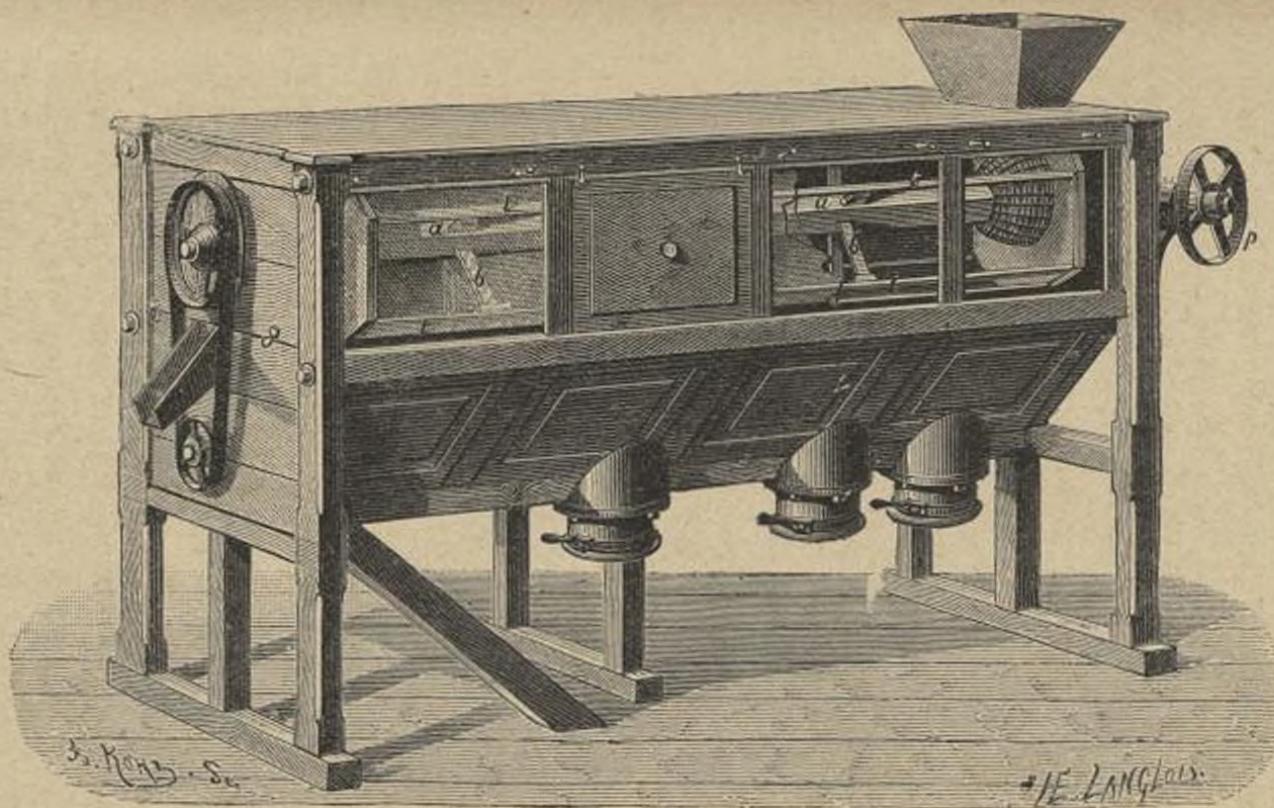


Fig. 5. — Bluterie prismatique ou à pans.

Celle-ci débute par des modifications à l'appareil de broyage. Jusque-là les meules ont été faites d'une seule pierre, assez tendre, dont les cavités ou éveillures servent au cisaillement du grain. On demande alors ce cisaillement au rayonnage, rénové des meules gallo-romaines, mais établi suivant des lois plus précises. Cela permet, d'une part, de diminuer le diamètre de l'engin et d'autre part, d'utiliser mieux les matériaux des carrières en construisant l'appareil à l'aide de morceaux assemblés, de *carreaux* comme on dit, dont la dureté est variable suivant qu'ils en occupent le centre, le milieu ou la périphérie (fig. 6).

Le technicien revient alors à l'étude des appareils destinés à la séparation des produits de la mouture. Au fur et à mesure qu'on avance dans le XIX<sup>e</sup> siècle, la mouture haute, à cause des avantages que j'ai définis précédemment, devient de plus en plus en honneur chez les meuniers soucieux de la qualité de leurs produits. Cette mouture, on le sait, produit d'abord beaucoup de gruaux qu'il faut remoudre. Mais ces gruaux n'ont pas tous la même qualité : les uns sont blancs parce que formés par des fragments purs de l'amande; aux autres reste collée une partie de l'enveloppe; tous enfin sont souillés par des particules de son. Pour classer ces gruaux et en même temps pour les purifier, ce qui permettra d'avoir de suite des farines plus blanches et aussi

de les séparer plus facilement par ordre de qualité, on installe le *sasseur*, dont le travail précède celui du remoulage ou convertissage des semoules.

Et c'est alors qu'une véritable révolution commence en meunerie par la transformation radicale

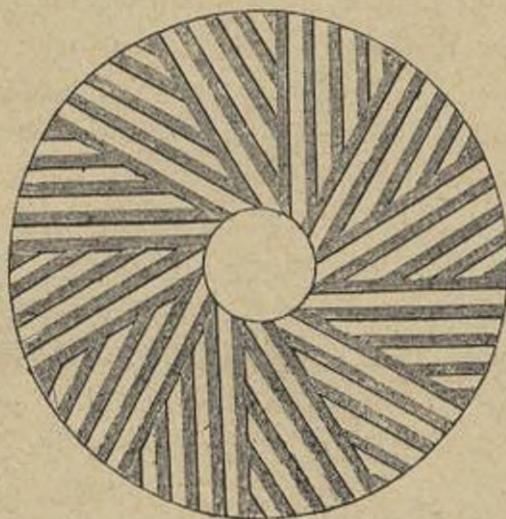


Fig. 6. — La meule moderne.

de l'appareil de broyage. Déjà cette transformation avait hanté quelques inventeurs dans la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle ; mais ce n'est que vers 1873, lorsque la maison Ganz, de Buda-Pesth, préconisa l'emploi de la fonte trempée, pour la construction des appareils de broyage et de convertissage, que le mouvement commença réellement. Les meules sont alors remplacées par les appareils à cylindres (fig. 7) tournant à vitesse différentielle et installés dans le moulin en nombre

suffisant pour porter la mouture haute à un grand rendement journalier. Progressivement, le mouvement gagne l'Autriche, l'Allemagne, l'An-

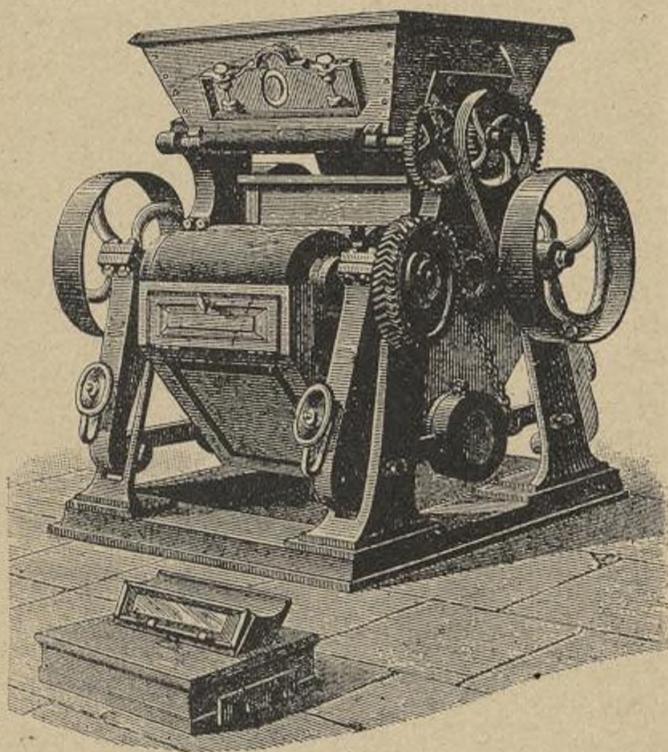


Fig. 7. — Le moulin à cylindres.

gleterre, la France, et en 15 années le vieux moulin des campagnes a disparu pour faire place à la grande industrie meunière moderne.

Mais l'effort ne s'arrête pas là : en possession d'un appareil nouveau de réduction du grain, le meunier revient à l'appareil de blutage, il crée la bluterie centrifugé, puis la bluterie ronde, perfectionne le sasseur et enfin adopte l'appareil de blutage plan, le *plansichter* (*fig. 8*), qui, en le ramenant au mouvement du tamisage à la main, donne à l'appareil de séparation, pour le classement des produits et pour l'extraction de la farine blanche, des qualités qui, presque partout, en ont développé l'emploi.

On le voit, durant ses deux périodes, l'histoire du moulin est mouvementée, et il est peu d'industries qui présentent une telle succession d'efforts aussi continus vers la perfection.

Mais, si je l'ai résumée, c'est surtout pour en montrer l'idée dominante, qui est d'améliorer sans cesse les divers appareils de façon à les faire concourir tous à l'extraction d'une farine de plus en plus blanche et en plus grande quantité.

Cette idée apparaît avec plus de valeur et de ténacité dans la seconde période que dans la première, et c'est pour le montrer que j'ai fait ce classement.

En effet, dans la seconde période, les progrès dans les méthodes d'analyse chimique ont permis d'appliquer les données de la science à l'étude de l'alimentation en général, de l'alimentation par les grains des céréales en particulier. Et un

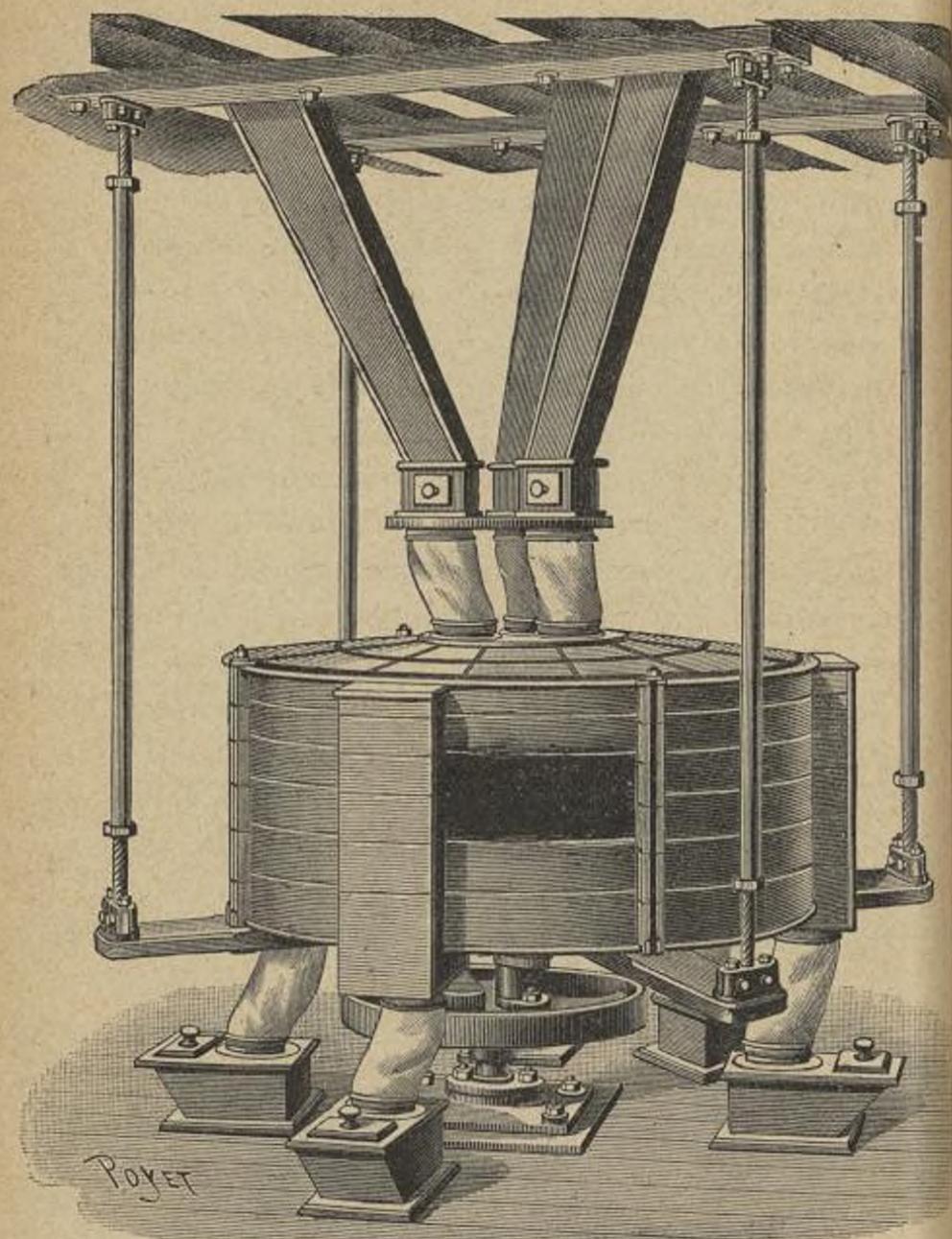


Fig. 8. — La bluterie plane. (Plansichter.)

véritable combat, dont nous retrouverons les traces plus loin, s'est livré autour du moulin à blé. Tout au long du xixe siècle, si des savants ont soutenu que seule, l'amande farineuse du froment devait servir à l'alimentation économique de l'homme qui travaille, d'autres, et plus nombreux, ont périodiquement soutenu que le germe, le son, pour partie ou en totalité, devaient être incorporés à la farine destinée à faire le pain.

Malgré l'autorité incontestable dont ces derniers savants jouissaient, aucun de leurs arguments n'a prévalu contre le courant qui entraînait, depuis son origine, les transformations successives opérées dans son moulin par le meunier. Et d'une façon continue, et pour ainsi dire inéluctable, non seulement, comme je le montrais précédemment, le seigle avec son pain noir a cédé le pas au froment, mais parmi les farines qu'on peut extraire de celui-ci, c'est à la farine blanche que finalement la consommation générale s'est attachée.

Pourquoi un tel état de choses a-t-il pu non seulement se produire, mais s'accentuer et se maintenir? On a dit, on a écrit même que, dans ce cas, c'est l'industrie qui a imposé ses produits à la clientèle. Mais c'est un argument sans valeur, parce qu'il se double d'une hérésie économique. Certes, c'est une grande habileté pour les industriels que d'offrir des produits perfectionnés dont

les qualités spéciales, esthétiques ou autres, installent des besoins nouveaux chez les consommateurs. Mais dans tous les cas, et surtout dans celui de l'aliment de première nécessité qui nous occupe, on peut dire qu'aucun trafic ne se maintient si l'objet offert ne répond pas aux satisfactions recherchées par les individus ou aux services d'utilité qu'il peut leur rendre.

D'ailleurs, dans la matière qui nous intéresse, les considérations statistiques ou historiques que j'ai développées montrent que la recherche raisonnée ou non de la farine blanche est de tous les temps, et il faut bien admettre que c'est, comme toujours, pour obéir aux besoins d'un consommateur de plus en plus exigeant et non pour le commander que l'industriel a sans cesse perfectionné l'outillage du moulin.

Et alors, ce qui précède étant admis, une question se pose. La consommation du pain blanc, qui, allant en augmentant d'une génération à l'autre, a fini par s'imposer comme un acte instinctif de la sagesse universelle, peut-elle être envisagée comme une erreur, ou se trouve-t-elle au contraire d'accord avec les données actuelles de la science en matière d'alimentation?

C'est à cette question que je vais essayer de répondre au cours des Chapitres qui vont suivre et qui démontreront qu'en s'attachant à l'utilisation exclusive de l'albumen du grain de blé,

l'homme se trouve dans la vérité, parce que, en agissant ainsi, il n'a fait que répondre à une exigence naturelle aussi sûre que celle qui, empiriquement, l'a conduit à user, pour son alimentation journalière, des produits mélangés des trois règnes animal, végétal et inorganique.

---

---

## CHAPITRE II.

### DES ALIMENTS EN GÉNÉRAL.

---

Pour la clarté de ce qui va suivre, il est utile que je développe ici quelques notions nécessaires à l'étude des aliments considérés en général. Nous appliquerons ces notions à l'étude particulière du pain dans les Chapitres suivants.

« La vie, écrit M. Armand Gautier dans son beau *Traité de l'Alimentation et les régimes*, se poursuit grâce à des échanges continus et des dépenses corrélatives qui font naître les besoins alimentaires. Un homme adulte en plein fonctionnement normal détruit chaque jour, calculés à l'état frais, environ 500<sup>g</sup> de sa chair ou des autres composés albumineux qui forment son sang et ses tissus. Il brûle une partie de ses graisses et fournit, par leur combustion et par celle des sucres et autres matières que mettent à sa disposition les aliments ou que lui fournissent ses organes, une quantité d'énergie qui, calculée en chaleur, s'élève chez l'adulte à 2300 calories environ par 24 heures. Il perd en outre tous les

jours 2300<sup>e</sup> à 2600<sup>e</sup> d'eau : 1300<sup>e</sup> à 1350<sup>e</sup> par les urines, 600 à 800<sup>e</sup> par la peau, 450<sup>e</sup> par les poumons. Il exhale une quantité d'acide carbonique (en moyenne 470<sup>1</sup>) contenant 610<sup>e</sup> à 690<sup>e</sup> d'oxygène et 230<sup>e</sup> à 260<sup>e</sup> de carbone. Il rejette à peu près 250<sup>e</sup> à 270<sup>e</sup> de ce dernier élément par l'ensemble de ses excréptions. Il perd par ses fèces ou par ses urines 22<sup>e</sup> à 23<sup>e</sup> de sels minéraux divers formés pour plus de moitié de sel marin. L'alimentation journalière doit fournir à toutes ces dépenses.

» Les aliments sont donc les matériaux, solides, liquides ou gazeux, aptes, lorsqu'ils sont introduits dans l'économie, à réparer les pertes faites par les organes et à en assurer le fonctionnement. »

Les produits qui peuvent jouer ce rôle peuvent être rangés dans quatre grandes catégories.

C'est d'abord l'eau, qui doit servir de véhicule aux produits solubles ou solubilisés par les fonctions digestives et permettre leur cheminement à travers tous les tissus de l'organisme, qui doit en même temps réparer les pertes dues aux évacuations et à l'évaporation par la peau et les poumons.

Ce sont ensuite des substances dites *albuminoïdes* ou *protéiques*, dont la composition, envisagée, sous son aspect général, est la même que celle de nos tissus et qui sont formées par du car-

bone associé à l'hydrogène, à l'oxygène, à l'azote, au soufre et souvent au phosphore. Le type de ces substances est l'albumine du blanc d'œuf; on peut en rapprocher la chair musculaire des animaux, le gluten des céréales, la légumine des légumineuses, etc. Toutes ces substances, par un processus que nous examinerons de plus près au Chapitre VIII, peuvent se dédoubler en acides azotés dits *aminés* qui servent à la reconstitution de nos organes usés par le travail journalier et en résidus ternaires, analogues à ceux de la classe suivante et qui jouent, dans l'organisme le même rôle que ces derniers.

Dans la troisième, il faut ranger les produits formés par l'union du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène et qui, au contact de l'oxygène de l'air que nous respirons, sont facilement brûlés pour se transformer, avec dégagement de chaleur, en acide carbonique et en eau. A ces substances est particulièrement dévolue la réparation du calorique perdu par rayonnement et dépensé par le travail mécanique fourni. Peuvent être rangées, comme types principaux, dans cette catégorie : les matières grasses végétales et animales et les matières hydrocarbonées telles que les sucres, l'amidon, la féculle, le glycogène, l'inosite, etc.

Dans la dernière catégorie, il faut ranger les produits minéraux qui font partie, soit du sque-

lette osseux, soit du squelette inorganique du tissu cellulaire de nos organes, soit aussi de notre sang ou de nos humeurs. A ce titre, le phosphore soit uni à la chaux comme dans les os, soit uni à la potasse comme dans toutes les cellules animales, le chlorure de sodium qui fait partie intégrante du sang et des plasmas, le fer des globules sanguins, l'iode de la glande thyroïde, l'arsenic, le brome, le fluor, le silicium, le soufre, le magnésium, etc., représentent les types principaux de cette catégorie indispensable à l'entretien de la vie animale.

Cependant, il ne suffit pas, d'une part, qu'une substance soit constituée par l'union du carbone de l'hydrogène, et de l'oxygène, ou par l'union de l'azote à ces trois éléments, d'autre part, que sa fonction chimique la fasse classer dans une des trois dernières catégories précédentes, pour qu'elle puisse être considérée par nous comme une matière alimentaire.

Une comparaison le fera saisir rapidement. Si l'on analyse la laine, le crin des animaux, le cuir, la corne, on reconnaît que ces produits sont presque entièrement constitués par des matières azotées rangées dans la même catégorie que l'albumine de l'œuf; on sait aussi par exemple que la cellulose qui constitue la majeure partie des végétaux ligneux est une substance hydrocarbonée qui sous l'action de certains réactifs

et de certains ferments peut se transformer en sucre, aussi bien que l'amidon et la féculle. Il n'en est pas moins vrai que la laine, le cuir, la corne et le bois ne sont en aucune façon assimilables par l'organisme humain, et qu'ils ne peuvent par suite entrer dans la composition des rations de travail et d'entretien.

Il en est de même, suivant M. Armand Gautier, de la chair et des œufs de certains poissons et reptiles, des albuminoïdes de quelques légumineuses et de beaucoup de champignons, de certaines gommes et des sucre qui leur correspondent, des sels des métaux lourds, etc.

« C'est qu'en effet, écrit-il, quelle que soient sa composition et sa forme, un principe n'est alimentaire que s'il peut être mis, en traversant le tube digestif ou en arrivant aux organes, sous une forme telle que ceux-ci puissent l'utiliser soit comme matière de construction, soit comme source d'activité. »

Mais il est, à l'heure actuelle, sur les aliments, une notion plus concrète qu'il nous faut introduire ici parce que nous aurons souvent à nous en servir dans la suite.

La dépense journalière de l'homme ou de l'animal à l'état de santé, et qui ne varie par conséquent, ni d'état, ni de poids, consiste en pertes de chaleur et en production d'un travail relatif.

Les aliments qu'il ingère, pendant le même temps, contiennent donc une quantité d'énergie capable de compenser ces dépenses de chaleur et de travail.

Mais celles-ci ne sont pas les mêmes suivant que l'homme est à l'état de repos ou s'il fournit un effort plus ou moins difficile et plus ou moins prolongé. Elles varient également avec le poids de l'individu, avec le climat et avec l'époque de l'année.

L'expérience a montré que, au repos, sous un climat tempéré, l'adulte moyen normal a besoin, par 24 heures, pour son entretien, d'une alimentation lui apportant les poids de principes organiques fondamentaux suivants :

Albuminoïdes .....	104,5
Graisses .....	65,8
Hydrates de carbone .....	417,0

Si, dans les mêmes conditions, le même individu fournit un travail fatigant, mais non excessif, les poids des aliments fondamentaux doivent atteindre :

Albuminoïdes .....	143,5
Graisses .....	88,0
Hydrates de carbone .....	623,0

Les quantités d'aliments nécessaires sont donc, chez l'adulte normal, proportionnelles à la dépense d'énergie totale par 24 heures.

Cette dépense d'énergie se mesure en calories.

De là s'impose la notion de la *valeur énergétique* des substances alimentaires.

La détermination de cette valeur revient à une mesure calorimétrique. Il est en effet démontré qu'un poids donné d'un aliment choisi, brûlé d'une façon quelconque au calorimètre, c'est-à-dire lentement ou subitement, avec ou sans inflammation, dégage la même quantité de chaleur que lorsqu'il est brûlé dans l'organisme humain, pourvu que l'état initial et final de l'individu qui l'a absorbé reste le même.

Ces déterminations ont été faites pour les matières albuminoïdes, les graisses et les hydrates de carbone en tenant compte : 1<sup>o</sup> des quantités réellement utilisées par l'organisme; 2<sup>o</sup> des formes sous lesquelles sont rejetés par l'économie les résidus fonctionnels; 3<sup>o</sup> de la nature de l'aliment dont ils proviennent et du régime qui leur est associé.

Les coefficients pratiques, obtenus par Atwater en tenant compte de ces observations et en considérant un régime mixte, c'est-à-dire composé à la fois d'aliments du règne animal et du règne végétal, sont les suivants :

Calories par gramme		
de principe con-		
tenu dans l'aliment		
ingéré (Multipli- ateurs pratiques).		
		cal
Albuminoïdes.....		3,68
Graisses.....		8,45
Hydrates de carbone....		3,88

Si l'on tient compte de ces coefficients, il est facile de calculer, à l'aide des chiffres indiqués précédemment, à quelle somme d'énergie doivent faire face les aliments absorbés en 24 heures, soit par l'adulte au repos, soit par l'adulte qui se livre à un travail fatigant mais non excessif : c'est ce qu'indiquent les deux Tableaux ci-dessous :

*Adulte au repos.*

	Quantités consommées par 24 heures.	Coefficients pratiques.	Calories.
Albuminoïdes.....	104 <sup>5</sup>	× 3,68	= 388,7
Graisses.....	66	× 8,45	= 557,7
Hydrates de carbone..	417	× 3,88	= 1617,9
Énergie en calories par 24 heures.....		=	2564,3

*Adulte se livrant à un travail fatigant, mais non excessif.*

	Quantités consommées par 24 heures.	Coefficients pratiques.	Calories.
Albuminoïdes.....	143,5 <sup>g</sup>	× 3,68	= 528
Graisses.....	88,0	× 8,45	= 744
Hydrates de carbone..	623,0	× 3,88	= 2417
Énergie en calories par 24 heures.....		=	3689

On le voit, la valeur réelle d'un aliment, comme réparateur des forces journalières, dépend donc de sa valeur énergétique. A l'aide des

coefficients donnés précédemment, celle-ci pourra toujours être facilement calculée, lorsqu'on connaît la composition chimique de l'aliment considéré, et elle pourra être comparée à celle d'un aliment voisin. Il existe aujourd'hui des Tables (*Tables d'Atwater, Tables d'Alquier*) qui répondent à ces besoins et qui permettent d'établir économiquement, en choisissant dans les règnes végétal et animal, la proportion de matières alimentaires correspondant à l'énergie dépensée par le régime de travail journalier sous lequel on vit.

A titre d'exemple nous pourrons calculer la valeur énergétique de deux pains de froment de composition différente, composition que j'ai déterminée moi-même.

*Échantillon n° 1*

Composition par kilo.	Coefficients		
	pratiques.	Calories.	cal
Eau .....	325 <sup>s</sup>	"	"
Matières albuminoïdes ..	56	×	= 206
— grasses.....	7,6	×	= 64
— hydrocarbonées	607	×	= 2355
— minérales .....	4,4	"	"
Valeur énergétique par kilo.....			2625

*Échantillon n° 2*

Composition par kilo.	Coefficients pratiques.	Calories.
Eau .....	385 <sup>g</sup>	"      cal      "
Matières albuminoïdes ..	101,2    ×	3,68    = 372
— grasses.....	9,0    ×	8,45    = 76
— hydrocarbonées	499,8    ×	3,88    = 1939
— minérales.....	5,0    "	"
Valeur énergétique par kilo,.....		2387

La valeur énergétique de ces deux pains diffère, on le voit, de 238 calories par kilogramme.

C'est de différences semblables qu'il y a lieu de tenir compte dans le calcul des rations journalières qu'on veut établir et dans le prix de revient de celles-ci.

---

## CHAPITRE III.

LE GRAIN DE BLÉ. — SA CONSTITUTION HISTOLOGIQUE. —  
COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE DE SES  
DIFFÉRENTES PARTIES.

---

Cet Ouvrage ayant surtout pour but de résumer les connaissances les plus modernes que nous possérons sur la valeur alimentaire du grain de froment et de poser, à ce sujet, des conclusions très précises, il me paraît inutile d'analyser longuement ici les travaux qui, depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, tout au long du XIX<sup>e</sup> et jusqu'à présent, ont été publiés sur la question par un grand nombre de savants. Pour le lecteur désireux de s'y reporter en détail, je les signalerai à la fin dans un index bibliographique. La plupart de ces travaux, qui ont porté soit sur l'examen du grain entier, soit seulement sur quelques-unes de ses parties, est d'ailleurs aujourd'hui surannée. On conçoit dès lors qu'il est utile de faire usage seulement de ceux qui, après discussion, ont conservé toute leur autorité.

A cet égard, le travail le plus complet qui ait

été entrepris, celui qui, à cette heure encore, peut servir de base à la recherche de la meilleure qualité de farine, de pain par conséquent,

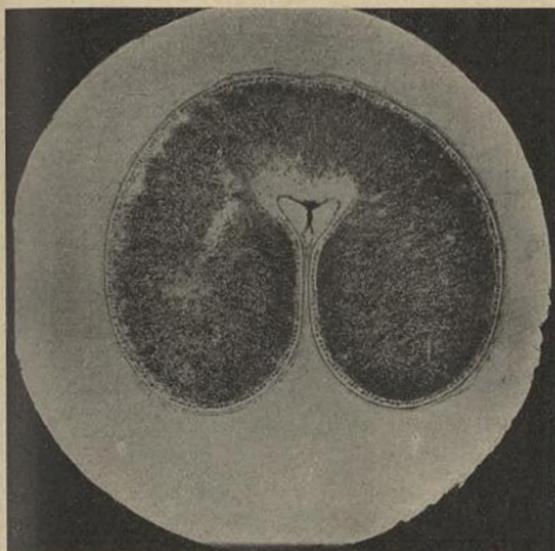


Fig. 9. — Grain de froment, coupe transversale.

qu'on puisse fabriquer à l'aide du grain de froment, est le travail publié en 1884, par Aimé Girard, dans les *Annales de Physique et de Chimie* (6<sup>e</sup> série, t. II). Dans ce travail Aimé Girard a envisagé, au point de vue de sa composition chimique et de sa valeur alimentaire, chacune des

parties constitutives du grain de blé. C'est ce travail qui va servir de point d'appui à la thèse que je vais développer et que je compléterai, soit par le résultat de mes recherches person-

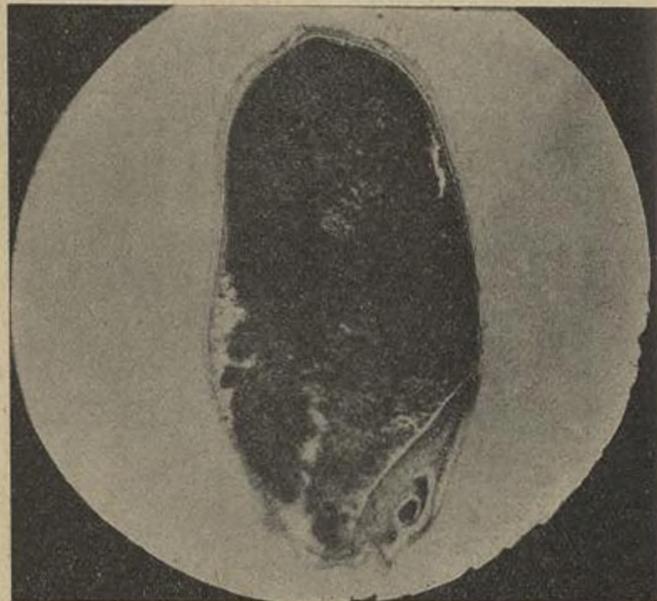


Fig. 10. — Grain de froment, coupe longitudinale.

nelles, soit par le résultat de travaux postérieurs à 1884 et sortis, depuis cette date, des laboratoires d'un certain nombre de savants.

L'examen extérieur du grain de blé le montre formé par l'assemblage de deux lobes séparés par un sillon profond (*fig. 9*). La coupe longitudinale (*fig. 10*), faite sur l'un de ces lobes, nous

montre ce grain constitué par une enveloppe extérieure qui, après la mouture, prendra le nom de *son* et par une partie interne, plus ou

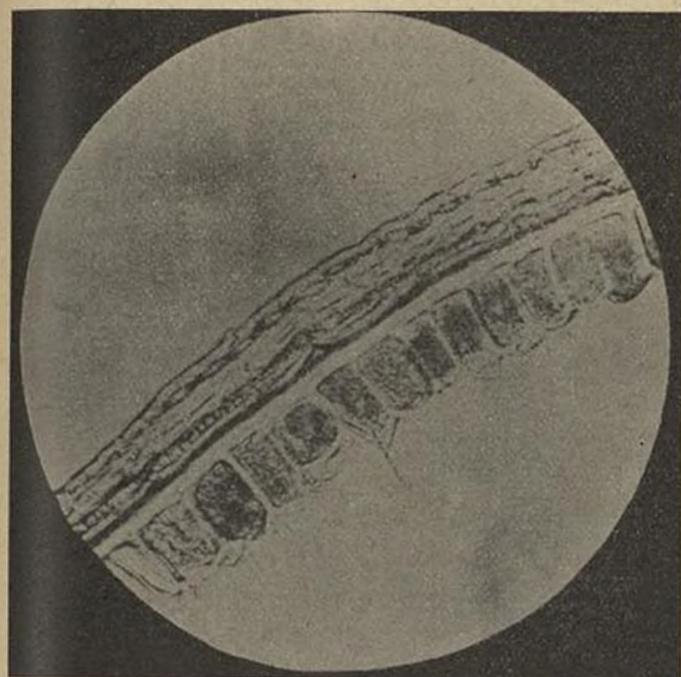


Fig. 11. — Le son de froment.

moins blanche, plus ou moins friable suivant sa composition immédiate, partie qui pulvérisée, donnera naissance à la farine et qu'on désigne sous le nom d'*albumen* ou d'*amande farineuse*. De plus, à la base de ce lobe, on constate la pré-

sence de l'organe reproducteur qui constitue *le germe ou embryon*.

