Conditions d’utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

- **la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue (Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - 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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA GRANDE MONOGRAPHIE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	**Exposition universelle. 1889. Paris**
Auteur(s)	**France. Ministère du commerce, de l'industrie et des colonies**
Auteur(s) secondaire(s)	**Picard, Alfred (1844-1913)**
Titre	**Exposition universelle internationale de 1889 à Paris. Rapports du jury international**
Adresse	**Paris : Imprimerie nationale, 1890-1893**
Collation	**19 vol. : ill. ; 29 cm**
Nombre de volumes	**19**
Cote	**CNAM-BIB 8 Xae 348**
Sujet(s)	**Exposition universelle (1889 ; Paris)**
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE348
LISTE DES VOLUMES	
	Groupe de l'économie sociale. Première partie
	Groupe de l'économie sociale. Deuxième partie
	Groupe I. Oeuvres d'art. Classes 1 à 5 BIS
	Groupe II. 1re partie. Éducation et enseignement Classes 6, 7, 8 et 6-7-8
	Groupe II. 2e partie. Matériel et procédés des arts libéraux. Classes 9 à 16
	Groupe III. Mobilier et accessoires. Classes 17 à 29
	Groupe IV. Tissus, vêtements et accessoires. Classes 30 à 40
	Groupe V. Industries extractives, produits bruts et ouvrés (1re partie) Classes 41 à 44
	Groupe V. Industries extractives. Produits bruts et ouvrés (2e partie) Classes 45 à 47
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques (1re partie) Classes 48 et 49
	Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques (2e partie) Classes 50 et 51
	Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques (3e partie). Classe 52
	Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques (4e partie) Classes 53 à 59
	Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques. Électricité (5e partie) Classes 60 à 63
	Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques (6e partie) Classe 64
	Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques (7e partie) Classes 65 et 66
	Groupe VII. Produits alimentaires (1re partie) Classes 67 à 73 (1re partie)
	Groupe VII. Produits alimentaires (2e partie) Classe 73 (2e partie)
	Groupe VIII. Agriculture, viticulture et pisciculture. Classes

	73 Bis à 77. Groupe IX. Horticulture. Classes 78 à 83

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	France. Ministère du commerce, de l'industrie et des colonies
Auteur(s) secondaire(s) volume	Picard, Alfred (1844-1913)
Titre	Exposition universelle internationale de 1889 à Paris. Rapports du jury international
Volume	Groupe VI. Outillage et procédés des industries mécaniques (1re partie) Classes 48 et 49
Adresse	Paris : Imprimerie nationale, 1891
Collation	1 vol. ([4]-610 p.) : ill. ; 29 cm
Nombre de vues	619
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 348 (10)
Sujet(s)	Exposition universelle (1889 ; Paris) Machines minières Machines agricoles Machines agricoles Engrais et amendements
Thématique(s)	Expositions universelles
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	14/09/2005
Date de génération du PDF	01/04/2025
Notice complète	https://www.sudoc.fr/064895076
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE348.10

RAPPORTS DU JURY

SUR

L'EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1889

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

V° 509 8° Xae 348/10

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
ET DES COLONIES

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1889
À PARIS

RAPPORTS DU JURY INTERNATIONAL

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION
DE

M. ALFRED PICARD
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES, PRÉSIDENT DE SECTION AU CONSEIL D'ÉTAT
RAPPORTEUR GÉNÉRAL

Groupe VI. — Outillage et procédés des industries mécaniques (1re partie)

CLASSES 48 ET 49

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M DCCC XCI

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 48

Matériel de l'exploitation des mines et de la métallurgie

RAPPORTS DU JURY INTERNATIONAL

PAR

MM. G. PETITJEAN, A. HABETS ET A. GILLON

GROUPE VI. — 1. 1

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMPOSITION DU JURY.

MM. Jordan (S.), *Président*, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, membre du jury des récompenses à l'Exposition de Paris en 1878	France.
Gillon (Auguste), *Vice-Président*, ingénieur, professeur de métallurgie à l'Université de Liège	Belgique.
Habets (Alfred), *Rapporteur*, ingénieur et professeur d'exploitation des mines à l'Université de Liège, membre du jury des récompenses à l'Exposition de Paris en 1878	Belgique.
Petitjean (Gustave), *Secrétaire*, ingénieur civil, administrateur de la Société des houillères et fonderies de l'Aveyron, médaille d'or en 1878	France.
Howe (Henry-Marion), professeur de métallurgie à Boston (Massachusetts)	États-Unis.
Roberts-Austen (W.), professeur de métallurgie à l'École des mines de Londres, chimiste attaché à la Monnaie de Sa Majesté Britannique	Grande-Bretagne.
Foster (Clément Le Neve), inspecteur des mines, membre des jurys internationaux aux Expositions de Paris en 1867 et 1878	Grande-Bretagne.
Castel, inspecteur général des mines	France.
Ledoux, ingénieur en chef au corps des mines, membre du jury des récompenses à l'Exposition de Paris en 1878	France.
Quillacq (de), administrateur délégué de la Société anonyme de constructions mécaniques d'Anzin, médaille d'or à l'Exposition de Paris en 1878	France.
Beco (Jean), *suppléant*, ingénieur, ancien commissaire délégué aux Expositions universelles de Vienne et de Philadelphie	Belgique.
Syroczynski (Léon), *suppléant*, ingénieur des mines à Lemberg (Galicie)	République Dominicaine.
Bonnardel, *suppléant*, administrateur de la Compagnie de navigation du Rhône	France.
Lodin, *suppléant*, ingénieur au corps des mines, professeur à l'École nationale des mines	France.
Würgler, *suppléant*, ingénieur civil, professeur à l'École centrale des arts et manufactures	France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MATÉRIEL DE L'EXPLOITATION DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE.

La classe 48 comprenait des matières très diverses. Indépendamment de ses deux grandes divisions, mines et métallurgie, il y avait lieu de tenir compte de ce que les grandes compagnies houillères de France s'y étaient attachées à démontrer leur puissance, à côté de leurs moyens de production. Un tableau général de l'industrie houillère devait donc trouver place dans ce rapport.

Profitant de la faculté accordée aux rapporteurs, et d'accord en cela avec M. le président de la classe, nous avons prié M. G. Petitjean, secrétaire, de bien vouloir collaborer à ce rapport, en traitant cette importante question et en y joignant un aperçu des expositions de mines étrangères comprises dans la classe 48.

Nous avons en outre prié M. Petitjean, en raison de sa compétence spéciale, de traiter la question des méthodes d'exploitation exposées par la France.

Nous nous sommes réservé de traiter du matériel de l'exploitation des mines, en priant encore M. Petitjean d'y joindre un chapitre relatif à la préparation et à l'agglomération des charbons.

M. A. Gillon, vice-président, a bien voulu se charger de traiter de la préparation mécanique des minerais et du matériel de la métallurgie.

Le rapport sur la classe 48 comprendra donc cinq sections :

I. — *Mines et méthodes d'exploitation,* par M. G. Petitjean.

1. Description des houillères;
2. Méthodes d'exploitation;
3. Mines métalliques et diverses.

II. — *Matériel de l'exploitation des mines,* par M. A. Habets.

1. Sondages;
2. Puits et galeries;
3. Air comprimé;
4. Perforation mécanique;
5. Havage mécanique;
6. Explosifs;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

7. Aérage;
8. Éclairage;
9. Transport;
10. Extraction;
11. Chargement des bateaux;
12. Épuisement.

III. — *Préparation mécanique et agglomération des charbons*, par M. G. Petitjean.

1. Criblage, triage et lavage;
2. Agglomération.

IV. — *Préparation mécanique des minerais*, par M. A. Gillon.

1. Concasseurs et pulvérisateurs;
2. Classeurs;
3. Procédés divers.

V. — *Matériel de la métallurgie*, par M. A. Gillon.

1. Produits réfractaires;
2. Fours à coke;
3. Fabrication de la fonte;
4. Fonderies;
5. Fabrication de l'acier;
6. Outillages et procédés divers;
7. Fabrication du cuivre et du nickel.

A. HABETS,
Rapporteur du jury de la classe 48.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1RE SECTION

MINES ET MÉTHODES D'EXPLOITATION

RAPPORT

PAR

M. G. PETITJEAN

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MINES ET MÉTHODES D'EXPLOITATION.

Le groupement des produits de cette classe adopté par l'administration générale de l'Exposition dans le magnifique palais des machines a permis de constituer un ensemble des plus remarquables, et où l'étude, par comparaison, de tout ce qui concerne le matériel des mines et les procédés d'exploitation pouvait être facilement suivie.

Toutes les grandes exploitations, françaises surtout, avaient tenu, ainsi que quelques exploitations étrangères, à contribuer dignement à la grande manifestation nationale à laquelle le Gouvernement avait convié toutes les nations. Aussi, l'importance et la valeur des expositions que le jury de la classe 48 a eu à apprécier témoignaient-elles suffisamment de l'empressement et du soin que les exposants avaient mis à prendre part à ces grandes assises industrielles de 1889.

L'exposition de la classe 48 a mis surtout en relief :

1° Les progrès faits dans la reconnaissance des couches utiles des différents bassins, soit par le sondeur s'appuyant sur des études géologiques et paléontologiques approfondies, soit par les travaux que la puissance des moyens mécaniques permet d'entreprendre aujourd'hui;

2° Le développement énorme donné à l'emploi de l'air comprimé, surtout dans les mines à grisou, soit comme moteur à l'intérieur, constamment mis à la disposition de l'ingénieur, soit même comme moyen d'aérage à appliquer dans certains cas particuliers;

3° La puissance donnée aux machines d'extraction, nécessitée par la tendance à concentrer de plus en plus sur le plus petit nombre possible de sièges d'exploitation la plus forte production, ou par l'obligation amenée par les grandes profondeurs;

4° La diversité des méthodes d'exploitation et les perfectionnements qu'elles ont reçus ayant pour objectifs principaux : la sécurité du personnel employé au travail des mines et le bon aménagement des richesses minérales, tout en les extrayant dans les conditions les plus économiques;

5° Le développement de la production depuis 1879 et surtout dans ces dix dernières années;

6° Les efforts et les sacrifices faits par la grande industrie des mines pour améliorer les milieux dans lesquels les ouvriers travaillent, pour diminuer les accidents auxquels ils sont exposés, pour les secourir eux et leur famille le plus efficacement possible, et leur assurer, pour leur vieillesse, sinon l'aisance, tout au moins la diminution ou même la disparition des préoccupations que l'âge avancé amène généralement chez les ouvriers.

De plus, les grandes exploitations françaises, surtout, ont cherché à mettre en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelque sorte sous les yeux du public, et de la manière la plus claire, par des reliefs et modèles l'étendue de leurs gisements, la position qu'ils occupent dans l'échelle des formations, les accidents qui les affectent et les installations qu'ils nécessitent pour les mettre en valeur.

I. DESCRIPTION DES HOUILLÈRES.

HOUILLÈRES FRANÇAISES.

BASSIN DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS.

Anzin. — Les concessions de la Compagnie des mines d'Anzin sont au nombre de huit ayant ensemble une superficie de 28,054 hectares. Elles occupent un polygone allongé, d'environ 30 kilomètres de long sur 7 à 12 kilomètres de large, qui s'étend depuis Somain jusqu'à la frontière belge.

Terrain supérieur. — Le terrain houiller est recouvert par des terrains de formation postérieure dits *morts-terrains*. A la frontière belge leur épaisseur n'est que de 4 à 5 mètres; à la fosse Thiers, elle est de 130 mètres; plus loin, au Sud, elle atteint 200 mètres.

Au-dessous de la terre végétale on trouve dans les vallées le terrain d'alluvion dont l'épaisseur atteint quelquefois 13 mètres, puis vient l'étage inférieur du terrain tertiaire comprenant des sables argileux compacts dans lesquels on rencontre des grès, des sables verts et des bancs d'argile; son épaisseur ne dépasse pas 15 mètres et il manque sur quelques points.

Ensuite vient l'étage de la craie, composé de roches calcaires à la partie supérieure et de roches argileuses et arénacées à la partie inférieure; l'épaisseur de ces dernières, appelées par les mineurs *dièves*, est généralement de 15 à 20 mètres; elle atteint rarement 50 à 60 mètres.

Sous les dièves se trouve le *tourtia*, conglomérat à pâte calcaire plus ou moins argileux; son épaisseur est de 2 à 3 mètres.

Vers la frontière belge, où l'on rencontre le terrain houiller à 5 ou 6 mètres, tous les terrains crétacés disparaissent.

Outre ces terrains, il existe entre Denain et Anzin une dernière formation qui paraît appartenir à l'étage crétacé inférieur à laquelle on a donné le nom de *torrent* à cause de la grande quantité d'eau qu'elle renferme. Elle s'étend de l'Est à l'Ouest sur 8 kilomètres environ et sur 4 kilomètres du Nord au Sud; l'eau en est fortement salée; c'est donc une sorte de lac salé reposant sur le terrain houiller et qui ne doit pas être alimenté par les eaux supérieures puisqu'en plusieurs points on est arrivé à l'épuiser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Terrain houiller. — Le terrain houiller est constitué de deux roches principales : le schiste argileux ou roc et le grès ou cuérelle; c'est entre ces roches que se trouvent encaissées les couches de houille dont la direction est généralement S. O.–N. E. et l'inclinaison Nord-Sud.

Les assises du terrain houiller présentent de nombreux plissements que les couches subissent par conséquent; aussi, sont-elles souvent tournées et retournées, et même renversées. Ces mouvements ont produit ce que les mineurs appellent des *plateures*, des *dressants* et des *renversements*.

Le gisement est divisé, en deux parties bien distinctes, par une grande faille appelée *cran de retour*, dirigée Est-Ouest à peu près comme les couches de houille. C'est celle qui a fait en quelque sorte glisser une partie du terrain houiller renversé sur lui-même par le mouvement du dévonien.

Qualité des houilles. — Les concessions d'Anzin renferment les meilleures qualités de charbons de toute nature.

Le charbon maigre est caractérisé par 7 à 9 p. 100 de matières volatiles. Le charbon dit *quart gras* en renferme 9 à 12; le *mi-gras* 15 à 20. C'est celui employé à la fabrication du coke.

Le charbon gras à longue flamme pour fours à réverbère contient 25 à 28 p. 100; enfin, le charbon gras à longue flamme, pour fabrication du gaz, 28 à 34. C'est grâce à cette variété dans la qualité des houilles et à sa position géographique que la Compagnie d'Anzin a pu passer de 290,000 tonnes en 1789 à 958,610 tonnes en 1820 et à 2,595,581 tonnes en 1888.

Il y a trente-deux ans il existait 24 sièges d'extraction avec 16 puits d'aérage ou d'épuisement pour une production de 919,287 tonnes, soit 57,000 tonnes par siège.

En 1889, il existe 17 sièges d'extraction et 18 puits d'aérage et d'épuisement.

Les 17 sièges d'extraction fournissent annuellement chacun 152,000 tonnes, soit une différence de 95,000 tonnes due à la concentration.

Les nouveaux sièges d'extraction pourront faire 200,000 à 300,000 tonnes. C'est par cette concentration, par un bon aménagement du fond et par une très bonne organisation du travail accompli dans ces derniers temps que la Compagnie d'Anzin a pu augmenter ses extractions de 80,000 tonnes en moyenne par an pendant chacune des cinq dernières années.

Douchy. — Les progrès accomplis par cette Compagnie depuis l'Exposition universelle de 1878 sont caractérisés par une extraction qui, de 155,888 tonnes qu'elle était à cette époque, est passée à 335,420 tonnes en 1888 pour atteindre probablement 400,000 tonnes en 1890.

La concentration de l'extraction a été aussi appliquée dans cette mine, dont la concession, d'une superficie de 3,419 hectares, est située au Sud de celles de Denain et d'Anzin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le faisceau exploité actuellement comprend les veines inférieures du groupe de Denain et toutes les veines du faisceau de Saint-Wast.

Ce faisceau est situé au Sud du « cran de retour » dont nous avons parlé plus haut; les veines sont repliées en zigzag sous l'effort des pressions auxquelles le bassin houiller a été soumis; la ligne de plissement qui sépare les plateures des dressants présente dans la concession de Douchy une direction sensiblement Est-Ouest qui s'infléchit de 15 à 20 degrés au Nord, à mesure qu'on s'avance vers le couchant.

Le nombre des fosses était, en 1878, de huit; la concentration les a réduites à quatre en 1888, et les quatre disponibles ont été employées spécialement à l'aérage.

Chaque siège en exploitation produit 90,000 tonnes par an.

Les mines de Douchy fournissent du charbon de qualité supérieure pour la fabrication du coke, contenant 23 p. 100 de matières volatiles; il est classé dans la catégorie des charbons gras à courte flamme.

Aniche. — L'exploitation des mines d'Aniche a lieu sur une très grande étendue de terrain, la concession est de 12,000 hectares; la limite Nord de la concession est une ligne passant par Raches et Marchiennes; la limite Ouest, une ligne passant par Roches, Brebières et Douai; la limite Sud, une ligne passant par Brebières, Erchen et Abscon; et enfin, celle de l'Est, une ligne passant par Marchiennes et Somain.

Cette concession est mise en valeur par huit puits d'extraction.

Le groupe d'Aniche, de l'Ouest ou de Douai comprend les puits Bernicourt, Gayant, Notre-Dame, Déchy avec d'autres puits d'aérage et de descente pour les ouvriers. Ils font ensemble 300,000 à 325,000 tonnes.

Le groupe du S. E. comprend les puits Saint-René, Sainte-Marie, Saint-Louis et de l'Archevêque, avec deux puits d'aérage et de circulation des ouvriers. Ils font ensemble 450,000 tonnes.

C'est donc une production totale d'environ 775,000 tonnes pouvant être portée facilement à 800,000 tonnes.

Le groupe d'Aniche fournit les charbons gras, 22 à 30 p. 100 de matières volatiles, avec lesquels on fait le coke; et celui du S. E., les maigres, 13 à 14 p. 100 de matières volatiles.

Escarpelle. — La Compagnie de l'Escarpelle exposait une coupe verticale perpendiculaire à la direction des couches passant par les fosses 5 et 6, à l'échelle de $\frac{1}{2500}$, et trois modèles de lavoir, de cuvelage et de fonçage à niveau plein du puits n° 6.

La concession de l'Escarpelle est située entre celle d'Aniche à l'Est et celle de Dourges à l'Ouest; elle est traversée de l'Est à l'Ouest par le canal de la Deule et par deux grandes lignes de chemin de fer: de Lille à Douai et de Douai à Tournai par Orchies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sauf le puits de l'Escarpelle, placé à l'Ouest, tous les sièges d'extraction ont été établis au Sud-Ouest de la concession, à cheval sur la Deule.

Les couches ne fournissent pas du charbon très pur, et cette compagnie a dû s'outiller complètement pour le criblage et le lavage afin de soutenir la concurrence de ses voisins mieux favorisés.

Les puits ont été très difficiles à creuser et ont nécessité l'emploi du procédé Kind Chaudron à cause du voisinage de la Deule et à cause surtout de l'épaisseur des terrains aquifères.

La production, en 1888, s'est élevée à 500,000 tonnes.

Dourges. — L'exposition des mines de Dourges comporte quatre coupes verticales au $\frac{1}{2000}$, l'une Nord-Sud passant par la fosse de Clerq, l'autre Nord-Sud passant par la fosse Hély-d'Oissel, la troisième Nord-Sud passant par la fosse Mulot, et la quatrième Nord-Sud passant par la fosse Sainte-Henriette.

La concession de Dourges est située entre celles de Courrières et de l'Escarpelle; elle a une superficie de 3,787 hectares et elle est traversée du N. E. au S. O. par le chemin de fer du Nord.

Six fosses ont été successivement creusées sur cette concession.

L'extraction actuelle est de 384,000 tonnes.

Le gisement de Dourges contient toutes les variétés de charbon, depuis le trois quart gras à 17 p. 100 de matières volatiles jusqu'au charbon flambant à gaz à 32 p. 100, en passant par les houilles grasses propres à la forge et à la fabrication du coke. Récemment on a constaté la présence du charbon demi-gras renfermant de 13 à 15 p. 100 de matières volatiles.

Drocourt. — La société de Drocourt exploite un faisceau de couches renversées sous le système dévonien. Ce faisceau est affecté par de nombreuses failles et étreintes. Vers 500 mètres de profondeur on arrive dans le terrain en allure normale sous la partie renversée.

Le système dévonien est recouvert de morts-terrains dont la traversée a présenté certaines difficultés.

La production était, en 1888, de 200,189 tonnes.

Courrières. — On remarque dans l'exposition de la Compagnie de Courrières, outre un plan de la concession au $\frac{15}{100000}$, une coupe transversale Nord-Sud de toute la concession à l'échelle de $\frac{1}{1000}$, une coupe des faisceaux et une coupe des sept puits en exploitation à l'échelle de $\frac{1}{250}$.

La concession date de 1852 et occupe une superficie de 4,594 hectares; elle est située à l'Est de celle de Lens et à l'Ouest de celle de Dourges; elle est desservie d'une part par les deux lignes du chemin de fer du Nord et de Lens à Douai, puis de Billy-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Montigny à Armentières, et, d'autre part, par les canaux de Lens et de la haute Deule.

Le terrain houiller est recouvert de 135 mètres de crétacé et contient jusqu'à trois faisceaux principaux de couches :

1° Au Sud, le faisceau des houilles grasses flambantes, à 34 et 40 p. 100 de matières volatiles, composé de vingt-deux veines d'une épaisseur de 0 m. 950 et reconnu jusqu'à 500 mètres de profondeur. Le charbon à 40 p. 100 de matières volatiles est dit *flénu;* ce faisceau est exploité par les fosses 2, 3, 4, 5 et 6 dont les profondeurs varient de 306 à 326 mètres;

2° Au Centre, le faisceau des houilles grasses maréchales, à 22 et 25 p. 100 de matières volatiles, comprenant quatorze veines d'une épaisseur moyenne de 0 m. 87 et exploitées par la fosse n° 7;

3° Au Nord, le faisceau des houilles demi-grasses, de 13 à 15 p. 100 de matières volatiles, qui n'a pas encore été exploité, mais qui le sera incessamment par la fosse n° 8, dont le creusement est commencé.

Les six puits en service actuellement sont outillés pour une grande extraction et ont produit, en 1888, 1,093,200 tonnes.

La production n'était que de 400,000 tonnes en 1878; la Compagnie de Courrières a donc augmenté sa production depuis cette époque de 273 p. 100 et dans quelque temps sa production pourra atteindre 1,700,000 tonnes.

M. Bar, ingénieur des mines de Courrières, a exécuté le beau relief exposé par cette compagnie et qui représente les travaux de la veine Sainte-Barbe à différents niveaux. La glace supérieure de la vitrine qui recouvre ce modèle est censée représenter le sol, et le modèle figure avec une précision aussi complète que possible une tranche de terrain houiller découpée sur une longueur de 6 kilomètres, une largeur de 2 kilomètres et enlevée sur 520 mètres de profondeur. La partie vide entre la surface du modèle et la glace représente les terrains supérieurs déblayés.

M. Bar a pris cette surface dans le Sud de la concession, afin de montrer la place considérable qu'y tiennent les dressants, et il a choisi pour les représenter la veine Sainte-Barbe à cause de sa valeur intrinsèque et de sa position centrale dans le faisceau.

Quelques témoins ont été laissés pour montrer la composition des terrains supérieurs; on y reconnaît les différentes assises du crétacé; les niveaux d'eau, les schistes et les grès séparant les veines y sont indiqués avec leur vraie couleur.

Tous les 100 mètres, des glaces verticales figurant des coupes transversales donnent le tracé des veines supérieures à la veine Sainte-Barbe.

Ce relief donne, d'une manière précise, l'allure générale du gisement avec ses failles représentées d'une manière fort ingénieuse par une gaze claire et délicate, se détachant bien sur le reste.

Les galeries, les voies de roulage sont figurées par des filets de couleur et d'épaisseur différentes suivant leur destination.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tous les travaux sont représentés.

C'est ainsi qu'on reconnaît la méthode par grandes tailles chassantes et les différents étages par la couleur des voies qui les desservent.

On constate sur ce plan que le faisceau du Sud des houilles grasses flambantes est formé par une masse énorme de terrain houiller renversée sur elle-même.

Ce mouvement gigantesque s'applique, pour la concession de Courrières seulement, à une surface de 8 kilomètres sur 600 mètres d'épaisseur; il est accompagné de dislocations nombreuses, puissantes et variées, et l'on peut voir de grands transports sur des plans d'une déclivité très peu prononcée qui ont éparpillé des épaves de veines renversées à des distances atteignant 300 et 400 mètres.