Examинées sous un grossissement plus fort, ces différentes parties se montrent constituées :

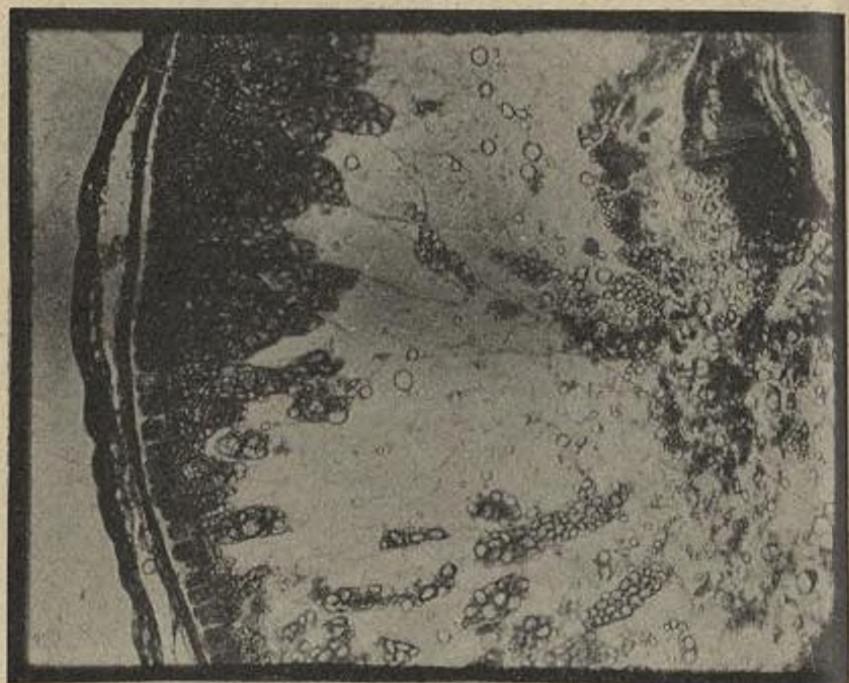


Fig. 12. — Albumen ou amande farineuse  
du grain de froment.

1<sup>o</sup> L'enveloppe (*fig. 11*), par une première série de trois couches qui constitue le péricarpe, développement des parois de l'ovaire; puis, en allant vers le centre du grain, par une série de trois nouvelles couches qui s'étendent autour de l'albumen farineux et qu'on désigne actuelle-

ment sous le nom de *tégument séminal* (*ancien testa*), *bande hyaline* (*ancienne endoplèvre*) et *assise protéique ou digestive* (*ancien tégument séminal*). L'assise protéique se fait surtout remarquer

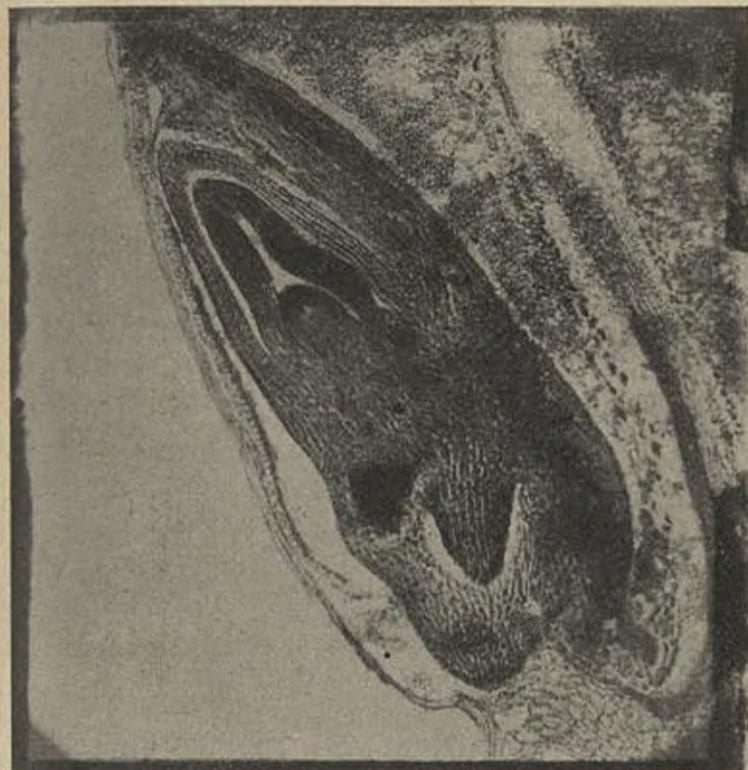


Fig. 13. — Le germe du grain de froment.

par des grosses cellules à angles arrondis et remplies, non pas de gluten comme certains l'ont affirmé, mais d'aleurone imprégnée de matière huileuse.

2<sup>o</sup> L'amande farineuse (*fig. 12*), par la réunion

de cellules polyédriques toutes remplies de globules ronds qui constituent l'amidon, empâtés dans une masse albuminoïde qui dans ce cas prend le nom de *gluten*.

3<sup>e</sup> Le germe (fig. 13), par la radicule qui au moment de la germination s'enfonce dans le sol à l'état de racine et par sa gemmule qui constituera la tige, et autour de laquelle on aperçoit à l'état naissant les deux premières feuilles.

Au point de vue quantitatif, les recherches que nous avons faites, Aimé Girard et moi, et qui ont porté sur 102 variétés de blé de provenances française et étrangères, montrent que ces diverses parties entrent pour les proportions moyennes suivantes dans la constitution histologique du grain de blé :

Amande.....	83,01
Germe.....	1,43
Enveloppe.....	15,56
Total.....	100,00

Dans le travail auquel je fais allusion plus haut, Aimé Girard avait, par une méthode spéciale, fixé à 14,36 pour 100 du poids du grain la proportion de l'enveloppe. La méthode différente que nous avons employée, Aimé Girard et moi, dans le travail sur *La composition des blés tendres français et étrangers* (*Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, n° 6, 1899), méthode

qui utilise un poids plus élevé de matière, nous a montré que ce chiffre moyen devait être relevé de 1,2 pour 100.

Examions la composition de ces différentes parties : c'est de cette composition chimique en effet que nous tirerons, pour chacune d'elles, des conclusions sur leur valeur alimentaire.

Voici d'abord, d'après Aimé Girard, la composition chimique des diverses parties de l'enveloppe :

Péricarpe . . . . .	Eau . . . . .	3,58	{
	Ligneux non azoté	24,43	
	Matières azotées..	2,41	
	Matières minérales	0,58	
Tégument séminal (Testa) . . . . .	Eau . . . . .	0,92	{
	Mat. non azotées..	5,06	
	Matières azotées..	1,25	
	Matières minérales	0,46	
Bande hyaline et assise protéique. . .	Eau . . . . .	7,23	{
	Mat. cellulosiques.	29,61	
	Matières azotées..	15,21	
	Matières grasses..	5,60	
	Matières minérales	3,66	
			—
		100,00	

Voici, toujours d'après Aimé Girard, la composition du germe :

Eau .....		11,55
Matières insolubles .....	Matière grasse...	12,50
	Matières azotées..	19,32
	Mat. cellulosoique	9,61
	Mat. minérales ..	0,80
Matières solubles .....	Matières azotées.	19,75
	Mat. non azotées..	22,15
	Mat. minérales ..	4,50
		100,00

Voici enfin, d'après le travail déjà cité et fait en collaboration avec Aimé Girard, les limites dans lesquelles, suivant leur provenance, on peut enfermer la richesse de l'albumen des blés tendres en principes nutritifs. Ces analyses ont été faites sur des farines représentant 70<sup>kg</sup> d'extraction par 100<sup>kg</sup> de blé :

		Farine de blé	
		Farine de blé d'hiver	
		Stand' up	d'Odessa
Eau .....		14,65	12,50
Matières solubles .....	Sucres, gommes, etc.	2,36	2,30
	Matières azotées....	1,10	1,40
	Matières minérales..	0,25	0,30
Matières insolubles .....	Gluten .....	6,58	13,80
	Amidon.....	73,68	68,12
	Matières grasses.....	1,17	1,16
	Matières minérales ..	0,21	0,42
Total .....		100,00	100,00

Si l'on examine, d'une façon tout à fait super-

ficielle, les Tableaux qui précèdent, on reconnaît que l'enveloppe, le germe, aussi bien que l'amande farineuse du grain de blé, sont constitués par un assemblage de matières hydrocarbonées, de matières grasses, de matières azotées et de matières minérales.

De là à conclure que toutes ces parties sont aussi alimentaires les unes que les autres, et que par conséquent on doit, par mesure économique, utiliser le grain dans son entier, il n'y a qu'un pas, et ce pas quelques-uns l'ont franchi en affirmant que le meilleur pain était le pain dit *complet*.

Cette conclusion ne saurait cependant être acceptée sans discussion.

En ce qui concerne l'amande farineuse, le doute n'est pas possible, et à défaut même des connaissances scientifiques que nous possédons aujourd'hui sur les diverses substances qui la composent, l'expérience séculaire serait là pour nous apprendre que toutes ses parties répondent aux conditions qu'on exige des aliments, c'est-à-dire qu'en traversant le tube digestif ou en arrivant aux organes, elles peuvent être mises sous une forme telle que ceux-ci sont capables de les utiliser, soit comme matières de construction, soit comme source d'activité. L'analyse chimique nous apprend d'ailleurs que les sucres, l'amidon, les matières grasses, les matières azotées

solubles et le gluten, sur lequel je reviendrai d'une façon plus précise au Chapitre V, qui figurent dans le Tableau précédent rentrent bien dans la classification générale que j'ai exposée dans le dernier Chapitre, qu'ils sont capables de subir l'action des liquides digestifs et que par conséquent l'albumen est bien, dans son intégralité, et au premier chef, partie utile du grain de blé.

En est-il de même de l'enveloppe et du germe ? C'est ce que je vais examiner maintenant.

Je commence cependant par dire que dans cet examen, je laisserai provisoirement de côté la question des matières minérales parce que je compte y revenir dans un Chapitre spécial.

Examinons d'abord le cas de l'enveloppe.

Aimé Girard a montré que celle-ci, non séchée, est formée de :

Péricarpe.....	31,00
Tégument séminal .....	7,69
Bande hyaline et assise protéique....	61,31
Total.....	100,00

Si l'on examine, au point de vue physique, le péricarpe, il apparaît comme un tissu lignifié, et sa constitution chimique, telle qu'elle se dévoile sous l'action des réactifs de ces tissus, de même que par l'analyse inscrite au Tableau précédent, ne laisse aucun doute à ce sujet.

Il en est de même du tégument séminal.

Or, on sait que les tissus lignifiés, qui constituent les différents bois, n'ont pour l'homme aucune valeur alimentaire et que, par conséquent, il ne saurait être question d'introduire, utilement, ces deux parties de l'enveloppe dans le compost alimentaire. Il s'ensuit qu'il n'y a ici à tenir aucun compte des matières azotées qu'elles renferment l'une et l'autre et qui représentent :

Péricarpe.....	0,374
Tégument séminal.....	<u>0,194</u>
Total .....	0,568

c'est-à-dire au maximum  $\frac{6}{1000}$  du poids du grain, soit, même en supposant qu'elles puissent être digérées, une quantité insignifiante.

Reste la bande hyaline et l'assise protéique. Ici encore, il y a lieu de faire un départ entre les tissus cellulaires qui servent d'enveloppe aux grosses cellules qui s'appuient sur l'albumen et le contenu azoté et gras de ces cellules, sur lequel nous reviendrons dans un instant. Ce tissu cellulosique en effet, comme celui du péricarpe et de la bande hyaline, n'a pour l'homme aucune valeur alimentaire, et par conséquent il n'apporte rien d'utilisable à l'organisme.

Aucun des auteurs qui se sont occupés de cette question n'a d'ailleurs soutenu le contraire.

Voici ce qu'à ce sujet écrit Millon (*Annales de Physique et Chimie*, 1849), qui, à un moment donné, a été l'un des apôtres de l'introduction du son dans les produits de la mouture : « L'enveloppe corticale des grains de blé est formée par du ligneux auquel adhère si fortement les autres principes assimilables qu'aucun moyen mécanique ne saurait les en isoler. Le son qu'on rejette dans cette intention entraîne toujours avec lui de la matière amylocée qui blanchit une des faces de la pellicule et qu'on détache par de simples lavages à l'eau froide.

« *Comme le ligneux ne se digère pas*, on fait le sacrifice de la substance nutritive qui lui est adhérente, *afin d'alléger l'entretien d'une matière inerte.* »

Si alors on tient compte de ces observations, on voit, en se rapportant au Tableau de composition des téguments de l'enveloppe qu'il ne reste, et nous verrons plus loin que c'est encore une affirmation discutable, comme principe alimentaire du son, que les quantités suivantes :

Matières azotées...	15,21	sur 61,31
Matières grasses...	5,60	—

ce qui, rapporté à 15,56 pour 100 d'enveloppe, donne pour 100 du grain :

Matières azotées .....	2,366
Matières grasses.....	0,871

Ces données étant acquises, calculons, comparativement à la farine contenant l'albumen à l'état de pureté, la valeur énergétique de 1<sup>kg</sup> de farine dans laquelle on aurait introduit la totalité de l'enveloppe.

Je montrerai, dans un des Chapitres suivants, que la valeur énergétique moyenne du kilogramme d'albumen à 14 pour 100 d'eau oscille autour de 3300<sup>cal</sup>.

D'après les données qui précédent, 1<sup>kg</sup> de grain contient 830<sup>gr</sup>, 10 d'amande farineuse. Ce kilogramme de grain, en laissant le germe de côté pour l'instant, s'il était réduit en farine complète, représenterait une énergie latente calculée comme suit :

Albumen.....	830	$\times$	3300	$\text{par kilo}$	$= 2739,3$
Apurées par l'enveloppe	Matières azotées.	23,70	$\times$	3,68	$= 87,2$
	Matières grasses.	8,71	$\times$	8,45	$= \underline{73,6}$

Valeur énergétique du kilo de farine entière. = 2900,1

On le voit donc, l'introduction de l'enveloppe dans le compost farineux alimentaire a pour effet d'abaisser de 3300<sup>cal</sup> à 2900<sup>cal</sup> la valeur énergétique du produit. Elle correspond donc à perte de 400<sup>cal</sup>, c'est-à-dire à une diminution de 12,12 pour 100 de la valeur énergétique du kilogramme de farine constituée par l'albumen à l'état pur.

Mais il y a plus. En établissant le calcul précédent, j'ai considéré comme alimentaires, c'est-à-dire comme utilisables par les sucs digestifs, les matières azotées et les matières grasses contenues dans les grosses cellules de l'assise protéique. Cette affirmation est-elle exacte? C'est ce que je vais maintenant examiner.

Tout d'abord, il y a lieu de remarquer que l'opinion que le son n'a aucune valeur alimentaire n'est pas nouvelle.

A ce sujet, j'ai rappelé l'opinion courante de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle que nous retrouvons sous la plume de Béguillet en 1776, que le son « nuit à la conservation des farines, tache leur blancheur, rend le pain aigre, bis, etc., qu'il fait poids et non nourriture ».

Un peu plus tard, Parmentier écrit dans son Ouvrage sur la Meunerie et la Boulangerie publié en 1782. « Je ne prétends pas être le premier qui se soit récrié contre la présence du son dans le pain; plusieurs médecins ont déjà prouvé que le son ne se digérait point, qu'il fatiguait extrêmement l'estomac et qu'on le rendait tel qu'on le prenait. Le son introduit dans le pain fait du poids et non du pain; il rend le pain lourd et mat et l'empêche de se conserver. »

Malgré ces opinions, plus tard, des savants tels que Liebig, Millon ont conclu que la suppression du son était plus nuisible qu'utile à

l'homme, et quelques auteurs, plus récemment, ont conclu de la même manière. Pour appuyer leurs dires, tenant compte de la richesse en matières azotées de l'assise protéique, ils ont dénommé cette assise la *couche à gluten*, ils ont affirmé que l'albumen était constitué presque exclusivement par de l'amidon et ils ont tiré cette conséquence, qu'en rejetant l'enveloppe, l'homme se privait de la substance albuminoïde productrice de force. On sait aujourd'hui que la matière granuleuse que renferme les grosses cellules de l'assise protéique n'est pas constituée par du gluten, mais par les grains de cette matière spéciale, sorte d'hydrate de carbone azoté qu'on désigne sous le nom d'*aleurone*, imprégnés d'une substance huileuse, et l'étude qui suit démontre péremptoirement que le contenu de ces cellules résiste à l'action du canal digestif de l'homme.

Poggiale, le premier, s'est attaqué à la résolution de ce problème. Il fit à ce sujet deux séries d'expériences. L'une sur deux chiens auquel il fit ingérer un poids déterminé de son. Il constata qu'en traversant le canal digestif de ces deux animaux, celui-ci n'avait perdu en matières grasses, azotées et amylacées que 23 pour 100 de son poids.

Dans une autre expérience, du son, soumis, à l'action digestive successive de deux chiens et

d'une poule, contenait encore 3,52 pour 100 de matières azotées.

Ces résultats sont déjà appréciables, mais ils ne sont pas concluants d'une part parce que Poggiale a utilisé non des enveloppes pures, mais du son qui contient toujours, sur sa face postérieure, le résidu assimilable de l'albumen et d'autre part parce que l'expérience a été faite sur des animaux dont les fonctions digestives peuvent ne pas être comparées à celles de l'homme.

M. Rathay, professeur à l'Institut royal de Klosterneubourg, a répété l'expérience sur lui-même dans les conditions suivantes. Il s'est soumis, pendant plusieurs jours, à une alimentation composée exclusivement par du pain complet dit de *Graham* et constitué par le grain entier grossièrement concassé, et il a examiné au microscope les enveloppes rejetées et détachées des gruaux. Il a retrouvé celles-ci, quant à leur structure anatomique, absolument identiques à ce qu'elles sont auparavant, c'est-à-dire au moment où on vient de les détacher du grain normal.

Et ainsi, voilà démontré que l'enveloppe du blé traverse le canal digestif humain sans digestion appréciable.

Mais c'est Aimé Girard qui, en se prenant lui-même comme sujet, a résolu la question non seu-

lement au point de vue qualitatif, mais aussi au point de vue quantitatif.

En se plaçant dans les conditions que nécessite scientifiquement un pareil essai et sur lesquelles il est inutile d'insister ici, il a ingéré, sans les soumettre à une mastication préalable, 5<sup>g</sup>,673 d'enveloppes séchées, occupant un volume d'environ 75<sup>cm<sup>3</sup></sup>, et qu'il avait, auparavant privées de leurs matières solubles par un lavage à l'eau. Ces matières, en effet, à cause de leurs propriétés laxatives, auraient pu apporter des troubles à l'expérience.

Après digestion les enveloppes ont été recueillies, puis séchées à 100° et pesées. Elles pesaient 5<sup>g</sup>,191. La perte était donc de 0<sup>g</sup>,482 dont une partie est certainement due à une disparition mécanique impossible à éviter dans ce genre d'expérience. Mais, même en supposant que cette perte de 0<sup>g</sup>,482 est due à la digestion, elle prouverait que c'est seulement 8,50 pour 100 du poids total de l'enveloppe qui est utilisé par l'organisme.

L'expérience devient d'ailleurs d'un intérêt capital d'une part, si l'on examine les enveloppes au microscope, d'autre part si l'on détermine la proportion d'azote qu'elles contiennent après l'expérience.

L'examen microscopique montre que les divers téguments n'ont subi aucune modification. La

figure 14 rend compte de cet ordre de faits, et elle montre, particulièrement, que les grosses cellules de l'assise protéique sont toujours pré-

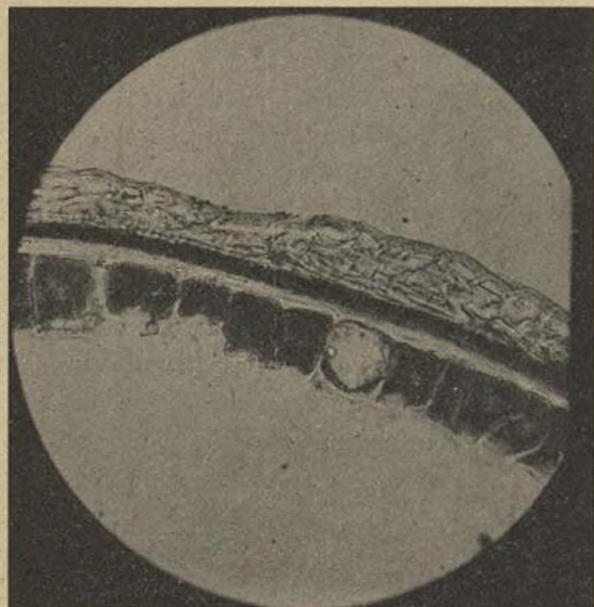


Fig. 14. — Feuille de son ayant traversé le canal digestif humain.

sentées, avec, à l'intérieur, le contenu granuleux qu'elles possédaient auparavant. Et cela confirme l'expérience de Rathay.

Avant l'expérience, le dosage de la matière azotée insoluble avait indiqué 16,35 pour 100. Après, le dosage indique 15,62.

Le passage à travers le canal digestif humain indique donc une perte de 0,73 de matière azotée, c'est-à-dire une perte insignifiante.

Dès lors, on peut conclure, avec certitude, que les matières contenues dans les cellules de l'assise protéique de l'enveloppe n'ont pour l'homme qu'une valeur alimentaire insignifiante.

Si l'on admet, comme je l'ai dit précédemment, que la perte de 8,50 pour 100 en poids soit due entièrement au phénomène digestif, et c'est, je le répète une chose très discutable, l'enveloppe n'apporterait donc, à l'homme, en matières azotées insolubles, que  $\frac{1}{1000}$  environ du poids du grain et au total 1,32 pour 100 de substances assimilables.

Ce n'est donc plus, en calories, et comme je l'indiquais tout à l'heure,  $87,2 + 73,6 = 150^{\text{cal}},8$  qu'apporterait l'enveloppe mélangée à la mouture de l'albumen, mais seulement  $\frac{150,8 \times 8,5}{100} = 12^{\text{cal}},8$ , soit 13<sup>cal</sup> en chiffre rond, et c'est de ce chiffre seulement que nous devrons tenir compte dans un instant lorsque nous ferons le bilan définitif de la valeur énergétique réelle du grain entier.

L'expérience d'Aimé Girard a porté également sur la détermination des matières minérales assimilées. Mais, ainsi que je l'ai déjà dit, je reviendrai sur cette question dans un Chapitre spécial.

Reste maintenant la question du germe dont nous avons donné la composition précédemment et qui représente 1,43 pour 100 du poids du grain, c'est-à-dire une proportion fort peu importante.

Il est facile de calculer l'apport de matières nutritives, en laissant toujours de côté les matières minérales, qu'il ferait à l'homme s'il était mélangé aux produits de la mouture. On trouve ainsi :

Matières azotées totales . . . . .	0,949
Matières grasses . . . . .	0,318
Total . . . . .	1,267

En valeur énergétique par kilogramme de grain, ces quantités représentent

Matières azotées . . . . .	$9,49 \times 3,68 =$	34,90
Matières grasses . . . . .	$3,18 \times 8,45 =$	26,80
Total . . . . .	=	61,70

En supposant que la totalité des matières contenues dans le germe soit assimilable par l'organisme humain, et ce n'est pas démontré pour la totalité des matières azotées, ce dernier apporterait donc, mélangé à la farine, 62<sup>cal</sup> en chiffre rond.

Nous pouvons donc calculer maintenant la valeur énergétique réelle du grain entier, par kilogramme, et comparativement à la valeur énergétique de l'albumen que j'ai fixée à 3300<sup>cal</sup>.

Cette valeur se décompte comme suit :

Albumen.....	<sup>g</sup> 830,1 à 3300 <sup>cal</sup>	par kg.....	<sup>cal</sup> 2740
Calories réellement apportées par....	155,6 d'enveloppe.....		13
Cal. apportées par	14,3 de germe.....		62
Valeur énergétique réelle du kg de grain entier			2815

Ainsi, tandis que le kilogramme de farine provenant de la pulvérisation de l'albumen seul possède une valeur énergétique de 3300<sup>cal</sup> la valeur énergétique réelle du grain entier n'est que 2815<sup>cal</sup>. Ce qui veut dire que l'introduction de l'enveloppe et du germe dans les produits de la mouture a pour effet de faire perdre, par kilogramme d'aliment réel, 485<sup>cal</sup>.

Cette perte domine tout le débat et tranche la question d'une façon indiscutable. Jointe à toutes les considérations déjà développées dans ce Chapitre, elle montre en effet que l'adjonction du son et du germe à la farine provenant de la désagrégation de l'albumen serait une erreur économique, parce que l'augmentation de rendement en poids qu'ils apportent au consommateur fait perdre à ce dernier 14,70 pour 100 de la valeur réelle de l'aliment.

Pour terminer ce Chapitre, et après avoir démontré que c'est l'amande farineuse seule que le meunier doit chercher à extraire du grain, il me reste à donner les raisons pour lesquelles

l'enveloppe et le germe doivent être rejetés, à cause de l'influence nuisible qu'ils exercent sur la farine, durant sa conservation et au cours de la panification.

Tout d'abord, si l'on se reporte aux Tableaux de composition de l'enveloppe et du germe que j'ai donnés précédemment, on reconnaît dans l'assise protéique la présence de 5,60 pour 100 de matière grasse, et dans le germe 12,50 pour 100.

Cette matière grasse, dans l'un comme dans l'autre cas, est constituée par une huile jaune d'odeur agréable au moment où elle est extraite des cellules qui la renferment. Mais cette huile ne tarde pas à se modifier : d'une part, elle rancit très rapidement et communique aux farines une odeur et une saveur qui les rendent inacceptables par la consommation ; d'autre part, elle s'acidifie, et certains des acides organiques qui se forment exercent sur le gluten une action de désagrégation qui lui fait perdre toute son élasticité et par conséquent, petit à petit, la qualité particulière qu'il communique, pour une bonne panification, aux farines de froment.

Enfin, cette huile, par ses propriétés laxatives, agit sur l'intestin et nuit, comme nous le verrons par la suite, à l'assimilation des produits de la digestion.

Mais ce n'est pas tout. Dans les travaux qu'il a publiés de 1835 à 1860, Mège-Mouriès a signalé,

dans l'enveloppe, une substance qu'il a désignée sous le nom de *céréaline*, qu'on retrouve d'ailleurs en plus forte proportion dans le germe, substance soluble dans l'eau, et à laquelle cet auteur attribue, à juste titre, les effets les plus pernicieux sur les constituants de la farine au cours de la panification. Elle agit en effet à la fois sur l'amidon et le gluten pour les solubiliser et sur une substance spéciale du son pour la colorer et donner ainsi, finalement, au pain, l'aspect bis ou même noir.

Les propriétés de la céréaline la font ranger de suite dans la catégorie des fermentes non figurées, des diastases. A l'époque où travaillait Mège-Mouriès, on ne connaissait que la diastase que Payen et Persoz avaient isolée de l'orge germée. Mais aujourd'hui que nos connaissances sur cette question sont très étendues et éclairent d'un jour tout spécial les processus vitaux, nous pouvons mieux définir la céréaline de Mège-Mouriès et séparer les diastases dont elle est constituée et qui nous intéressent à ce moment.

C'est d'abord la diastase de Payen et Persoz, mélange d'*amylase* et de *dextrinase*, qui a la propriété de liquéfier progressivement l'amidon en le transformant successivement en dextrine et en maltose.

C'est ensuite une *protéase* qui s'attaque particulièrement à la substance albuminoïde, au

gluten pour le solubiliser en le transformant en peptone.

Une autre protéase, probablement la même que la précédente, que M. Gabriel Bertrand appelle *gluténase*, agit sur les matières protéiques ou azotées du son pour les transformer en un chromogène incolore analogue à la tyrosine sur lequel une autre diastase, de la famille des *oxydases* cette fois, *la tyrosinase*, fixe l'oxygène atmosphérique pour donner finalement un produit fortement coloré en brun noir.

Lorsqu'on mélange le son et le germe à la farine, on y apporte donc en même temps le mélange de diastases. Au moment du pétrissage, elles se dissolvent dans l'eau et se propagent ainsi dans toutes les parties de la pâte. Puis, leur action étant favorisée par la température durant la fermentation et la première phase de la cuisson qui n'atteint qu'après un certain temps le degré de stérilisation, elles agissent, chacune pour leur compte, d'une part sur l'amidon et le gluten pour les solubiliser et sur la substance chromogène formée pour la colorer en brun plus ou moins noir.

L'effet final de toutes les actions est le suivant : production d'un pain bis ou noir, dont la mie, par suite des actions solubilisantes, est compacte, courte et grasse, et dont le degré d'hydratation est toujours, pour les mêmes raisons, plus élevé

que celui du pain, bien levé et blanc, que donne les farines pures, chez lesquelles tous ces inconvénients sont évités. Comme conséquence générale, on peut tirer de ces faits qu'en outre de la diminution des qualités digestives sur lesquelles je reviendrai dans un Chapitre suivant, le pain fait avec des farines contenant, en plus ou moins grande proportion, des fragments de l'enveloppe et du germe, est toujours plus hydraté que le pain de farine blanche et que, par conséquent, sous le même poids, il renferme toujours moins de matière alimentaire réelle.

De toutes les observations précédentes, nous devons donc conclure que l'enveloppe et le germe doivent être rejetés des produits de la mouture, non seulement parce qu'ils diminuent la puissance énergétique et la valeur alimentaire de la farine, mais aussi parce qu'ils apportent avec eux des matières grasses qui nuisent à la conservation des farines et des diastases qui altèrent sérieusement leurs qualités au cours de la panification.

---

---

## CHAPITRE IV.

### LES PRODUITS DE LA MOUTURE DU GRAIN DE BLÉ. FARINES DE MEULES ET FARINES DE CYLINDRES.

---

Les conclusions que j'ai tirées des observations présentées au Chapitre précédent conduisent, au point de vue de la mouture du grain de froment, à une conséquence générale : l'albumen devant seul être extrait du grain pour constituer la farine, il s'ensuit qu'entre deux systèmes mis en comparaison, il y aura lieu de déclarer et de choisir comme supérieur celui qui, pulvérisant le moins possible l'enveloppe et le germe, permet de les éliminer plus facilement et en plus grande proportion des produits de la mouture. Autrement dit, le meilleur système de mouture est celui qui donne, en farine blanche, le plus haut rendement.

Pour nous rendre compte de la valeur de cette affirmation, examinons comment se pose, au point de vue pratique, le problème de la réduction du grain de froment.

Dans un travail que j'ai publié antérieurement et intitulé *Recherches sur la composition immé-*

diate et élémentaire des matières albuminoïdes extraites du grain des céréales et des graines des légumineuses; conséquences pratiques de cette étude (*Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, mai 1898), j'ai été amené à étudier, sur six variétés de blé de provenances française et étrangère, l'amande farineuse du grain de blé, non pas prise dans son entier, mais fragmentée, à l'aide d'un moulin d'essai à cylindres, en trois parties allant du centre à la périphérie de l'albumen. Les farines ainsi obtenues ont été pesées et analysées de façon à connaître la teneur en gluten de chacune d'elles et la composition de ce gluten en ses deux constituants principaux, gliadine et gluténine.

Les échantillons de blé avaient été choisis non seulement de richesse variable, mais aussi de façon que la grosseur de leur grain aille en croissant et représente les types divers que l'agriculture offre à l'industrie meunière.

Les Tableaux ci-dessous donnent les résultats de ces diverses analyses :

## BLÉ GOLDENDROP

*Provenance : grande culture de Seine-et-Oise.*

	Rendement à la mouture	Gluten p. 100 de farine	Composition du gluten	
			Gluténine	Gliadine
2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> broyages.	19,35	6,36	21,89	78,11
4 <sup>e</sup> broyage..	38,50	7,07	20,32	79,68
5 <sup>e</sup> — ..	15,32	8,51	24,49	75,51
Extraction : 73,17 pour 100 du poids du blé.				
Poids moyen d'un grain..... 0,051				

## BLÉ DE BORDEAUX

*Provenance : blé de semence de la maison  
Vilmorin-Andrieux.*

	Rendement à la mouture	Gluten p. 100 de farine	Composition du gluten	
			Gluténine	Gliadine
2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> broyages.	13,23	8,28	25,48	74,52
4 <sup>e</sup> broyage..	39,48	8,43	25,16	74,84
5 <sup>e</sup> — ..	22,25	10,95	33,59	66,41
Extraction : 74,96 pour 100 du poids du blé				
Poids moyen d'un grain..... 0,056				

## BLÉ DATTEL

*Provenance : blé de semence de la maison  
Vilmorin-Andrieux.*

	Rendement à la mouture	Gluten p. 100 de farine	Composition du gluten	
			Gluténine	Gliadine
2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> broyages.	22,00	7,83	25,39	74,61
4 <sup>e</sup> broyage..	30,80	8,12	22,93	77,07
5 <sup>e</sup> — ..	21,90	10,60	37,19	62,81
Extraction : 74,70 pour 100 du poids du blé.				
Poids moyen d'un grain..... 0,049				

## BLÉ GRIS DE SAINT-LAUD

*Provenance : blé de semence de la maison**Vilmorin-Andrieux.*

	Rendement à la mouture.	Gluten p. 100	Composition	
			de farine.	Gluténine. Gliadine.
2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> broyages.	19,90	7,37	22,94	77,06
4 <sup>e</sup> broyage..	27,07	7,71	29,80	70,20
5 <sup>e</sup> — ..	24,51	9,51	31,55	68,45
Extraction:	71,48 pour 100 du poids du blé.			
Poids moyen d'un grain .....		0,050		

## BLÉ CHOICE WHITE BOMBAY

*Provenance : blé des Indes de grande culture, 1896.*

	Rendement à la mouture.	Gluten p. 100	Composition	
			de farine.	Gluténine. Gliadine.
2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> broyages.	23,33	8,03	26,53	73,47
4 <sup>e</sup> broyage..	26,36	8,29	26,39	73,61
5 <sup>e</sup> — ..	23,33	10,24	39,16	60,84
Extraction :	73,02 pour 100 du poids du blé.			
Poids moyen d'un grain .....		0,047		

## BLÉ OULKA DE BESSARABIE

*Provenance : blé russe de grande culture, 1895.*

	Rendement à la mouture.	Gluten p. 100	Composition	
			de farine.	Gluténine. Gliadine.
2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> broyages.	23,50	10,88	26,93	73,07
4 <sup>e</sup> broyage..	18,15	11,33	29,20	70,80
5 <sup>e</sup> — ..	25,60	13,22	34,00	66,00
Extraction :	67,25 pour 100 du poids du blé.			
Poids moyen d'un grain .....		0,029		

De ces Tableaux, je tirerai plus loin, au point de vue de la composition des farines de cylindres à divers pourcentages d'extraction, des conséquences importantes.

Celle que je veux tirer de suite concerne directement le problème général de la mouture. Ces analyses montrent, en effet, que pratiquement, l'amande farineuse du grain de blé peut être divisée en deux zones principales : l'une, centrale, représentant 42 à 58 pour 100 du poids du grain, ayant une composition spéciale déterminée tant au point de vue de la quantité que de la qualité du gluten, variable avec chaque espèce de grain ; l'autre extérieure à la précédente et adhérente à la face interne de l'assise protéique de l'enveloppe, représentant 15 à 26 pour 100 du poids total, beaucoup plus riche en gluten que sa voisine, ce gluten étant aussi plus riche en gluténine que celui qu'on peut extraire de la partie centrale.

Pour chacun de ces blés cette couche représente :

	p. 100.
Blé Goldendrop.....	15,32
Blé de Bordeaux.....	22,25
Blé Dattel.....	21,90
Blé gris de Saint-Laud.....	24,51
Blé Choice white Bombay.....	23,33
Blé Oulka de Bessarabie.....	25,60

c'est-à-dire une moyenne de 22 pour 100 en chiffres ronds, soit 26,5 pour 100 du poids total de

la farine, en admettant, comme nous l'avons fait précédemment, que le blé contient en moyenne 83 pour 100 d'albumen.

Quelle épaisseur représente cette couche ? Il est facile de la calculer à la condition d'admettre, ce qui est suffisamment vrai : 1<sup>o</sup> que le grain de blé est un ellipsoïde engendré par la révolution d'une ellipse tournant autour de son grand axe, celui-ci étant égal à deux fois le petit axe; 2<sup>o</sup> que la densité de l'amande farineuse est la même dans toutes ses parties.

L'intégrale

$$V = \pi \int_a^b y^2 dx$$

qui représente le volume engendré par une surface de révolution, résolue pour l'ellipse dont le centre est pris comme origine et avec les conditions précédentes, devient

$$V = \frac{1}{3} \pi a^3,$$

$a$  représentant le demi-grand axe de l'ellipsoïde égal à l'extraction la plus élevée, soit 73,17 pour 100 dans le cas du blé Goldendrop. Si l'on représente par  $\alpha$  le demi-grand axe de l'ellipsoïde égal à l'extraction la plus faible, soit 19,35 + 38,50 = 57,85 pour 100 dans le même cas,  $(a - \alpha)$  représente l'épaisseur de la zone périphérique, et un calcul simple montre que ces

deux quantités sont liées par l'équation

$$\alpha = \alpha \sqrt[3]{\frac{P'}{P}},$$

$P$  étant par exemple égal à 73,17,  $P'$  à 57,85 pour le blé Goldendrop.

La résolution de cette équation pour les six variétés de blé étudiées précédemment donne pour  $\alpha$  les valeurs suivantes :

Blé Goldendrop.....	$\alpha = \alpha \times 0,92$
— de Bordeaux .....	$\alpha = \alpha \times 0,89$
— Dattel .....	$\alpha = \alpha \times 0,89$
— gris de Saind-Laud.....	$\alpha = \alpha \times 0,87$
— Choice white Bombay...	$\alpha = \alpha \times 0,88$
— Oulka de Bessarabie....	$\alpha = \alpha \times 0,85$

ce qui montre bien que la valeur de  $\alpha$  est sensiblement proportionnelle au grand axe du grain, c'est-à-dire à la grosseur de celui-ci. Si l'on admet pour la valeur du grand axe un chiffre moyen de 6<sup>mm</sup> et pour  $\alpha$  la valeur moyenne

$$\alpha = \alpha \times 0,885,$$

on aura

$$\alpha = 3 \times 0,885 = 2,7,$$

$$\alpha - \alpha = 0^{mm}, 3 = \frac{3}{10} \text{ de millimètre.}$$

L'épaisseur de cette couche est donc très faible, puisqu'elle ne représente que  $\frac{3}{10}$  de millimètre. Mais j'ai montré plus haut qu'il n'en est pas de

même de son poids (22 pour 100), et la valeur élevée de celui-ci exige que, pour répondre aux conditions économiques de la production, cette couche soit extraite du blé autant qu'il est possible. Mais on conçoit de suite que cet enlèvement, à cause de cette faible épaisseur, n'est pas des plus faciles, si l'on veut qu'il soit fait sans déchirer le son et le réduire en parties très fines qui, par la suite, traverseraient les soies des tamis et ne pourraient plus, par conséquent, être totalement éliminées de l'albumen pulvérisé.

Ceci revient à dire que si l'on peut poser en principe que 83 — 22, soit 60 à 65 pour 100 en moyenne du poids total de l'albumen, sont faciles à extraire, il n'en est plus de même des 18 à 23 pour 100 qui restent, et l'on conçoit qu'il faut prendre, pour les extraire avec une pureté aussi grande que possible, d'infinites précautions, précautions qui s'exagèrent encore au fur et à mesure du travail, l'épaisseur de la couche, au cours de la mouture, diminuant proportionnellement beaucoup plus vite que son poids.

La résolution pratique de ce problème est-elle plus facile pour le procédé par meules que pour le procédé par cylindres ? A cette question un rapide examen du fonctionnement de chacun de ces systèmes va nous permettre de répondre.

C'est au siècle dernier que les meules de pierre

ont reçu leurs derniers perfectionnements. Jusqu'à l'année 1873, elles ont été les maîtresses du moulin. Leur principe de construction est facile à saisir : les deux meules sont placées l'une au-dessus de l'autre, à une distance qui peut varier suivant qu'on opère par mouture haute ou par mouture basse. L'une, l'inférieure, est fixe, c'est la *gisante*; l'autre, la supérieure, la *courante*, est mobile.

Chaque meule est constituée par un assemblage de carreaux de silex, dit *meulier*, provenant principalement de la Ferté-sous-Jouarre, silex qui présente une foule de cavités irrégulières, tantôt petites, tantôt grandes, qu'on désigne sous le nom d'*éveillures*. La surface travaillante de chaque meule porte une série de sillons tracés suivant des règles admises, sillons qu'on désigne improprement sous le nom de *rayons* et qui sont constitués par la rencontre d'une face verticale ou presque verticale qu'on appelle *escarpe* et d'une face très inclinée appelée *rampant*. L'espace plan compris entre deux rayons prend le nom de *portant*.

La surface de la meule gisante est plane dans toute son étendue, mais, particularité très importante à signaler, celle de la meule courante ne l'est pas. En effet, sur la moitié environ de la longueur de son rayon, la surface inférieure de cette meule est évidée en forme de cône très aplati, de manière à réserver près de l'*œillard*,

c'est-à-dire près de l'ouverture centrale d'alimentation, une entrée qui permette au grain de pénétrer aisément entre les engins. Cette entrée diminue d'épaisseur au fur et à mesure qu'on

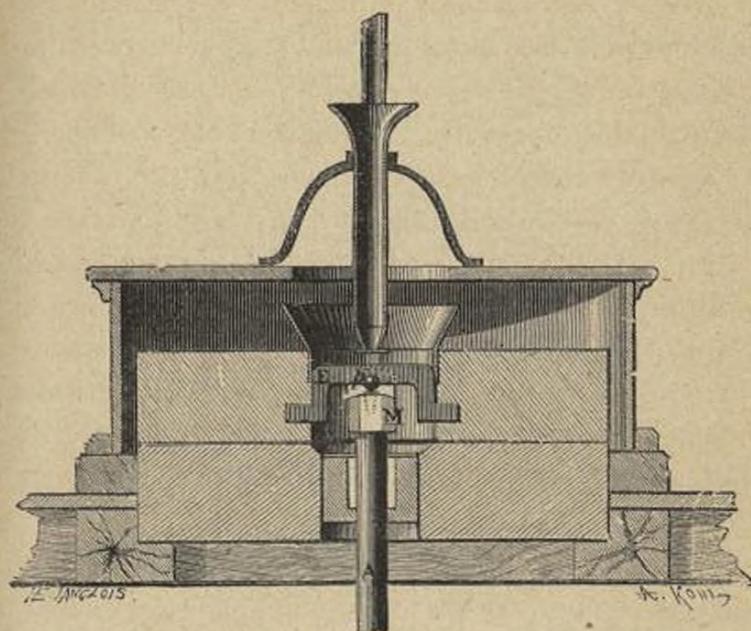


Fig. 15. — La paire de meules.

s'éloigne du centre, de telle manière que, finalement, la surface du cône vient se raccorder à la périphérie avec le plan de la meule gisante (fig. 15).

Dans ces conditions, il est facile de se rendre compte du travail qui s'accomplit. La meule courante étant en mouvement, le grain, entrant par l'œillard, pénètre entre deux rayons super-

posés, et, poussé par la force centrifuge, chemine en spirale jusqu'à la sortie. Il est alors soumis (fig. 16) d'abord à une double action de compression: d'une part, parce que le parallélogramme

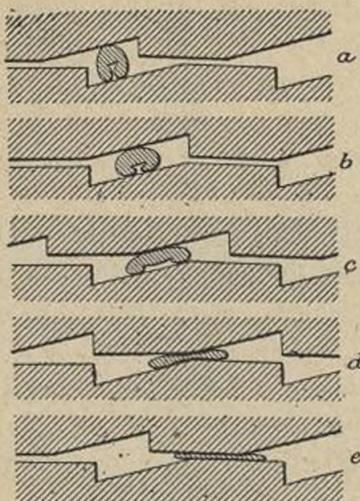


Fig. 16. — Principe d'action des meules.

formé primitivement par deux rayons superposés diminue de hauteur; d'autre part, parce que l'espace compris entre les meules diminue d'épaisseur au fur et à mesure que le grain chemine vers la périphérie. Il est soumis ensuite et simultanément à l'action cisaillante des rayons de la meule courante. Et c'est ainsi que le grain va se fragmentant en produits de plus

en plus fins qui, finalement, sont réduits en farine entre les portants, ceux-ci agissant en même temps sur l'enveloppe pour la débarrasser, comme de véritables râpes, de l'albumen qui adhère à sa surface interne.

Les meules agissent donc par pression continue et par chocs répétés, et l'on conçoit, non seulement que leur frottement a pour effet d'échauffer considérablement les produits de la mouture et d'en diminuer la valeur boulangère, mais aussi que les recouplements successifs dont ceux-ci sont l'objet tendent à amener une partie de l'enveloppe et du germe à un degré de très grande finesse, ce qui permettra aux débris ainsi formés de se mêler intimement à la farine qui traversera la soie des bluteries.

Ces inconvénients n'avaient pas échappé depuis longtemps à nombre d'observateurs. C'est pour y remédier, dans une certaine mesure, qu'on a substitué à la mouture en une seule opération, dite *basse*, la mouture haute dans laquelle les meules, d'abord éloignées, sont ensuite rapprochées peu à peu, pour réduire progressivement le grain en gruaux, en farine et en son.

Mais cette manière de procéder ne fut qu'un palliatif, et c'est dans une transformation complète du principe même de la mouture, par l'emploi des engins métalliques et cylindriques, que le remède a été trouvé.

L'appareil de mouture actuel se compose principalement de deux cylindres en fonte durcie, munis de cannelures hélicoïdales, tournant en sens contraire avec des vitesses différentes. L'un des cylindres repose sur des paliers fixes, l'autre repose sur des paliers mobiles, de telle sorte qu'il peut, à volonté, être éloigné ou rapproché du premier. C'est en passant dans l'intervalle compris entre les faces verticales tangentielles de ces cylindres que le grain se trouve moulu (*fig. 17*).

On a dit que les cylindres agissent comme des laminoirs ordinaires, et sont ainsi chargés de briser le grain par simple compression. C'est une erreur dont a fait justice M. J.-A. Grandvoynet, professeur de génie rural à l'Institut national agronomique, au deuxième Congrès commercial et industriel des grains et farines de 1888.

Qu'un cylindre cannelé tourne sur ou contre un autre cylindre cannelé, avec la même vitesse de sens contraire ou des vitesses différentes, tout se passe comme si l'un des rouleaux, restant fixe et constamment couvert de grains, semoules, gruaux ou sons, le second roulait sur le premier avec sa vitesse relative. O et O' sont les axes de deux cylindres cannelés du même diamètre (*fig. 18*). Le premier tourne avec une vitesse V et l'autre avec une vitesse double. Si l'on suppose

un observateur placé dans le cylindre lent et entraîné avec lui, pendant qu'il regarde le cylindre rapide, le cylindre lent lui paraîtra immobile, tandis que l'autre lui paraîtra rouler sur le premier. Les vitesses étant différentielles, ce roulement est dit *avec glissement*. La trajec-

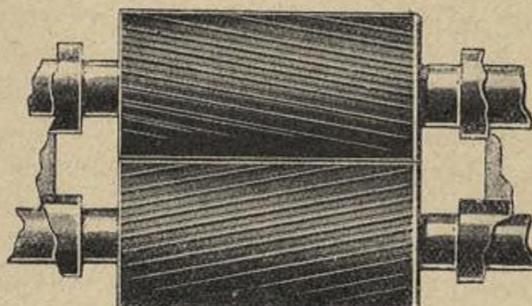


Fig. 17.

jectoire relative d'un point du cylindre rapide est une épicycloïde accourcie dont la figure 18 rend parfaitement compte; c'est-à-dire que, pour arriver à sa position actuelle A, l'arête de la cannelure du cylindre rapide a pris successivement les positions  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ , faisant ce qu'on pourrait appeler un piochage dans le grain immobile sur le cylindre fixe relativement; puis l'arête continuant son mouvement prendra les positions  $a_6, a_7, a_8$ , en abandonnant le grain tout en l'étirant pendant qu'il est maintenu par l'arête correspondante de la cannelure

du cylindre lent. Ce piochage et cet étirage correspondent, en somme, à un véritable raclage de l'albumen sur le son ouvert et étalé, la pression qui s'exerce simultanément facilitant le travail.

Ici, il n'y a donc pas de chocs brusques comme

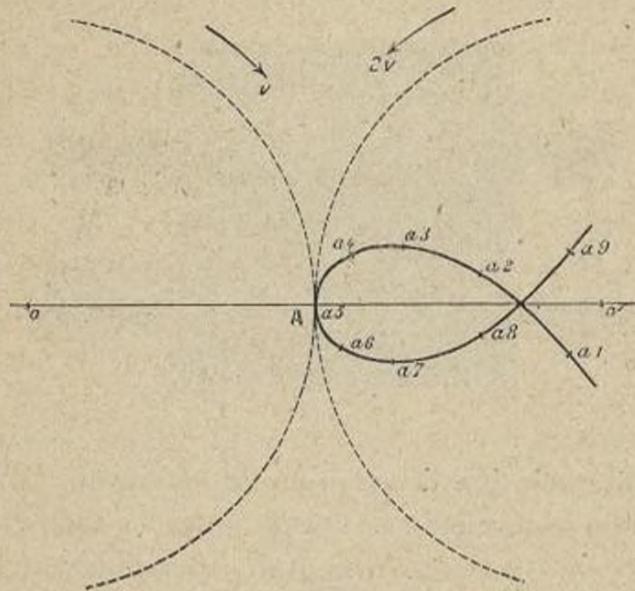


Fig. 18.

dans l'action des meules; de plus, comme le grain n'est en contact que pendant un instant très court avec l'engin, l'échauffement est autant que possible évité. Pour le porter au minimum et pour curer progressivement le son, on opère la mouture en 5 ou 6 passages successifs. Dans chacun de ces passages les cylindres vont en se

rapprochant de plus en plus au fur et à mesure que la couche de farine retenue contre le son diminue elle-même d'épaisseur. On travaille ainsi avec une pression aussi faible que possible. On perfectionne encore ce travail en faisant varier le nombre des cannelures et le rapport des vitesses, au fur et à mesure que le travail avance.

Le premier broyage est particulièrement intéressant; en effet, les cylindres y sont très écartés, de sorte que le grain y est simplement comprimé de telle façon qu'il se fend suivant la ligne de faible résistance, c'est-à-dire suivant le sillon; mais, en s'ouvrant ainsi en deux parties, il laisse échapper le germe entier qui peut être facilement enlevé; en même temps, la poussière contenue dans le sillon peut être éliminée.

La mouture aux cylindres est donc une mouture haute, c'est-à-dire qu'elle est conduite de façon à ne donner que peu de farine et beaucoup de gruaux ou semoules. Ces semoules, débarrassées des petits sons qui les accompagnent, dans des appareils spéciaux appelés *sasseurs*, sont ensuite réduites en farine par des passages, successifs encore, à travers des cylindres, lisses cette fois, auxquels on donne le nom de *convertisseurs*.

Sans que j'insiste davantage, on comprend que les cylindres opèrent la réduction du grain de blé en farine sans chocs brusques et avec une pression minime; il s'ensuit que, l'échauffement

produit étant beaucoup plus faible que dans la mouture par meules, le gluten conserve ses propriétés élastiques; de plus, le germe étant éliminé par le premier broyage et le son étant curé sans être soumis à des froissements qui le pulvérissent, la farine est obtenue très pure, capable, par conséquent, de donner du pain sans coloration.

La théorie du travail des cylindres que je viens d'exposer permettait de prévoir ces faits; néanmoins, ils n'ont été admis en France qu'après qu'une Commission composée d'industriels et de savants, et dont faisait partie Aimé Girard pour l'étude chimique et Grandvoynet pour l'étude mécanique, eût soumis à un examen comparatif les différents engins qui se trouvaient en présence à cette époque, cylindres, meules de pierre, meules métalliques et broyeurs à chevilles. Parmi les neuf systèmes en comparaison figuraient deux moulins à cylindres et un moulin à meules de pierre.

Aimé Girard démontra que la farine première, au point de vue du rendement en quantité, se montrait, dans le cas du travail aux cylindres, légèrement supérieure à ce qu'elle était dans le travail entre meules, mais présentait surtout, au point de vue des qualités qu'exige la fabrication du pain, une grande supériorité. Des analyses chimiques et microscopiques faites sur les farines

produites, en effet, il est résulté que, sous le rapport de la pureté (étant toujours entendu que ce terme de pureté désigne l'absence des débris de l'enveloppe et du germe), les farines de cylindres occupaient dans le classement les n<sup>o</sup>s 1 et 2, tandis que la farine de meules n'arrivait qu'au 7<sup>e</sup> rang.

C'est à la suite des travaux de cette Commission, qui remontent à l'année 1883, que s'opéra en France la transformation de l'outillage de la meunerie, transformation aujourd'hui complète.

Depuis cette époque, ainsi que je l'ai déjà dit, de nombreuses critiques ont été adressées au nouveau système de mouture, critiques qui peuvent toutes se résumer en cette seule affirmation que le pain qu'on consomme à l'heure actuelle est moins nutritif que le pain que consommaient nos pères, cette conséquence résultant de la substitution des cylindres aux meules.

Pour soutenir cette affirmation on attribue aux meules des vertus qu'elles ne possèdent pas.

Les uns disent, par exemple, que ces dernières donnent un rendement plus élevé que les cylindres, ce qui est une erreur. Dans les deux cas, le meunier peut, à l'avance, fixer son rendement. Il lui suffit, pour cela, d'incorporer à la farine première des proportions plus ou moins grandes des farines deuxième ou troisième. Et il le peut aussi bien avec un engin qu'avec l'autre.

D'autres, confondant la matière azotée de l'assise protéique avec le gluten, déclarent que les meules incorporent cette couche à la farine,

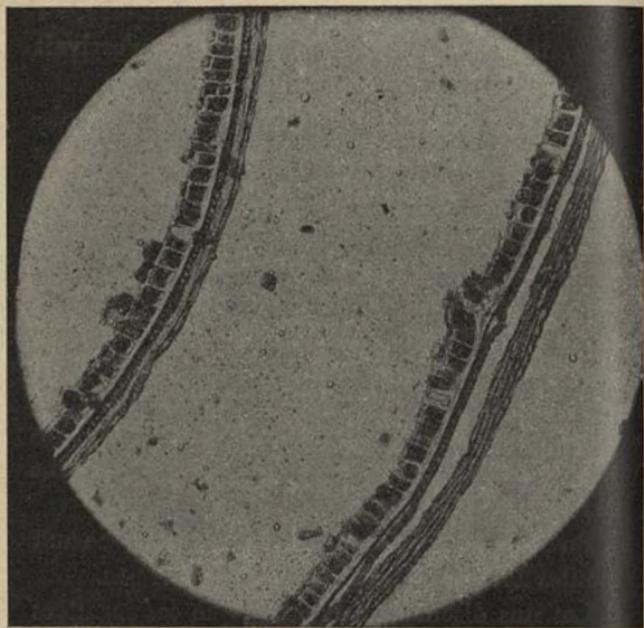


Fig. 19. — Mouture par cylindres.  
Son complètement débarrassé de farine.

ce que les cylindres ne peuvent pas faire, augmentant ainsi la valeur alimentaire du produit, qui, faute de cette couche, n'est constitué, disent-ils, que par de l'amidon. J'ai déjà insisté sur

cette erreur précédemment. La matière azotée de l'assise protéique n'est pas du gluten, et

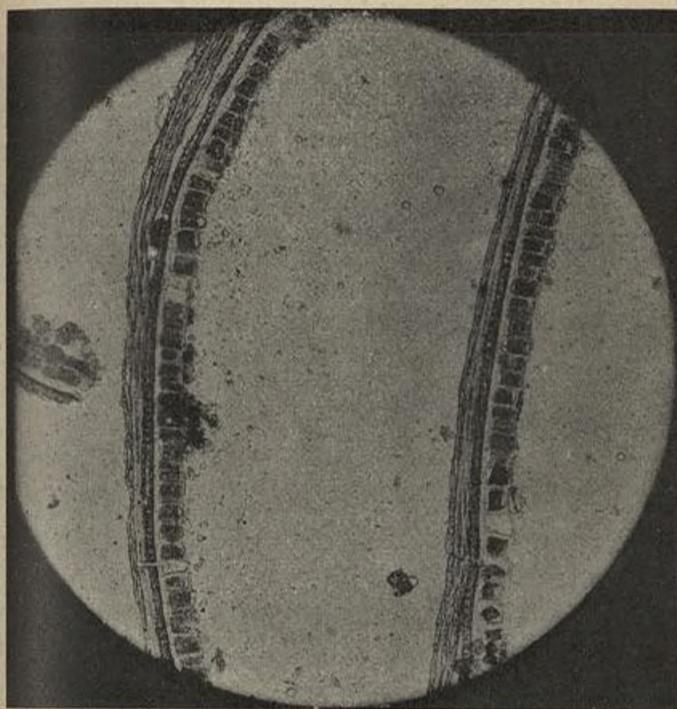


Fig. 20. — Mouture par meules.  
Son complètement débarrassé de farine.

d'ailleurs, cette couche, aussi bien dans un cas que dans l'autre, reste adhérente à la bande hyaline et s'en va avec elle et le péricarpe sous la forme de son.

Pour s'en convaincre, il suffit d'examiner, comme je l'ai fait, le son produit par la mouture aux meules et par la mouture aux cylindres. On

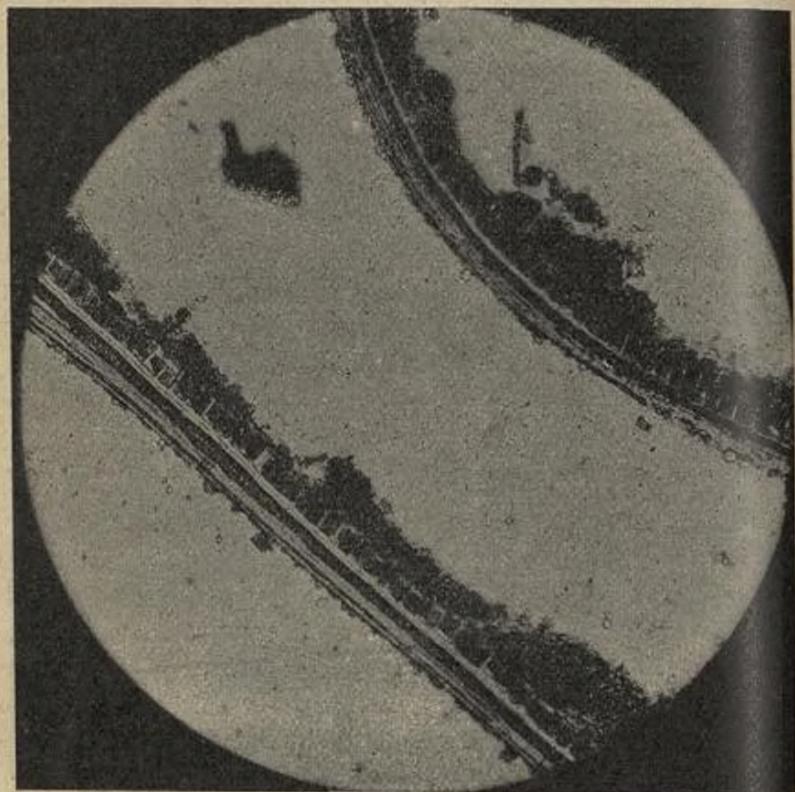


Fig. 21. — Mouture par cylindres.  
Son incomplètement débarrassé de farine.

trouve alors (*fig. 19, 20, 21, 22*) que celui-ci se présente toujours de la même façon, tantôt complètement débarrassé de farine, tantôt avec une mince couche d'albumen adhérente et que

jamais, en aucun cas, l'assise protéique n'a été détachée de l'enveloppe.

Les arguments des contempteurs de la mouture



Fig. 22. — Mouture par meules.  
Son incomplètement débarrassé de farine.

aux cylindres n'ont pas plus de valeur lorsqu'ils se chiffrent par des analyses. En effet, on ne saurait considérer comme sérieuse une méthode de travail qui consiste à prendre des farines dans

n'importe quelle boulangerie ou quel moulin, à les analyser, pour comparer ensuite les résultats obtenus à ceux correspondant à des déterminations diverses faites il y a 30 ou 40 ans. Et l'on doit faire le même sort aux procédés qui consistent à analyser le grain entier, farine, son et germe réunis, pour établir ensuite des comparaisons avec les farines qu'on trouve dans le commerce et qui ne proviennent pas du blé dont l'échantillon a été examiné.

En cette matière, il n'y a qu'un procédé d'investigation acceptable, c'est celui qui consiste à moudre le blé d'un même lot par les systèmes qu'on veut mettre en regard l'un de l'autre et à analyser comparativement les produits obtenus. J'ai eu souvent l'occasion d'opérer ainsi, et chaque fois, le bilan nutritif de la mouture s'est toujours établi en faveur de la mouture aux cylindres. J'y reviendrai dans le Chapitre suivant; mais, auparavant, je demande la permission de présenter, en faveur de cette thèse, quelques arguments provenant d'observations ou de travaux personnels.

Tout d'abord, il est facile d'appuyer, par des expériences, les deux théories que j'ai développées précédemment et qui sont relatives à l'action des meules et des cylindres sur le grain de blé au cours de la mouture.

Pour cela, mettant en comparaison un moulin

à meules métalliques et un moulin à cylindres installés à mon laboratoire, j'ai divisé l'albumen du blé provenant d'un même lot en un certain nombre de zones, et j'ai dosé, dans chacune, le gluten et l'acide phosphorique. Par la mouture aux cylindres on a pu ainsi obtenir quatre échantillons de farine pris dans l'albumen, en des points qui se déplacent progressivement du centre à la périphérie. Dans le cas des meules métalliques, la division n'a pu comprendre que trois opérations.

Le Tableau suivant rend compte des analyses pour chaque cas :

	Gluten		Acide phosphorique	
	Cylindres.	Meules.	Cylindres.	Meules.
1 <sup>re</sup> zone.....	7,70	8,70	0,239	0,309
2 <sup>e</sup> — .....	8,04	8,88	0,252	0,322
3 <sup>e</sup> — .....	9,64	9,66	0,322	0,405
4 <sup>e</sup> — .....	9,93	—	0,520	—

Ces analyses, confirmant celles que j'ai données précédemment, montrent, par l'augmentation régulière du gluten et de l'acide phosphorique, que les cylindres agissent bien progressivement, passant sans chocs d'une zone de l'albumen à une autre, jusqu'au son, sans jamais mélanger une couche à la suivante. Et cela vérifie la théorie du piochage et du grattage progressif par les cannelures.

Il n'en est pas de même des meules. En effet,

l'élévation du taux de gluten (pour un tirage égal bien entendu) par rapport au taux de la même zone séparée par les cylindres, de même que celui de l'acide phosphorique, la composition à peu près semblable des deux premières zones, montrent bien que dès le commencement du travail des fragments d'albumen de la partie externe plus riche sont arrachés et mélangés aux parties centrales, ce qui a pour effet de relever leur pourcentage en matière azotée et en phosphates.

Et cela montre bien qu'ici, contrairement à ce qui se passe pour les cylindres, la mouture n'est pas progressive, mais soumise à des chocs violents qui brisent le grain en mélangeant de suite les unes aux autres les différentes parties de l'albumen.

Je disais précédemment que certaines affirmations se sont produites tendant à établir que les farines de l'époque actuelle sont moins nutritives que celles d'il y a 40 à 50 ans et que cela provient de ce que, les cylindres ne broyant que le cœur de l'amande, les farines doivent leur blancheur et leur valeur alimentaire à l'amidon seul.

Les analyses que j'ai données précédemment suffiraient seules à montrer que le cœur de l'albumen est déjà riche en matières azotées, cette richesse étant fonction de la variété de fro-

ment envisagée. Mais ceux qui ont émis cette opinion, écrite ou verbale, n'ont pas pris garde que, depuis 30 ans surtout, les méthodes culturales de l'agriculture française se sont profondément modifiées. Sous cette influence, celle-ci a, petit à petit, remplacé les variétés de froment qu'elle cultivait de temps immémorial par des variétés nouvelles dites *à haut rendement*, et elle a poussé ce rendement aussi loin qu'elle a pu par le moyen des engrais chimiques. Or, les travaux des agronomes, et en particulier ceux des célèbres Anglais, MM. Lawes et Gilbert, sur leur domaine de Rothamsted, ont démontré que, si les engrais ont une influence sur le rendement en poids du grain, ils n'ont aucune influence sur le rendement en matières azotées, celui-ci étant surtout fonction de la variété.

Les variétés à haut rendement cultivées à notre époque (et nous l'avons démontré, Aimé Girard et moi, dans un travail qui a porté sur 102 variétés des années 1895 et 1896) sont donc moins riches en gluten, c'est-à-dire en matière azotée, que les anciennes, et c'est à cela qu'il faut attribuer les différences qu'on a remarquées et non au remplacement des meules par les cylindres. On peut d'ailleurs s'en rendre compte en comparant, pour deux périodes 1870-1880 et 1885-1895, la teneur en gluten humide des farines livrées au commerce par l'intermédiaire du

*Marché des 12 marques aujourd'hui Marché des farines fleurs de Paris.* Je mets en rapport les rendements annuels en grain.

	Production annuelle.	Teneur moyenne des farines en gluten humide.
Première période.	Quintaux	Pour 100
	1871 . . . . .	53.342,842
	1872 . . . . .	93.018,663
	1873 . . . . .	63.057,353
	1874 . . . . .	102.510,225
	1875 . . . . .	77.488,842
	1876 . . . . .	73.488,670
	1877 . . . . .	77.112,151
	1878 . . . . .	73.358,437
	1879 . . . . .	59.873,815
Deuxième période.	1880 . . . . .	75.504,773
	1886 . . . . .	82.337,588
	1887 . . . . .	87.094,682
	1888 . . . . .	74.969,693
	1889 . . . . .	83.230,671
	1890 . . . . .	89.733,991
	1891 . . . . .	58.508,807
	1892 . . . . .	84.567,242
	1893 . . . . .	75.580,993
	1894 . . . . .	93.671,456
	1895 . . . . .	92.091,739

Dans l'analyse des farines la division par 3 du gluten humide donne sensiblement le poids exact du gluten sec.

L'examen du Tableau précédent montre donc que dans la première période la richesse en gluten s'élève à environ 10 pour 100, tandis que dans la

deuxième elle s'abaisse à 8,30 pour 100 en moyenne, accusant ainsi une diminution de près de 2 pour 100.

Cette diminution, pour certaines années d'abondance, n'a fait que s'accentuer, et, au moment où j'écris, on peut dire que la situation de la période 1885-1895 s'est maintenue fixe, ainsi que l'indiquent les chiffres suivants qui se rapportent aux quatre premiers mois de 1911 pour le classement des douze fabricants types dont les produits servent, au Marché des farines fleurs de Paris, de base aux expertises :

Gluten humide.

	Pour 100
Janvier.....	25,70
Février.....	26,37
Mars.....	26,48
Avril.....	26,60

Ainsi qu'on le voit, cette observation a son importance, et elle explique, à elle seule et sans qu'il soit par conséquent nécessaire de faire intervenir les transformations opérées dans le moulin, les différences de composition qui existent entre les farines qu'on extrayait du blé il y a un demi-siècle et celles qu'on en extrait aujourd'hui.

Les farines fleurs de Paris correspondent à une extraction de 60 à 65 pour 100. Leur richesse en matière azotée insoluble ou gluten oscille donc autour de 8 pour 100.

Si l'on se reporte aux analyses des pages 70 et 71, il est facile de s'apercevoir, d'ailleurs, que le cœur de l'amande, dont l'extraction correspond aux produits mélangés des deuxième et troisième broyages par les cylindres, est loin de n'être constitué que par de l'amidon.

En effet, pour les blés Goldendrop, de Bordeaux, Dattel, gris de Saint-Laud, qui sont des variétés courantes de la grande culture, la richesse en gluten s'établit comme suit :

	Rendement à la mouture des 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> broyages.	Gluten p. 100 de farine.
Blé Goldendrop.....	19,35	6,36
Blé de Bordeaux.....	13,23	8,28
Blé Dattel.....	22,00	7,83
Blé gris de Saint-Laud.....	19,90	7,37

Ces chiffres, on le voit, correspondent à l'extraction extrêmement faible de 13 à 22 pour 100, c'est-à-dire à une farine d'une pureté absolue, et cependant leur richesse en gluten n'est pour le moins bien partagé qu'inférieure de 1,64 à la moyenne des farines fleurs de Paris; et il s'agit ici, particulièrement, d'un de ces blés nouveaux, à grand rendement, auxquels je fais allusion précédemment.

D'ailleurs, le passage de 55-60 pour 100 d'extraction à 70-74 pour 100, qui d'après les détraç-

teurs de farines de cylindres serait seul capable de donner des produits de valeur alimentaire convenable, n'élève pas autant qu'on veut bien le dire le pourcentage de gluten. Aimé Girard l'avait déjà démontré en 1896 en se basant sur les expériences de mouture entreprises pour la création des types destinés à la réexportation des farines placées sous le régime de l'*admission temporaire*. Les analyses citées précédemment permettent de venir à l'appui de cette affirmation.