Ce travail très remarquable aura une grande utilité pour les concessionnaires de Courrières.

Meurchin. — La concession de Meurchin est située au Nord de celles de Lens et de Courrières; elle est traversée par le canal de la haute Deule et par la ligne du chemin de fer d'Arras à Armentières; elle produit annuellement (1888) 217,000 tonnes; elle est exploitée par deux sièges, nos 1 et 3, et elle produit des charbons demi-gras à 14 p. 100 de matières volatiles qui sont employés principalement pour le chauffage domestique.

Les couches sont en plateures sans grands accidents.

Lens. — Les concessions des mines de Lens et de Douvrin sont situées dans les arrondissements de Béthune et d'Arras et comportent une étendue de 6,939 hect. 32. Au point de vue géologique, cette société expose les plans des couches de houille exploitées aux fosses 2 et 5; une coupe hypothétique du bassin houiller au droit de la concession des mines de Lens; une coupe panoramique de la région méridionale de la concession; une projection horizontale au $\frac{1}{500}$ de la couche du Souich; deux tableaux donnant l'épaisseur des terrains et l'ordre de superposition des couches de houille; enfin des coupes de quelques allures singulières, des gisements et dérangements remarquables.

Ces diverses cartes et coupes montrent que les mines de Lens possèdent des charbons gras et maigres séparés par la grande faille du centre orientée Est-Ouest dont la plongée est au Sud, et que les terrains renversés, situés au S. O. de la concession sont encore inexplorés.

Quelques accidents particuliers sont représentés dans ces cartes, entre autres, un serrage dans la veine Beaumont, une réunion de cette dernière et de la veine Saint-Léonard, un doublage de la veine 18, des rebroussements, crochons et dressants de la veine 3, des failles anormales ou plissements remarquables dans la veine 13, etc.

Cette concession est desservie par huit puits et l'on a extrait 1,350,000 tonnes en 1888, tandis qu'en 1878 l'extraction ne s'était élevée qu'à 700,000 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Liévin. — Le gisement de Liévin est essentiellement grisouteux et c'est à partir de 300 mètres que les difficultés sous ce rapport sont devenues assez grandes pour nécessiter des précautions spéciales.

Après bien des efforts, on est parvenu à concentrer l'extraction sur les sièges nos 3 et 4 qui font actuellement 600,000 tonnes; ces fosses sont armées pour aller jusqu'à 800 mètres de profondeur.

La concession de Liévin est de 2,981 hectares.

La hauteur des morts-terrains varie de 125 à 150 mètres.

Béthune. — La concession des mines de Béthune a une superficie de 6,352 hectares répartie sur huit communes; elle est limitée au Sud par la concession de Liévin, au Nord par celle de Douvrin, à l'Ouest par celle de Nœux, et à l'Est par celle de Lens; elle est traversée du N. O. au S. E. par le chemin de fer d'Arras à Lille, et ses fosses sont reliées au canal d'Aire à la Bassée par un embranchement à la Compagnie.

Depuis 1878 la production a doublé; elle est passée de 450,000 tonnes à environ 920,000 tonnes.

La coupe exposée, passant par les fosses 1, 6, 3 et 4 indique les rejets principaux qui ont déplacé le terrain houiller et montre combien la région Sud est tourmentée; les terrains y sont repliés plusieurs fois, et le puits n° 1, parvenu à 600 mètres de profondeur, a trouvé quatre fois la même couche; ce bouleversement est dû au dévonien qui limite au Sud la concession.

Les terrains se régularisent vers le Nord à mesure qu'ils s'éloignent du centre de rupture et forment des plateures assez régulières. Elles s'étendent sur près de 3 kilomètres et constituent le champ d'exploitation des fosses n° 3 et n° 6.

Après le n° 3, il existe une faille d'une grande importance appelée *faille centrale;* la plongée est au Sud et son rejet est supérieur à 400 mètres; cette faille est celle qu'on rencontre à Nœux et à Bruay; elle semble diviser, pour les exploitants, leur gisement en deux parties distinctes :

1° La zone du Sud contenant des charbons gras variant de 28 à 38 p. 100 de matières volatiles;

2° La zone du Nord formée de stratifications inférieures et qui contient des charbons demi-gras et même maigres variant de 12 à 18 p. 100 de matières volatiles.

La zone du Sud comprend 30 veines exploitables formant une épaisseur totale de 28 m. 50 de charbon, répartie sur une hauteur de 690 mètres, avec un écartement moyen de 23 mètres entre deux veines consécutives. La teneur en matières volatiles, qui diminue avec la profondeur, varie de 38 à 26 p. 100 d'une couche extrême à l'autre; la diminution est de 2 p. 100 pour 100 mètres de profondeur. La plus belle veine de ce faisceau est la veine Sainte-Barbe, mesurant 2 m. 40 de charbon pur, qui a fait et fera longtemps encore la force de la Compagnie.

Le deuxième groupe, celui du Nord, anciennement exploité par le n° 4, est actuel-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lement abandonné; il comporte neuf couches correspondant à une puissance totale utile de 5 m. 65, répartie sur 263 mètres de terrain houiller avec un écartement moyen de 30 mètres entre deux veines consécutives; la teneur en matières volatiles varie de 15 à 18 p. 100.

Vicoigne et Nœux. — L'ensemble des deux concessions de Vicoigne et de Nœux comporte une superficie de 9,299 hectares.

La plus considérable de ces deux concessions, celle de Nœux, est limitée à l'Ouest par la concession de Bruay et à l'Est par celle de Bully-Grenay; elle est très bien desservie, puisque au Sud elle est traversée de l'Est à l'Ouest par le chemin de fer du Nord avec retour de l'Est vers le N. O.; enfin par des embranchements qui desservent toutes les fosses pour aboutir à un quai d'embarquement sur un branchement du canal d'Aire à la Bassée, appelé « canal de Beuvry à Gorre » et appartenant à la Compagnie.

La Compagnie de Vicoigne et Nœux, qui produisait, en 1878, 606,000 tonnes, extrait aujourd'hui 1,200,000 tonnes, et est ainsi placée au troisième rang des houillères du Nord et du Pas-de-Calais. Cette concession exploite cinq faisceaux de houille donnant un ensemble de 68 couches d'une épaisseur totale de 44 m. 60 et dont la teneur en matières volatiles varie de 8 à 40 p. 100.

Bruay. — La concession des mines de Bruay est située dans l'arrondissement de Béthune; elle est limitée à l'Est par la concession de Nœux, et à l'Ouest par celle de Marles. Son étendue est de 4,901 hectares.

Le sol est assez mouvementé et se distingue en cela de celui des concessions situées au S. E. Cependant les accidents qui ont affecté le terrain houiller ne sont pas représentés à la surface, à l'exception d'une faille importante connue sous le nom de « grande faille du Nord », et qui semble avoir affecté la craie dure; elle divise en quelque sorte la concession en deux parties distinctes; elle est connue dans les concessions de Marles et de Nœux, et son rejet semble être à 1,200 mètres. Jusqu'ici tous les sièges d'extraction ont été établis au Sud de cette grande faille; c'est ainsi que les fosses nos 1, 3, 4 et 5 ont été placées dans la première moitié Nord de l'espace compris entre la faille Nord et l'affleurement du calcaire dévonien au Sud.

Cette surface, qui est d'environ 15 kilomètres, renferme toute la série des charbons gras très estimés.

Au delà de la grande faille du Nord, la concession contient des charbons de nature entièrement différente; ce sont des houilles maigres et friables.

Comme on le voit, cette faille, en relevant le calcaire carbonifère, a ramené au même niveau des couches de qualités bien différentes, grasses au Sud, maigres au Nord.

Le terrain dévonien recouvre là aussi le terrain houiller en partie.

IMPRIMERIE NATIONALE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les couches peuvent être divisées en trois faisceaux :

Le supérieur comprend 4 veines de faible puissance et qui ne sont pas exploitées.

Le deuxième, ou de Sainte-Aline, séparé du premier par 88 mètres de stérile, ne contient que 7 à 8 veinules; à sa suite viennent trois couches de 0 m. 70 à 1 m. 30 d'épaisseur. C'est cette dernière qui porte le nom de Sainte-Aline.

Le troisième faisceau, dit *des grandes veines*, est séparé du précédent par 70 mètres environ de stérile ne contenant que des veinules négligeables. Au-dessous se trouve la partie riche du terrain qui, sur une épaisseur de 200 mètres, contient 9 veines de 0 m. 70 à 2 m. 10 d'épaisseur. Les travaux de Bruay n'ont pas dépassé la seizième veine.

L'épaisseur totale du charbon reconnue jusqu'à ce jour est de 20 m. 80, répartie sur 413 mètres de terrain houiller, soit 5 p. 100 du terrain traversé; mais on est à peu près certain que le faisceau de Marles et, probablement, celui d'Auchy-au-Bois seront un jour recoupés à Bruay.

La veine n° 1, la plus rapprochée du jour, est un véritable cannel-coal ou boghead; elle renferme 48 p. 100 de matières volatiles; toutes les autres veines en contiennent de 36 à 38.5 p. 100.

Il y a trois sièges d'extraction produisant chacun 300,000 tonnes.

La Compagnie des mines de Bruay a exposé le relief de la surface du sol de la concession qu'elle exploite, avec teintes géologiques, failles, puits, maisons, bois, etc.

Sur son socle les diverses veines de houille reconnues jusqu'ici sont représentées.

Ce travail donne une idée très exacte de l'importance de l'ensemble des établissements du jour et des richesses exploitées par la Compagnie des mines de Bruay.

Fléchinelle. — L'exposition de cette Société comporte un plan de la concession et une coupe verticale suivant le travers-banc percé au niveau 280.

BASSIN DE LA LOIRE.

Société des houillères de Saint-Étienne. — Cette Société possède les concessions suivantes :

La Roche	38h 00c
Méons	135 00
Le Treuil	201 75
Bérard	63 30
Chaney	160 80
Terre-Noire	612 80
Grand-Ronzy	27 35
TOTAL	1239 90

Toutes ces concessions forment un seul groupe situé à l'Est de la ville de Saint-Étienne, mais au milieu duquel se trouvent enclavées plusieurs autres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les concessions de la Société touchent en deux points le redressement Sud du bassin houiller, redressement produit par le soulèvement du Pilat. Au Nord elles n'atteignent pas le bord Nord du bassin, mais elles renferment toutes les couches des deux étages du système de Saint-Étienne; toutes, sauf la quinzième couche de l'étage de Saint-Étienne, y affleurent.

Ces concessions renferment 29 couches dont 19 seulement sont exploitables et représentent une épaisseur totale de 47 mètres de charbon.

L'étage supérieur, celui d'Avaise, n'existe que sur une faible étendue, dans la montagne d'Avaise où il est presque entièrement déhouillé, et dans la montagne de Chantegrillet où il est réduit comme épaisseur, mais intact.

L'étage inférieur, que certains géologues divisent en moyen et inférieur, occupe une superficie beaucoup plus grande, et toutes les couches exploitables qu'il renferme sont en exploitation simultanée, sans qu'on ait à atteindre par les puits une très grande profondeur, car elles sont successivement relevées par une série de failles dirigées, pour la plupart, du N. O. au S. E. qui les ramènent au jour.

La production en 1888 a été de 434,300 tonnes; la moyenne des dix dernières années a été de 450,000 tonnes.

Le relief très ingénieusement exécuté par M. Perrin, géomètre de la Société des houillères de Saint-Étienne, et sous la direction de M. B. Villiers, a été établi d'après la carte de Grüner et avec les documents que les travaux de chacune des compagnies voisines ont pu fournir. Il a été fait à l'échelle de 1 à 5,000. Le relief de la surface est représenté au moyen de courbes de niveau équidistantes verticalement de 10 mètres en 10 mètres, en fil de fer mince, sur lesquels d'autres sont fixés pour indiquer les limites de concession, les chemins de fer, les routes, les chemins vicinaux, etc., chacun peint d'une couleur différente.

Il en est résulté une sorte de résille à travers laquelle on peut voir les différentes couches de houille que l'on a voulu représenter.

Ce plan en relief comprend une étendue de terrain de 210 kilomètres carrés, et par conséquent presque tout le terrain houiller depuis la Valette au Sud et la Fouillouse au Nord, la Varizelle à l'Est et le Pertuiset à l'Ouest. La surface totale embrasse tout l'arrondissement de Saint-Étienne qui a été ainsi représenté.