Un simple examen montrera que, pour le blé Goldendrop, par exemple, 60 pour 100 de farine seront donnés par

2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> broyages.	19,35 à 6,36 p.	100 de gluten = 1,23
4 <sup>e</sup> broyage...	38,50 à 7,07	— = 2,72
5 <sup>e</sup> — ..	2,15 à 8,51	— = 0,18
Total...	60,00 à 6,90 p.	100 de gluten = 4,13

Dans le même cas, la farine à 70 sera composée de

Farine à 60 p. 100	60 à 6,90 p.	100 de gluten = 4,13
5 <sup>e</sup> broyage .....	10 à 8,51	— = 0,85
Total....	70 à 7,11 p.	100 de gluten = 4,98

En appliquant ce raisonnement à toutes les autres variétés, on obtient, pour les quantités de gluten contenues dans les farines à 60 et à 70 pour 100, le Tableau suivant :

	Extraction	
	60 pour 100.	70 pour 100.
Blé Goldendrop.....	6,90	7,11
— de Bordeaux.....	8,70	9,00
— Dattel.....	8,30	8,60
— gris de Saint-Laud...	8,00	8,20
— Choice white Bombay.	8,53	8,77
— Oulka de Bessarabie.	10,10	10,54

Ces résultats montrent bien que le passage de 60 à 70 pour 100 d'extraction aboutit, au point de vue de la teneur en gluten, à une augmentation qui n'est pas négligeable, mais qui reste, dans tous les cas, extrêmement faible.

Pris dans leur ensemble, ces arguments démontrent, d'une façon péremptoire, que les procédés de mouture moderne résistent victorieusement à toutes les critiques qu'on leur adresse relativement à leur valeur alimentaire.

Si un doute pouvait rester à ce sujet, les expériences qui vont être décrites ci-après permettent, avec certitude, de le lever entièrement.

J'ai dit précédemment que pour comparer, avec assurance et logique, deux systèmes de mouture, il fallait leur faire moudre, dans les mêmes conditions d'extraction, le blé provenant d'un même lot et analyser comparativement les farines obtenues. C'est un travail que, sous le contrôle d'Aimé Girard et de Grandvoinnet, la Commission

française de 1883 a fait pour les cylindres et les anciennes meules de pierres.

Il y a quelques années, une campagne énergique

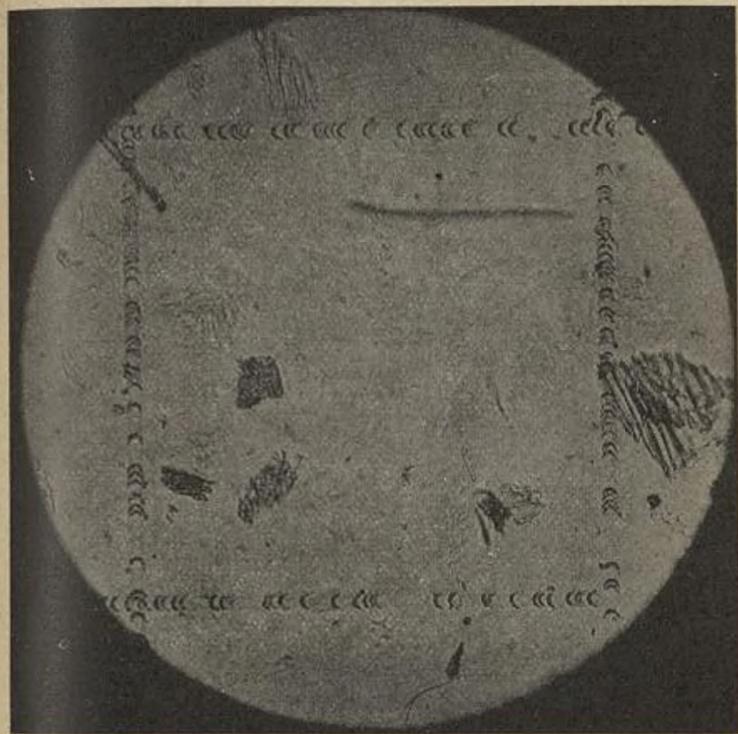


Fig. 23. — Mouture par cylindres. 62 pour 100 d'extraction.  
Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

faite en faveur du pain complet a essayé d'imposer les produits panifiés provenant d'une nouvelle méthode de mouture faite à l'aide de meules

métalliques qui, au point de vue du rendement en qualité et en quantité, devaient, prétendait-on, donner des résultats inconnus jusqu'ici.

Désirant me rendre compte de la valeur des affirmations apportées, j'ai installé, à mon laboratoire, à côté de mon moulin d'essais à cylindres, un de ces moulins à meules métalliques ; j'ai fait moudre à chacun d'eux, dans des conditions égales, du blé d'un même lot, et j'ai analysé, dans chaque cas, les farines obtenues.

Le Tableau suivant donne la composition de ces farines.

	Farines					
	de cylindres.			de meules métalliques.		
	60 p. 100	70 p. 100	74 p. 100	60 p. 100	70 p. 100	78 p. 100
Eau.....	12,86	12,60	12,92	13,84	13,80	13,70
Gluten.....	8,56	8,58	8,73	8,19	8,71	8,68
Mat. azotées totales..	9,26	9,57	9,50	9,37	9,57	9,63
Matières grasses....	0,91	1,11	1,16	1,17	1,31	1,31
Débris d'enveloppes et germes .....	0,138	0,242	0,267	0,426	0,483	0,510

Ce Tableau montre qu'au point de vue du gluten, des matières azotées totales, la composition des farines de cylindres est sensiblement la même que celles des farines de meules métalliques. On ne peut donc pas dire qu'à ce point de vue, et c'est d'ailleurs aussi le cas des meules de pierre, ces engins tirent un meilleur profit du blé que les engins cylindriques.

Mais le problème change d'aspect, si, tenant compte des observations présentées dans les

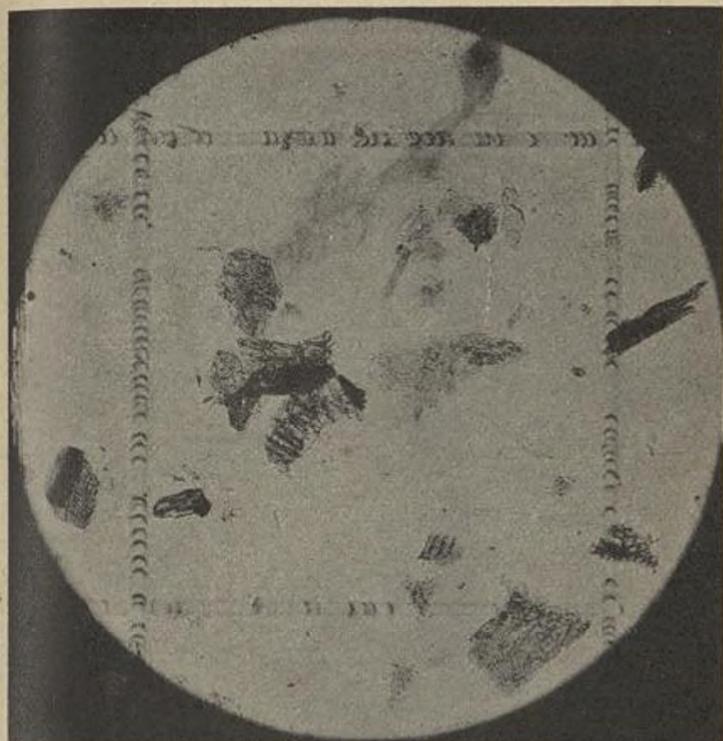


Fig. 24. — Mouture par cylindres. 70 pour 100 d'extraction.  
Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

Chapitres précédents, on compare la pureté des farines.

A propos des farines de meules métalliques, on avait écrit : « Ayant passé au blutoir comme

les autres farines, elles sont entièrement exemptes de son. »

Il suffit de comparer les chiffres ci-dessus



Fig. 25. — Mouture par cylindres.  $\frac{7}{4}$  pour 100 d'extraction.  
Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

pour se rendre compte de la valeur de cette conclusion. La ligne des débris montre, en effet, qu'au même pourcentage d'extraction, les farines

de meules sont toujours beaucoup plus impures que les farines de cylindres.

A ce sujet, les figures 23 à 28 inclus, qui repro-

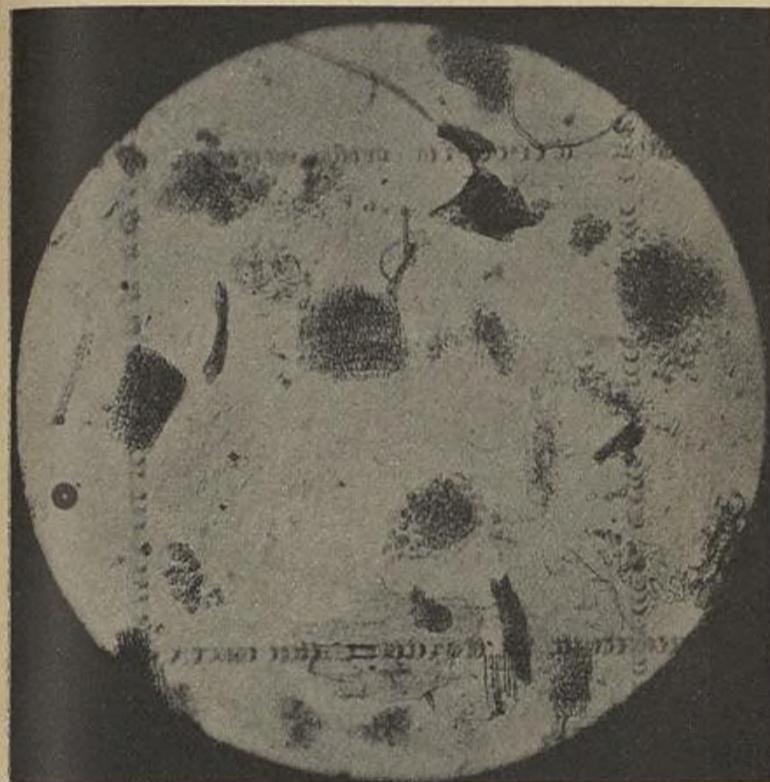


Fig. 26. — Mouture par meules. 62 pour 100 d'extraction.  
Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

duisent photographiquement, pour des taux d'extraction comparables, la quantité d'impuretés contenue dans 1<sup>re</sup> de farines de meules et

de cylindres, parlent aux yeux et le montrent bien mieux que ne peuvent, malgré leur grande différence, le faire les chiffres indiqués. Elles



Fig. 27. — Mouture par meules. 70 pour 100 d'extraction.  
Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

montrent aussi, à tous les yeux exercés, que les farines de cylindres ne contiennent pas de fragments de germe parmi leurs débris, tandis

que, au contraire, celui-ci se retrouve, pour une grande proportion, dans les produits de la mouture aux meules, ce qui a pour effet d'augmenter



Fig. 28. — Mouture par meules. 78 pour 100 d'extraction.  
Quantité d'impuretés contenue dans 1 centigramme de farine.

la proportion de matières grasses.

Si l'on veut bien se souvenir, ainsi que je l'ai établi précédemment, que les débris d'enveloppe

et de germe nuisent non seulement à la conservation des farines, mais apportent avec eux des diastases dont l'effet sera aussi bien de colorer le pain que de diminuer sa valeur alimentaire, qualitativement et quantitativement, on est bien forcé de conclure, sans appel, que la valeur économique des farines de meules, meules de pierre ou métalliques, est bien inférieure à celle des farines blanches et pures obtenues au moyen des cylindres.

Et la conclusion générale qui s'impose à la suite de tous les arguments invoqués dans ce Chapitre, c'est que les procédés de mouture moderne sont supérieurs aux anciens procédés, parce qu'ils permettent à l'amande farineuse du grain de blé, par son extraction à l'état de pureté, de céder à l'homme le maximum de valeur alimentaire qu'elle possède réellement.

---

---

## CHAPITRE V.

### PAIN BLANC ET PAIN BIS. VALEUR ALIMENTAIRE ET UTILISATION COMPARATIVES.

---

On sait aujourd'hui, et j'y reviendrai d'une façon plus précise à la fin de ce Volume, que le gluten de l'albumen du froment, qui en constitue la matière azotée insoluble, doit ses propriétés élastiques au mélange de deux substances de propriétés physiques différentes : la gliadine, qui au contact de l'eau se gonfle et prend une consistance mielleuse, et la gluténine, matière sableuse inerte que l'eau ne modifie que très légèrement.

Le gluten des farines de froment seul est constitué de cette façon, jouit, par conséquent, de propriétés agglutinatives, et, à l'exclusion du gluten des autres céréales, peut être extrait par malaxage de la pâte sous un courant d'eau. Il se présente alors sous la forme d'une masse jaunâtre qui peut s'allonger et revenir ensuite sur elle-même comme le fait un fragment de caoutchouc.

Mais, dans le gluten de farine de blé, la pro-

portion des constituants n'est pas fixe : elle varie, ainsi que je l'ai établi, dans les limites indiquées ci-dessous :

Gliadine.....	60 à 82 pour 100
Gluténine .....	18 à 40 —

Par exception la gliadine peut, dans certains cas, descendre jusqu'à la proportion de 53 pour 100 de gluten.

Il est évident que l'élasticité du gluten est variable suivant les quantités qu'il contient de chacun de ces produits dont les propriétés physiques sont si différentes. La prédominance de la gliadine le rend mou et filant, tandis que la prédominance de la gluténine le rend dur et cassant. Il s'ensuit qu'il doit exister entre ces deux substances un rapport grâce auquel est atteinte une élasticité maximum. J'ai établi (et il a été vérifié ainsi que je le dirai bientôt) que ce rapport est atteint quand le gluten contient 25 de gluténine pour 75 de gliadine, c'est-à-dire dans le rapport  $\frac{1}{3}$ .

Quel est, au cours de la panification, le rôle du gluten? On sait qu'à la suite du pétrissage qui a pour but d'incorporer, en même temps que le levain ou la levure, l'eau nécessaire à l'hydratation de ce produit, la pâte est placée dans les bannetons et abandonnée, en couches, pendant un temps variable. Grâce à la température favorable

qui règne dans le fournil, la levure ajoutée directement ou apportée par le levain agit sur les sucres contenus naturellement dans la farine et sur ceux



Fig. 29. — Réseau glutineux du pain de froment.

qui peuvent se former par l'action saccharifante de l'amylase et de la dextrinase (*voir Chap. III*) sur l'amidon, et une véritable fermentation s'établit qui donne naissance à de l'alcool et à du gaz acide carbonique. Ce dernier gaz, ne pouvant s'échapper librement, produit un bour-

souplement qui a pour effet d'étirer le gluten en filaments (*fig. 29*) sur lesquels l'amidon reste collé, si bien qu'à la fin, l'intérieur de la pâte

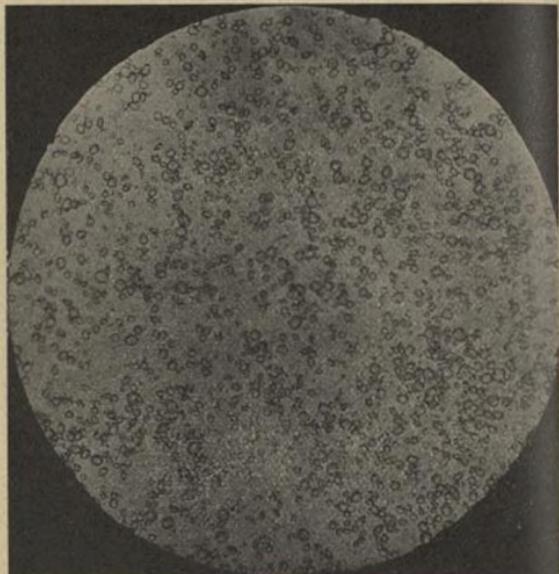


Fig. 30. — Amidon de blé.

ressemble à une véritable éponge dont les cavités sont remplies de gaz, les parois de celles-ci étant constituées par la matière azotée insoluble, hydratée, recouverte de matière amylosee (*fig. 30*).

Puis, lorsque la pâte est portée au four, l'élévation de la température, en dilatant le gaz,

tend à augmenter encore le volume des cavités internes, jusqu'au moment où le gluten se coagule, tandis qu'à sa surface et sous l'action

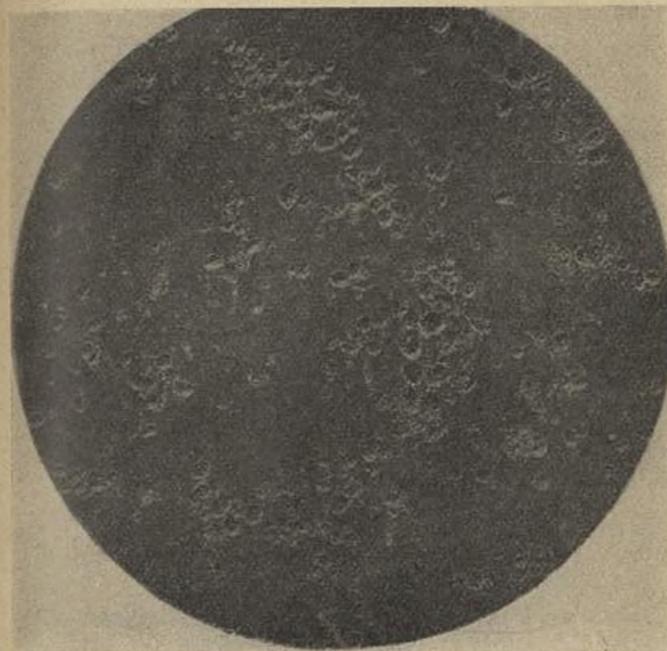


Fig. 31. — Amidon gonflé du pain de froment.

de la vapeur d'eau l'amidon se gonfle et se transforme en empois (*fig. 31*).

Dès lors, on conçoit que l'augmentation de volume que prend la pâte durant la fermentation et la cuisson est une fonction de l'élasticité du

gluten. Plus l'élasticité est grande, plus le pain est développé, léger et spongieux.

Le froment seul peut donner un tel pain. Le gluten des autres céréales ne possède, en effet, aucune élasticité, et il ne peut d'ailleurs être extrait, par malaxage de la pâte, parce qu'il contient, ainsi que je l'ai montré, un excès de matière inerte sous la forme de gluténine. Le Tableau suivant le montre d'une façon précise :

		Gliadine	Gluténine
	Gluten	p. 100	p. 100
	p. 100.	du gluten.	du gluten.
<b>Farine de blé.....</b>	6 à 14	60 à 82	40 à 18
— seigle.....	8,26	8,17	92,83
— maïs.....	10,63	47,50	52,50
— riz.....	7,86	14,31	85,70
— orge.....	13,82	15,60	84,40
— sarrasin .	7,26	13,08	86,92

C'est ce qui explique pourquoi le pain de seigle, par exemple, a une mie grasse, peu poreuse et qui, sous la moindre pression, reconstitue la pâte originelle.

Ainsi, le développement du pain de froment est dû, non seulement au gluten, mais à la composition de celui-ci en gliadine et gluténine.

En est-il de même du rendement par 100<sup>kg</sup> de farine panifiée? Ce rendement, il est évident qu'il est fonction de la quantité d'eau retenue à la cuisson, quantité qui influe elle-même sur

la proportion de matière alimentaire réelle par kilogramme de produit fabriqué. Et dès lors, il est intéressant, pour le problème que je résoudrai tout à l'heure, de se rendre compte si la composition du gluten en gliadine et gluténine influe sur le taux d'humidité du pain.

Pour m'en rendre compte, j'ai choisi huit échantillons de farine blanche dont la proportion de gluten, comme la composition de ce dernier, variait dans des limites très larges. Ces échantillons ont été, au laboratoire des farines fleurs de Paris et grâce à l'obligeance de son directeur, M. Lucas, panifiées côte à côte, c'est-à-dire pétries et cuites exactement dans les mêmes conditions. Les pains avaient chacun le poids de 1<sup>kg</sup>. On y a dosé l'humidité, et le Tableau suivant rend compte des résultats :

	Gluten p. 100 de farine.	Composition centésimale du gluten.	Humidité du pain obtenu.
Échantillon n° 1.	7,57	{ Gluténine. 24,40 Gliadine .. 75,60	{ 32 p. 100
— n° 2.	12,09	{ Gluténine. 29,78 Gliadine .. 70,22	{ 39 —
— n° 3.	12,61	{ Gluténine. 33,20 Gliadine .. 66,80	{ 38,5 —
— n° 4.	7,50	{ Gluténine. 25,30 Gliadine .. 74,70	{ 34 —
— n° 5.	7,15	{ Gluténine. 22,70 Gliadine .. 77,30	{ 35 —

	Gluten p. 100 de farine.	Composition centésimale du gluten.	Humidité du pain obtenu.
Echantillon n° 6.	7,44	Gluténine. 17,80 Gliadine .. 82,20	34 p. 100
— n° 7.	7,80	Gluténine. 34,20 Gliadine .. 65,80	34 —
— n° 8.	12,10	Gluténine. 33,67 Gliadine .. 66,30	38,5 —

Les conclusions qui se dégagent du Tableau précédent sont très explicites : ils montrent que, seule, la proportion de gluten qu'une farine contient influe sur la quantité d'eau qu'elle peut retenir après la panification; les proportions des deux composants, gliadine et gluténine, sont sans influence sur cette fixation, et par conséquent, dans les mêmes conditions, ces deux produits retiennent pour 100 une égale quantité d'humidité. Ce qui veut dire que, seule, la proportion de gluten influe sur le rendement en pain d'une farine donnée.

Dans le Chapitre précédent, j'ai examiné comparativement la composition générale des farines obtenues au moyen des meules et des cylindres, et j'ai conclu très nettement à la supériorité des dernières sur les premières.

Mais, en général, c'est sous la forme de pain que sont consommées les diverses farines de froment.

Pour que la conclusion que je viens de rappeler ait toute sa valeur, il faut donc maintenant examiner comparativement les divers produits de la panification, et c'est ce que vont nous permettre de faire les observations que j'ai développées au début de ce Chapitre.

Si l'on se reporte aux analyses de farines de cylindres et de meules métalliques que j'ai indiquées à la page 100, on remarque que ces farines contiennent toutes sensiblement la même proportion de gluten. D'après les expériences que j'ai citées plus haut, les pains préparés dans les mêmes conditions avec elles devraient donc contenir la même proportion d'eau.

Le Tableau suivant montre qu'il n'en est pas ainsi :

	Pains de farines					
	de cylindres.			de meules métalliques.		
	60 p. 100	70 p. 100	74 p. 100	60 p. 100	70 p. 100	78 p. 100
Eau.....	34,6	34,6	34,6	36,6	36,6	36,6
Mat. azotées totales.	7,21	7,31	7,24	7,05	7,12	7,09

En effet, les pains de farines de meules métalliques contiennent 2 pour 100 d'humidité en plus que les pains de farines de cylindres.

D'où ce fait peut-il provenir? Il a sa cause dans la présence de la forte quantité de débris de l'enveloppe et du germe que contiennent les premières. Et c'est ici que se rencontre l'application

des phénomènes diastasiques que j'ai signalés au Chapitre III.

Ces débris apportent, en effet, avec eux des diastases saccharifiantes, peptonisantes et oxydantes qui constituent la céréaline; tandis que les dernières ont pour effet de colorer le pain en bis, les autres, solubilisant l'amidon et le gluten, empêchent, en détruisant l'élasticité de ce dernier, le développement du pain, dont l'intérieur se maintient dès lors à un état pâteux éminemment favorable à un degré élevé d'hydratation.

Sous l'action de ces causes, un double phénomène se produit : d'une part, par suite de la différence d'humidité, le pain bis de meules métalliques contient 20<sup>g</sup> de matières alimentaires en moins par kilogramme que le pain blanc de farines de cylindres; d'autre part, dans le premier pain la proportion des matières azotées totales s'abaisse au-dessous de la proportion contenue dans le second.

Et c'est là un phénomène général et qui s'accuse encore plus lorsqu'on passe d'expériences précises, contrôlées, comme celles dont je viens de donner les résultats, à des produits commerciaux, faits en plus grande quantité et toujours avec le souci matériel d'obtenir un rendement dont le taux d'hydratation ne s'arrête qu'en face de l'impossibilité de le faire accepter par la clientèle.

L'avantage de la farine pure, c'est que l'umi-

dité qu'elle retient à la panification étant une fonction exclusive de la quantité de gluten qu'elle contient, elle fixe d'elle-même, pour une cuisson normale, le rendement en pain; ce qui veut dire, en termes économiques, que le consommateur qui achète ce dernier ne paie pas un excès d'eau au prix de la substance alimentaire. Pour des farines qui représentent à l'heure actuelle la moyenne de la consommation française et dans lesquelles la proportion de gluten varie de 7,5 à 8,5 pour 100, la quantité d'eau que contient le pain varie de 30 à 35 pour 100 d'eau suivant la farine. A Paris, la moyenne pour le pain boulot ou fendu, acheté au poids réel, oscille autour de 34 pour 100.

Il n'en est pas de même lorsqu'on passe de la farine blanche à la farine souillée des débris de l'enveloppe et du germe. Dans ce cas, la quantité d'humidité retenue par le pain n'est plus réglée par le taux de gluten, elle est placée sous le régime de l'action plus ou moins énergique des diastases. Elle s'élève alors à 37, 38 et dépasse quelquefois 40 pour 100, diminuant d'autant la valeur alimentaire réelle du kilogramme de pain.

Les chiffres ci-dessous, dus pour une part aux analyses faites par M. Balland, pharmacien principal de l'Armée, et à mes déterminations personnelles, rendent compte de ces faits dans la pratique journalière :

	Pour 100 d'eau.
Paris } Pain fendu.....	34,30
Paris } Pain boulot.....	34,50
Pain des environs de Paris obtenu avec des farines à 72 pour 100, légèrement bis, après 3 jours de fabrication.....	34,90
Pain de ferme en Bresse, légèrement bis, farine blutée à 72 pour 100, après 5 jours de fabrication.....	32,60
Pain de munition (Paris 1895), farine blutée à 80 pour 100. Analyse faite au moment de la distribution.....	36,80
Pain de munition (Paris 1896). Analyse faite sur un échantillon prélevé à la caserne de la Tour Maubourg au moment du repas.....	38,50
Pain bis de meules métalliques (1901) .....	37,60
—	40,30

De ces faits, je puis donc tirer une conséquence générale : c'est que, à rendement égal, la farine qui contient des débris de l'enveloppe et du germe donne toujours un pain plus aqueux que la farine blanche, ce qui se traduit par cette conséquence tout aussi générale : c'est que, sous le même poids, le pain bis renferme toujours moins de matière alimentaire réelle que le pain blanc.

Mais là ne s'arrête pas la discussion que nous pouvons faire relativement aux farines contenant du son par rapport à celles qui n'en contiennent pas.

En effet, jusqu'ici nous n'avons considéré que les

farines et les pains en eux-mêmes. Il nous faut maintenant considérer les qualités alibiles des pains fabriqués avec les diverses farines et voir comment ils se comportent comparativement dans l'organisme, qui, on le sait, n'est pas nourri par ce qu'il ingère, mais seulement parce qu'il assimile.

On sait que la digestion des aliments est due à leur pénétration par les liquides sécrétés par les différentes parties du canal humain : salive, suc gastrique, bile, suc pancréatique, suc intestinal, etc., sucs qui renferment des diastases capables d'agir sur les matières amylacées, grasses et azotées pour les solubiliser et les porter ensuite, par circulation et absorption, aux organes qui doivent les utiliser.

La première qualité que doit présenter un aliment est donc de se laisser facilement pénétrer par les liquides qui doivent agir sur ses constituants.

A ce point de vue, le pain bis peut-il être comparé au pain blanc? Telle est la première question qui se pose.

Pour y répondre, il suffit, comme je l'ai fait, de prendre deux pains, blanc et bis, de même forme, de découper sur chacun d'eux une tranche d'épaisseur égale, de volume par conséquent sensiblement le même, puis de les immerger dans l'eau et de les peser de 5 en 5 minutes, dans les

mêmes conditions, l'expérience se prolongeant jusqu'à l'arrêt de l'augmentation de poids.

On trouve alors les résultats suivants :

	Pain blanc.		Pain bis.	
	g	Augmentation p. 100	g	Augmentation p. 100
Poids de la tranche.	= 147		228	
Après 5 minutes..	= 295	200	381	167
— 10 — ..	= 472	321	483	211
— 15 — ..	= 497	338	491	215
— 20 — ..	= 507	345	517	227
— 25 — ..	= »	»	»	»

Remarquons d'abord, en passant, que, sous le même volume, la tranche de pain bis pèse plus de une fois et demie plus que la tranche de pain blanc et qu'elle a par conséquent une compacité beaucoup plus grande, ce qui, au point de vue alimentaire, apparaît comme un axiome d'infériorité.

Cette compacité, le Tableau le montre, se traduit : 1<sup>o</sup> par une vitesse d'absorption notablement inférieure pour le pain bis par rapport au pain blanc, puisque, dans le même temps, cette différence s'élève à 33 pour 100; 2<sup>o</sup> par une quantité totale d'eau absorbée considérablement plus faible pour le pain bis que pour le pain blanc, les chiffres maximum présentant entre eux une différence de 118 pour 100 en faveur de ce dernier.

D'ailleurs, si pour le pain bis, à cause de sa

texture physique que la fermentation ne saurait modifier, les chiffres indiqués plus haut sont des chiffres moyens, il n'en est pas de même pour le pain blanc. Pour celui-ci, si la fermentation est particulièrement conduite et surveillée, on peut encore augmenter de beaucoup et la vitesse d'absorption et la quantité totale de liquide absorbé. C'est ainsi que j'ai vu, dans certains cas, la quantité d'eau prise en une minute s'élèver à 270 pour 100, en deux minutes à 422 pour 100, le maximum étant atteint en cinq minutes et s'élevant à 508 pour 100.

Cette considération, négligée par tous les apôtres du pain bis ou complet, a, au point de vue de la digestibilité, une importance considérable. C'est à son pouvoir absorbant que le pain blanc doit d'être, comme on dit, léger à l'estomac, et d'avoir, comme on le verra plus loin, un haut coefficient d'assimilation. C'est à la diminution considérable de ce pouvoir que le pain de farine impure doit, au contraire, d'une part, la sensation de lourdeur qu'il communique à l'appareil digestif, d'autre part, la diminution de son rendement alimentaire, la solubilisation diastasique de ses éléments se faisant avec beaucoup de difficultés par suite de son imperméabilité relative pour les sucs organiques chargés de cette fonction si spéciale et si utile.

Ces connaissances pratiques, jointes à la théorie

de la digestibilité, permettent déjà de prévoir que si l'on fait ingérer au même individu, et dans les mêmes conditions d'expérience, un poids égal de pain blanc et de pain bis, c'est le premier qui présentera le maximum d'utilisation. Mais, en cette matière comme en toute autre, la prévision n'est qu'un côté du problème, et la solution n'est certaine que lorsque l'expérience la garantit. C'est donc en face de l'expérience que je veux me placer maintenant.

Pour cela, j'aurai recours à deux publications faites à trente années de distance, l'une en Allemagne en 1871 par G. Meyer, l'autre en 1901 par la célèbre Commission américaine de l'alimentation présidée par le professeur Atwater.

M. G. Meyer a pris comme sujet d'expérience un jeune homme robuste, dont les organes digestifs étaient en parfait état, et il l'a nourri successivement avec diverses sortes de pain. Comme nourriture complémentaire, l'homme recevait par jour 2<sup>l</sup> de bière et 50<sup>s</sup> de beurre, plus une ration de viande, le tout étant administré de façon que, par l'analyse préalable des matières ingérées et l'analyse finale des matières rejetées, on puisse, sans erreur, faire le bilan total des matières alimentaires *réellement utilisées* sous la forme de pain.

Les expériences ont porté sur quatre formes de pain :

1<sup>o</sup> Pain de Horsford-Liebig, pain de seigle levé au moyen d'un mélange de bicarbonate de soude, superphosphate de chaux et chlorure de calcium;

2<sup>o</sup> Pain de seigle de Munich, fait avec de la farine de seigle et des farines de froment inférieures, toutes farines exemptes de son;

3<sup>o</sup> Pain blanc de froment (Semmel);

4<sup>o</sup> Pain de farine entière, pain noir dit *Pumpernickel* du pays d'Oldenburg.

Les quantités de pain que le sujet peut consommer par jour sont très différentes, comme l'indiquent les chiffres suivants :

	g
1. Horsford-Liebig.....	800
2. Pain de seigle Munich .....	816,7
3. Pain blanc.....	736,2
4. Pumpernickel.....	756

Les trois Tableaux suivants rendent compte des résultats obtenus pour chaque numéro de pain :

1. *Teneur en eau, en azote et en cendres pour 100.*

Pain con- sommé.	Pain.			Fèces.		
	Matière sèche		Cendres.	Matière sèche		Cendres.
	Eau.	Azote.		Eau.	Azote.	
N <sup>o</sup> s 1.	45,4	1,89	5,65	80,4	5,57	18,62
2.	46,3	2,39	4,12	83,4	5,27	12,49
3.	40,3	2,01	2,28	84,9	7,06	12,14
4.	44,1	2,22	1,93	83,5	4,83	9,65

II. *Substances ingérées, rejetées, résorbées.*

Pain.	Parties solides.	Ingéré.	
		Azote.	Cendres.
N° 1 .....	436,8	8,66	24,68
2 .....	438,1	10,47	18,05
3 .....	439,5	8,83	10,02
4 .....	422,7	9,38	8,16
Rejeté.			
Pain.	Parties solides.	Azote.	Cendres.
N° 1 .....	50,5	2,81	9,41
2 .....	44,2	2,33	5,50
3 .....	25,0	1,76	3,03
4 .....	81,8	3,97	7,89
Résorbé.			
Pain.	Parties solides.	Azote.	Cendres.
N° 1 .....	386,3	5,85	15,27
2 .....	393,9	8,14	12,55
3 .....	414,5	7,07	6,99
4 .....	340,9	5,41	0,27

III. *Quantités rejetées pour 100 parties ingérées.*

Pain.	Parties solides.	Azote.	Cendres.
N° 1 .....	11,5	32,4	38,1
2 .....	10,1	22,2	30,5
3 .....	5,6	19,9	30,2
4 .....	19,3	42,3	96,6

Avant d'interpréter ces résultats, il est utile de faire remarquer que le développement des pains se présentait dans l'ordre suivant : le pain

blanc était le mieux levé, par conséquent, le plus léger et le plus poreux, puis venaient le pain de seigle de Munich, le Horsford-Liebig lourd et compact, et enfin le *Pumpernickel* plus compact encore que le précédent.

La comparaison des chiffres des Tableaux précédents montre qu'au point de vue de l'utilisation et ainsi qu'il avait été prévu précédemment, les pains doivent être classés dans l'ordre inverse de leur compacité, ainsi, par exemple, que l'indique le Tableau suivant, relatif à la matière azotée assimilée :

Azote résorbé  
pour 100  
d'azote ingéré.