C'est en grande partie la huitième couche, la plus régulière et la mieux connue du bassin, qui a servi d'horizon; elle appartient au système inférieur de Saint-Étienne; elle est représentée partout où elle a été exploitée et on a tracé en plan sur son mur les travaux auxquels elle a donné lieu [1].

Le fond du bassin, modifié aussi par les failles que le relief représente dans les différentes exploitations, a été supposé avoir la même forme et être affecté des mêmes accidents que la huitième couche.

[1] La huitième couche n'existant pas du côté Est, c'est la quinzième, exploitée dans quelques concessions qui y a été représentée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des tiges verticales dépassant le sol d'une part, et allant jusqu'au fond supputé du bassin de l'autre, indiquent la position des puits avec leurs noms. Au-dessus, les couches sont marquées à leur hauteur dans chaque puits avec le numéro que Grüner leur a assigné.

Ce relief montre encore combien le bassin a été déjà percé, travaillé, et précise les nombreuses failles qui y ont été reconnues.

On remarque que l'orientation de ces cassures est sensiblement la même S. E. — N. O., et qu'elles descendent toujours les couches. Il n'y a que la grande faille du mont Pilat qui fasse exception à cette orientation, car elle est S. O. et N. E. De plus, elle relève le terrain houiller contre le flanc de la chaîne du Pilat, qui sépare les vallées du Rhône et de la Loire.

Les rejets atteignent jusqu'à 600 mètres de hauteur, et l'un des plus importants, celui dit «de la faille de la République», ramène la quinzième couche au niveau de la huitième. C'est en ajoutant les hauteurs de ces rejets qu'on a pu supputer la profondeur totale du bassin. Elle serait, de la surface au terrain primitif, de 2,000 mètres, soit 1,500 mètres au-dessous du niveau de la mer.

C'est particulièrement l'indication claire, précise, des nombreuses failles qui ont été reconnues, qui donne un caractère d'intérêt et d'utilité pratique considérables. Ayant été exécuté avec les documents fournis par les exploitants du bassin, ce relief peut les guider dans leurs recherches et les aider à résoudre les problèmes qu'elles comportent.

Mines de la Loire. — La Société anonyme des mines de la Loire possède les concessions du quartier Gaillard, de Dourdel, de Monsalsou, du Cluzel, de Villars, de la Chana et celle de Beaubrun pour les deux tiers.

Toutes les couches connues dans le bassin existent dans ces concessions ayant ensemble une superficie de 2,341 hectares, mais jusqu'à présent les exploitations n'ont pas dépassé en profondeur la dixième couche de la classification de Grüner, sauf dans la concession de la Chana où affleure la quinzième couche relevée par un puissant rejet.

L'extraction se fait aujourd'hui par quatre puits principaux :

Le puits de la Loire ;

Le puits des Rosiers ;

Le puits Beaunier et le puits de la Chana.

La production des mines de la Loire, qui n'était que de 267,000 tonnes en 1855, s'est rapidement développée et a atteint, en 1883, le maximum de 608,000 tonnes.

Depuis cette époque, les extractions ont un peu diminué, par suite du ralentissement de la métallurgie dans le bassin de la Loire.

Montrambert. — Cette Compagnie possède les deux concessions de Montrambert et de la Béraudière. Les travaux importants exécutés sur une partie de la superficie concé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dée sont séparés par une grande faille ; on peut donc dire qu'ils constituent deux groupes distincts :

Celui de la Béraudière comprend trois puits d'extraction et trois puits à remblais;

Celui de Montrambert, deux puits d'extraction, un puits d'épuisement et trois puits à remblais. On comprend qu'avec une telle quantité de puits et des travaux dont la profondeur ne dépasse pas 360 mètres, sans grisou, l'aérage soit facile.

Ces deux groupes produisent 2,000 tonnes par jour et pourraient être portés à 3,000 avec les moyens actuels. Cette exploitation a été munie de machines puissantes et aménagée avec soin, tout en préparant largement les travaux nécessités par des besoins pressants et d'autres peu éloignés. Cette Compagnie a approfondi tous ses puits en activité de 100 mètres en les portant à 400 mètres pour assurer l'avenir, en faisant des travaux de recherche considérables sur divers points de ses concessions. Dans ce but, cinq puits ont été creusés suffisamment pour constater, soit directement, soit par des travers bancs, qu'on pourra y exploiter plusieurs couches de houille lorsque le besoin s'en fera sentir.

C'est ainsi que les puits du Mont et de Bellevue, au Nord, ont reconnu les couches du système supérieur à 800 mètres de profondeur dans le premier ; les autres, au Sud, ont démontré que les couches s'étendent de Montrambert à Firminy.

Roche-la-Molière et Firminy. — L'exploitation de Roche-la-Molière date du xv^e^ siècle. Ce n'est qu'en 1768 que le gaspillage qui avait eu lieu aux affleurements cessa par l'institution d'une concession donnée au duc de Charost qui fonda une société.

En 1786, le duc de Charost cède ses droits au marquis d'Osmond qui fonda aussi une compagnie et parvint à extraire 120 tonnes par jour.

Le 24 juillet 1789 des gens armés vinrent de Saint-Étienne et les propriétaires du sol reprirent alors possession des mines.

Deux ans après, la loi de 1791 fut promulguée et alors le comte d'Osmond rentra en possession de ses travaux.

Enfin, vint la loi du 21 avril 1810 qui ne fit pas cesser toutes les difficultés, et ce n'est que par l'ordonnance du 20 août 1820, qui fixa la redevance due aux propriétaires du sol, qu'elles cessèrent.

Les concessions de Roche-la-Molière et Firminy occupent la partie S. O. du bassin de la Loire et s'étendent du Nord au Sud sur 11 à 12 kilomètres et sur une largeur moyenne de 5 kilomètres; leur superficie est de 5,856 hectares.

Elles renferment toutes les couches des trois étages : inférieur, moyen et supérieur, de Grüner.

La Compagnie de Roche-la-Molière et Firminy exposait une coupe générale à l'échelle de $\frac{1}{1000}$ et dirigée du S. O. au N. E. dans laquelle on a supposé la huitième couche de Grüner horizontale et l'on a placé les autres couches reconnues au-dessus et au-dessous de cette huitième couche à leur distance normale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette coupe montre que les intervalles augmentent assez régulièrement en allant du S. O. au N. E.

La production a été, en 1888, de 644,000 tonnes et la production annuelle moyenne pendant les dix dernières années a été de 570,000 tonnes.

BASSINS DU CENTRE.

Compagnie des mines de Blanzy (Jules Chagot et C^e^). — La Compagnie des mines de Blanzy a toutes ses exploitations sur la bordure méridionale du bassin qu'on désigne aujourd'hui sous le nom de « bassin houiller et permien de Blanzy et du Creusot ».

Il est composé de deux zones houillères : l'une au Nord, caractérisée par le Creusot; l'autre au Sud, par Blanzy.

Le terrain permien, formé d'assises schisteuses, noires et grises, et de grès rouge en discordance de stratification avec celles du terrain houiller, occupe l'espace compris entre les deux. Ce dernier est d'environ 12 kilomètres sur 14, dans la grande largeur.

La longueur est d'environ 100 kilomètres, si l'on y comprend Bert.

Le granit est la roche encaissante des deux rives du bassin qui disparaît à l'Est et à l'Ouest sous les terrains supérieurs jurassique et tertiaire.

La coupe verticale exposée passant par les puits J. Chagot et de la Maugrand montre combien la formation houillère et par conséquent les quatre puissantes couches qu'elle contient ont été plissées.

La faille inverse, à allure courbe et connue dans les travaux, appelée *pied-droit,* en est la preuve. Il y a aussi d'autres accidents transversaux dont quelques-uns ont une grande importance.

A l'Ouest du puits de la Maugrand les couches sont plus ou moins en plateure; elles tendent même à s'incliner vers le S. E. tandis que leur pendage général est vers le N. O.

Dans cette dernière direction et en continuant la coupe on arriverait au grès rouge à 600 ou 700 mètres du puits J. Chagot. Sur cette distance aucun travail n'a été pratiqué. Si on la traversait, on la trouverait probablement tout entière dans la base du permien, c'est-à-dire dans la partie schisteuse.

On peut encore remarquer qu'au fur et à mesure qu'on s'avance vers le N. O. l'inclinaison du terrain va en augmentant. Les couches semblent s'amincir, s'étirer. L'avenir du bassin étant vers le Nord, on se demande comment se fait le passage du terrain houiller sous les assises permiennes : s'il s'effectue par une faille brusque sensiblement orientée comme le contact des assises rouges et noires au jour, suivant une ligne à peu près N. E. S. O., faille qui rejetterait probablement la formation houillère à une grande profondeur, ou s'il y a simplement passage insensible sous ces mêmes assises.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme le terrain houiller prend une forte inclinaison au fur et à mesure qu'on avance vers le Nord et qu'au contraire celle des assises du grès rouge est très faible presque immédiatement après la ligne de contact, on est porté à penser que le dépôt énorme qui a eu lieu entre le Creusot et Blanzy s'est effectué après que le terrain houiller avait été relevé sur les deux rives par le mouvement des granits. Autrement les grès rouges, dans le mouvement ascendant et de compression des granits, eussent été affectés de même que le terrain houiller lui-même. Il y aurait eu deux cuvettes ainsi formées par le relèvement du terrain houiller, l'une au Nord, l'autre au Sud, avec dorsale au milieu et par conséquent séparation probable du gisement du Creusot de celui de Blanzy, ou malgré cela continuité du bassin sous cette énorme épaisseur de terrain permien. Telle est la question que les ingénieurs de MM. J. Chagot et Henri Schneider se posent. C'est évidemment par l'un ou par l'autre que cette question d'un intérêt si direct pour leurs compagnies, si général pour la France, sera résolue.

Déjà à Blanzy on se prépare à armer le puits J. Chagot d'une machine de 1,500 chevaux, afin, s'il y a lieu, de pouvoir passer sous les grès rouges et y exploiter les richesses qui peuvent s'y trouver. Cette exploration sera celle du centre. Au Magny, situé à 2 kilomètres plus à l'Ouest, on cherche à résoudre le même problème à l'aide de l'air comprimé par un puits intérieur.

On ne peut que souhaiter le succès de ces belles explorations qui rendraient alors inépuisables, les richesses déjà si considérables de la Compagnie des mines de Blanzy.

Production. — Actuellement, le charbon est extrait par elle au moyen de sept puits répartis sur une longueur de 10 kilomètres.

C'est avec sa puissante organisation, ses machines d'extraction, ses compresseurs d'air, ses lavoirs, fours à coke, presses à agglomérer, ports d'embarquement, etc., qu'elle peut préparer les 850,000 tonnes qu'elle extrait actuellement et les livrer au gré de sa clientèle, si facilement desservie par le chemin de fer de Moulins à Montchanin et par le canal du Centre, entre lesquels ses installations de criblage et de triage sont placées.

Decize. — Cette Société a exposé un plan géologique qui embrasse une étendue de terrain de 25 kilomètres du Nord au Sud, et de 18 kilomètres de l'Est à l'Ouest.

La triangulation, les levés et les nivellements ont été exécutés par deux brigades topographiques composées de six hommes chacune, qui ont fonctionné pendant vingt ans (1868 à 1888). Plus de 80,000 stations de nivellement ont été fournies et les courbes de niveau sont de 5 mètres en 5 mètres.

A l'échelle de cette carte géologique, qui a été publiée à $\frac{1}{80000}$, 15 coupes verticales Est-Ouest et 14 coupes Nord-Sud ont été faites.

Les affleurements de couches de houille occupent une très petite étendue dans le terrain houiller. Les failles qui sont presque toutes verticales, avec des amplitudes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1 à 400 mètres et au-dessus, ne permettent pas les recherches faciles. Le terrain est presque entièrement recouvert soit par le trias, soit par le permien.

Au Nord, c'est la partie supérieure du permien ; au Sud, c'est la partie inférieure qui repose sur le terrain houiller.

Le permien est érosé en certaines parties ; le terrain primitif y est rare et ce n'est qu'à 4 kilomètres au Sud et en dehors du plan qu'on rencontre un pointement de granit très petit.

Au point de vue des recherches de houille, à l'Ouest, il n'y a rien à faire, à cause des nombreuses failles qui s'y trouvent; du côté Est, il y a aussi peu de régularité dans les assises, et plus de dénivellations; quand on examine ce plan d'ensemble, on voit que du côté de l'Ouest il existe une arête qui domine le bassin parisien ; cette falaise s'affaiblit dans cette direction et semble passer en dessous ; à l'Est, il devait y avoir un haut fonds qui touchait au Morvan, car, près de là, se trouve le calcaire à gryphées qui est le terrain le plus récent qui se soit déposé; vers le Nord, il n'y a plus eu d'affaissement après le dépôt du lias.

Société de Commentry-Fourchambault. — Cette société possède les concessions de Commentry et de Montvicq.

La première, d'une superficie de 2,022 hectares, comprend la commune de Commentry ; elle est exploitée depuis très longtemps pour les besoins de la consommation locale et n'a pris une véritable importance qu'à partir de l'ouverture du canal du Berry qui a été relié à la mine par un chemin de fer à petite section.

La houille est extraite par sept puits.

La concession de Montvicq est de 294 hectares; elle a été exploitée d'une manière régulière à partir de 1854, mais, ce n'est que depuis 1872 que la production s'est développée.

La houille est extraite par trois puits.

La production de 1880 à 1888 a été annuellement de 504,000 tonnes.

Cette Société a exposé, outre cinq plans en relief, deux albums, dont l'un renferme la reproduction des procédés d'exploitation et du matériel employé dans les houillères; l'autre intitulé : *Études sur le bassin de Commentry,* par MM. Ch. Brongnard, H. Fayol, de Launay, S. Meunier, Renaut, Sauvage et Zeiller.

Cet album comporte trois parties.

La première est la lithologie et la stratigraphie du bassin, par M. H. Fayol, directeur de la société. On y remarque la carte géologique du bassin de Commentry, des coupes verticales du terrain houiller et celles des couches de houille ; la constitution lithologique du terrain houiller de Commentry ; la formation du terrain houiller, la formation des couches de houille en plan et en coupe; un ensemble photographique de coupes verticales des tranchées à remblais de Commentry; de même sur les ramifications des grosses couches, un dessin indiquant le passage du dépôt du conglomérat

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la houille; la formation des grès noirs, des planches sur les arbres fossiles, d'autres sur la formation des clivages, une autre coloriée sur les dioritines (porphyrique micacée); cinq planches coloriées en photographies indiquant les expériences faites par M. Fayol sur les formations sédimentaires, sur le déplacement des cours d'eau à leur embouchure; une belle planche sur les roches de Commentry avec les couleurs vraies des différents éléments qui les composent; enfin, les roches des couches, schistes noirs, etc.

La deuxième partie est la flore fossile par MM. Renaut, docteur ès sciences, et Zeiller, ingénieur en chef au corps des mines; elle comprend 71 planches représentant tous les fossiles rencontrés jusqu'à ce jour dans le terrain houiller de Commentry.

Enfin, la troisième partie comprend, dans 18 planches, la faune houillère par M. Ch. Brongnart.

Le relief exposé par la Société de Commentry-Fourchambault est divisé en quatre parties :

La première représente le bassin de dépôt au début de la formation houillère;

La deuxième, la période de formation de la grande couche;

La troisième, le bassin lorsqu'il est presque comblé;

La quatrième enfin, l'état actuel du bassin de Commentry.

Dans ce dernier, les couches de houille sont très exactement représentées. Au mur, aucune trace de houille; au N. O., du côté de Ferrières, charbon maigre; au S. E. et par conséquent au centre du bassin, le charbon gras à longue flamme. La houille disparaît en profondeur.

Ces modèles sont faits en application de la théorie de M. Fayol, sur le mode de formation du bassin houiller de Commentry. D'après ce dernier, il aurait été formé dans deux golfes : l'un, celui de Ferrières; l'autre, celui de Commentry, caractérisé par la région des Pigauds. Le delta Est, au point d'arrivée du courant de charriage principal, étant du côté de Bourrus, il y a eu accumulation de galets se superposant par ordre de densité à partir de la rive et transport des parties légères vers le Nord et vers le Sud, les matières en suspension les moins lourdes s'éloignant de plus en plus du point d'arrivée. C'est à cette action de classement que sont dues les formations de Ferrières et de Pigaud-Commentry.

Ce charriage, subissant toutes les alternatives de calme et de violence que le temps amène, produisait dans les dépôts des périodes de calme ou d'agitation et par conséquent dans les sédiments des assises presque toujours dépourvues de matières carbonées au delta, mais riches au contraire sur les points les plus éloignés, ou des assises entièrement stériles sur toute l'étendue du lac intérieur.

La composition des galets du terrain houiller de Commentry variant beaucoup d'un point à un autre, mais étant toujours la représentation des roches primitives encaissantes, on a pu supputer, par leur examen, le point d'arrivée des cours d'eau au delta, dans le lac de Commentry. C'est ainsi que du côté de Ferrières on trouve les galets

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

granitiques au delta voisin ; au contraire, du côté opposé on les trouve dioritiques au delta rapproché.

Il résulte de l'ensemble de ces études, en se plaçant au point de vue pratique, que l'ingénieur qui arrive dans un bassin lacustre pour travailler doit, pour se guider dans les recherches qu'il a à faire, examiner s'il y a des deltas de remplissage, suivre la composition des éléments, s'éloigner des plus gros et se placer au contraire vers les extrémités où les matières les plus légères, arbres, arbustes, plantes, feuilles, etc., ont dû se classer et se déposer pour former des dépôts houillers qu'il peut avoir à rechercher.

Société de Châtillon-Commentry (Saint-Éloy). — Le bassin houiller de Saint-Éloy, dont la partie exploitée a été représentée par un relief, est situé dans le département du Puy-de-Dôme, au N. O. de l'arrondissement de Riom et presque sur la lisière Sud du département de l'Allier.

Il fait partir de l'alignement sur lequel se trouvent les gisements de Blanzy, Bert-Fins, Saint-Gulmier, Meisseix-Cingles, etc.

Il est orienté sensiblement du S. O. au N. E., entre le col de Gouttières et le plateau de Virlet-le-Bouble, et a pour rives le granit.

La qualité extrêmement flambante de sa houille et les végétaux qu'on rencontre dans les assises du terrain houiller semblent le faire rattacher à la formation supérieure comme à Bézenet, etc.

Ce bassin n'est travaillé que sur une faible étendue et doit renfermer, probablement du côté de l'Est, des richesses considérables.

Les deux couches puissantes de 14 et 30 mètres qui, en certains points, se trouvent réunies, affleurant au jour, ont donné lieu, au début, à des exploitations à ciel ouvert, plus tard combinées avec l'exploitation souterraine, les déblais des premières servant à remblayer les travaux de la seconde.

De nombreux incendies, souvent très intenses, ont fait essayer différentes méthodes d'exploitation que la pratique a conseillées. On semble, actuellement, donner la préférence à la méthode par tranches horizontales simultanées.

Relief de Saint-Éloy (*Société des forges de Châtillon-Commentry*). — Le plan en relief du gisement de Saint-Éloy, exposé par la Société de Châtillon-Commentry, est à l'échelle de $\frac{1}{1000}$.

Le terrain houiller, fortement comprimé à l'Est et à l'Ouest par le soulèvement du terrain primitif, a été obligé de se plier et de se replier sur lui-même. De là trois cuvettes principales : l'une à l'Ouest, constituant ce qu'on appelle « le bassin du Manoir », est la plus importante; la seconde, intermédiaire, est de profondeur moindre; la troisième, à l'Ouest, semble être la plus considérable, mais elle est restée jusqu'ici inexplorée. Elles ne sont reconnues et exploitées que sur une faible longueur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les deux premières, les érosions ont été assez fortes pour que la houille arrivât au niveau du sol; dans la troisième le charbon n'affleure pas.

Le modèle se décompose en trois parties et laisse voir une section transversale de deux des cuvettes avec fond très sinueux pour celle de l'Est et très aigu pour celle de l'Ouest. Cette particularité semble être due à la butée très brusque du terrain houiller plongeant vers l'Ouest avec une faille de contact inclinant vers l'Est.

Relief de Bézenet (*Société des forges de Châtillon-Commentry*). — Cette Société expose également un relief de la mine de Bézenet, indiquant la position des couches exploitées dans les parties où elles présentent le plus d'intérêt.

BASSIN DE RONCHAMP.

Ronchamp. — Cette Société expose une coupe verticale et un plan des travaux à l'échelle de $\frac{5}{10000}$. L'affleurement du terrain houiller ne comprend qu'une faible étendue au Nord de la concession de Ronchamp. Les couches de ce terrain plongent au S. E. et sont recouvertes par les grès rouges.

La partie exploitable est limitée au Sud et à l'Est par le terrain de transition soulevé et à l'Ouest par l'éparpillement et l'amincissement des couches.

Les soulèvements lents du terrain de transition paraissent contemporains du dépôt qui a subi de nombreux accidents et ne se propagent pas dans le terrain de recouvrement.

Ces accidents créent à l'exploitation des difficultés spéciales. L'amincissement des couches à l'Ouest, coïncidant avec l'augmentation de grosseur des éléments stériles, semble indiquer d'après la théorie de M. Fayol que le courant générateur des dépôts venait de l'Ouest.

L'exploitation du bassin de Ronchamp a atteint au puits du Magny la profondeur de 700 mètres; elle se fait par cinq puits dont trois en activité et a atteint en 1888 200,000 tonnes.

Une recherche faite à 1,250 mètres au Sud du puits du Magny par une galerie à travers banc et une suite de puits intérieurs a démontré la continuité du gisement jusqu'à la profondeur de 900 mètres à une distance de 1,200 mètres de la limite Sud de la concession.

A la profondeur de 900 mètres on a mesuré une température des roches de 43 degrés; celle de l'air est dans ces travaux de recherches de 35 à 36 degrés, mais l'air y est très sec.

Les charbons de Ronchamp contiennent en matières volatiles :

Pour l'exploitation de	Saint-Charles,	à 300 mètres	de profondeur,	29.00 p. 100.
—	Saint-Joseph,	à 430	—	28.00 —
—	du Magny,	à 700	—	22.55 —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Société des houillères de Ronchamp possède deux concessions : celle de Ronchamp et celle d'Eboulet, contenant ensemble 8,100 hectares.

BASSIN DU GARD.

Carte géologique de M. Grand'Eury. — M. Grand'Eury, chargé par les compagnies houillères du Gard d'étudier le bassin houiller d'Alais et de classer ses couches de houille, a établi une carte géologique du bassin du Gard qu'il expose avec de beaux échantillons de fossiles appartenant à la flore et à la faune de ce bassin.

M. Grand'Eury est arrivé à cette classification après de longues recherches stratigraphiques, pétrographiques et paléontologiques; le succès du sondage de Ricard (Grand'Combe) a justifié la confiance que les compagnies du Gard avaient témoignée à cet ingénieur.

M. Grand'Eury est remonté aux circonstances ayant présidé à la formation du bassin et a constaté qu'après le dépôt de l'étage inférieur des Cévennes, la division du bassin en deux a été ébauchée par un soulèvement concordant avec le Rouergue, bien qu'ultérieurement les dépôts houillers se soient continués de part et d'autre d'une manière à peu près indépendante. Ces dépôts se sont arrêtés dans le bassin de la Cèze plus tôt que dans celui du Gardon et c'est à l'extrémité N. E. de ce dernier que se trouvent les couches les plus récentes.

M. Grand'Eury leur donne l'âge des couches de l'étage moyen de Saint-Étienne.

Après la formation houillère, de grands plissements en plateures et dressants parallèles aux Cévennes ont affecté les couches et produit des déplacements verticaux considérables.

C'est ainsi que le grand dressant de la Grand'Combe a repoussé le système de Sainte-Barbe sur des couches situées à 800 mètres au delà dans l'échelle de superposition.

Dans le bassin de la Cèze, les dressants sont accompagnés de failles inverses.

Pendant la période permienne, la mer a érosé les montagnes du terrain houiller et égalisé la surface du sol.

Les mouvements principaux s'étant déjà affaiblis, les terrains de recouvrement sont moins dérangés que dans le terrain houiller. M. Grand'Eury a conclu de toutes ses recherches que le terrain houiller a une très grande étendue à l'Est du bassin, sous le terrain de recouvrement; que la vaste partie cachée sous les affleurements du lias et du trias est exploitable et renferme de très grandes richesses qu'on atteindra dans le fond des vallées sans trop de difficultés ni grandes dépenses.