N° <sup>o</sup>	Pain blanc .....	80,1
2.	Pain de seigle de Munich...	77,8
1.	Horsford-Liebig .....	67,6
4.	Pumpernickel .....	57,7

C'est donc, sans contestation possible, le pain blanc qui possède la supériorité à tous les points de vue : coefficient d'assimilation générale, d'assimilation des matières azotées et des matières minérales.

Mais c'est surtout par comparaison avec le pain de farine entière ou pain complet que les Tableaux sont intéressants. Ils prouvent, en effet, que ce dernier pain a donné trois fois plus de fèces que le pain blanc, qu'il a cédé à l'organisme 22,4 pour 100 en moins d'azote et qu'il n'a donné

lieu, au point de vue des matières minérales, qu'à une utilisation insignifiante.

A ce dernier point de vue, si l'on considère les chiffres cités plus haut et relatifs à l'assimilation de l'azote, on trouve que, pour produire le même effet utile, il faut consommer 1<sup>kg</sup>,380 de pain complet contre 1<sup>kg</sup> de pain blanc.

Je reviendrai d'ailleurs dans quelques instants sur ces résultats généraux.

Examinons maintenant les résultats des expériences relatives à la même question entreprises aux États-Unis.

On sait que, sous les auspices du département de l'Agriculture des États-Unis, une Commission a été constituée sous la présidence du professeur Atwater pour déterminer d'une part les rations nécessaires à l'alimentation de l'homme dans les conditions de travail les plus diverses, d'autre part la valeur énergétique des aliments les plus variés et les quantités, dites *isodynames*, suivant lesquelles ils peuvent se substituer les uns aux autres, pour fournir journallement la somme d'énergie correspondante au régime de travail auquel l'individu est soumis.

M. Harry Snyder, professeur au Collège d'agriculture de l'Université de Minnesota, a été spécialement chargé, de 1899 à 1903, des recherches concernant le pain et la meilleure façon d'utiliser le blé à sa fabrication. Les résultats de

ces travaux ont été publiés dans trois longs Mémoires parus en 1899, 1901 et 1903 dont on trouvera les titres à l'index bibliographique et concernant, deux (1901 et 1903), les expériences d'alimentation, l'autre, la fabrication du pain.

Pour l'instant, c'est le premier de ces Mémoires (1901) que je vais consulter.

L'idée dominante du travail qu'il est chargé de résumer a été de s'adresser à un même lot de blé tendre (blé Scotch Fife) et d'en extraire, par la mouture aux cylindres, trois sortes de farine :

1<sup>o</sup> Une farine blanche, considérée comme un type de qualité supérieure, dont le gluten, ayant un grand pouvoir élastique, permettait de donner au pain un grand développement, c'est-à-dire une légèreté et une porosité extrêmes ;

2<sup>o</sup> Une farine dite *de blé entier* obtenue en remoulant les sons de façon à en détacher autant que possible l'assise protéique, les produits de cette nouvelle mouture étant ajoutés à ceux provenant de l'albumen ;

3<sup>o</sup> Une farine dite de *Graham*, obtenue par la mouture du grain entier, c'est-à-dire formée par la totalité de l'albumen, du son et du germe.

Des pains ont été fabriqués, dans les mêmes conditions, avec ces trois types de farine, et ils ont été soumis, d'une part, à l'étude de la digestion artificielle, d'autre part, à l'étude de la digestion humaine.

Arrêtons-nous d'abord à la première.

En matière sèche et en azote, les pains considérés avaient la composition suivante :

	Matière sèche.	Azote,
	p. 100	p. 100
Pain blanc de qualité supérieure..	58,90	2,29
Pain de blé entier .....	58,31	2,32
Pain de farine de Graham.....	56,68	2,37

Pour chaque digestion artificielle on a pesé 25<sup>g</sup> de mie de pain, et on les a maintenus à l'étuve à 38° pendant 4 heures avec 225<sup>cm<sup>3</sup></sup> d'une solution acide de pepsine. On a séparé le résidu insoluble, on l'a lavé, séché et pesé, puis on y a dosé l'azote résiduel. On a ainsi trouvé :

	Azote		
	Dans le pain.	Dans le résidu.	Digéré.
Pain de qualité supérieure.	0,33	0,06	82
Pain de blé entier.....	0,34	0,08	76
Pain de farine de Graham..	0,34	0,14	58

Ce Tableau montre la supériorité digestive du pain blanc, sur les deux autres sortes, puisque, pour le pain de blé entier, la différence d'azote digéré s'élève déjà à 6 pour 100 et qu'elle atteint 24 pour 100 dans le cas du pain complet dit *de farine de Graham*.

Ces résultats viennent déjà à l'appui de ceux que j'ai précédemment développés,

Mais voyons maintenant ceux qui concernent les digestions à travers l'organisme humain.

Dans ce cas, les expériences ont été faites, soit sur des étudiants du Collège d'agriculture, soit sur des ouvriers, tous choisis dans les meilleures conditions de santé. Ils furent nourris au pain et au lait seulement, dans les mêmes conditions pour chaque sorte de pain, et chacun pendant une période de deux jours seulement.

Lorsque commença l'essai, chaque sujet fut pesé avec soin et resta soumis, pendant les expériences, à une surveillance aussi soigneuse que possible, tout en conservant sa méthode régulière de travail. Les aliments accordés à chacun étaient pesés avec exactitude.

Douze expériences, dont le bulletin donne les résultats détaillés, ont été faites avec quatre sujets différents. Dans chacune on a tenu compte, bien entendu, des quantités et de la composition des matières alimentaires ingérées et des quantités et de la composition des matières éliminées. La différence donne ainsi la quantité des aliments réellement assimilée. Cette quantité peut être rapportée : 1<sup>o</sup> à la totalité des aliments pris, lait et pain; 2<sup>o</sup> à la quantité des différents pains absorbés.

Je donne, dans les trois Tableaux ci-dessous, les résultats généraux comparatifs des douze expériences :

*1. Digestibilité et évaluation de l'énergie utilisée par rapport à l'ensemble des aliments.*

Sujets.	Hydrates				N° 1. Sujets.
	Matières azotées.	Matières grasses.	de carbone.	Énergie.	
N° 1. Pain blanc qual. supérieure.	p. 100 92,0	p. 100 93,0	p. 100 97,5	p. m. 90,1	3.
2. — —	91,6	91,8	97,9	90,5	
3. — —	90,7	92,4	97,3	90,9	1.
Moyennes.....	91,4	92,4	97,6	90,3	2.
1. Pain de blé entier.....	89,3	92,2	94,9	88,2	3.
2. — .....	90,4	90,4	95,3	88,4	
3. — .....	89,3	92,6	95,2	88,8	4.
Moyennes.....	89,7	91,7	95,1	88,5	4
1. Pain de farine de Graham..	90,2	92,5	91,1	86,9	
2. — —	88,5	89,8	90,8	85,8	
3. — —	86,0	91,0	91,4	85,2	
Moyennes.....	88,2	91,1	91,1	86,1	
4. Pain blanc première qualité.	94,7	96,2	98,0	91,5	
4. — deuxième — .	94,8	96,3	98,5	92,5	
4. — qual. supérieure.	94,6	95,8	97,6	91,7	
Moyennes.....	94,7	96,1	98,0	91,9	

*2. Digestibilité et évaluation de l'énergie correspondant aux divers pains seuls.*

Sujets.	Hydrates				N° 1. Sujets.
	Matières azotées.	Matières grasses.	de carbone.	Énergie.	
N° 1. Pain blanc qual. supérieure.	p. 100 86,7	p. 100 65,2	p. 100 97,4	p. 100 90,0	
2. — —	86,3	52,6	97,9	90,8	
3. — —	82,8	51,3	97,1	89,5	
Moyennes.....	85,3	56,4	97,5	90,1	

## Hydrates

Matières azotées.	Matières grasses.	de carbone.	Énergie.	
<i>Sujets.</i>				
N° 1. Pain de blé entier.....	p. 100 78,1	p. 100 55,6	p. 100 93,5	p. 100 84,4
2. — .....	83,9	48,1	94,6	86,1
3. — .....	79,1	63,6	94,1	86,1
Moyennes.....	80,4	55,8	94,1	85,5
1. Pain de farine de Graham..	81,0	67,8	88,1	81,8
2. — —	80,6	55,1	88,7	81,6
3. — —	71,1	51,2	88,5	78,6
Moyennes.....	77,6	58,0	88,4	80,7
4. Pain blanc première qualité.	90,5	"	98,0	92,8
4. — deuxième --	91,4	"	98,7	93,5
4. — qual. supérieure.	90,3	"	97,4	92,2
Moyennes.....	90,7	"	98,0	92,8

3. *Composition des différentes farines essayées. Énergie correspondante utilisée.*

	Matières azotées				Hydrates de carbone				Chaleur de combustion par gramme.	
	Az × 5,70		Az × 6,25		Az × 5,70		Az × 6,25		Total.	Utilisée.
	Diges-	Total.	Diges-	Total.	Diges-	Total.	Diges-	Total.		
Farine blanche supérieure	11,99	10,2	13,14	11,2	75,36	73,5	74,21	72,3	4,050	3,650
Farine de blé entier . . . . .	12,26	9,9	13,44	10,8	73,67	69,3	72,49	68,2	4,030	3,445
— complète de Graham	12,65	9,8	13,86	10,7	74,99	66,3	73,78	65,3	4,150	3,350

De ces trois Tableaux, on peut tirer plusieurs conclusions importantes.

Du deuxième et du troisième, on peut conclure, d'une part, qu'en ce qui concerne les matières azotées et les hydrates de carbone, c'est le pain blanc, qui, au point de vue de la digestibilité, tient le premier rang; d'autre part, que c'est ce dernier pain qui fournit à l'homme le maximum d'énergie utilisable.

En prenant comme base 100 parties digérées et utilisées dans le pain blanc des expériences n° 4 qui indiquent à ce sujet des valeurs moyennes, la supériorité de ce dernier se chiffre de la façon suivante :

	Différence en faveur azotées du pain digérées, blanc.	Différence en faveur carboné du pain digérés, blanc.	Différence en faveur utilisée, blanc.
	Difference en Hydrates de faveur azotées du pain carboné du pain	Difference en faveur carboné du pain	Difference en faveur utilisée, blanc.
Pain blanc qualité supérieure .....	100	" 100	" 100
Pain de blé entier .....	88,5	11,5	95,9
Pain complet de farine Graham .....	85,4	14,6	90,2
			9,8
			86,9
			13,1

C'est donc encore le pain complet, fait avec la farine de Graham, qui a le plus faible pouvoir nutritif.

A ce sujet, le Professeur Snyder a fait une observation nettement représentée par la figure 32 et qui confirme celle de Meyer déjà indiquée

précédemment; c'est que pour le même poids de pain ingéré, la proportion des fèces en volume et en poids va en augmentant avec la compacité et la grossiéreté du pain. En ce qui concerne le

A.

B.

C.

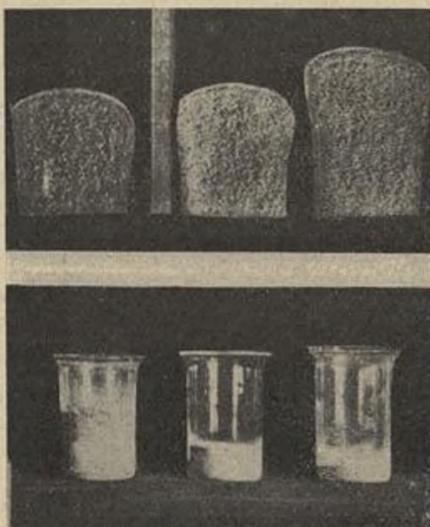


Fig. 32. — Expériences de M. Snyder. Proportions de fèces recueillies pour des pains du même poids. A, Pain complet de Graham; B, Pain bis; C, Pain blanc.

pain complet de Graham, cette proportion est trois fois plus élevée qu'avec le pain blanc.

Le Tableau n° 1 permet aussi de donner une certaine extension aux conclusions précédentes. Il montre, en effet, que si les trois sortes de pains

essayés sont associés à un régime alimentaire, c'est toujours le pain blanc qui permet de tirer la meilleure utilisation des aliments qui lui sont associés, l'infériorité appartenant comme toujours au pain complet de farine de Graham.

J'ai calculé, au Chapitre III, quelle est, en calories, la diminution du pouvoir énergétique apportée par l'introduction du germe et de l'enveloppe du blé dans la farine provenant de l'albumen. J'ai fixé cette perte à  $485^{\text{Cal}}$  par kilogramme de blé utilisé.

C'est à une différence très sensiblement du même ordre en cette matière qu'on arrive en tenant compte de la dernière colonne du troisième Tableau. D'après le Mémoire original, la farine blanche de qualité supérieure employée avait 10,55 pour 100 d'eau et la farine de Graham seulement 8,61. Si l'on calcule la chaleur utilisée dans chaque cas en rapportant à l'humidité de 14 pour 100, on trouve :

Par kilogr. de farine de quantité supérieure...	$3,490^{\text{cal}}$
" " complète de Graham..."	$3,150^{\text{cal}}$

d'où une différence de  $340^{\text{Cal}}$  qui vient à l'appui de la discussion que j'ai faite précédemment sur la valeur digestive des matières azotées, grasses et hydrocarbonées, contenues dans le germe et le son. Dans les nouvelles expériences publiées en 1903 par le même auteur, — et qui aboutissent

aux mêmes conclusions, — cette différence s'élève à 420<sup>Cal.</sup>

MM. Woods et Merrill, directeur et chimiste de *Maine agricultural Experiment Station* des États-Unis, ont été également chargés par le Dr Atwater de recherches analogues à celles de M. Snuyder. Les Mémoires qu'ils ont publiés en 1900 et 1904 et dont on trouvera les titres à l'index bibliographique confirment absolument les résultats du précédent auteur.

De toute cette discussion, comme des expériences de Meyer et de la Commission américaine, il résulte donc définitivement que la manière la plus économique d'utiliser le grain de blé à l'alimentation humaine est de le moudre de façon à extraire la plus grande proportion possible de l'albumen à l'état de farine blanche. Et pour cet objet, c'est, sans contestation possible, la mouture aux cylindres qui a la priorité.

Les déterminations calorimétriques les plus récentes viennent d'ailleurs corroborer pleinement ces conclusions. Voici celles qu'on trouve à ce sujet dans les Tables de la Commission américaine rédigées par Atwater :

	Eau p. 100.	Calories par kilogr. p. 100.
Pain blanc de farine 1 <sup>re</sup> qualité..	32,90	2800
— qual. moyenne.	34,10	2745
— — inférieure.	40,7	2436
Pain bis .....	43,6	2315
— .....	40,9	2138

Voici également, à titre documentaire, la valeur énergétique par kilogramme d'un pain de seigle pur de la boulangerie parisienne dont j'ai eu l'occasion de faire l'analyse. Cette valeur est calculée à l'aide des coefficients pratiques indiqués au Chapitre II.

Composition du pain de seigle.	Coefficients pratiques.	Calories.
Eau .....	13,60	" "
Matières azotées.....	6,81	$\times$ 3,68 = 25,06
Matières hydrocarbonées	46,44	$\times$ 3,88 = 170,03
Matières grasses.....	0,71	$\times$ 8,45 = 5,99
Matières minérales.....	2,44	" "
Total.....	100,00	201,08

Soit : Calories par kilogramme = 2011.

Ainsi les farines riches en débris de l'enveloppe et du germe comme le sont toujours les farines de meules et les farines bises présentent une notable infériorité par rapport aux farines blanches. En effet, non seulement elles ne contiennent pas plus de substances alimentaires que celles-ci, mais le pain qu'elles donnent est moins nutritif que le pain blanc, d'abord parce qu'à cause de son excès d'humidité, il contient avant ingestion proportionnellement moins de matière utilisable, ensuite, parce que cette dernière est rejetée hors du canal digestif en plus grande quantité que lorsqu'il s'agit du pain de farine pure.

Il faut faire remonter cet effet à deux causes.

J'ai déjà insisté sur la première qui dénie tout pouvoir alimentaire, pour l'homme, aux débris d'enveloppe contenus dans les farines de qualité inférieure.

Je voudrais maintenant insister sur la seconde.

Lorsqu'on examine au microscope les fèces provenant de l'alimentation au pain blanc, on y rencontre seulement quelques particules d'amidon désintégrés reconnaissables par la coloration bleue qu'elles prennent au moyen de la teinture d'iode. Mais s'il s'agit de fèces provenant d'une alimentation au pain complet on y rencontre, non seulement la totalité du son non modifié, mais des masses de matériaux renfermant des grains d'amidon tels qu'ils existent dans le produit initial et que les sucs digestifs de l'organisme ont respecté dans leur entier.

Cela tient d'une part à l'action des matières grasses et probablement aussi à l'action de certains produits contenus, comme les premières, dans l'enveloppe et dans le germe, et qui, comme elles, jouissent de propriétés laxatives.

Cela tient d'autre part à la présence des particules de son, qui, en frottant contre la muqueuse de l'intestin, excitent l'action péristaltique de ce dernier.

Sous cette double action, laxative et péristaltique, les matières alimentaires sont chassées hors du canal digestif trop vite pour que leur digestion

et leur utilisation deviennent suffisantes, et, comme cela se produit surtout dans le cas du pain bis ou du pain complet, on comprend que grâce à cette vitesse de transport c'est surtout dans ce dernier cas que l'utilisation devient manifestement réduite.

Comme le pain blanc, par sa composition, est affranchi de ces propriétés nuisibles, on s'explique ainsi la supériorité qu'accusent les résultats des expériences que j'ai citées plus haut.

J'ai déjà expliqué précédemment comment l'homme, dès ses plus lointaines origines, avait dû faire la différence entre la farine blanche et les produits impurs provenant du broyage du grain et comment, peu à peu, par une sagesse acquise par l'expérience des siècles, il avait, petit à petit, éliminé ces derniers de son alimentation journalière.

A différentes reprises, sur la foi d'affirmations scientifiques incomplètes et parce qu'on lui présentait des produits soi-disant meilleur marché, il a essayé de revenir au pain bis et même au pain complet. Mais l'essai n'a duré qu'un moment.

S'adressant particulièrement aux classes laborieuses, on leur a dit que le pain blanc, peu nutritif, convient surtout aux gens aisés dont la table est luxueusement servie, tandis que le pain bis, plus alimentaire et plus économique, doit être leur produit préféré. Elles ont suivi le conseil

ainsi donné; mais elles n'ont pas tardé à reconnaître que c'est l'inverse qui est vrai, qu'on mange beaucoup plus de pain bis que de pain blanc, et que, tout compte fait, c'est donc encore ce dernier pain qui les nourrissait à meilleur marché. C'est l'expérience indirecte, mais qui vient sérieusement appuyer celles qui sortent du laboratoire de chimie alimentaire.

L'opinion qui se dégage de ces dernières, d'une façon indiscutable, n'est d'ailleurs pas nouvelle.

Nous en retrouvons déjà la trace dans le *Traité de meunerie et boulangerie* publié par Parmenier en 1782 quand il écrit : « Le son augmente la masse et diminue le volume. Il fait du poids et non du pain. Ce n'est donc pas une économie de faire entrer le son, en substance, quelque divisé qu'on le suppose, dans la composition du pain, non seulement parce qu'il ne nourrit pas, mais encore à cause des obstacles qu'il apporte à la fabrication de cet aliment. Le son excite l'appétit et passe en entier, tel qu'on l'a pris, sans être digéré, en sorte qu'il est prouvé *qu'une livre de pain où il n'y a pas de son sustente davantage qu'une livre et un quart de pain avec du son.*

« Cette observation faite par des entrepreneurs qui avaient beaucoup de monde à nourrir les a déterminés à distribuer aux ouvriers du pain blanc au lieu du pain bis et en plus petite quantité.

tité, et ce changement a singulièrement bien réussi au gré des uns et des autres. »

C'est la même observation que nous retrouverons sous la plume de M. Touaillon, en 1867, dans son *Traité de meunerie, boulangerie et biscuiterie* : « J'ai, dit-il, confectionné du pain avec des farines de première qualité à 70 pour 100 d'extraction, puis, à la même farine, j'ai ajouté les 6 pour 100 de farine bise provenant des remoutures du même blé.

» Ce mélange a produit, bien entendu, une plus grande quantité de pain, mais il a été consommé plus vite que le pain fait avec la farine pure à 70 pour 100 d'extraction.

» C'est donc en pure perte que les farines dites *bises* sont employées, parce que le son qu'elles contiennent rend le pain moins assimilable.

» J'ai expérimenté pendant plusieurs années sur seize employés des deux sexes le pain blanc alterné de pain bis, et j'ai reconnu qu'invariablement ils dépensaient davantage en consommant du pain bis et du pain blanc qu'en consommant du pain blanc seulement. »

Ces opinions sont d'ailleurs partagées par des observateurs sagaces d'autres pays, et nous en retrouvons l'écho en Angleterre et en Hollande, par exemple.

Les célèbres agronomes anglais Lawes et Gil-

bert écrivaient en 1873, dans leur Ouvrage intitulé *Sur quelques observations relatives à la composition du grain de blé et à la production de la farine et du pain* (page 33) : « Dans le son, le pourcentage des matières azotées étant plus élevé que dans la farine fleur, on a fréquemment préconisé les pains grossiers comme plus nutritifs que les pains blanches.

» Nous avons déjà vu que, dans le grain, les parties plus riches en son contiennent aussi un pourcentage beaucoup plus élevé de matières minérales; en outre, c'est dans le son qu'existe la plus grande proportion de matières grasses.

» Nous pensons toutefois qu'il est très contestable qu'une opinion valable puisse être formulée avec ces données uniques sur les valeurs comparatives de pains fabriqués avec des farines soit fines, soit grossières, tirées d'un seul et même blé.

» De plus, c'est un fait indiscutable que, quand il y a dans la farine des parcelles de son au degré de division imparfait tel que nos procédés ordinaires de mouture les laissent, cela accentue considérablement l'action péristaltique, et il s'ensuit que le canal alimentaire est beaucoup plus rapidement débarrassé de son contenu.

» C'est aussi un fait bien connu que, chez les gens pauvres ou chez les gens qui accomplissent des travaux pénibles, on préfère le pain *plus*

blanc, car on apprécie immédiatement une différence de valeur nutritive.

» Dans la Marine, par exemple, cette préférence, c'est nettement établi, est basée sur ce que le pain *moins* blanc traverse l'appareil digestif trop rapidement et, par suite, avant que les organes en aient tiré toute la matière nutritive qu'il doit leur fournir.

» En fait, toutes ces observations tendent à prouver que la forme, aussi bien que la composition chimique de nos aliments, n'est pas indifférente; en d'autres termes, que la digestibilité et les coefficients d'assimilation ne sont pas des qualités moins importantes que la composition exacte.

» Mais admettre que la farine entière soit, comme on le suppose généralement, plus nutritive, à poids égal, que la farine ordinaire, est une erreur absolue. L'expérience prouve que, si ces principes sont vrais en théorie, ils n'ont aucune solidité en pratique, et sont même contradictoires.

» En réalité, ce sont précisément ceux qui sont le plus mal nourris et ceux qui accomplissent le plus dur labeur qui réclament le pain de farine blanche plutôt que le pain de farine entière; et ce sont les bien nourris et les sédentaires qui préfèrent le pain complet. »

Au Congrès international de la Meunerie qui

s'est tenu à Paris pendant l'Exposition universelle de 1900, un meunier hollandais, M. Kœchlin, appuyait les observations précédentes en faisant remarquer que, dans les Sociétés philanthropiques de Hollande, on utilisait depuis trois ou quatre siècles le pain de son : « Eh bien ! ajoutait-il, depuis trois ou quatre ans on utilise le pain blanc, parce qu'on a reconnu qu'il produisait une grande économie. »

C'est sur ces données que je terminerai ce Chapitre. A sa lecture, on se rendra compte que la seule manière économique d'utiliser le grain de froment pour en faire du pain, c'est d'en extraire pour l'homme le plus de farine blanche possible, le résidu devant être réservé à la nourriture des animaux et se retrouver sous la forme de viande.

---

## CHAPITRE VI.

### LA QUESTION DES PHOSPHATES.

---

L'étude que j'ai développée dans les Chapitres précédents a montré d'une façon péremptoire la supériorité alimentaire du pain blanc sur le pain bis ou complet.

Mais, dans cette étude, je ne me suis occupé que de l'assimilation des matières azotées, grasses ou hydrocarbonées, laissant volontairement de côté les matières minérales pour y revenir ici tout spécialement.

Le grain de blé renferme 1,5 à 2 pour 100 de matières minérales parmi lesquelles des phosphates pour une proportion variant de 0,5 à 1 pour 100 d'anhydride phosphorique. Or, le phosphore est indispensable à la formation du squelette animal, les os renfermant plus de la moitié de leur poids de phosphate de chaux; de plus, entrant dans la composition des globules sanguins, des muscles, des éléments nerveux, il est indispensable à la formation de la substance albuminoïde qui se fixe sur nos organes. Il n'en faut donc pas plus pour comprendre qu'il

n'est pas exagéré de dire que le phosphore est un élément nécessaire à la vie des hommes et des animaux.

Comme c'est dans les aliments que le phosphore se rencontre, on ne peut donc l'oublier dans l'examen de ceux-ci et particulièrement dans celui qui, comme le pain en France, forme un sérieux appont dans la nourriture journalière de chacun d'entre nous.

Or, c'est un fait dont je donnerai tout à l'heure l'explication que les farines blanches contiennent toujours moins de composés phosphorés que les farines bises. Aussi, il est apparu à quelques-uns que la suppression de ces dernières conduisait l'homme, le Français en particulier, à une perte de phosphore très préjudiciable à son organisme, perte dont la répercussion pouvait aller jusqu'à atteindre l'avenir de la race, et rien que pour cette seule cause, ils ont condamné le système de mouture moderne, nous prédisant que l'abandon des meules de pierre pouvait nous conduire aux pires catastrophes.

Pour exagérées que soient ces déclarations pessimistes, elles n'en contiennent pas moins une part de vérité. Mais, pour rechercher celle-ci, il faut s'entendre d'abord sur le choix d'une méthode, et je ne puis considérer comme rationnelle celle qu'on a employée pour arriver aux affirmations que je viens de rapporter.

En effet, si je laisse de côté l'expérience d'Aimé Girard que j'ai citée au Chapitre III, et sur laquelle je reviendrai plus loin, la méthode en question a consisté principalement à faire état d'analyses de blés, de farine, de pains provenant de divers auteurs, à les rapprocher comme on dit un peu au petit bonheur et à en tirer des conclusions.

Mais comme la composition des blés, en produits utiles organiques et minéraux, est extrêmement variable, on arrive, en opérant ainsi, à mettre en regard des chiffres qui ne sont pas comparables et à échafauder un ensemble de conclusions tout à fait discutables.

A mon sens, ici encore, pour être dans le vrai, il faut partir du même échantillon de blé, en extraire diverses qualités de farine, les analyser et mettre ensuite en parallèle les résultats obtenus. C'est de cette façon seule qu'on peut se rendre compte, au point de vue des phosphates comme précédemment au point de vue des aliments organiques, de la supériorité d'un système de mouture sur son concurrent.

C'est ce procédé que je voudrais tout d'abord employer pour étudier dans ce Chapitre la question de l'acide phosphorique, me réservant de compléter cette étude par diverses autres considérations qui, on le verra, ont leur importance.

Le premier problème qu'il me paraît utile de résoudre dans ce cas est celui de savoir com-

ment l'acide phosphorique est réparti dans les diverses parties du grain de blé.

Considérons d'abord l'albumen. Si à l'aide d'un moulin à cylindres et ainsi que je l'ai indiqué au Chapitre IV, on le fragmente d'abord en quatre zones (la quatrième étant récoltée par le procédé que j'indiquerai plus bas) allant du centre à la périphérie du grain, puis qu'on dose l'acide phosphorique dans chacune d'elles, on trouve, par exemple, les résultats suivants :

	Acide phosphorique.
1 <sup>re</sup> zone.....	p. 100. 0,239
2 <sup>e</sup> — .....	0,252
3 <sup>e</sup> — .....	0,322
4 <sup>e</sup> — .....	0,520

Ces chiffres montrent que la proportion d'acide phosphorique suit la même loi que la proportion de gluten, c'est-à-dire qu'elle va en augmentant au fur et à mesure que, dans la mouture, on chemine vers le son.

Et cela permet d'expliquer pourquoi les farines de meules, à extraction égale, sont plus riches en phosphore que les farines de cylindres : ce n'est pas seulement parce qu'elles sont plus riches en débris de l'enveloppe qui contient elle-même une proportion élevée d'acide phosphorique, c'est aussi parce que, par leur action brutale, elles mélagent de suite, aux parties centrales, les parties extrêmes de l'amande farineuse.

Quelle est maintenant la richesse en acide phosphorique de l'enveloppe comparée à celle de l'albumen ? Pour résoudre ce problème et pour en tirer des conclusions pratiques, il m'a semblé qu'il fallait se placer dans les conditions mêmes de la mouture.

Me plaçant en face des blés les plus divers comme provenance et comme richesse en produits nutritifs, j'en ai d'abord extrait toute la quantité de farine qui, pratiquement, peut donner du pain blanc, ce qui correspond à une extraction de 70 pour 100. Sur cette farine, j'ai dosé l'acide phosphorique.

Retenant alors le son obtenu, il m'a paru utile de doser non seulement le même produit dans l'enveloppe, mais aussi dans la farine adhérente qui constitue la dernière zone de l'albumen, ce dernier dosage devant, par la suite, conduire à des résultats intéressants pour le calcul de la richesse en acide phosphorique des farines d'un pourcentage d'extraction supérieur à 70 pour 100, c'est-à-dire des farines bises.

Mais, pour cela, il fallait séparer et peser la farine adhérente sans éliminer l'acide phosphorique et sans la modifier.

L'alcool à 90° répond parfaitement à ce desideratum, car il enlève au son quelques matières extractives seulement.

Si donc, dans un appareil clos, on agite une

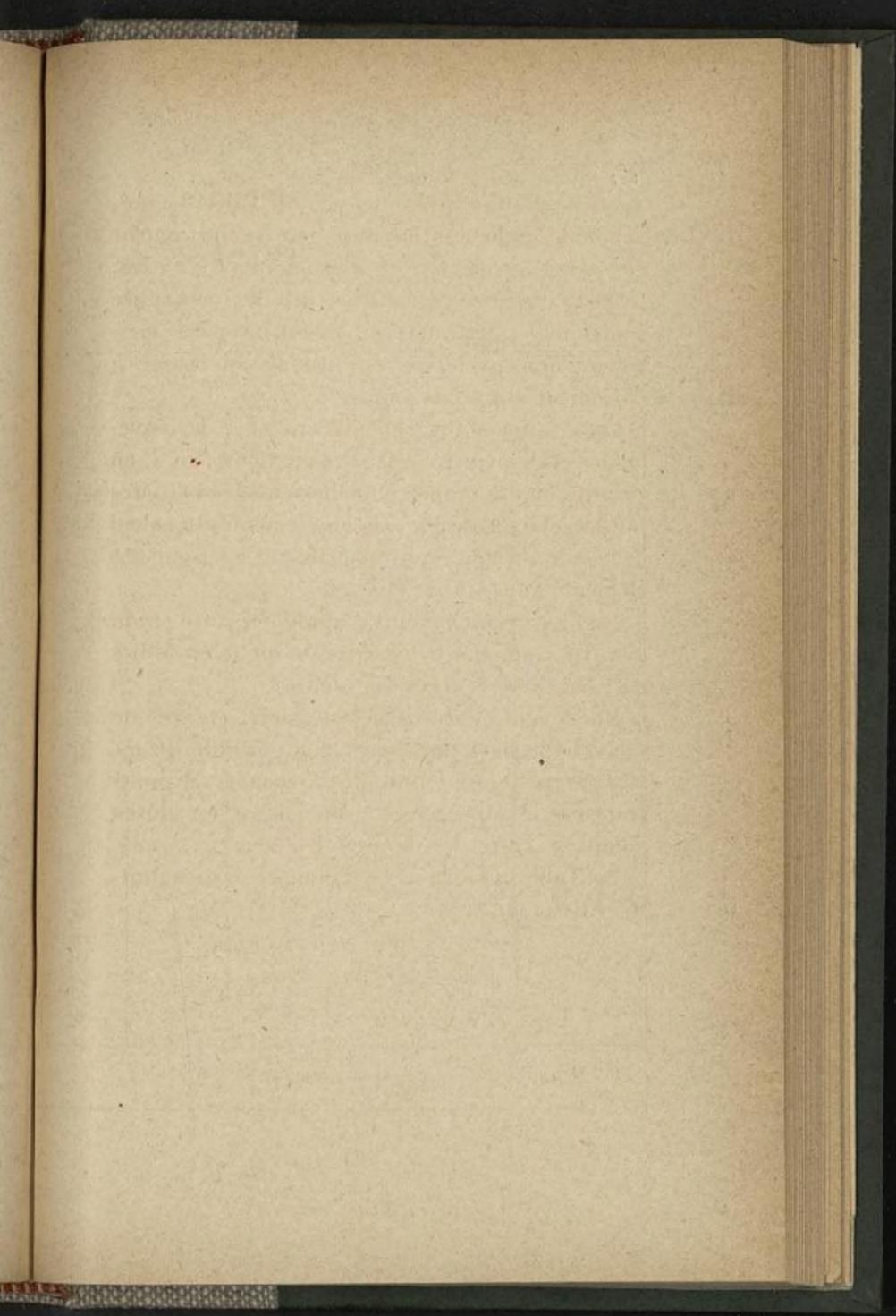
quantité donnée de son au sein de l'alcool à 90°, pendant 20 heures environ, par le frottement des particules de son les unes contre les autres, toute la farine se détache des cellules de l'assise protéique, et cette farine peut être séparée facilement des enveloppes par passage et lavage à l'alcool sur un tamis approprié.

Cette farine étant recueillie et séchée, les enveloppes elles-mêmes étant traitées à part, on a, en tenant compte proportionnellement des matières solubles dans l'alcool, tous les éléments du calcul de l'acide phosphorique ressortissant à chacun des éléments constitutifs du son.

Il m'a paru intéressant d'appliquer cette étude aux deux grandes catégories de blé, c'est-à-dire aux blés durs et aux blés tendres.

En ce qui concerne ces derniers, et afin de pouvoir dégager une conclusion générale, je me suis adressé à des produits de provenances diverses française et étrangère, et de richesse en gluten comprise entre les limites les plus extrêmes.

Le Tableau suivant rend compte des résultats de cette étude :



ÉTUDE SUR LA RÉPARTITION DE L'ACIDE  
PHOSPHORIQUE DANS LE GRAIN DE BLÉ.

*Amande, couche sous corticale, Enveloppes.*

		PROPORTIONS (1)			HUMIDITÉ.	GLUTEN farine à 70 pour 100.	ACIDE PHOSPHORIQUE POUR 100			
		d'enveloppes.	de farine adhérente au son.	de matières solubles dans l'alcool à gr.			du son.	des enveloppes.	de la farine adhérente.	de la farine à 70 pour 100.
Blés durs...	Taganrog.....	93,100	3,08	4,60	11,66	16,89	1,136	1,162	2,979	0,581
	Afrique.....	89,390	7,04	3,06	11,88	13,92	1,400	1,462	1,960	0,555
	— .....	91,70	3,98	4,30	10,86	"	1,280	1,274	2,365	0,543
	Médéah.....	86,83	7,89	5,40	12,58	"	2,08	2,220	5,096	0,485
Blés tendres	Blé demi-dur Aubaine.....	87,500	7,500	4,25	12,54	8,88	1,430	1,395	1,836	0,357
	Irka Berdianska..	81,262	14,15	3,74	12,20	15,43	1,750	2,030	0,450	0,408
	— Marianopoli..	83,453	12,423	4,14	12,84	15,00	1,634	1,917	0,570	0,370
	Ulka Nicolaïeff....	83,524	13,38	3,72	12,96	14,23	1,852	2,176	0,591	0,338
	— Berdianska..	81,454	15,29	3,18	12,00	13,68	1,776	1,953	0,549	0,370
	— Théodosie..	82,043	14,757	3,20	13,70	12,94	1,762	1,907	0,500	0,415
	Saissette.....	90,022	7,680	3,00	12,76	8,95	2,020	2,268	0,821	0,428
	Bordeaux.....	76,170	19,35	3,80	14,20	8,00	3,322	4,111	0,754	0,383
	Goldendrop.....	80,310	15,66	3,53	12,56	7,49	2,964	3,430	0,554	0,320
	Tuzelle.....	81,167	14,775	3,62	13,10	6,95	2,772	3,198	0,721	0,319

(1) Ces chiffres s'entendent par rapport au son.

Ce Tableau permet tout d'abord de différencier très nettement les blés durs des blés tendres. En effet, le son des premiers contient beaucoup moins de farine adhérente que le son des deuxièmes, ce qui indique que leur albumen se détache plus facilement dans les mêmes conditions de mouture.

Cet avantage se traduit par une richesse en phosphore beaucoup plus grande pour la farine adhérente, richesse qui peut atteindre, en certain cas, plus du double de la richesse des enveloppes, et qui, dans tous les cas, est toujours supérieure à celle-ci.

Dans les blés tendres, la proportion d'acide phosphorique dans la farine adhérente est considérablement moindre de ce qu'elle est dans les blés durs et toujours notablement inférieure à la richesse des enveloppes.

C'est là une considération analytique nouvelle et importante et qui, dans certains cas, pourrait recevoir des applications utiles.

Mais ceci étant dit, et en ce qui concerne les observations relatives à ce Chapitre, il y a lieu de laisser de côté les blés durs. Ceux-ci, en effet, ne servent qu'exceptionnellement à faire un pain coloré et mal développé et trouvent leur emploi exclusif dans la fabrication des semoules et des pâtes alimentaires.

Il faut donc revenir aux blés tendres dont les

farines sont seules utilisées à la fabrication du pain blanc et du pain bis.

Or, il est facile, à l'aide du Tableau précédent, de calculer la quantité d'acide phosphorique contenue dans la farine lorsqu'on passera de l'extraction de 70 à 75 pour 100 et à 80 pour 100. Il suffit de tenir compte, pour cela, de la proportion moyenne de débris existant dans les produits de chaque type, c'est-à-dire 0,8 pour 100 environ pour les farines à 75 pour 100, 1,3 pour 100 pour les farines à 80 pour 100.

Si nous considérons, par exemple, le blé de Bordeaux, la farine à 75 pour 100 sera constituée par :

1<sup>o</sup> 70<sup>s</sup> de la farine à 70 pour 100;

2<sup>o</sup> 4<sup>s</sup>,40 de farine de la zone adhérente au son;

3<sup>o</sup> 0<sup>s</sup>,60 de débris d'enveloppes.

La richesse en acide phosphorique se calculera en tenant compte des coefficients du Tableau afférents à chaque catégorie, soit :

$$\frac{70 \times 0,383}{100} = 0,2681$$

$$\frac{4,40 \times 0,754}{100} = 0,0332$$

$$\frac{0,60 \times 4,111}{100} = 0,0247$$

$$\text{Soit pour } 75^s = 0,3260$$

$$\text{Soit pour 100 de farine} = 0,434.$$

La richesse en acide phosphorique de la farine à 80 pour 100 sera calculée de la même manière,

c'est-à-dire en tenant compte que cette farine sera constituée par :

1<sup>o</sup> 70% de farine à 70 pour 100;

2<sup>o</sup> 8,70 de farine de la zone adhérente au son;

3<sup>o</sup> 15,30 de débris d'enveloppes.

On aura ainsi

$$\frac{70 \times 0,383}{100} = 0,2681$$

$$\frac{8,70 \times 0,754}{100} = 0,0656$$

$$\frac{15,30 \times 4,111}{100} = 0,0534$$

Soit pour 80% = 0,3871

Soit pour 100 de farine = 0,484.

En étendant ce calcul à tous les blés tendres contenus dans le Tableau, on obtient, pour la richesse comparative des farines en acide phosphorique, les résultats suivants :

Blés.	Richesse p. 100 en acide phosphorique		
	Farine à 70 p. 100.	Farine à 75 p. 100.	Farine à 80 p. 100
Irka de Berdianska...	0,408	0,423	0,439
— Marianopoli..	0,370	0,394	0,417
Ulka de Nicolaïeff.....	0,338	0,366	0,395
— Berdianska...	0,370	0,393	0,415
— Théodosie....	0,415	0,431	0,448
Saissette .....	0,428	0,465	0,500
Bordeaux.....	0,383	0,434	0,484
Goldendrop .....	0,320	0,358	0,396
Tuzelle.....	0,319	0,365	0,409
Moyennes.....	0,372	0,407	0,421

Si l'on veut bien se souvenir que les blés inscrits dans les Tableaux précédents ont été choisis de façon que leur composition varie entre les limites les plus extrêmes, on concevra que le raisonnement peut s'établir rationnellement sur les moyennes des résultats obtenus. Ceux-ci viennent à l'appui de l'affirmation que les farines bises sont toujours plus riches en acide phosphorique que les farines blanches.

Mais le gain qu'on fait, lorsque, pour le même blé, on passe de l'extraction de 70 à 75, puis de 70 à 80 pour 100, n'est pas si élevé qu'on pourrait le croire et qu'on l'affirme souvent, puisqu'il est en moyenne de 0<sup>o</sup>,035 pour 100 dans le premier cas et de 0<sup>o</sup>,049 dans le second.

Les gains seraient respectivement d'environ 0<sup>o</sup>,070 et 0<sup>o</sup>,084 pour 100 si l'on passait de l'extraction de 60 pour 100 (type des farines fleurs de Paris) à 75 et 80 pour 100.

Mais les farines sont consommées sous la forme de pain, et c'est finalement, dans cet aliment, que les proportions comparatives d'acide phosphorique doivent être considérées.

Or, il faut tenir compte ici de la quantité d'eau fixée par la farine pendant la panification, quantité d'autant plus grande, la proportion de gluten restant sensiblement la même, que la quantité de débris est plus élevée, c'est-à-dire que la farine considérée est plus impure. C'est se placer en

présence d'un minimum (l'expérience le montre), d'admettre que les pains de farines à 75 et à 80 pour 100 contiennent toujours respectivement 2 pour 100 et 4 pour 100 d'eau en plus que le pain blanc de farine à 70 pour 100. Si l'on tient compte de ces données, on peut établir de la manière suivante la richesse en acide phosphorique des pains provenant de farines de diverses qualités extraites du même lot de blé :

	Pain de farine blanche à 70 p. 100.	Pain de farine bise à 75 p. 100.	Pain de farine bise à 80 p. 100.
	Acide Humidité. phospho- rique.	Acide Humidité. phospho- rique.	Acide Humidité. phospho- rique.
Blés.			
Irka de Berdianska.	41,6	0,271	43,6
— Marianopoli	41,2	0,249	43,2
Ulka de Nicolaïeff..	40,4	0,231	42,4
— Berdianska.	39,9	0,252	41,9
— Théodosie.	39,2	0,292	41,2
Saissette.....	35,2	0,318	37,2
Bordeaux.....	34,3	0,293	36,3
Goldendrop.....	33,8	0,242	35,8
Tuzelle.....	33,3	0,244	35,3
Moyennes...		0,266	0,279
			0,293

Ce Tableau montre que, dans un grand nombre de cas, lorsqu'on passe du pain blanc au pain bis de farine à 75 et même à 80 pour 100, le gain en acide phosphorique est nul ou insignifiant.

Si, ce qui est plus rationnel, on raisonne

sur les moyennes obtenues, on trouve que :

1<sup>o</sup> Passant du pain blanc à 70 pour 100 au pain bis à 75 pour 100, par suite de la différence d'humidité, on perd, par ration journalière de 600<sup>g</sup>, 12<sup>g</sup> de matière alimentaire azotée et hydro-carbonée, pour gagner 78<sup>mg</sup> d'acide phosphorique;

2<sup>o</sup> Passant du pain blanc à 70 pour 100 au pain bis à 80 pour 100, par suite de la différence d'humidité, on perd, par ration journalière de 600<sup>g</sup>, 20<sup>g</sup> de matière alimentaire azotée et hydro-carbonée, pour gagner 162<sup>mg</sup> d'acide phosphorique.

C'est à ces conclusions que conduit l'application d'une méthode rationnelle à l'étude des produits de la mouture, et elles montrent que, dans le cas qui nous occupe, c'est commettre une erreur économique que de soutenir la supériorité du pain bis sur le pain blanc, puisque le gain d'acide phosphorique apporté par le pain bis est excessivement faible et se paie, par rapport au pain blanc, d'une perte des plus sensibles en matière alimentaire.

Je tiens d'ailleurs à faire remarquer que, dans toutes les déterminations précédentes, je me suis placé dans des conditions tout à fait favorables à la démonstration de la supériorité des farines riches en débris de l'enveloppe et du germe. En effet, en fixant à 2 et à 4 pour 100

l'augmentation du taux d'humidité des pains de farine à 70 et à 80 pour 100 par rapport au pain de farine à 70 pour 100, j'ai choisi des chiffres qui sont des minima et qui, dans la pratique sont toujours et souvent largement dépassés. D'autre part, pour calculer le taux d'acide phosphorique des farines à 75 et à 80 pour 100, j'ai appliqué le pourcentage correspondant à la farine directement collée au son, pourcentage plus élevé que le chiffre moyen qu'on trouverait si l'on analysait le produit des couches d'albumen qu'il faut moudre pour les ajouter à la farine à 70 pour 100, puisque dans ces couches successives la quantité de phosphore va sans cesse en augmentant. Les taux d'acide phosphorique indiqués pour les farines et les pains à 75 et 80 pour 100 sont donc supérieurs à la réalité.

Mais mon raisonnement ne serait pas complet si je ne faisais remarquer que les apports en acide phosphorique faits par les farines bises doivent, quant à leur valeur réellement alimentaire, c'est-à-dire quant à leur coefficient d'assimilation, subir une correction. En effet, les chiffres portés aux Tableaux qui précédent sont des chiffres bruts qui représentent les quantités ingérées, mais non les quantités digérées.

Or, dans l'expérience que j'ai rapportée précédemment, Aimé Girard a montré que sur 4,68 pour 100 de matières minérales contenues dans

les enveloppes, 37 pour 100, soit les trois quarts seulement, ont été digérées.

A ce sujet les expériences de Meyer, confirmées par celles de M. le Dr Fauvel, sont encore plus précises : on s'en rendra facilement compte en se reportant à l'examen que j'ai fait de ces expériences au Chapitre V. Elles montrent, en effet, que si dans le pain blanc 38 pour 100 seulement des matières minérales sont rejetées dans les fèces, 97 pour 100 sont éliminées lorsqu'il s'agit du pain complet. De sorte qu'une loi générale peut s'établir, qui est la suivante : c'est que aussi bien dans le cas des aliments minéraux que dans le cas des aliments organiques, l'utilisation par l'organisme est d'autant plus défectueuse que la farine est plus impure et le pain plus grossier.

Si l'on tient compte de ces observations, on voit qu'en dernier lieu la quantité d'acide phosphorique apportée par le pain bis doit être, quant à l'assimilation, relativement réduite, et que, par conséquent, c'est être dans la vérité d'affirmer que dans ce cas encore, le bilan nutritif du pain de farine pure n'est pas sensiblement inférieur à celui du pain de farine contenant du son.

On remarquera que j'ai raisonné sur les débris d'enveloppes, laissant de côté les débris provenant du germe. Cela ne change rien aux résultats, car le germe, avec sa moyenne de 2,70 pour 100

d'acide phosphorique, a une richesse plutôt inférieure à celle des enveloppes.

Il est d'ailleurs impossible de doser exactement la proportion d'embryon qui, au cours de la mouture, vient se mêler aux débris d'enveloppes qui traversent les bluteries en même temps que la farine. D'ailleurs, le germe ne représentant que 1,43 pour 100 du poids du grain n'apporterait, même incorporé en entier, qu'une quantité insignifiante d'acide phosphorique,  $\frac{1}{100}$  environ de ce qu'en apporte la farine à 70 pour 100, et on sait qu'il le ferait dans de si mauvaises conditions de conservation et d'assimilation, qu'il n'y a pas lieu, économiquement, de s'arrêter un instant à cette considération.

Mais l'étude que je viens de développer sur cette question ne serait pas complète si, pour terminer ce Chapitre, je ne l'envisageais à un autre point de vue.

Je viens de montrer que si, pour introduire dans le compost alimentaire un peu plus d'acide phosphorique, on substitue dans la ration journalière le pain blanc au pain bis, on perd une quantité beaucoup plus grande d'aliments azotés et hydrocarbonés.

Or, on sait que ces derniers sont indispensables si l'on veut fournir, à l'individu, la quantité d'énergie nécessaire à l'exercice de ses fonctions, cette quantité étant mathématiquement cal-

culée d'après les pertes qu'il doit réparer en vingt-quatre heures.

En est-il de même pour l'acide phosphorique ? M. Armand Gautier fixe à 3<sup>g</sup>,50 la quantité éliminée par jour; c'est, je crois, le chiffre le plus élevé qui soit indiqué, le professeur Bouchard admettant la dose de 3<sup>g</sup>,19 et d'autres praticiens des chiffres inférieurs.

Si nous admettons le chiffre de M. Armand Gautier, la question qui se pose est de savoir si la quantité d'acide phosphorique apportée par la totalité des aliments est capable de compenser cette perte journalière de 3<sup>g</sup>,50.

Pour y répondre d'une façon péremptoire, ce n'est pas à la table du riche qu'il faut s'adresser, mais à la table modeste de ceux chez lesquels l'alimentation journalière, pour variée qu'elle soit, n'en est pas moins économiquement calculée.

Aimé Girard a fait ce travail pour l'ouvrier des campagnes, pris dans diverses régions de France, et il a trouvé que cet ouvrier recevait quotidiennement une quantité d'aliments phosphorés correspondant à environ 6<sup>g</sup> d'acide phosphorique, c'est-à-dire au double de la quantité éliminée par jour.

Mais il est assez difficile de déterminer exactement, chez ces ouvriers, la proportion exacte d'aliments qu'ils reçoivent par jour, et le chiffre indiqué par Aimé Girard ne peut être admis sans certaines réserves.

J'ai pensé qu'il ne peut en être de même si l'on prend comme base l'alimentation du troupier. En nature, elle se rapproche, en effet, sensiblement de celle de l'ouvrier des villes et des campagnes; en quantité, elle est allouée aussi économiquement qu'il est possible, et de plus, elle offre cet avantage, que le poids des produits dont elle se compose est exactement calculé pour répondre aux besoins d'un effectif déterminé.

Au courant de l'année 1901, j'ai relevé, dans une compagnie de ligne et pendant une semaine, le Tableau des éléments alloués à l'effectif, et à l'aide des coefficients connus, j'ai calculé la quantité d'acide phosphorique renfermée journallement dans la nourriture de chaque soldat.

J'ai pu ainsi établir le Tableau suivant :

Lundi.....	4,43	<sup>g</sup> d'acide phosphorique
Mardi.....	4,22	—
Mercredi .....	4,25	—
Jeudi.....	4,01	—
Vendredi.....	4,72	—
Samedi.....	4,84	—
Dimanche.....	4,78	—
Moyenne....	4,47	—

Mais on sait combien d'efforts ont été faits, depuis cette époque, pour améliorer l'ordinaire du soldat, aussi bien au point de vue de la variété que de la quantité. C'est ce qui m'a amené à faire, pour la rédaction de ce Chapitre, une vérification des chiffres obtenus précédemment.

Comme membre d'une Commission extra-parlementaire chargée d'étudier les améliorations à apporter à l'alimentation du troupier, commission présidée par M. le professeur Armand Gautier, j'ai eu entre les mains les renseignements concernant les différents corps de troupe de l'armée française et j'ai pu ainsi refaire les calculs pour quelques-uns pris au hasard.

Le chiffre le moins élevé que j'ai trouvé est de 4<sup>5</sup>,66 d'acide phosphorique par jour. Mais ce chiffre est souvent dépassé, et, à ce sujet, pour fixer les idées, on pourra consulter le Tableau suivant qui se rapporte à un bataillon caserné dans le midi de la France et dont la ration journalière, en admettant qu'elle soit entièrement consommée, peut fournir à l'homme 3703<sup>Cal.</sup>.

Denrées.	Poids en grammes par homme et par jour.	Acide phos- phorique pour 100.	Acide phos- phorique fourni.
Bœuf.....	320	0,420	1,344
Lard.....	5,8	0,160	0,009
Saindoux.....	16,9	"	"
Pain de soupe.....	81,0	0,266	0,215
Vermicelle.....	16,7	0,360	0,060
Haricots.....	66,5	0,924	0,614
Lentilles.....	22,9	1,000	0,229
Pois.....	22,2	0,967	0,215
Pommes de terre...	507	0,140	0,710
Choux.....	34,8	0,090	0,031
Carottes.....	15,7	0,036	0,006
Navets.....	6,5	0,080	0,005
Oignons.....	35,0	0,100	0,035
Huile.....	3,7	"	"
Vinaigre.....	2,0	"	"
Vin à 10°.....	250 <sup>cm<sup>3</sup></sup>	"	"
Pain de munition ..	750	0,293	2,198
Total.....			5,671

Ainsi donc l'alimentation du soldat, qui est certainement une des plus économiques qui puise se concevoir pratiquement, fournit à l'homme une quantité d'acide phosphorique dont la dose varie de 0<sup>g</sup>,97 à 2<sup>g</sup>,17 en plus que la quantité journallement nécessaire.

La substitution de 675<sup>g</sup> de pain blanc de farine à 70 pour 100, tel qu'on l'alloue à l'heure actuelle, à 750<sup>g</sup> de pain de farine à 80 pour 100, diminue,

au maximum, de 0<sup>o</sup>,400 la quantité journalière d'acide phosphorique. Celle-ci reste donc, dans le cas le plus défavorable, encore supérieure de 0<sup>o</sup>,6 à 1<sup>o</sup>,8 à la quantité pratiquement nécessaire.

On conçoit de suite ce que devient la proportion journalière d'acide phosphorique lorsque, au lieu de considérer une alimentation que les crédits dont on dispose forcent à calculer parcimonieusement, on considère l'alimentation du cultivateur aisé et du riche qui peut faire figurer sur sa table des aliments de choix, œufs, laitage, viandes diverses, riches en composés phosphorés. Ceux-ci apportent à l'organisme une quantité de phosphore bien supérieure à celle dont il a besoin, et, par conséquent, dans ce cas, le problème de l'alimentation minérale reçoit une solution tellement favorable, que la question de substitution d'un pain à un autre ne se pose même pas.

Je tiens d'ailleurs à faire remarquer que les quantités d'acide phosphorique apportées par les aliments, telles que je les ai déterminées précédemment, sont inférieures à la réalité pour deux raisons. La première est que la richesse en phosphore des produits naturels est assez variable et comporte un maximum et un minimum. Comme presque toujours j'ai choisi, pour le calcul, un coefficient plus faible que celui donné par la moyenne, les résultats obtenus sont certainement

au-dessous de ce qu'ils sont réellement. La seconde raison est que les coefficients d'acide phosphorique donnés jusqu'à présent ont été obtenus par le dosage sur les cendres résultant de la calcination. Or, j'ai montré que cette méthode entraîne, à l'état volatil, une proportion de phosphore, qui, dans certains cas, peut représenter la moitié de la quantité totale. Il s'ensuit que les coefficients utilisés sont certainement trop faibles, ce qui entraîne la même conséquence pour les résultats qu'ils ont servi à obtenir.

Pour toutes ces raisons, il est certain que l'homme, même le plus économiquement nourri, trouve toujours, dans son alimentation journalière, une proportion d'acide phosphorique notablement supérieure à celle dont il a besoin et que, par conséquent, pour cet objet, la substitution du pain bis au pain blanc n'est pas indiquée, puisque elle n'augmente la quantité de phosphore que d'une façon insignifiante et en tout cas superflue, tandis qu'elle a pour effet général de diminuer le taux des aliments azotés et hydrocarbonés utiles et nécessaires.

---

## CHAPITRE VII.

### LE PAIN DE TROUPE.

---

J'appelais, au Chapitre précédent, l'attention sur les améliorations qui, depuis quelques années, ont été apportées à l'ordinaire du soldat. Il me semble utile de préciser ici l'amélioration spéciale apportée à la qualité du pain qu'il consomme.

M. Balland, ex-pharmacien principal de l'armée a fait, sur ce pain, un historique que je veux rappeler en quelques mots.

Autrefois, le pain de l'homme de guerre était préparé avec  $\frac{3}{4}$  de froment et  $\frac{1}{4}$  de seigle. Les grains, sans nettoyage aucun, étaient livrés au moulin, moulus en un seul passage sous les meules, et le produit brut obtenu était panifié directement. Le pain fabriqué, contenant la totalité du son, était grossier, impropre aux usages de la soupe, et s'altérait très promptement, au grand détriment de la santé du consommateur.

Dès 1797, Parmentier, inspecteur général de la pharmacie militaire, voulut faire profiter l'armée des améliorations qu'il avait propagées

à la suite de ses études sur la meunerie et la boulangerie, et dans un Mémoire lu à l'Institut, le 21 brumaire an V, il proposa d'extraire 20 livres de son par quintal de grains et de moudre ceux-ci en deux opérations successives, la première devant extraire 60 livres de farine pour 100, la seconde, agissant sur les gruaux, devant compléter l'extraction à 80 livres de produits blutés.

« Il n'y a que le pain des soldats, écrit-il, qui soit resté tel qu'il était à l'origine de la mouture. Ils voient les pauvres dans les hôpitaux où l'humanité les nourrit, les prisonniers dans les maisons de détention, le coupable dans son cachot, le condamné dans les fers, tous manger du pain infinitement meilleur que celui qui leur est distribué.

» Il est temps que, sous un régime qui a l'égalité et la fraternité pour bases, ceux qui en ont été les premiers soutiens soient plus sainement et plus confortablement nourris.

» N'altérons pas, par un intérêt mal entendu, la subsistance alimentaire fondamentale des défenseurs de la patrie. »

Mais cet appel ne fut pas entendu. On autorisa bien, plus tard, l'extraction de 15 livres de son par quintal de méteil, mais ce ne fut que provisoirement et seulement pour les troupes de la garnison de Paris.

Cependant, l'ordonnance du 2 octobre 1822 supprima le seigle du mélange, et le froment pur, moulu en un seul coup de meule, fut bluté de façon à séparer 10 pour 100 de son.

Après la conquête de l'Algérie, on utilisa, pour les troupes de cette colonie, le blé dur à la confection du pain, mais à la condition de séparer seulement 5 pour 100 du son. En même temps, la décision ministérielle du 5 novembre 1844 portait le blutage des farines de blés tendres de 10 à 15 pour 100.

Ces mesures, appliquées aux troupes d'Afrique, étaient insuffisantes et provoquèrent les observations de Tripier, pharmacien en chef du corps expéditionnaire, qui, dans un Rapport adressé en 1847 à l'intendant en chef de l'armée, insista vivement, au nom de la santé des soldats, pour qu'on augmentât, par le blutage, la qualité de la farine destinée à faire le pain : « Écartez du pain de munition, écrivait-il notamment, le plus de son possible, éliminez tout ce surcroît d'eau qu'il a fallu jusqu'ici y renfermer pour satisfaire aux exigences du règlement; il deviendra plus parfait, plus digestif, d'une conservation mieux assurée, et, quelle que soit sa diminution de poids, il aura conservé toute sa puissance alibile, il n'aura perdu que ses défauts. »

Ces observations ne commencèrent à attirer véritablement l'attention qu'au commencement

de 1850, époque où l'on fit de nombreux essais pour introduire dans l'armée le pain des boulangeries civiles. Ces essais ne furent point favorables, et, après l'avis d'une commission spéciale, le système manutentionnaire fut rétabli en 1851, avec les modifications suivantes : 1<sup>o</sup> les blés de troisième qualité ne furent plus admis; 2<sup>o</sup> le blutage fut perfectionné, et, les déchets de nettoyage, d'évaporation et de mouture évalués à 3 pour 100, étant portés au compte de l'État, le blutage fut effectivement de 15 pour 100.

Malgré ces améliorations, le pain laissa encore à désirer, et ce n'est qu'après de nouvelles expériences prescrites par le Ministre de la Guerre que, par décret du 15 août 1853, le taux d'extraction du son pour les farines de blés tendres fut élevé effectivement à 20<sup>kg</sup> pour 100.

Il avait fallu 56 ans pour obtenir ce que Parmentier demandait en 1797; il a fallu le même temps, 55 ans, pour obtenir une modification nouvelle au décret de 1853 et arriver enfin à fournir au troupier un pain blanc de bonne qualité et dont la valeur alimentaire soit en rapport avec les données de la science moderne et aussi les habitudes générales du peuple français.

La farine à 80 pour 100 d'extraction est une farine bise, contenant par conséquent une proportion plus ou moins grande de débris de l'enveloppe et du germe. Elle donne donc un pain

coloré qui a tous les défauts que j'ai signalés précédemment et sur lesquels je ne reviens pas, mais qui en font un aliment très hydraté, d'assimilation défectueuse et, par conséquent, d'une valeur alimentaire réelle qui est loin d'être en rapport avec sa composition générale.

Mais cette farine possède un autre vice qui tient au régime administratif qui préside à la fabrication du pain destiné à la troupe. Ce pain, en effet, d'après les conditions établies au ministère de la Guerre, ne provient pas de la source unique des manutentions militaires, mais de cinq sources différentes, qui sont les suivantes :

1<sup>o</sup> Pain de soupe acheté à la boulangerie civile, le pain de farine à 80 pour 100, *la boule de son*, comme on l'appelle en termes militaires, absorbant mal les liquides et ne pouvant servir à tremper le bouillon de viande;

2<sup>o</sup> Pain des moulins et boulangeries militaires de la gestion directe;

3<sup>o</sup> Pain livré par des entrepreneurs de fournitures à la ration, fabriquées avec des farines provenant des moulins civils;

4<sup>o</sup> Pain fabriqué avec des farines provenant des moulins militaires, livrées à des boulangers entrepreneurs;

5<sup>o</sup> Pain fabriqué avec des farines provenant

des blés achetés par l'administration militaire et moulu à façon par des meuniers civils.

Or, si au temps de la mouture par meules de pierre on pouvait extraire, par les seules opérations de mouture et de blutage, une farine représentant 80<sup>kg</sup> par 100<sup>kg</sup> de blé nettoyé, il n'en est plus de même avec la mouture progressive aux cylindres, et le type à 80 pour 100 est un type artificiel, obtenu en mélangeant de la farine blanche à des quantités variables de bas produits.

Cela n'aurait aucun inconvénient si l'on pouvait enfermer, loyalement, la composition chimique de ce type, entre des limites certaines. Mais cela est impossible parce que la proportion d'amande farineuse, dans le grain de blé, varie de 81 à 88 pour 100 et que, par suite, le type à 80 pour 100 peut, au point de vue des impuretés, de l'acidité, des matières grasses, par exemple, présenter des compositions normales très différentes, suivant qu'il est extrait d'une farine riche en albumen comme celle à 88 pour 100, ou peu riche comme celle à 81 pour 100.

Cette impossibilité, si elle n'est pas grave lorsque l'Administration est son propre fournisseur de blé, de farine et de pain, le devient lorsqu'il s'agit soit de faire moudre du blé pour obtenir de la farine, soit de livrer de la farine

pour avoir du pain, soit d'acheter du pain directement. Aucun contrôle n'est possible pour savoir si la farine rendue et si le pain rendu ou livré sont bien du type réglementaire.

Toutes les fraudes, tous les abus peuvent donc se produire malgré la surveillance exercée, et il est certain que, sous ce régime, les entrepreneurs peu scrupuleux se sont donnés libre carrière, au détriment du budget et de la santé du soldat.

Aussi, un pareil état de choses ne pouvait-il durer plus longtemps. Profitant de mon passage au Parlement, j'ai, dès le 10 décembre 1906, appelé l'attention des pouvoirs publics sur la question. M. Chéron, alors sous-secrétaire d'État au ministère de la Guerre, à la prévoyance et à l'énergie duquel est due la modification apportée au décret de 1853, nomma, sous la présidence de M. le professeur Armand Gautier, une Commission chargée d'étudier les améliorations générales à apporter à l'alimentation de l'armée, et j'ai été chargé du Rapport en ce qui concerne le pain.

Ma préoccupation a été de faire adopter, pour la fabrication du pain, un type de farine dont la composition, facile à établir entre des limites précises, puisse servir de contrôle aux fournitures et permette d'éviter ainsi les fraudes sur la qualité des marchandises livrées.

Le type à 70 pour 100 répond à cette préoccupation. Il est réalisable par tous les moulins modernes, et, comme il permet d'extraire près des  $\frac{9}{10}$  de l'amande farineuse du blé, il se présente dans des conditions économiques excellentes. De plus, il donne du pain blanc, qui s'assimile dans les conditions favorables que j'ai indiquées précédemment et qui, étant propre à tous les usages, permet de supprimer l'achat, à titre onéreux, du pain de soupe. Enfin, comme la qualité de ce pain correspond à peu près à celle du pain des campagnes, il représente par conséquent, pour le troupe, l'aliment auquel il est habitué d'une façon générale.

Reste la question de la ration journalière. Celle donnée avec le pain de farine à 80 pour 100 était de 750<sup>g</sup>. Comme la farine à 70 pour 100 est une farine pure dont, par conséquent, toutes les parties sont alimentaires, comme d'autre part elle donnera un pain moins hydraté et plus assimilable que l'ancien, on conçoit que, pour produire la même énergie calorifique, il faudra une ration de poids moins élevé.

Le calcul montre que ce poids oscille entre 666<sup>g</sup> et 672<sup>g</sup> pour un pain qui retiendrait, au maximum, 36 pour 100 d'eau, proportion qui ne sera jamais atteinte avec des farines dont le taux de gluten peut varier de 8,5 à 9,5 pour 100.

Le taux a été définitivement fixé à 675<sup>g</sup> avec

cette condition expresse que le pain serait mis en commun par unité.

Ces conclusions ont été acceptées par la Commission, et elles sont devenues définitives. Je voudrais, en quelques mots, les justifier.

Je disais précédemment que la ration individuelle journalière de pain bis à 80 pour 100 était de 750<sup>s</sup>. Mais cette ration n'était jamais utilisée totalement par le soldat. Si quelques-uns, surtout au début de leur arrivée au régiment, n'en avaient pas assez, la plus grande partie en avait trop, et tous les jours, dans les chambrées, on ramassait des croûtes que les capitaines soigneux récoltaient et vendaient de temps en temps au bénéfice du budget de leurs compagnies. Deux faits, résultant des enquêtes auxquelles je me suis livré, permettront de se rendre compte de la proportion de pain réellement consommé par la troupe par rapport aux rations qui lui sont allouées.

Dans un régiment d'artillerie du centre de la France, un capitaine, ayant fait mettre le pain en commun et fait surveiller jurement la distribution par le brigadier d'ordinaire de la batterie, a réalisé en une année un boni de 200<sup>fP</sup>, non compris la vente des croûtes et débris.

Un chef de bataillon d'un régiment d'infanterie également du centre de la France a pris la même initiative, et de la surveillance exercée

par lui entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 20 mars 1908, il résulte que sur la ration de 750<sup>g</sup> la consommation effective de chaque homme a oscillé entre 550<sup>g</sup> et 600<sup>g</sup>. La consommation moyenne a donc été de 575<sup>g</sup>, c'est-à-dire de 100<sup>g</sup> en moins que la ration actuelle de 675<sup>g</sup>.

A elles seules, ces données justifieraient donc, pour une bonne administration des deniers publics, l'abaissement de la ration de 750<sup>g</sup>. Et ceci est d'autant plus vrai qu'à l'heure actuelle, avec la ration de 675<sup>g</sup> et le pain en commun, il est démontré que dans toutes les compagnies on récolte encore journellement des croûtes.

D'ailleurs, la ration actuelle de 675<sup>g</sup> en pain blanc a une valeur alimentaire et énergétique supérieure à l'ancienne ration de 750<sup>g</sup> de pain bis. Il est facile de le démontrer au moyen de deux méthodes qui se servent mutuellement de vérification.

1<sup>o</sup> Pour une ration de 750<sup>g</sup> on pétrit 539<sup>g</sup> de farine à 80 pour 100. Pour une ration de 675<sup>g</sup> on pétrit 523<sup>g</sup> de farine à 70 pour 100.

Mais les 523<sup>g</sup> de ce dernier produit sont constitués par de la farine pure, alimentaire en totalité.

Au contraire, les 539<sup>g</sup> de farine à 80 pour 100 sont constitués par l'addition, à l'albumen pur,

de 8 à 10 pour 100 de bas produits dont les  $\frac{2}{3}$  seulement peuvent être considérés comme aliments réels. Si l'on tient compte de ces données, le calcul montre que sur ces 539<sup>g</sup> il n'y a pas plus de 522<sup>g</sup> de farine pure, réellement utilisable par l'organisme.