M. Grand'Eury poursuit encore dans le centre de la France d'autres études appelées probablement aussi à rendre de très grands services à l'industrie de la houille de la contrée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Collectivité des mines du Gard. (Relief.) — Les mines du Gard ont exposé en collectivité un plan en relief qui occupe le centre de leur exposition.

Les compagnies qui se sont réunies pour faire exécuter ce plan avec les documents dont elles disposaient sont :

1° La Compagnie de Bessèges;

2° La Compagnie de Mokta el Hadid (mines de Salles, Montalet, Cessous et Combe-redonde;

3° La Compagnie des mines de la Grand'Combe;

4° Les Mines de Portes et Sénéchas;

5° La Compagnie des mines et fonderies d'Alais (mines de Trilys et du Martinet);

6° Les Mines de Rochebelle.

C'est dans les travaux de la Compagnie de Bessèges et sous la direction spéciale de son géomètre, M. Malartre, que ce très important travail a été exécuté. Il est à l'échelle de 0 m. 02 pour 100 mètres pour les longueurs et les hauteurs. Malgré son ampleur il a pu être exécuté en six mois. Ce plan indique les reliefs du sol et est en même temps géologique. Il embrasse une superficie de 420 kilomètres carrés répartis comme suit :

Surface occupée par les micaschistes	182 kil. carrés.
Surface occupée par les formations supérieures : trias, lias, calcaire jurassique et alluvions	228
Total	430 kil. carrés.

Les formations géologiques sont représentées avec les teintes adoptées pour les cartes et les limites des concessions, les puits, les sondages, les failles, les filons et les maisons mêmes y sont exactement à leur place.

Ce plan en relief a été construit avec des bandes de zinc placées verticalement contre des planchettes en bois, de manière que les bords de celles-ci soient légèrement dépassés par elles; de sorte que les deux bords représentant la même courbe de niveau sont exactement parallèles et à une petite distance verticale l'un de l'autre. On a ensuite recouvert le tout de plâtre en effleurant la courbe de niveau constituée par le zinc.

En certains points des concessions de chaque compagnie, des coupes ont été faites sur la couche la plus caractéristique et surtout la mieux connue par les travaux.

Enfin, la surface du sol, représentée par des plaques métalliques ondulées exactement, qui se soulèvent au moyen de fils, laisse voir la disposition des travaux du fond ou la configuration du mur de la couche choisie.

C'est ainsi qu'à Gagnère on a représenté la couche n° 2; aux mines de Trélys l'exploitation de la couche Saint-Denis et celle de Feljas; à Bessèges celles de Saint-Émile, de Saint-Denis et de Créal; à Molières, l'exploitation de Saint-Jean; aux mines de Lalle celle de Saint-Illide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce beau relief, laissé dans le bassin du Gard, pourra toujours y être très utilement consulté par les exploitants et recevoir les modifications que les travaux pourraient peut-être amener dans l'avenir.

Bessèges. — Cette Compagnie exploite les concessions houillères de Robiac, Meyrarmes et de Bordezac; la première, et la plus importante, est limitée par cinq lignes droites allant :

1° De Saint-Ambroise à Meyrarmes;
2° De Meyrarmes à Peyremale;
3° De Peyremale à Saint-Florent;
4° De Saint-Florent à Fontanieu;
5° De Fontanieu à Saint-Ambroix.

Sa superficie est de 2,805 hectares. Elle a été accordée par décret du 12 novembre 1809 à Mme de Suffren, qui la céda à son fils M. Frédéric de Suffren, qui la vendit en 1821 à MM. de Robiac, de Lassagne et François Silhol.

Aujourd'hui, ces deux concessions, celle de Robiac et Meyrarmes et celle de Bordezac, sont désignées ensemble sous le nom de « concession de Bessèges ». Le terrain houiller n'apparaît à la surface, dans toute l'étendue de cette concession, qu'en deux régions, celle de Molières et les Brousses, celle de Bessèges et Créal; sur tout le reste il est recouvert par le trias et le lias. Dans la région de *Bessèges et Créal,* on voit le terrain houiller s'appuyer, au Nord et à l'Ouest, sur les micaschistes, présenter une épaisseur d'environ 600 mètres, plonger vers l'Est et le S. E. et disparaître sous une bande de trias. Il a été rejeté à une grande profondeur par une faille qu'on remarque au quartier du Devès. A 500 mètres au-dessous du niveau de la Cèze on trouve 14 couches de charbon dont l'épaisseur varie de 0 m. 50 à 2 m. 20.

Dans la région de *Molières et les Brousses,* le terrain houiller apparaît à travers le trias, plonge aussi vers l'Est et le S. E., présente un aspect plus feuilleté et manifeste tous les caractères d'un système supérieur à celui de Bessèges même.

Son épaisseur, exactement reconnue jusqu'au fond du sondage de 600 mètres, fait aux Brousses, est de 1,100 mètres et doit probablement dépasser 1,500 mètres. Les couches de charbon déjà reconnues au nombre de neuf sont de peu d'épaisseur puisqu'elles n'ont que 0 m. 30 à 0 m. 90.

Comme on le voit, de grands travaux ont été exécutés par les concessionnaires de Bessèges, pour reconnaître vers le S. O. la richesse du terrain houiller. Les deux coupes, passant l'une par les puits de Robiac et Grangier, l'autre par les puits d'Étampes et Varein, l'indiquent. Cette dernière met en évidence la présence d'une épaisseur de terrain houiller stérile considérable, provenant probablement du remplacement du terrain houiller érosé riche par un autre ne contenant pas de charbon. Néanmoins, les richesses reconnues semblent être très importantes et paraissent assurer largement l'avenir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Compagnie de Bessèges occupait, en 1888, 2,354 ouvriers pour produire 470,000 tonnes de houille.

Mines de Cessous et Comberedonde et mines de Salles et Montalet. (*Cᵉ de Mokta el Hadid.*) — La concession de Salles et Montalet est située au Nord du bassin du Gard; elle est au Sud de Bessèges et au S. E. de Molières. On a pensé longtemps que ce gisement et celui de Molière se trouvaient sur le même horizon géologique. M. Grand'Eury prétend que Molières est le même gisement que Bessèges, et comme Salles est à 800 mètres au-dessus de Bessèges, il en résulterait que Montalet serait aussi à 800 mètres au-dessus de Molières; M. Marsanut est en train de vérifier cette hypothèse par un travers-banc au S. E. de ses travaux.

Le puits de Gagère est le plus profond du bassin et il sert à exploiter la concession de Salles et Montalet au point le plus bas. Il a été placé dans la partie stérile comprise entre deux grandes failles de plongée Sud à peu près égales; il a atteint la profondeur de 660 mètres, et c'est par lui qu'on a attaqué à 600 mètres un travers-banc qui, après avoir franchi la grande faille qui sépare les deux parties utiles, est entré dans le terrain où les couches de Salles et de Bessèges doivent être rencontrées. C'est là que sont toutes les espérances d'avenir de la Compagnie.

Ce travail d'exploration, qui a une longueur de près de 400 mètres, a été exécuté à l'air comprimé à raison de 2 m. 30 à 2 m. 50 par jour. Il existe encore deux autres puits, l'un au Nord dit « Lavernède », qui sert à l'épuisement, et le siège d'extraction qui est le puits du Viaduc.

Ce dernier a traversé une petite épaisseur de la formation liasique; une faille amène de ce même côté le trias et l'infra-lias au niveau du terrain houiller.

Par ce puits du Viaduc, qui a 359 mètres de profondeur, on a exploré le gisement par trois niveaux; le plus bas est à 337 mètres. Ils sont venus buter successivement contre la faille au delà de laquelle on traverse le trias; en face du travers-banc inférieur, se trouve l'infra-lias, la dolomie et, au-dessus du sol de la vallée, le lias supérieur.

Ce puits du Viaduc produit 75,000 tonnes.

Les mines de Cessous et Comberedonde appartenant aussi à la Compagnie de Mokta el Hadid exploitent deux concessions; la première, celle de Cessous et Trébiau, est établie sur la partie du terrain houiller relevé par deux failles inverses et presque verticales : la faille N. E. a rejeté la couche de Champclauson de 250 mètres, celle N. O. ou du Terreau a remonté la couche de Portes (gisement de Saint-Augustin) de 150 mètres de hauteur. De ce côté on pénètre dans la seconde concession qui est celle de Comberedonde. Cessous au Nord est le point le plus relevé, ce qui est naturel puisqu'il est plus rapproché des micaschistes. C'est là que se trouvent les puits n° 1 et n° 2. Au Sud de la grande faille et au pied de la colline est le puits n° 3.

Le grand puits de la Serre est placé entre les deux failles principales; il exploite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la couche Chauvel et exploitera plus tard la couche Champclauson qui a 3 et 4 mètres de puissance et qu'il rencontrera à 400 mètres de profondeur.

Les autres couches ne sont pas exploitées. Plus au Sud, est le puits Auzonet qui a pénétré dans des parties assez régulières. Non loin de lui vers le Sud sont les couches renversées.

Enfin, au delà de la partie plissée et renversée, se trouve le puits d'aérage à l'orifice duquel est un guibal.

Une grande galerie, prise à 144 mètres au-dessus du niveau de l'orifice du puits de la Serre, a 3 kilomètres de longueur; elle aboutit à Cornes dans la vallée pour rejoindre le chemin de fer qui dessert Portes. Au delà le charbon peut prendre la grande voie de Portes à Chamborigaud.

Les sièges d'extraction sont les puits de la Serre et n° 3, ce dernier est l'angle N. E. de la concession de Comberedonde.

L'ensemble de ces mines produit de 100,000 à 110,000 tonnes de charbon maigre et mi-gras par an; ce dernier est bon pour les chaudières à vapeur.

Grand'Combe. — Les concessions des mines de la Grand'Combe sont situées dans l'arrondissement d'Alais et occupent une superficie d'environ 9,000 hectares; elles sont desservies par six embranchements ou stations des chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée.

L'altitude des vallées est de 200 mètres au-dessus du niveau de la mer et les montagnes qui les dominent ont jusqu'à 400 mètres de hauteur.

Plus de 1,500 hectares sont couverts de forêts de pins maritimes semés par la Compagnie des mines; ces forêts, dont les plus anciennes remontent à quarante ans, fournissent annuellement 100,000 mètres de bois de mines.

Les exploitations principales ont lieu, d'une part, dans le massif de la Grand' Beaume, sur la rive droite du ravin de la Grand'Combe, d'autre part, dans le massif de la Montagne-Sainte-Barbe, sur la rive gauche de ce même ravin.

Le ravin de la Grand'Combe suit une faille qui sépare les deux formations qui sont absolument différentes. On considérait généralement celle de la Montagne-Sainte-Barbe comme supérieure à celle de la Grand'Beaume. M. Zeiller, en s'appuyant sur le caractère paléontologique, soutenait que l'étage de la Montagne-Sainte-Barbe était d'une formation plus ancienne que celle de l'étage de la Grand'Beaume, et en juillet 1881 un sondage fut entrepris sur la rive droite du Ricard dans le but de rechercher les couches de la Montagne-Sainte-Barbe, en dessous de celles de la Grand'Beaume; en avril 1882 le sondage avait atteint 400 mètres sans résultat.

M. Grand'Eury, chargé de continuer dans le bassin du Gard le travail commencé par M. Zeiller, avait reconnu entre temps dans le bassin de Bessèges l'existence d'une partie stérile de 600 mètres entre ces deux étages. Sur ses indications le sondage fut repris en février 1884, et en mars 1885 le charbon fut rencontré à 732 mètres de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

profondeur sur 12 mètres de puissance. Les schistes talqueux dans lesquels le sondage a été arrêté étaient toujours de même nature et rien ne fait supposer qu'il n'existe pas d'autres couches au-dessous. La couche recoupée appartiendrait à la Montagne-Sainte-Barbe, mais est probablement supérieure à celles exploitées dans cet étage, avec lesquelles elle ne peut s'identifier. Cette découverte, due aux prévisions de la science paléontologique, a doublé la richesse de la concession de la Grand'Combe, comme le montre la carte géologique exposée par cette Compagnie.