2<sup>o</sup> Si l'on tient compte de la valeur énergétique réelle de chaque ration, on trouve que 100<sup>g</sup> de pain de l'ancienne ration à 750<sup>g</sup> fournissent 244<sup>Cal</sup>, en admettant dans ce pain 37,5 pour 100 d'eau, chiffre qui est toujours très sensiblement dépassé, soit 234<sup>Cal</sup> à 40 pour 100 d'eau. 100<sup>g</sup> de pain blanc moyen à 35,3 pour 100 d'eau fournissent 256<sup>Cal</sup>. Donc, 750<sup>g</sup> de pain à 80 pour 100 fournissent 1755<sup>cal</sup>; 675<sup>g</sup> de pain à 70 pour 100 fournissent 1778<sup>cal</sup>.

C'est donc une différence de 23<sup>Cal</sup> en faveur de la nouvelle ration.

La réforme qui a abaissé à 70 pour 100 le taux d'extraction de la farine destinée à la fabrication du pain de troupe est donc pleinement justifiée, aussi bien parce qu'elle permet un contrôle chimique qui fait disparaître les abus et les fraudes pratiqués sous le régime du décret de 1853 que parce qu'elle permet de fournir à chaque homme un aliment sain et d'utilisation économique.

« Écartez du pain de munition, écrivait le

pharmacien militaire Tripier en 1847, le plus de son possible, éliminez tout ce surcroît d'eau qu'il a fallu jusqu'ici y renfermer pour satisfaire aux exigences du règlement; il deviendra plus parfait, plus digestif, d'une conservation mieux assurée, et, quelle que soit sa diminution de poids, *il aura conservé toute sa puissance alibile, il n'aura perdu que ses défauts.* »

On peut dire qu'avec le pain du type de farine à 70 pour 100, le désir de Tripier est seulement, *après 70 ans d'attente*, pleinement réalisé.

---

---

## CHAPITRE VIII.

### LA FONCTION ALIMENTAIRE DU PAIN ET LE PROBLÈME AGRICOLE ET INDUSTRIEL DE L'ENRICHISSEMENT DES BLÉS EN MATIÈRE AZOTÉE.

---

J'ai démontré, au cours des Chapitres précédents, que pour l'homme qui, à l'état de santé, doit fournir un travail journalier, la manière véritablement économique d'utiliser le blé est de le moudre de façon à en tirer le maximum de farine capable de donner du pain blanc.

Mais quelle est la véritable fonction alimentaire que le pain doit remplir vis-à-vis de notre organisme? Doit-il être envisagé et utilisé comme un aliment azoté ou comme un aliment hydro-carboné? Il semble que jusqu'ici c'est surtout comme un aliment azoté qu'il a été considéré par les physiologistes. Je n'en veux pour preuve que le procès fait dans ces derniers temps aux farines de cylindres dont on trouve les échos même dans les livres les plus récents. On dit en effet de ces farines qu'elles sont trop blutées et que, provenant surtout du centre de l'amande farineuse, leur amidon a augmenté considérablement aux

dépens du gluten, ce qui fait qu'elles donnent un pain moins nourrissant.

J'ai montré, particulièrement au Chapitre IV, que cette plainte n'est pas fondée et que si, à l'heure présente, les farines de certaines régions ont perdu de leur richesse en matière azotée, cela tient surtout à ce que l'agriculture a substitué aux anciennes variétés de blés des variétés nouvelles à grand rendement, dans lesquelles la proportion de gluten s'est notablement abaissée. C'est un fait dont se plaint d'ailleurs l'industrie meunière, se faisant en cela l'écho de la boulangerie. Si, en effet, la farine manque de gluten, *de force* comme on dit en termes techniques, elle se pétrit et se développe mal à la fermentation, et la mie reste courte et compacte. C'est ce qui arrive souvent pour certaines farines provenant des blés à haut rendement cultivés dans les grandes régions productrices de céréales.

Comment concilier tous ces intérêts qui, on le voit par ce court aperçu, ont une grande importance? C'est ce que je voudrais essayer de faire en m'appuyant sur quelques données et considérations nouvelles.

Au début de ce Volume (Chap. II), j'ai défini la nature et la proportion des aliments qui doivent intervenir, journallement, à la réparation des pertes d'un homme adulte, de poids

moyen, capable, par son état de santé, de fournir un travail régulier.

Une fois introduits dans l'organisme, les aliments ternaires, c'est-à-dire constitués par la combinaison de l'hydrogène, de l'oxygène et du carbone, comme les sucres, l'amidon, les matières grasses, y sont brûlés de façon à former de l'eau et de l'acide carbonique, avec un dégagement de chaleur correspondant.

Mais que deviennent les aliments quaternaires ou azotés que nous puisions soit dans le règne végétal, soit dans le règne animal? On sait qu'ils doivent réparer les tissus usés par le travail journalier de façon à maintenir le poids du corps à l'état constant. Il faut donc qu'il y ait, entre les uns et les autres, une analogie de constitution. Et, en effet, les aliments azotés sont, comme nos tissus cellulaires, musculaires et nerveux, constitués par des substances dites *protéiques* ou *albuminoïdes*. Celles-ci, au sens le plus simple, sont formées par l'assemblage de matières azotées encore, mais de formule chimique moins compliquée, de propriétés chimiques et physiques différentes, matières azotées qui sont généralement solubles dans l'eau alors que les albuminoïdes y sont souvent insolubles, matières azotées qu'on désigne sous le nom d'*acides aminés*.

Sous l'action de la vie journalière, une certaine proportion de la matière albuminoïde de nos

tissus, de notre sang, se désassimile, c'est-à-dire qu'elle se dédouble en ses acides aminés constituants qui sont éliminés par l'organisme dans les excréments, dans les urines et quelquefois même par la peau.

C'est par un phénomène inverse que se fait l'assimilation, c'est-à-dire la reconstitution de la matière albuminoïde disparue. Les matières azotées que nous consommons, qui font partie de nos aliments, sont tout d'abord, par les sucs digestifs, par l'estomac, le foie, le pancréas, l'intestin même, dédoublées d'abord en leurs acides aminés constituants qui, passant ensuite dans le torrent circulatoire, s'en vont, au point voulu, s'assembler, se recombiner sous l'action des processus vitaux et reconstituer ainsi la matière disparue.

C'est donc là une propriété très importante de la cellule animale : elle peut désintégrer sa propre substance albuminoïde pour la transformer en acides aminés qu'elle rejette, en même temps qu'elle peut associer les acides aminés produits par la digestion des aliments pour les retransformer au même point en nouvelles matières albuminoïdes qu'elle emploie à sa reconstitution.

Et c'est alors que le problème se pose de savoir si, pour ces phénomènes de reconstitution, la matière albuminoïde végétale, celle du pain,

gluten et matières azotées solubles, peut jouer le même rôle économique que la matière albuminoïde animale, celle de la viande, du lait, des œufs, etc.

Il n'en est pas tout à fait ainsi, et, si la matière protéique végétale a, au point de vue qui nous occupe, une importance qu'on ne saurait négliger, il apparaît cependant, à la lumière des faits scientifiques actuellement connus, qu'elle se comporte très différemment de la matière protéique animale. La raison en est que, qualitativement, les acides aminés constituant les matières albuminoïdes végétales et animales sont sensiblement différents les uns des autres et que, lorsque ces acides aminés sont communs à l'une comme à l'autre de ces matières, la proportion en est cependant très variable.

Voici ce que dit à ce sujet M. le Dr Maillard, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, rapporteur de la Commission d'études de l'alimentation de l'armée, dans un travail sur *Les ordinaires de l'armée française (composition chimique et valeur énergétique)* :

« On sait que la viande, ou mieux encore la caséine du lait et ses dérivés, représentent le matériel le plus économique physiologiquement parlant aux dépens duquel peut être reconstituée la substance même des tissus de l'homme perpétuellement usés par le processus de la désassimilation. Sans vouloir entrer dans les détails

trop délicats de chimie biologique, il est permis de rappeler que la molécule des diverses matières albuminoïdes est formée essentiellement par l'union d'une série d'acides aminés dont non seulement les proportions, mais aussi les espèces diffèrent suivant l'espèce de matière albuminoïde envisagée. La matière protéique d'un tissu donné de notre organisme ne saurait donc être reconstituée économiquement au sens physiologique que par l'usage d'une autre matière protéique contenant en quantité convenable non pas des acides aminés quelconques, mais bien ceux-là même qui doivent faire partie du tissu à réparer. Or si déjà les divers albuminoïdes animaux diffèrent entre eux à ce point de vue, les écarts s'accentuent très notablement quand on passe au règne végétal.

» Pour prendre un exemple, supposons qu'un homme ait besoin de reconstituer 100<sup>g</sup> de globine, matière albuminoïde des globules rouges du sang, qui contient environ 11 pour 100 d'histidine et qu'il n'ait à sa disposition dans ce but que la gliadine du pain qui contient environ 1,7 pour 100 d'histidine. Il est évident que, pour avoir les 11<sup>g</sup> d'histidine nécessaires à ces 100<sup>g</sup> de globine, il sera obligé de prendre au moins  $\frac{100 \times 11}{1,7} = 647^{\frac{1}{2}}$  de gliadine, en admettant même que la totalité de l'histidine contenue dans les 647<sup>g</sup> de gliadine

puisse parvenir aux globules rouges sans qu'aucune parcelle s'égare en route.

» En revanche, la gliadine contenant au moins 31,5 pour 100 d'acide glutamique, les 647<sup>s</sup> introduiront 203<sup>s</sup>,81 de cet acide glutamique dont l'organisme ne saura que faire, puisqu'il suffit de 1<sup>s</sup>,73 d'acide glutamique pour reconstituer 100<sup>s</sup> de globine. Il restera donc plus de 202<sup>s</sup> d'acide glutamique incapables de prendre part à la reconstitution des tissus usés de l'homme et bons uniquement à fournir de l'énergie par leur transformation ultérieure.

» Il est vraisemblable que cette évolution des acides aminés superflus se fait par séparation de l'azote sous forme d'ammoniaque, puis d'urée et par combustion des résidus carbonés à peu près dans les mêmes conditions que s'il s'agissait de graisses. L'exemple qu'il m'a semblé utile de donner tout à l'heure fait comprendre ce que j'entends en disant que la nourriture animale est la plus économique physiologiquement. Pretendre réparer les pertes journalières de l'organisme au moyen des albuminoïdes végétaux, c'est se condamner à l'ingestion d'une grande quantité de ces albuminoïdes végétaux dont une fraction seulement, parfois même une petite fraction sera utilisée dans l'assimilation, le reste ne jouant que le rôle énergétique banal d'un aliment carboné quelconque. »

On ne peut expliquer, d'une façon plus claire, le rôle spécial d'une partie des acides aminés de la matière albuminoïde végétale, dont l'azote est éliminé de l'organisme, le carbone et l'hydrogène qu'ils contiennent étant, comme dans le cas des aliments hydrocarbonés, utilisés à produire de la chaleur et de l'énergie par leur transformation en eau et en acide carbonique.

Cette explication a d'ailleurs plus que la valeur d'une simple hypothèse. J'ai montré, en effet, dans le travail que j'ai publié en 1895 sur la *Constitution chimique des matières albuminoïdes végétales*, que l'asparagine, la glutamine, acides aminés de la matière végétale qu'on ne rencontre qu'en très faible quantité dans le dédoublement de la matière albuminoïde animale, se décomposent en donnant de l'ammoniaque et des dérivés hydrocarbonés. J'ai montré, en particulier, que l'acide aspartique donne directement de l'ammoniaque et des acides oxalique, succinique et acétique capables d'être utilisés par l'organisme, par la combustion du carbone et de l'hydrogène qu'ils contiennent. Il apparaît donc qu'au point de vue de la reconstitution journalière des tissus de l'homme qui travaille, la matière albuminoïde animale, chair musculaire, caséine du lait, albumine de l'œuf, etc., doit occuper le premier rang. Est-ce à dire que les matières albuminoïdes végétales doivent être rejetées de l'alimentation

humaine et qu'elles n'y peuvent jouer aucun rôle? Non pas, et l'exemple des animaux herbivores montre qu'on peut vivre sans nourriture animale. Mais elles doivent surtout être considérées comme un appoint, c'est-à-dire, qu'elles doivent venir s'ajouter aux matières animales en proportion telle que, tout en combattant les inconvénients de l'usage exclusif de celles-ci, elles n'encombrent pas l'appareil digestif de produits non seulement sans utilité, mais nuisibles au fonctionnement normal de l'organisme.

M. Armand Gautier a trouvé que, pour la moyenne de la population parisienne, la proportion des matières albuminoïdes végétales représente 50,9 pour 100 de l'azote protéique total.

En général, on admet que cette proportion peut varier dans les limites de 40 à 55 pour 100 au maximum. C'est le système du régime d'alimentation mixte, qui apparaît d'ailleurs comme le mieux approprié à l'organisme humain. C'est à ce système que se rapportent les coefficients énergétiques inscrits au Chapitre II.

Dans ce régime le pain peut, à volonté, jouer un double rôle. S'il doit former l'appoint principal des matières végétales de la ration journalière, il sera bon de le considérer comme aliment azoté et de rechercher, dans ce cas, un produit riche en albuminoïdes. Mais si, comme cela arrive journallement, il doit accompagner des rations im-

portantes d'aliments végétaux déjà riches en azote, gruaux divers, pâtes, farineux alimentaires, etc., c'est plutôt comme fournisseur de substances hydrocarbonées qu'il devra être considéré.

Quelle sera, dans ces deux cas différents, la valeur énergétique du pain utilisé? Sera-t-elle la même ou sera-t-elle très différente? On conçoit que c'est là le côté économique qu'il ne faut pas perdre de vue.

Pour m'en rendre compte, je me suis adressé à des échantillons de farine à 70 pour 100 d'extraction présentant, en substances azotées, les compositions les plus diverses depuis les plus riches jusqu'aux plus pauvres. Je les ai analysées et j'ai d'abord calculé la valeur énergétique du kilogramme de chacune d'elles.

Puis, passant des farines aux pains qu'elles peuvent donner, j'ai fait pour ceux-ci les mêmes déterminations.

Les résultats obtenus dans chaque cas sont consignés dans les deux Tableaux ci-dessous :

*Valeur énergétique de farines diverses de froment.*

Farines à 70 pour 100.	Eau.	Matières azotées		Matières			Valeur énergétique	
		Total.	Gluten.	grasses.	hydrocar- bonées.	miné- rales.	par kilog. de matière sèche.	par kilog. de farine à 14 p. 100 d'eau.
N° 1.....	15,22	6,96	5,75	0,94	75,65	0,54	3858	3318
- 2.....	15,42	8,55	7,45	1,07	72,81	0,56	3819	3285
3.....	15,04	9,49	8,47	1,02	72,97	0,58	3843	3305
4.....	13,90	10,48	9,52	1,21	72,60	0,57	3838	3301
5.....	14,04	11,90	10,68	0,95	71,83	0,43	3842	3304
6.....	12,86	13,09	11,66	1,22	71,43	0,67	3851	3313
7.....	12,88	14,25	12,60	1,26	70,17	0,67	3856	3316
8.....	12,50	15,04	13,68	1,14	69,64	0,68	3831	3295
Valeur énergétique moyenne (à 14 pour 100 d'eau) .....							3305	191

*Valeur énergétique des pains correspondants.*

Pains.	Eau.	Matières		hydrocar- bonées.	Valeur énergétique réelle par kilogr.
		azotées.	grasses.		
N° 1.....	32,50	5,57	0,75	60,22	Calories. 2604
2.....	34,00	6,67	0,83	56,79	2521
3.....	34,90	7,27	0,78	55,85	2502
4.....	35,80	7,81	0,90	54,99	2464
5.....	36,90	8,73	0,70	52,72	2424
6.....	37,80	9,32	0,87	50,86	2396
7.....	38,50	10,05	0,89	49,47	2372
8.....	39,60	10,38	0,79	48,30	2314

Si l'on considère les deux dernières colonnes du premier Tableau on en tire cette conclusion que, quelle que soit leur composition, les farines ont sensiblement la même valeur énergétique, lorsqu'on les ramène au même degré d'hydratation. Cela s'explique facilement. Dans l'étude que nous avons faite, Aimé Girard et moi, sur la composition des blés tendres français et étrangers et dans celle que j'ai faite personnellement sur les blés durs, nous avons montré que, dans l'albumen, la somme des matières azotées et hydrocarbonées est un chiffre constant; ce qui veut dire que, lorsque, dans le blé, la proportion de matière azotée diminue d'une certaine quantité, la matière hydrocarbonée augmente sensiblement d'autant. Comme le coefficient énergé-

tique de la substance azotée 3,68 n'est que très peu différent du coefficient 3,88 de la substance hydrocarbonée, on conçoit facilement que, quelle que soit la farine à laquelle on s'adresse, le résultat des opérations de multiplication reste à peu près le même.

Les résultats contenus dans la dernière colonne du même Tableau, rapportés à la teneur moyenne de 14 pour 100 d'eau, sont particulièrement intéressants au point de vue pratique. Ils se rapportent à l'extraction de 70 pour 100, c'est-à-dire à peu près à l'extraction des  $\frac{9}{10}$  de la totalité de l'albumen. Ils montrent donc que, quelle que soit la variété de blé à laquelle on s'adresse, la valeur énergétique de l'albumen est un chiffre constant et voisin de 3305<sup>cal</sup>.

Les variétés de blé auxquelles se rapportent ces Tableaux sont les suivantes :

1. Blé d'Aignay-le-Duc (Côte-d'Or);
2. Blé de Bordeaux (Seine-et-Oise);
3. Blé rouge de Saint-Laud;
4. Blé de Bordeaux (Seine-et-Oise);
5. Blé de Pel et Der;
6. Blé Ulka de Kherson;
7. Blé rouge de Bessarabie;
8. Blé d'hiver d'Odessa.

Du Tableau concernant la composition des pains, on peut tirer également au point de vue

pratique des résultats intéressants. La première colonne montre, en effet, que l'hydratation du pain augmente avec la proportion de matières azotées, de gluten, en particulier. Cela implique, pour la valeur énergétique par kilogramme, une diminution progressive qui se traduit par un écart maximum de 300<sup>cal</sup> environ, lorsqu'on passe de la farine n° 1 à 5,75 pour 100 de gluten à la farine n° 8 à 13,68 pour 100.

C'est un écart dont il y aura lieu de tenir compte suivant la fonction qu'on demandera au pain de remplir et le rang qu'il occupe dans le Tableau. Il montre que dans l'utilisation pratique du pain, si l'on veut gagner de la matière azotée, il faut se résoudre à perdre une quantité de calories correspondante, c'est-à-dire consentir à une diminution de la valeur énergétique du produit.

Mais des chiffres précédents on peut encore tirer deux autres réflexions.

Une réflexion pratique : J'ai déjà eu l'occasion de dire, au cours de ce Volume, que pour faire du pain blanc poreux, léger et digestible, il faut une certaine proportion de gluten. Si cette proportion est trop faible la pâte ne se lie pas, et l'excès d'amidon donne un produit mal développé. Mais, si le gluten est en proportion élevée, la farine est difficile à travailler et prend beaucoup d'eau à la panification.

Pour l'obtention de ce qu'on pourrait appeler le *mieux pain*, la composition la plus favorable de la farine réside donc dans un juste milieu que la pratique fixe à 8,5 — 9 pour 100 de gluten. Un tel pain a une grande valeur économique, puisque sa puissance énergétique est d'environ 2500<sup>cal</sup>. Il peut donc jouer un rôle capital dans l'alimentation journalière, en y apportant sans excès la quantité de matière albuminoïde végétale nécessaire à la ration mixte reconnue la meilleure et la plus utilisable.

Si on l'adopte généralement, le problème agricole et industriel devient facile à résoudre, les blés très riches en gluten ne devant plus être considérés pour eux-mêmes, mais comme devant servir à remonter les farines des blés pauvres jusqu'à ce taux de 8 à 9 pour 100 qui apparaît comme le meilleur aussi bien au point de vue de la boulangerie qu'au point de vue nutritif.

Une réflexion philosophique : Dans les divers Chapitres de cet ouvrage, j'ai montré comment les exigences répétées des hommes vivant en société, en s'attachant empiriquement à la consommation d'un pain de plus en plus blanc, étaient d'accord avec la sagesse économique, puisqu'il est démontré que c'est le pain blanc qui a le plus haut rendement alimentaire. Grâce au dernier Tableau que je viens de donner sur la valeur énergétique des différents pains, je puis

montrer que l'instinct de la race humaine peut la conduire à des actes de sélection encore plus marqués.

C'est un point nettement établi que la puissance énergétique journalière nécessaire à l'homme varie avec le climat sous lequel il habite. Plus faible sous les régions chaudes, elle s'élève au fur et à mesure que le climat devient plus froid.

A ce point de vue, rien n'est plus curieux que de considérer les habitudes des différentes régions de France relativement à la qualité du pain que chacune d'elles réclame.

Dans la région du Nord, la consommation s'accorde du pain fait avec la farine des blés peu riches en gluten que la culture lui fournit. Ce pain, correspondant aux n°s 1 et 2 du Tableau précédent, fournit 2500<sup>cal</sup> à 2600<sup>cal</sup> par kilogramme.

A la hauteur de Dijon, les choses commencent déjà à changer. On exige un pain plus riche en matière azotée, et, pour répondre à ce désir, les blés de la région, déjà plus fournis en gluten que ceux du Nord, sont, au besoin, remontés par l'addition à la mouture d'une petite quantité de blé russe. La farine obtenue, à 9 pour 100 de gluten environ, donne un pain dont la valeur énergétique oscille autour de 2450<sup>cal</sup> par kilogramme.

A Lyon et à la latitude correspondante, la

teneur exigée en matière azotée est encore plus élevée, et l'addition de blés étrangers riches en gluten à la mouture se fait en proportion plus forte que précédemment. On descend ainsi à la valeur énergétique de 2400<sup>cal</sup> environ.

Et enfin à Marseille et dans la région correspondante, les farines de blés russes pures, avec leur gluten variant de 12 à 14 pour 100, sont utilisées en proportion élevée pour la préparation d'un pain de pâte ferme qui fournit par kilogramme seulement 2300<sup>cal</sup> environ. C'est le dernier du Tableau.

Ainsi donc, naturellement, et d'accord en cela avec la loi scientifique, les hommes recherchent un pain de valeur énergétique d'autant plus faible que le climat sous lequel ils vivent est plus chaud. C'est là un acte instinctif que je tenais à signaler, parce qu'il est des plus remarquables. Il montre, en effet, combien il y a de vérité dans les usages établis par l'expérience des siècles et que ce n'est pas à la légère que l'homme s'est attaché à la recherche des farines de plus en plus pures, puisque, parmi ces produits, il a su faire une discrimination dont nos connaissances modernes reconnaissent toute la valeur économique, c'est-à-dire, toute la sagesse.

---

---

## CHAPITRE IX.

### LA BOULANGERIE MODERNE.

---

Ainsi qu'il résulte de l'ensemble des Chapitres de ce Volume, l'homme robuste, appelé à fournir un travail régulier, tire du blé le profit le plus économique en le consommant sous la forme de pain blanc.

Pour répondre à ce désir la meunerie doit livrer à la boulangerie, à l'état de farine appropriée à cet effet, tout ce qu'elle est capable, par son outillage, d'extraire du grain à l'état pur, c'est-à-dire environ les  $\frac{9}{10}$  de l'albumen, ce qui, en moyenne, correspond à 70 pour 100, quelquefois 72, du poids du blé.

Cette farine, par les mélanges possibles de qualités diverses de blés, doit pouvoir donner un pain léger et nutritif et répondre, pour cela, aux données que j'ai déduites précédemment de la pratique et de l'expérience scientifique, c'est-à-dire, contenir de 8,5 à 9,5 pour 100 de gluten, ce qui correspond, pour l'aliment livré à la consommation, à 2500<sup>cal</sup> environ par kilogramme.

C'est une justice à rendre à l'industrie meu-

nière qu'elle a, à toutes les époques et depuis 30 ans plus que jamais, fait tous ses efforts pour résoudre ce problème et répondre ainsi aux exigences de la population. Pour cela, non seulement elle a transformé de fond en comble son outillage, mais elle l'a fait de façon raisonnée, en l'améliorant sans cesse de façon à le faire concourir progressivement vers ce but unique : l'extraction, aussi élevée que possible d'une farine de plus en plus blanche. Et elle y est arrivée à un prix relativement réduit, puisque la mouture de 100<sup>kg</sup> de blé oscille autour du coût de 1<sup>fr</sup>,50 environ. A l'heure actuelle le moulin n'est plus le local réduit et poussiéreux d'autrefois, avec son meunier légendaire couvert de farine, c'est une usine spacieuse, où les machines sont installées avec art et coquetterie sur des planchers cirés, et dans laquelle on respire un air aussi pur que celui du dehors.

La meunerie est donc aujourd'hui installée suivant les idées modernes en matière d'industrie et d'alimentation, c'est-à-dire avec ces deux principes à sa base : l'économie et la propreté.

Peut-on en dire autant de la boulangerie? Voici ce que j'écrivais à ce sujet dans mon Rapport de l'Exposition universelle de 1900 :

« En dehors des connaissances professionnelles, en dehors aussi de la fermentation alcoolique qui se manifeste dans la transformation de la farine

soit en pain, soit souvent en pâtisseries diverses, on peut dire que les deux phases importantes du travail de la boulangerie consistent dans le pétrissage et dans la cuisson. Au pétrissage sont liées les conditions d'une levée régulière aussi bien que le rendement total en produit fabriqué, et, à la cuisson, en même temps que l'obtention des qualités finales de l'aliment préparé, on peut demander la réalisation d'une économie plus ou moins grande du combustible nécessaire.

» Pendant longtemps, pour pétrir sa farine, le boulanger n'a connu que les mains et les bras de l'homme; pour cuire la pâte obtenue, pendant longtemps aussi, il n'a connu que le four à chauffage sur la sole, dont la cheminée était placée en dehors et à l'avant au-dessus de la porte de chargement et de déchargement.

» Les Expositions universelles de 1867, de 1878 et de 1889 ont montré que, cependant, il n'en est plus ainsi et que les arts de la mécanique et de la construction se sont dépensés en recherches pour créer d'une part des appareils dans lesquels la pâte se frise et se souffle aussi bien que par les efforts de l'homme, et d'autre part, des fours dans lesquels une meilleure utilisation de la chaleur amène, corrélativement, une large économie dans le prix de revient du chauffage.

» Chose extraordinaire, pour la boulangerie, ces perfectionnements sont restés à peu près

inutilisés ; c'est le fait que MM. Aimé Girard et Lucas constataient dans leur Rapport rédigé à la suite de l'Exposition de 1889 et il y a lieu de reconnaître qu'en 1900 la situation est restée sensiblement la même. L'ouvrier a peur du pétrin mécanique, et il préfère user sa force et sa santé à ce travail surhumain qui consiste à délayer, à rendre homogène, à découper, à souffler, durant une heure entière, une quantité de farine qui correspond quelquefois à 300<sup>kg</sup> de pâte. Il a peur de perdre son gain journalier, comme s'il n'était pas démontré, aujourd'hui surtout, que l'habileté, mise au service d'une industrie mécanique quelconque, trouve un salaire plus rémunérateur que la force brutale. En face de cette situation, le patron boulanger, tout en se rendant compte de la supériorité du travail mécanique, maintient son travail routinier.

» Il est facile, cependant, de se rendre compte qu'il ne saurait toujours en être ainsi, et je crois que c'est rendre service à une corporation courageuse et intéressante que de lui répéter encore une fois ce que d'autres ont déjà dit et que je considère comme l'expression de la vérité.

» Tout d'abord il est certain, tellement certain même qu'il est inutile d'y insister longuement, qu'au point de vue de l'hygiène et de la propreté, il est impossible que la fabrication de l'aliment qui est la base de la nourriture de

chacun ne se prête pas, avant longtemps, aux conditions qui président à la préparation de tous les autres produits qui figurent aux repas de l'homme. Celui-ci exige des habitations de plus en plus saines, du linge de plus en plus blanc, des vêtements de meilleure coupe ; à plus forte raison est-il en droit d'exiger de ne consommer que du pain proprement fait.

» C'est là un premier point de vue, mais il y en a un second qui n'est pas moins intéressant à examiner et qui est le suivant :

» Quand on compare le prix du pain dans les années qui se sont succédé, on s'aperçoit que, prenant comme point de départ une année de cherté, dans les années d'abondance ce prix ne s'abaisse pas proportionnellement à celui du blé et de la farine. Il s'ensuit qu'on peut dire avec une grande apparence de vérité, et nous pouvons nous en rendre compte pendant ces deux dernières années, qu'aux époques d'abondance le prix du pain n'est pas en rapport avec le prix bas des farines et du blé.

» La raison en est simple : les boulangers sont nombreux et par suite leur fabrication restreinte est grevée de frais trop élevés. A Paris, on compte que ces frais représentent  $0^{fr},095$  par kilogramme, soit, au prix actuel de  $0^{fr},35$ , près de  $\frac{1}{3}$  environ du prix de vente. Quand on songe que les frais de mouture de  $100^{kg}$  de blé se sont abaissés à  $1^{fr},50$

environ et que si l'on admet que 100<sup>kg</sup> de blé donnent 100<sup>kg</sup> de pain, la production de ce kilogramme de pain ne représente que 0<sup>fr</sup>,015 de dépense pour le meunier, soit six fois moins que pour le boulanger, on reste frappé des progrès que, dans cette voie, il reste à accomplir, en tenant compte, bien entendu, des différences de travail. Pour réaliser ces progrès, il n'y a de possible que la fabrication industrielle du pain, c'est-à-dire le report des frais sur une plus grande production journalière ayant pour base l'emploi des engins mécaniques et des fours perfectionnés qui attendent depuis longtemps d'être utilisés.

» Que les boulangers ne s'y trompent pas, les réflexions que je viens de faire font, petit à petit, leur chemin, et elles créeront, avant peu, un courant d'opinion qui déjà se dessine. En se syndiquant, en unissant leurs capitaux au lieu de les disséminer, les boulangers peuvent, s'ils le veulent, résoudre le problème que je viens de poser et conserver ainsi la situation de leur corporation, sinon ils trouveront bientôt devant eux des sociétés puissantes contre lesquelles la lutte deviendra rapidement absolument impossible. »

En écrivant ces lignes, j'avais pris comme base la taxe officieuse de fabrication du pain à Paris. Dans la taxe actuelle les frais de fabrication ont été élevés à 13<sup>fr</sup>,179 pour un rendement de 128<sup>kg</sup>

de pain par 100<sup>kg</sup> de farine, soit à 0<sup>fr</sup>,103 par kilogramme. Ainsi, tandis que les frais de mouture sont restés au chiffre que j'indiquais dans mon rapport de 1900, les frais de panification au lieu de s'abaisser ont encore augmenté de 0<sup>fr</sup>,008, soit de près de 0<sup>fr</sup>,01 par kilogramme.

Il est cependant juste de reconnaître qu'e, avec l'augmentation du prix de la main-d'œuvre, ces frais auraient pu augmenter d'un chiffre plus élevé. Si cela n'a pas eu lieu, c'est surtout parce que le boulanger s'est décidé à utiliser les fours économiques à chauffage au charbon de terre qui lui ont procuré une grande économie sur les anciens fours au bois. C'est aussi parce qu'une partie de la boulangerie a commencé à installer chez elle des pétrins mécaniques et que ce mouvement, à la suite des dernières expositions spéciales d'appareils de pétrissage, semble s'étendre tous les jours davantage. Il faut espérer que, pour le patron comme pour l'ouvrier et le consommateur, il se généralisera. L'hygiène des uns et des autres l'exige d'une façon impérieuse.

Néanmoins, on le voit, le prix du kilogramme de pain est toujours grevé, par la boulangerie, d'un chiffre considérable par rapport à celui de la meunerie et par rapport à la valeur du produit fabriqué, puisqu'il représente au moins 25 pour 100 de cette dernière. La réalisation de la fabrication industrielle reste donc à l'ordre du jour et sus-

pendue, comme une épée de Damoclès, sur la tête de la boulangerie.

Le mouvement que je signalais en 1900 comme devant se produire à bref délai est d'ailleurs déjà commencé. A la vérité, il ne s'est pas produit jusqu'ici tout à fait en la forme que j'indiquais. On pourrait cependant citer la création à Paris d'une Société dite *La Vigneronne* qui fabrique journallement pour ses dépôts 11 000<sup>kg</sup> de pain, et dont l'outillage, pétrins mécaniques et fours à récupération, système Brunelle, est suffisant pour produire 40 000<sup>kg</sup>.

C'est surtout sous la forme de l'association coopérative, que les consommateurs, les ouvriers principalement, ont cherché à se procurer le pain à bon marché. Et je ne puis mieux faire pour fixer les idées à ce sujet que de citer le passage d'un article publié dans la *Revue générale des Sciences pures et appliquées* du 28 février 1910, par M. Lindet, professeur à l'Institut national agronomique.

« Le mouvement social, écrit-il, a déterminé la création en France de nombreuses boulangeries coopératives. Dans l'*Almanach de la Coopérative de 1906*, j'en ai compté près de 600. Les plus importantes de toutes sont l'*Union de Roubaix* et l'*Indépendante de Lille* (7000 sociétaires), qui fabriquent mécaniquement 6 à 7 millions de kilogrammes de pain par an; à Lille se trouvent également deux autres coopératives, la *Coopé-*

*ration et la Prévoyance*, moins importantes que la première; le pain de 2<sup>kg</sup> y est vendu et apporté à domicile pour 0<sup>fr</sup>,50; chaque client reçoit avec son pain un jeton de ristourne qui lui rapporte 0<sup>fr</sup>,11 à 0<sup>fr</sup>,12; en outre, chaque sociétaire est assuré, en cas de décès, à un taux déterminé par son âge. Les fondateurs de ces Sociétés ont renoncé d'avance aux dividendes et aux intérêts du capital qu'ils ont versé et font même des sacrifices pécuniaires aux époques où le blé trop cher risquerait de faire perdre aux bénéficiaires la ristourne qu'ils attendent.

» Ces établissements peuvent être considérés plutôt comme des œuvres sociales que comme des exploitations industrielles. Nous rencontrons encore de grosses boulangeries coopératives (500 à 1000 sociétaires) dans les régions ouvrières, à Avesne, à Fournies, à Hautmont, à Lens, à Calais; à Lyon, où six établissements coopératifs réunissent une moyenne de 500 sociétaires chacun; à Oullins, à Rive-de-Giers, à Saint-Chamond, à Tours, à Niort, à Essonnes, à Saint-Denis, à Routignon (Basses-Pyrénées). Dans le sud-ouest de la France, là où nous verrons l'esprit d'association si développé vers l'industrie laitière, on trouve de très nombreuses boulangeries coopératives, mais de plus faible importance, puisque chacune d'elles ne compte d'ordinaire que 100 à 300 sociétaires; l'*Almanach de la coopération* nous

en fait connaître 143 dans la Charente-Inférieure, 16 dans la Charente, 23 dans la Vendée, 15 dans l'Indre-et-Loire, 32 dans la Gironde. »

Ce mouvement de concentration de la fabrication du pain n'est d'ailleurs pas spécial à la France ; on le trouve très développé à l'étranger, en Belgique notamment. A Anvers, il a amené les boulangers, pour lutter contre la coopérative *Help U Zelve* (Aide-toi toi-même) qui fabrique 17 000 kg de pain par jour, à renoncer à la fabrication dans leurs fournils et à créer une boulangerie mécanique qui leur livre tous les matins les types de pains réclamés par leurs clients. Ils ne sont plus ainsi que de simples dépositaires. C'est là un exemple de cette association patronale dont je réclamais la création en 1900 dans le Rapport cité plus haut et que les circonstances amèneront très probablement à se généraliser un jour.

Ainsi le pétrin mécanique, le four à chauffage économique, associés pour une grande production appelée à diminuer les frais généraux, me paraissent devoir former l'outillage de la boulangerie moderne.

La levure, préparée spécialement par les grandes distilleries de grains, est appelée aussi à jouer un rôle plus grand que celui qui lui est dévolu à l'heure actuelle. Utilisée soit directement, soit préalablement à la préparation des levains, elle permet de préparer des pâtes sans acidité, au

grand avantage de l'élasticité du gluten et par conséquent de la légèreté et des qualités alibiles du pain.

Enfin, pour terminer, je voudrais insister sur le problème de la valeur boulangère des farines destinées à la panification.

Au début du Chapitre V, j'ai insisté sur la composition immédiate du gluten et montré comment son élasticité, qui détermine la valeur boulangère de la farine, est variable suivant les proportions de gliadine et de gluténine qu'il contient.

De nombreuses expériences m'ont permis de décider que l'élasticité du gluten est maximum lorsque la gluténine et la gliadine sont dans le rapport de 1 à 3, c'est-à-dire lorsque le gluten est constitué par 25 pour 100 de gluténine et 75 pour 100 de gliadine.

Lorsqu'une farine contient un excès de gliadine, elle donne une pâte douce qui se développe bien à la fermentation, mais qui s'affaisse sous l'action de la chaleur du four. Si, au contraire, la farine contient un excès de gluténine, le manque d'extensibilité du gluten fait que la pression gazeuse n'est pas capable de l'allonger et que la pâte augmente fort peu de volume pendant le travail du levain ou de la levure. Pour ces deux raisons le pain reste plus ou moins compact et manque de porosité.

J'ai eu l'occasion de vérifier ces faits dans un grand nombre de cas depuis que je les ai publiés pour la première fois en 1896 et les expériences faites par MM. Harry Snyder seul ou en collaboration avec M. Voorhees au nom de la Commission américaine, expériences dont j'ai rapporté une partie précédemment, les ont pleinement confirmés.

On lit en effet dans le rapport de cette Commission :

« Comme on le sait, le gluten de la farine est composé de deux éléments : gliadine et gluténine. Dans une précédente publication, il a été montré que l'extraction d'une partie de la gliadine détruit les propriétés panifiables de la farine. La gliadine joue donc un rôle important dans la fabrication du pain, et, dans la farine possédant les meilleures qualités boulangères, il y a un rapport défini de la gliadine à la gluténine qui est de 3 à 1.

» Beaucoup de farines qui contiennent une grande proportion de gluten et de matières azotées totales et possèdent ainsi une haute valeur nutritive ne fournissent cependant pas le pain de la meilleure qualité. Une étude de ces farines a montré que cela est dû à un excès ou à un défaut de gliadine. Un excès de gliadine donne une pâte molle, visqueuse, tandis qu'un défaut donne une pâte qui ne prend pas l'expansion normale. »

La figure 33, qui résulte d'une expérience per-

sonnelle, rend d'ailleurs compte de ces faits en montrant le développement que prennent au four trois glutens de même poids, de même proportion d'eau, mais ayant des compositions diffé-



Fig. 33. — Action de la chaleur sur des glutens de composition différente : 1, Gluten normal ; 2, Excès de gliadine ; 3, Excès de gluténine.

rentes. Le gluten de gauche, contenant un excès de gluténine (36 pour 100), a conservé à peu près ses dimensions initiales; le gluten de droite, très riche en gliadine (82 pour 100) s'est aplati et montre le cratère par lequel s'est échappée la vapeur d'eau; au contraire, le gluten dans lequel les proportions de gliadine et de gluténine sont

normales, a augmenté progressivement de volume et a pris une forme sphérique qui démontre la régularité de sa puissance élastique.

Ces données me permettent de définir les qualités de la farine qui doit donner le meilleur pain et vers la production de laquelle le meunier doit tendre de plus en plus.

D'abord, cette farine doit contenir une proportion suffisante de gluten. C'est ce que le boulanger définit techniquement en disant que sa farine doit posséder de la *force*, sans d'ailleurs expliquer autrement ce terme vague.

J'ai déjà dit comment, durant la panification, le gluten de la farine, poussé par les gaz de la fermentation, s'étire en filaments sur lesquels l'amidon reste collé, pour ensuite, au four et au moment de la coagulation, se transformer en empois. Il est facile de concevoir que l'allongement qui détermine d'abord le développement de la pâte, puis la porosité du pain, est fonction d'une part de la proportion d'amidon qui charge le filament de gluten, d'autre part de l'élasticité de ce dernier.

Si la proportion d'amidon est trop élevée, si autrement dit la proportion de gluten est faible, celui-ci, trop surchargé par la matière amylacée, se déchire peu après qu'il a commencé à s'allonger et le pain qui en résulte présente une mie compacte avec une multitude d'yeux très petits. Pour que ce phénomène ne se produise pas, il faut donc

qu'il y ait, dans la farine une proportion minimum de gluten sur laquelle la charge de l'amidon puisse rationnellement se répartir. Cette proportion, la pratique l'a indiquée, et j'ai déjà dit précédemment qu'il serait désirable que les farines destinées à la panification contiennent de 8,5 à 9,5 pour 100 de gluten.

C'est pour de telles farines que peut alors intervenir comme terme de comparaison le facteur élasticité, le pain que chacune d'elles donnera étant d'autant plus léger que la proportion de gluténine et de gliadine se rapprochera plus du rapport 1 à 3.

Le type de farine pouvant au point de vue de la force servir de terme de comparaison aurait donc à mon sens, une teneur moyenne de 9 pour 100 de gluten, ce gluten possédant lui-même le pouvoir élastique maximum, c'est-à-dire présentant le rapport

$$\frac{\text{gluténine}}{\text{gliadine}} = \frac{1}{3}.$$

La production d'une telle farine est-elle possible? C'est ce qu'il me reste à examiner pour terminer ce Chapitre.

Tout d'abord, en ce qui concerne la quantité de gluten, la solution n'est pas douteuse. Malgré l'introduction en culture des variétés à haut rendement dont la valeur industrielle est mauvaise ainsi que je l'indiquais précédemment, une

grande proportion de nos blés français peut encore donner des produits de mouture ayant la richesse exigée en matière azotée. Les autres peuvent trouver, par le jeu intelligent et loyal de l'admission temporaire, le complément de blés étrangers, très riches en gluten, capables de les amener au taux nécessaire.

Mais, en ce qui concerne la proportion favorable de gliadine et de gluténine, la résolution du problème n'est pas aussi commode.

Nous ne savons pas encore, en effet, produire à volonté des blés riches en l'un ou l'autre de ces constituants du gluten. C'est un problème dont la solution, à l'heure actuelle, n'est même pas ébauchée, et jusqu'à ce qu'il soit résolu, il faut se contenter d'utiliser les blés divers que chaque récolte annuelle met sur les marchés français et étrangers.

L'étude que nous avons faite, Aimé Girard et moi, pour les années 1895 et 1896, sur 100 variétés de blés de toute provenance, nous permet, au point de vue de la qualité de leur gluten, de les classer de la manière suivante :

*Blés français.*

	p. 100.		p. 100.
Dont le gluten contient plus de 75 de gliadine..	20		
— de 70 à 75	— ...	28	
— au-dessous de 70	— ...	52	

*Blés étrangers.*

	p. 100.	p. 100.
Dont le gluten contient plus de 75 de gliadine..	13	
— de 70 à 75 — ..	46	
— au-dessous de 70 — ..	41	

La simple inspection de ces chiffres montre que l'exigence absolue de farines possédant l'élasticité maximum conduirait à une erreur économique puisqu'elle mènerait à rejeter de la boulangerie une quantité énorme des blés récoltés dans le monde.

Aussi n'est-ce pas de cette manière rigoureuse qu'il y a lieu, pour l'avenir, d'envisager le problème. Pour le résoudre aussi favorablement que possible, il suffit de considérer que la production des farines dont le gluten contient 25 de gluténine pour 75 de gliadine est une indication vers laquelle on doit essayer de se rapprocher le plus possible.

C'est d'ailleurs lorsqu'on descend au-dessous de 70 pour 100 de gliadine que le manque d'élasticité du gluten commence à se faire sentir ; 52 pour 100 des blés français, 41 pour 100 des blés étrangers sont dans ce cas. Mais 48 pour 100 des premiers et 49 pour 100 des seconds sont au-dessus de ce titre et possèdent par conséquent des qualités boulangères supérieures qui ne demandent qu'à être utilisées pour améliorer les défauts de leurs voisins.

Précédemment, c'était au mélange des blés de compositions diverses que je demandais l'obtention de la proportion de gluten nécessaire à une bonne panification; c'est encore à un mélange analogue et rationnel qu'il y a lieu de demander la recherche de la qualité boulangère la plus favorable. De ce fait, la moitié des blés pourra servir à corriger les défectuosités de l'autre moitié. En opérant ces mélanges, le meunier n'atteindra pas la perfection qu'on peut désirer pour ses produits, mais il fera plus, parce qu'il obtiendra une qualité moyenne qui, en lui donnant en même temps la possibilité d'employer logiquement la récolte entière du blé, permettra au consommateur de se procurer aussi économiquement que possible un aliment de meilleure utilisation.

---

---

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

---

ALQUIER, *Les aliments de l'homme* (*Revue de la Société scientifique d'hygiène alimentaire*, 3<sup>e</sup> année, t. III, n<sup>o</sup> 1, 1906).

ATWATER et BENEDICT, *Experiments on the metabolism of matter and energy in the human body*, Department of Agriculture, Washington, 1902 (*Annual report of the Office of experimental Stations*).

BALLAND, *Recherches sur les blés, les farines et le pain*. Librairie Henri Charles Lavauzelle; 1894.

BÉGUILLET, *Manuel du meunier*. Paris; 1776.

BENNET et ELTON, *History of corn milling*. Londres; 1898.

BERTRAND et MUTERMILCH, *Sur la tyrosinase du son de froment. Sur le phénomène de la coloration du pain bis* (*Bulletin de la Société chimique de France*, 4<sup>e</sup> série, t. I et II, 1907, p. 837 et 1048).

BOUSSINGAULT, *Économie rurale*, t. I, p. 440.

BOUTROUX, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 120, 1893, p. 924. *Le Pain et la panification*. Librairie J.-B. Baillière et fils; 1897.

CHEVREUL, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 37, 1883, p. 775; t. 44, 1887, p. 40 et 449.

DUMAS, BOUSSINGAULT et PAYEN, *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XXIV, p. 22.

FAUVEL, *Sur la valeur alimentaire de différents pains* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 140, 1905, p. 1424).

FLEURENT, *Recherches sur la constitution chimique des matières albuminoïdes extraites de l'organisme végétal* (Thèse de doctorat; 1895. Gauthier-Villars, éditeur).

— *Recherches sur la composition immédiate et élémentaire des matières albuminoïdes extraites du grain des céréales et des légumineuses; conséquences pratiques de cette étude* (*Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, mai 1898; *Annales de la Science agronomique française et étrangère*, 2<sup>e</sup> série, 4<sup>e</sup> année, t. I, 1898).

— *Étude d'un densimètre destiné à la détermination de la valeur boulangère des farines de blé* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 10 juin 1901).

— *Sur la composition des blés durs et sur la constitution physique de leur gluten* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 2 décembre 1901).

— *Sur la relation qui existe entre la proportion de gluten contenue dans les différents blés et la*

*proportion des matières azotées totales (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 28 décembre 1903).*

— *Recherches sur l'action exercée par différents agents physiques et chimiques sur le gluten des farines de blé; conditions du dosage de cet élément (Bulletin de la Société chimique de France, 3<sup>e</sup> série, t. XXXIII, 1904, p. 81).*

— *Sur le dosage de l'acide phosphorique dans les matières alimentaires (Bulletin de la Société chimique de France, 3<sup>e</sup> série, t. XXXIII, 1904, p. 101).*

— *Le pain du soldat (Journal Le Marché français, 26 février 1907).*

FLEURENT et LÉVI, *Sur le mécanisme de la disparition partielle du phosphore dans la calcination des matières organiques et sur une méthode de détermination des cendres de ces matières (Bulletin de la Société chimique de France, 4<sup>e</sup> série, t. IX, 1911, p. 379).*

GAROLA, *Les Céréales*; Librairie Firmin-Didot. Paris, 1874.

GALIPPE et BARRÉ, *Le Pain (Encyclopédie des Aide-Mémoire)*. Librairie G. Masson et Gauthier-Villars, Paris.

GAUTIER (A.), *L'alimentation et les régimes*. Librairie Masson, Paris ; 1908.

GIRARD (Aimé), *Mémoire sur la composition chimique et la valeur alimentaire des différentes*

*parties du grain de froment (Annales de Physique et de Chimie, 6<sup>e</sup> série, t. III, 1884, p. 293).*

— *Sur la valeur alimentaire des pains provenant de farines blutées à des taux différents (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 120, 1896, p. 1309 et 1382).*

— *Recherches sur la composition des blés et sur leur analyse (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 124, p. 876 et 926).*

GIRARD (Aimé) et FLEURENT, *Recherches sur la composition des blés tendres français et étrangers (Bulletin du Ministère de l'Agriculture, n° 6, 1899).*

GRANDVOINNET, *Principes d'action des divers appareils proposés pour aider ou remplacer les meules. Conférence faite au deuxième Congrès commercial et industriel des grains et farines. Paris, 20 septembre 1888.*

GUÉRIN, Thèse de doctorat, 1899, Masson, Paris.

KICK, *Die Mehlfabrikation. Leipzig, Verlag von Arthur Félix ; 1894.*

KÖNIG, *Chemische Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs und Grünssmittel. Berlin ; 1889.*

KROCHER, *Ann. der Chem. und Pharmac., t. XLVIII, p. 212.*

KUDELKA, *Land. Jahrbücher L. 1875.*

LIEBIG, *Nouvelles lettres sur la Chimie, p. 287. Dictionnaire encyclopédique.*

LINDET, *Le Froment et sa mouture. Paris,*

Gauthier-Villars, 1903; *Les origines du moulin à grains* (*Revue archéologique*, 1899).

MAILLARD, *Les ordinaires de l'armée française: composition chimique et valeur énergétique* (*Revue de la Société scientifique d'hygiène alimentaire et de l'alimentation rationnelle de l'homme*, 6<sup>e</sup> année, t. VII, n° 6, 1909).

MÈGE-MOURIÈS, *Comptes rendus de l'Academie des Sciences*, t. 37, 1853, p. 351 et 427; t. 38, 1854, p. 505; t. 42, 1856, p. 1122; t. 46, 1858, p. 126 et 431; t. 50, 1860, p. 407).

MEYER, *Zeitschrift für Biologie*; 1871.

MILLON, *De la proportion d'eau et de ligneux contenue dans le blé et dans ses principaux produits* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XXVI, p. 1).

MÜNTZ, *Rapport sur les procédés de mouture et de panification Schweitzer* (*Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, 5<sup>e</sup> série, t. V, 1900, p. 378).

PAPPENHEIM, *Lehrbuch der Müllerei* (Vienne).

PARMENTIER, *Rapport sur le pain des troupes*, lu à l'Institut le 21 brumaire an V; *Expériences et réflexions sur les blés et les farines*. Paris, 1776; *Traité sur la fabrication et le commerce du pain*. Paris, 1778; *Meunerie et boulangerie*. Paris, 1782.

PAYEN, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 9, 1846, p. 12 et 13).

PÉLIGOT, *Sur la composition du blé* (*Annales*

*de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XXIX, 1850, p. 5).

POGGIALE, *Examen du pain de munition distribué aux troupes des puissances européennes et de la composition chimique du son* (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, 3<sup>e</sup> série, t. XXIV, 1853).

— *Recherches sur la composition chimique et les équivalents nutritifs des aliments de l'homme* (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, 3<sup>e</sup> série, 1856, t. XXX).

— *Note sur le ligneux du blé* (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, 3<sup>e</sup> série, t. XXXVI, 1859).

RATHAY, *Rapport annuel de l'École de Lechsans-Klosterneuburg* (Autriche); 1874.

REISET, *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XXIV, p. 22.

SNYDER, *Studies on bread and bread making at the University of Minnesota in 1899 and 1900* (*Bulletin* n° 101). Department of Agriculture; Office of experimental Stations, Washington (U.-S.). — *Studies on the digestibility and nutritive value of bread* (1900-1902). Id.

SNYDER et VOORHEES, *Studies on bread and bread making* (*Bulletin*, n° 67). Department of Agriculture; Office of experimental Stations, 1899, Washington.

TOUAILLON, *Meunerie, Boulangerie*, 2<sup>e</sup> édit.; 1879.

WOODS et MERRILL, *A report of investigations*

*on the digestibility and nutritive value of bread* (*Bulletin n° 83*). Department of agriculture ; Office of experiment. Stations, Washington, (U.-S) (1900). — *Studies on the digestibility and nutritive value of bread at the Maine agricultural Station*. Id., Washington (U.-S.) (1904).

FIN.

## TABLE DES MATIÈRES.

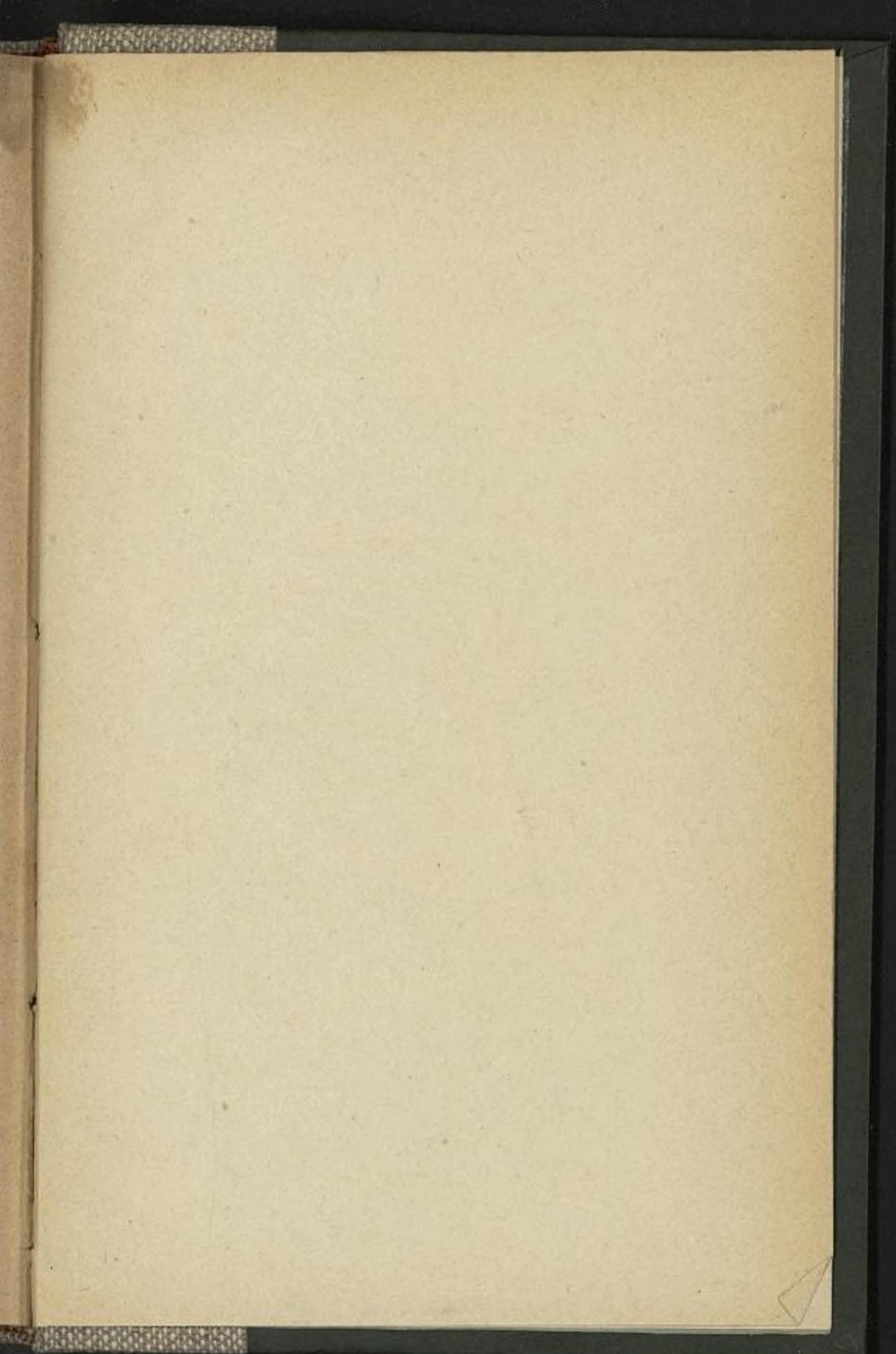
	Pages.
PRÉFACE.....	v
CHAPITRE I. — La production et la consommation du blé et du pain dans leurs rapports avec l'histoire de la mouture.....	1
CHAPITRE II. — Des aliments en général.....	32
CHAPITRE III. — Le grain de blé. — Sa constitution histologique; composition chimique et valeur alimentaire de ses différentes parties.....	42
CHAPITRE IV. — Les produits de la mouture du grain de blé. — Farines de meules et farines de cylindres.	68
CHAPITRE V. — Pain blanc et pain bis. — Valeur alimentaire et utilisation comparatives.....	107
CHAPITRE VI. — La question des phosphates.....	145
CHAPITRE VII. — Le pain de troupe.....	169
CHAPITRE VIII. — La fonction alimentaire du pain et le problème agricole et industriel de l'enrichissement des blés en matière azotée.....	181
CHAPITRE IX. — La boulangerie moderne.....	198
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.....	216

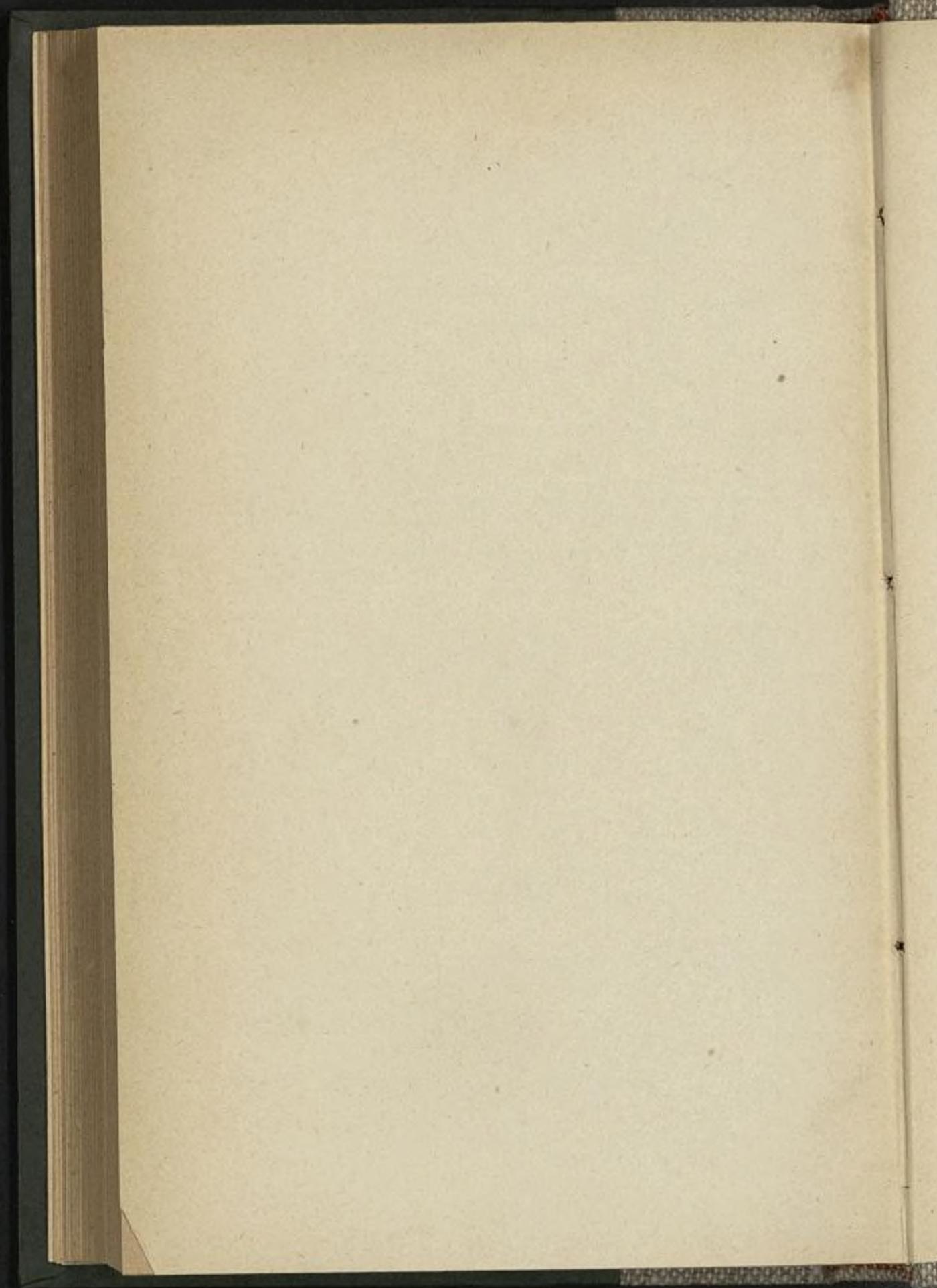


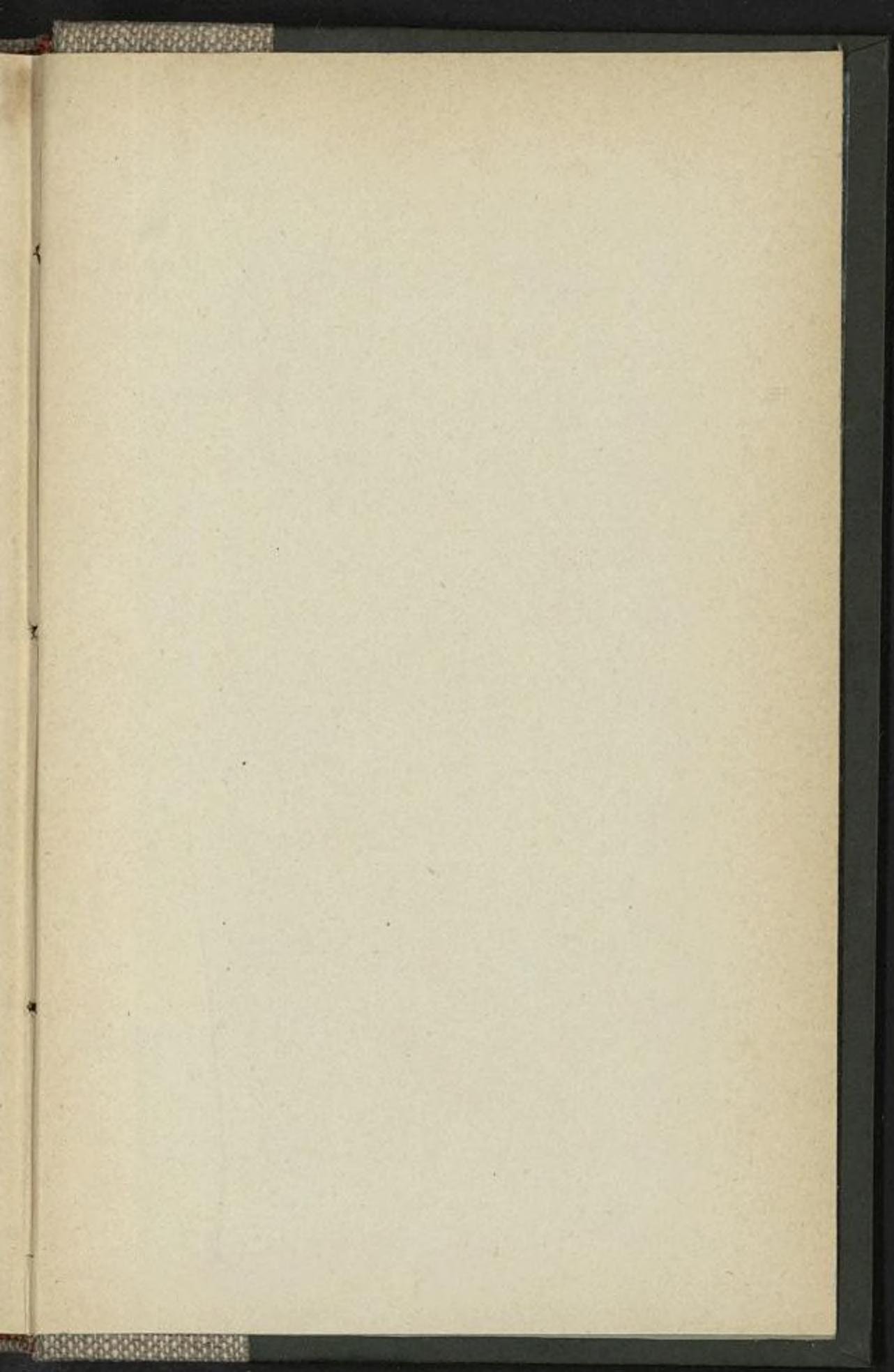
---

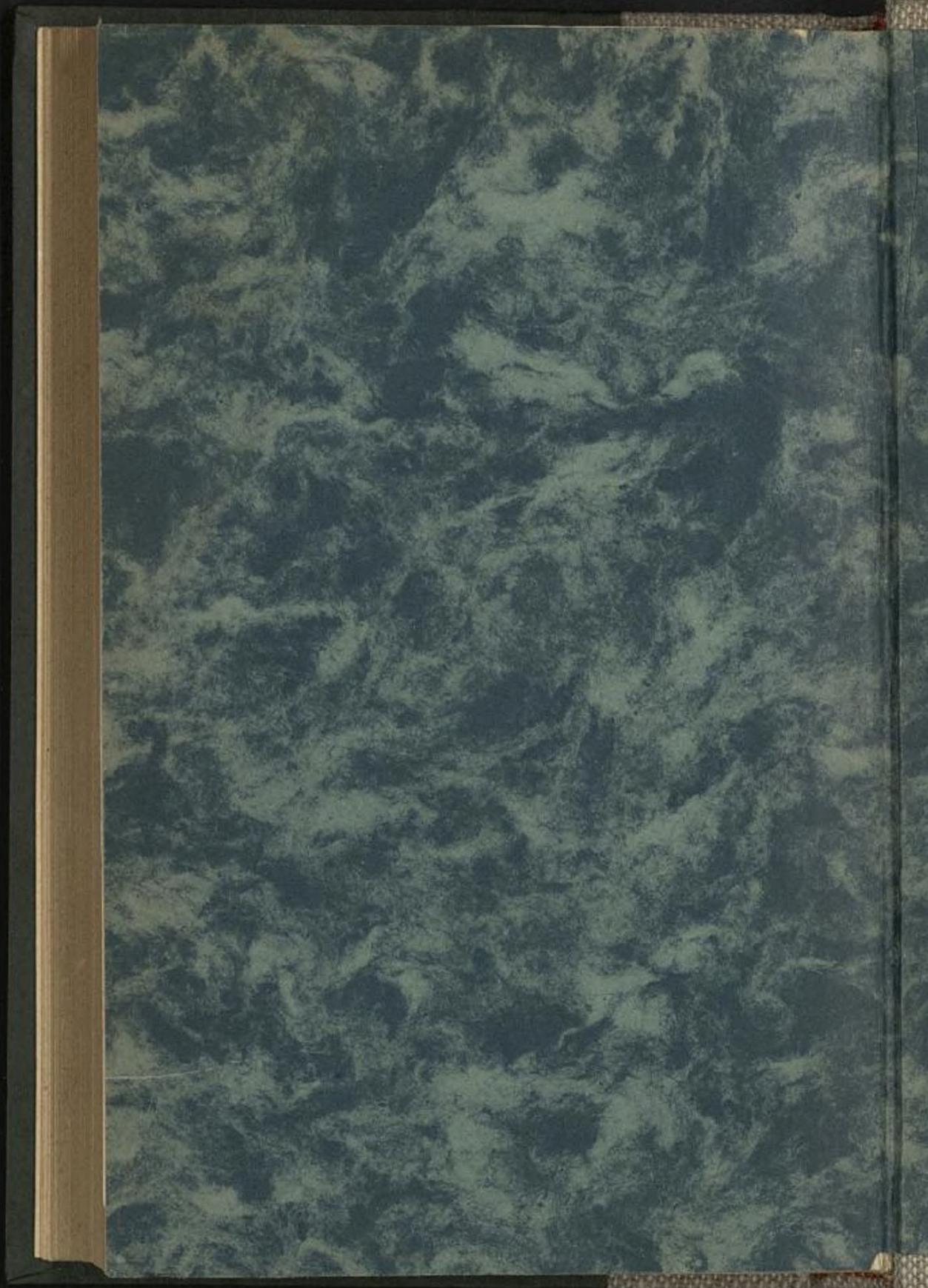
PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,  
47767 Quai des Grands-Augustins, 55.

---









*Cham*

CONSERVATOIRE NATIONAL  
DES ARTS ET MÉTIERS

Bibliothèque Centrale



1 7501 00514150 0