La très belle carte établie par M. Platton, géomètre à la Grand'Combe, comprend la géologie de tout ce district ainsi que les travaux souterrains qui ont été exécutés par la Compagnie dans ses différentes concessions. Elles mentionnent les belles études que M. Grand'Eury a faites sur cette partie du bassin et la grande découverte de houille qui en a été le résultat pratique, en même temps que le classement des couches qui semble être adopté actuellement.

Portes et Sénéchas. — Cette Compagnie exploite une concession de 920 hectares placée à l'extrémité Nord du bassin du Gard; elle est comprise entre les concessions de Tavernolles à l'Ouest, de Cessous et Trébiau à l'Est, de la Grand'Combe au Sud.

Un embranchement de 3 kilomètres 1/2 la relie à la gare de Chamborigaud, ligne de Clermont à Nîmes. Dix couches sont exploitées dans la partie Nord; à l'Est, les couches semblent être la continuation du groupe de Champclauson, appartenant à la Grand' Combe, d'après M. Grand'Eury. L'épaisseur de ces couches varie de 0 m. 50 à 2 m. 20; elles renferment 14 à 20 p. 100 de matières volatiles; elles sont donc un quart grasses et demi-grasses.

Dans la partie Sud on exploite des couches de 8 à 10 p. 100 de matières volatiles; leur assimilation avec celles du Nord n'a pu encore être faite.

On exploite en tout treize couches, en tenant compte du dédoublement de la couche Saint-Augustin qui fait partie du groupe du Nord et qui serait assimilée à la couche Chauvel; leur direction est généralement N. E.-S. O.

Un grand accident, dit « faille de Champmari », divise en deux parties distinctes la concession de Portes et Sénéchas; il y a cinq sièges d'extraction dont quatre seulement fonctionnent. Les trois puits sont : celui du Nord, celui dit « Central », qui est souterrain, et celui du Sud. Ces deux derniers seuls sont exploités et produisent 140,000 à 150,000 tonnes.

Enfin, deux exploitations par galeries, Chauvel et Mas-Andrieux, produisent 6,000 à 10,000 tonnes.

L'extraction dans cette concession est déjà ancienne : elle remonte à 1851; ce n'est que vers 1867, date de la jonction de la houillère avec le chemin de fer P.-L.-M., que la production a pris une certaine importance en supprimant les plans automoteurs traditionnels qu'on y avait établis au milieu de beaucoup de difficultés, le terrain étant très mouvementé.

IMPRIMERIE NATIONALE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le centre de l'exploitation est au lieu dit *La Vernarède*, village situé au fond d'une vallée, et qui, d'une bourgade, est devenu une ville de 3,000 à 3,500 habitants qui ne vit que du travail des mines.

La production totale a été, en 1888, de 165,000 tonnes, soit 520 tonnes par jour; elle est effectuée avec 600 à 650 ouvriers.

Cette Compagnie expose un petit plan en relief fait en bois sur la partie Sud de la concession qui indique l'ordre de superposition des couches.

Ce relief présente la particularité d'avoir été fait avec des planchettes de 0 m. 01 d'épaisseur, correspondant à 10 mètres de hauteur, et est par conséquent solide.

La surface inférieure de ce relief est à la cote 115. Les couches ont été écartées les unes des autres pour montrer les travaux.

Trélys. — La Compagnie des mines « Fonderies et Forge d'Alais » exploite la concession des mines de Trélys qui fait partie du bassin houiller du Gard et qui date de 1828. Jusqu'en 1855 l'extraction a été très faible : elle n'était à cette dernière date que de 455 tonnes par an; elle a atteint son maximum en 1881, soit 240,000 tonnes. Aujourd'hui, par suite de la faiblesse de la demande, l'extraction est descendue à 150,000 tonnes.

De 1855 à 1875 on a exploité uniquement toute la partie dite « de Rochesadoule » ou des charbons gras.

En 1882, la compagnie de Trélys ayant été reliée à la gare du Martinet, sur la ligne Martinet-Tarascon du P.-L.-M., on a pu créer un deuxième centre d'exploitation à Lavalette, qui envoie son charbon à la gare du P.-L.-M., laquelle fait toutes les expéditions. Là, le puits de l'Arboussais a été installé et déjà trois niveaux sont en exploitation.

Le terrain houiller qui affleure au jour est très relevé, il repose sur le terrain primitif et est recouvert par le trias sur lequel est placé le terrain jurassique; les deux centres d'exploitation sont situés sur ce relèvement.

Vingt couches divisées en trois faisceaux se rencontrent dans cette concession :

1° Celui des couches grasses, 24 à 30 p. 100 de matières volatiles, dont le charbon est employé à la fabrication du coke, à Tamaris, dans des fours Carvès à récupération des sous-produits; ce charbon renferme de 8 à 28 p. 100 de cendres à l'état brut et, lavé, de 8 à 12 p. 100;

2° Le faisceau moyen ou demi gras, de 18 à 22 p. 100 de matières volatiles;

3° Enfin le faisceau intérieur maigre contenant de 17 à 18 p. 100 de matières volatiles.

Rochebelle. — Cette Compagnie exploite la concession de Rochebelle et Cendras d'une superficie de 3,118 hectares et occupe la partie Sud du bassin d'Alais; elle est, comme étendue, au deuxième rang d'importance dans le bassin houiller du Gard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le terrain houiller, qui existe à peu près sur toute son étendue, est presque partout recouvert par le trias et il n'affleure que sur une bande étroite d'environ 3 kilomètres de longueur vers la limite S. E. de la concession, où il se trouve relevé par des soulèvements de grande amplitude; il présente des plissements multiples sillonnés de failles et d'accidents géologiques qui rendent les recherches très difficiles.

Le gisement houiller s'appuie sur les micaschistes à l'Ouest et à l'Est; il est limité par une grande faille à peu près Nord-Sud. Au-dessus d'Alais il est relevé par le terrain primitif, et au Nord il semble s'enfoncer sous les formations supérieures pour se relier avec le terrain houiller de Bessèges, la Grand'Combe, etc.

Comprimé entre la grande faille Nord-Sud et le terrain primitif à l'Ouest, il semble avoir subi des perturbations considérables en direction et transversalement.

Ce sont ces perturbations qui ont amené au jour le terrain houiller en deux points : celui de *Bois-Commun*, qui fournit de l'anthracite à 9 p. 100 de matières volatiles et qui est exploité aujourd'hui à cause de sa situation isolée, et celui de *Rochebelle*, centre principal qui produit du charbon à 16 ou 17 p. 100 de matières volatiles.

L'ancienne Compagnie de Rochebelle avait creusé à vide, à Malbosc, et au milieu de difficultés d'eau énormes, un puits cuvelé par segments en fonte sur une longueur de 130 mètres, continué ensuite par le procédé Kind-Chaudron et par un sondage qui a reconnu sous le trias la présence de plusieurs couches de bonne qualité.

Différentes recherches ont été faites par le puits de Rochebelle pour trouver de nouvelles ressources.

La concession de Rochebelle est divisée en quatre groupes :

Le groupe de *Bois-Commun* où on exploite huit couches de charbons maigres et représentant une puissance de 15 à 18 mètres.

Le groupe de *Rochebelle et Cendras*, le plus important de la concession, renferme huit à dix couches exploitables représentant 18 à 20 mètres de houille de nature un peu friable, mais de qualité supérieure pour la fabrication des agglomérés.

Le groupe de *Fontanes* comprenant un faisceau important de couches géologiquement inférieures à celles du groupe précédent et dans lequel on a reconnu quinze couches qui représentent une puissance de 20 à 25 mètres de houille demi-grasse dans les étages supérieurs, maigre et anthraciteuse dans les niveaux inférieurs.

Enfin le groupe de Malbosc dans lequel les recherches ci-dessus décrites ont été faites. La production annuelle a été, en 1888, de 165,000 tonnes.

BASSIN DU TARN.

Carmaux. — Cette Compagnie expose deux coupes géologiques : la première donne la stratification du bassin sur une étendue de 4 kilomètres Nord-Sud; la deuxième résume les renseignements recueillis dans le fonçage du puits de la Tronquié.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette première coupe est caractérisée par le très grand nombre de failles qu'on y observe, failles qui sont nettes et sans remplissage.

Les rejets sont peu importants relativement et ne descendent pas sensiblement les couches dans leur ensemble.

A Carmaux, l'espace compris entre deux failles consécutives porte le nom de *manche.*

Les couches sont au nombre de neuf, mais ne sont pas toutes exploitées; leur épaisseur varie entre 1 m. 60 et 14 mètres, leur composition est à peu près uniforme, quand on ne tient pas compte de la quantité de cendres; c'est du charbon gras, à courte flamme, qui donne :

Coke	71.42 à 70.60
Matières volatiles	25.50 à 24.10
Cendres	3.08 à 5.30

Le charbon très cendreux porte dans le pays le nom de *maigre;* à Carmaux, il existe deux sièges d'exploitation et un troisième, dit « de la Tronquié », entièrement préparé.

Société minière du Tarn. — C'est à MM. E. Grand et Gustave Petitjean, ingénieurs civils des mines, que l'on doit la découverte du prolongement du bassin de Carmaux qu'ils ont recherché sous le terrain tertiaire des environs d'Albi, malgré un certain nombre de sondages faits très anciennement par un ingénieur au corps des mines et malgré deux autres trous négatifs exécutés aux extrémités Sud de la concession de Carmaux par cette compagnie.

Le sondage de Camp-Grand a été placé à peu près à égale distance des deux sondages négatifs faits par cette dernière compagnie.

Après avoir traversé 153 mètres de tertiaire la sonde entra dans le terrain houiller; ce sondage a été exécuté par MM. Edouard Lippmann et C^ie^; il ne s'est pas effectué sans beaucoup de difficultés.

A 183 m. 75 une première couche fut trouvée et traversée, son épaisseur était de 1 m. 75. On traversa successivement : à 186 m. 80 une deuxième couche de 0 m. 55; à 225 m. 30 une troisième couche de 5 m. 85; à 265 m. 25 une quatrième couche de 14 m. 50; à 282 mètres une cinquième couche de 2 mètres; à 312 mètres une sixième couche de 4 mètres, soit au total 28 m. 65 de houille de bonne qualité pour 170 mètres de terrain traversé, soit 14.1 p. 100 du terrain houiller percé.

En même temps que le sondage de Camp-Grand se continuait, la Société cherchait à délimiter le terrain houiller par les sondages de Saint-Quentin, de la Maurclié, de Bois-Grand.

Ces travaux permirent à la Société minière du Tarn d'obtenir du Gouvernement la concession dite « d'Albi », de 3,560 hectares, par décret présidentiel du 26 octobre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1886 ; cette concession est limitée au Sud par une ligne Est-Ouest passant par le clocher de la cathédrale d'Albi.

Le 28 novembre 1887 on commença à foncer un puits de 3 m. 10 de diamètre intérieur sur le sondage de Camp-Grand, et le 15 juin 1889 la première couche était traversée. Le 15 septembre on atteignait la belle couche de 6 mètres de puissance. Le fonçage de ce puits n'a pas présenté de difficultés sérieuses et on n'a eu à traverser que trois petites nappes de sables aquifères intercalées dans le terrain tertiaire.

La houille est flambante et propre à la fabrication du gaz et du coke ; essayée dans un four Coppée, elle a donné un rendement en coke de 69.70 p. 100.

Des incinérations successives ont donné comme matières volatiles :

1re couche de	1m 75	34.00 p. 100	
2e — de	0m 55	31.60	—
3e — de	6m 00	30.90	—
4e — de	14m 50	30.25	—

La teneur moyenne en cendres varie de 7 à 10 p. 100.

HOUILLÈRES BELGES.

BASSIN DU HAINAUT.

Société anonyme des charbonnages de Mariemont et Société charbonnière de Bascoup (Belgique). — Ces Sociétés ont réuni dans un pavillon spécial toutes les parties de leur importante installation pouvant intéresser l'art de l'ingénieur des mines.

Elles ont exposé :

1° Une reproduction au dixième du siège d'extraction de la fosse n° 5 de la Société de Bascoup, à Trazegnies, avec épuisement, machine à descendre, ventilateurs, chauffoirs, lavoirs, bains, bureaux, etc., avec un atelier de triage (fonctionnant à cinq classements), et avec un lavoir à charbon ;

2° Un plan en relief au $\frac{1}{1000}$ des concessions ;

3° Des dessins, diagrammes, tableaux, photographies, brochures, etc., relatifs aux installations des deux sociétés et à leurs institutions ouvrières ;

4° Des échantillons de produits bruts ou triés, charbons spéciaux pour générateur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à vapeur, locomotives, charbons pour foyers domestiques, combustibles divers, bruts ou lavés;

5° Des agglomérés de houille.

Historique. — L'extraction de la houille sur cette partie du territoire belge est très ancienne; elle date en effet de la fin du XIV^e^ siècle.

Au XVIII^e^ siècle, le voisinage de l'habitation du prince Charles de Lorraine lui avait donné une nouvelle activité.

Origine de la Société. — En 1794, après la conquête de la Belgique par la France, le Comité de salut public créa la concession du Parc de Mariemont, commune de Morlanwelz.

A la suite de diverses acquisitions autorisées par arrêté royal du 11 février 1886, les concessions formant un ensemble de 1,663 hectares et demi constituèrent la propriété définitive de la Société de Mariemont.

Le charbonnage de Bascoup fut concédé à la Société, d'abord par l'empereur Napoléon, puis devint définitivement sa propriété le 20 avril 1861.

Ces concessions occupent la partie orientale du bassin du centre du Hainaut; elles comportent une étendue totale de 4,073 hectares, dont 1,663 pour Mariemont et 2,410 pour Bascoup. Le terrain houiller est recouvert de morts-terrains assez puissants et si difficiles qu'il a fallu, dans le groupe de Mariemont spécialement, appliquer le procédé de foncement dit *à niveau plein* ou de Kind-Chaudron. A Trazegnies, la pénétration des colonnes enfouies dans le terrain houiller a eu lieu sous une charge de 650,000 kilogrammes.

Position des couches exploitées. — L'exploitation porte sur les couches du comble Nord. Leur puissance varie de 0 m. 35 à 1 m. 70.

Les charbons qu'elles fournissent ont une réputation toute spéciale pour les foyers domestiques et les générateurs à vapeur. Leur teneur en matières volatiles varie de 13 à 18 p. 100 et la quantité de cendres après triage et lavage est de 4 à 10 p. 100.

Extraction. — Les groupes de Mariemont et de Bascoup font ensemble 1,200,000 tonnes par an.

Groupe de Mariemont. — L'extraction y est pratiquée par sept sièges faisant 500,000 tonnes, soit 1,700 à 1,760 tonnes par jour avec un maximum de 470 tonnes et un minimum de 130 tonnes par fosse. Elle peut porter sur 25 veines.

Traînage mécanique. — Un traînage mécanique par chaîne flottante réunit les sièges Saint-Arthur, la Réunion, Abel, Sainte-Henriette, l'Étoile et le Placard à un atelier de criblage central. Ce transport a nécessité plus de 6,500 mètres de voie et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'exécution de divers ouvrages d'art, tels que tunnels de 72 et de 107 mètres de longueur et un pont de 106 mètres de longueur avec deux travées suspendues et deux travées fixes.

Épuisement. — C'est le puits de la Réunion muni d'un appareil d'exhaure qui concentre les eaux de tous les autres, sauf celui de Saint-Éloi où l'on épuise avec des caisses à eau.

Groupe de Bascoup. — Le groupe de Bascoup comprend la fosse n° 5, dont tous les appareils sont représentés par des modèles au 1/10.

Quatre sièges y produisent facilement 2,100 à 2,200 tonnes par jour.

On les nomme: Sainte-Catherine, puits n° 3, n° 4 et n° 5; ce dernier est situé à Trazegnies.

L'outillage du puits n° 5, dont les richesses sont considérables, lui permet d'atteindre le chiffre de production de 1,000 à 1,200 tonnes. On a pu lui faire extraire, en un jour, 2,200 tonnes.

Les veines exploitées par ces quatre puits sont au nombre de 16, dont l'épaisseur utile varie de 0 m. 40 à 1 m. 25.

A Bascoup, comme à Mariemont, on exploite par tailles costeresses ou tailles montantes.

Siège n° 5 à Trazegnies. — La machine dont le modèle au 1/10 est exposé est verticale, à deux cylindres avec détente Guinotte. Elle monte des cages à quatre berlines placées deux à deux sur un plancher dans un puits qui a 4 m. 25 de diamètre intérieur. Le guidage est composé de rails Vignole en fer, d'après le système de M. Alphonse Briart. Les traverses sont des poutrelles ⌶ dans lesquelles les rails-guides sont encastrés.

On remarque encore le puits destiné à la descente des ouvriers et à l'épuisement des eaux. Il a aussi 4 m. 25 de diamètre.

Celui destiné à l'aérage n'a que 3 mètres de diamètre.

Comme on le voit, ce siège comprend trois puits.

Le bâtiment qui comprend toutes les machines nécessaires au siège n° 5 est considérable. En effet, il renferme deux machines d'épuisement rotatives à volants et à grande détente système Guinotte; une warocquère rotative, modifiée par le même ingénieur, pour descendre et monter les hommes; deux ventilateurs Guibal; deux pompes d'alimentation des chaudières; un cabestan à vapeur, avec châssis à molettes, destiné à la visite de la warocquère et des pompes.

Pompes. — Les machines rotatives qui manœuvrent les pompes ne sont munies que d'un seul cylindre à vapeur. Elles sont au nombre de deux, et chacune d'elle élève

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un demi-mètre cube par coup, ce qui fait, à raison de 10 coups par minute, 5 mètres cubes. Avec leur concours, on peut donc élever $2 \times 5 = 10$ mètres cubes par minute.

On commence à installer aussi sur une large échelle les pompes souterraines auxquelles la vapeur est envoyée du jour. Elles sont à rotation, à détente variable et à condensateur.

Appareil à descendre les ouvriers dans les travaux ou warocquère. — Il sera décrit dans la Section du matériel.

Traînage mécanique. — Le traînage mécanique est actuellement pratiqué au fond sur une large échelle.

Le traînage souterrain des deux sociétés a plus de 7 kilomètres de parcours. La force motrice est ou la gravité, ou provient de machines intérieures plus ou moins puissantes, alimentées soit par de la vapeur prise sur les chaudières du jour ou du fond, quand ces dernières existent, par exemple, à l'usage spécial de quelques pompes souterraines.

Aérage. — Deux ventilateurs Guibal, symétriquement placés par rapport à l'axe transversal de l'installation générale, servent à envoyer l'air dans les travaux de la fosse n° 5. Ils ont comme tous ceux des autres fosses 9 mètres de diamètre et 2 mètres de largeur. La Société a adopté, en principe, deux ventilateurs pour une même fosse afin de parer à toute éventualité.

Des appareils enregistreurs donnent les graphiques des dépressions et servent de contrôle de régularité de marche.

Le clapet Alph. Briart ou d'aérage rend aussi de grands services. Il permet, comme on le sait, de faire servir le puits d'extraction comme puits de retour d'air.

Boisage. — Dans les travaux souterrains, on emploie beaucoup de fer pour remplacer les cadres de boisage. On obtient, pour certains points, des économies d'entretien. On fait usage de traverses en fer pour les voies étroites et de planchettes de taille, en fer, etc.

Salle de bains. — Dans le bâtiment contigu au puits de la warocquère et à côté des chauffoirs, sont disposées des salles de bains, où les ouvriers se rendent après la sortie du poste. Là, ils changent leur costume de mine pour leur costume ordinaire.

Chaque cabine de bain est alimentée par un robinet d'eau chaude et d'eau froide. Un autre, dit *de vidange*, sert à évacuer les eaux sales à l'extérieur.

Institutions ouvrières. — Ces grandes Compagnies ont cherché à développer le plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

possible toutes les institutions relatives au bien-être de leur population ouvrière et de leurs employés; elles ont été appréciées, sans doute, par le jury de l'Économie sociale.

Nous ne ferons ici que les citer :

Caisse de prévoyance ;

Caisses particulières de secours ;

Service sanitaire ;

Caisse de pensions des employés ;

Pensions des porions, gailleteurs, chefs de brigade, chefs machinistes et vieux ouvriers ;

Sociétés de secours mutuels ;

Sociétés coopératives de consommation ;

Sociétés d'épargne ;

Maisons ouvrières ;

Écoles ordinaires et industrielles ;

Société d'instruction populaire, chambres d'explications, etc.

Ces Sociétés, outre les différents modèles indiqués, ont exposé encore un plan en relief au $\frac{1}{1000}$ de leurs concessions.

Ce relief remarquable indique clairement la disposition de tous les sièges d'extractions et établissements divers qui appartiennent aux compagnies, de même que le réseau de traînage mécanique par chaîne flottante, adopté pour amener les chariots de mine d'un point à un autre.

A côté des voies de traînage se trouvent les lignes télégraphique et téléphonique qui relient tous les établissements avec les bureaux de l'Administration.

Ce réseau de voies ferrées, qui relie les divers sièges d'extractions aux ateliers de criblage et de triage centraux, pénètre jusque dans les magasins, les ateliers de réparations et les chantiers de bois.

Le plan montre les nombreuses difficultés qu'on a eu à surmonter et les travaux d'art qu'il a fallu exécuter pour établir ce réseau dans un pays où le sol est assez tourmenté, et où circulent de grandes voies ferrées.

Ce mode de transport par chaîne semble avoir été généralisé, puisqu'il a été relié avec celui qui a été établi souterrainement. La relation ou liaison a lieu par l'intermédiaire des machines d'extraction. On peut donc dire qu'une berline peut partir de la taille la plus reculée et arriver à l'atelier de criblage, sans quitter la chaîne flottante que pour le trajet vertical dans le puits.

Le réseau du jour comprend 9,150 mètres de voie double et celui du fond 2,300 mètres, soit ensemble 11,450 mètres au moins.

Société des charbonnages de Noël-Sart-Culpart, à Gilly, près Charleroi. — Cette Société a exposé :

1° Un plan de la concession de Noël-Sart-Culpart, à l'échelle de $\frac{1}{2000}$, et une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coupe verticale indiquant les couches exploitées de ce gisement dont la régularité semble être très grande et d'une épaisseur de 0 m. 40 à 0 m. 90;

2° Un plan général de l'installation du puits Saint-Xavier;

3° Un dessin, genre gouache, comprenant la vue perspective de ce même puits, et par conséquent toutes ses installations;

4° Enfin, à l'échelle de $\frac{1}{5}$, un plan important, qui indique année par année toutes les additions faites aux installations du jour depuis 1859.

La superficie de la concession est de 2,094 hectares et a été constituée par la réunion de trois charbonnages et, par conséquent, de trois sociétés: Sart-Culpart, Noël et Veine-au-Clou.

La Société Noël a été réunie à Sart-Culpart, le 31 décembre 1809, et à Veine-au-Clou, le 31 mai 1835. C'est alors que la Société civile a été constituée sous la dénomination de «Noël-Sart-Culpart».

L'exploitation a été commencée en 1864, et, en 1875, la Société a pris la forme anonyme.

Son siège de Saint-Xavier est muni d'une puissante machine d'extraction, d'un ventilateur, d'une puissante machine d'exhaure et d'une batterie de chaudières de Naeyer.

Les veines exploitées par ce siège sont au nombre de dix, assez fortement inclinées.

Compagnie des charbonnages de Boubier à Châtelet, près Charleroi. — L'exposition de cette Compagnie se compose surtout de ses produits, classés dans des appareils de criblage et de triage.

Le gisement que cette Compagnie exploite a des richesses assez importantes.

La concession s'étend sur les communes de Châtelet et de Bouffioux. Elle est limitée au Nord par la Sambre, à l'Ouest par les charbonnages de Marcinelle et des Festiaux; au Sud par les calcaires, et à l'Est par les houillères d'Ormont et du Carabinier.

L'extraction actuelle se fait par deux sièges produisant ensemble 200,000 tonnes, quantité pouvant être facilement portée à 300,000 tonnes.

Les charbons sont de qualité dite *trois quarts gras*, 16 à 17 p. 100 de matière volatiles.

L'inclinaison des couches a lieu vers le Sud, sous un angle de 20 à 30 degrés et, vers le Nord, sous un angle de 30 à 70 degrés.

Les dressants ont peu d'importance.

La partie Sud de la concession paraît assez dérangée par suite de la poussée des calcaires, mais celle du Nord est, au contraire, très régulière.

L'exploitation a lieu à la profondeur de 500 mètres; un puits de reconnaissance a été creusé jusqu'à 740 mètres où il a rencontré la dernière couche touchée, et exploitée même par l'un des puits en activité. Plus tard, le puits de 740 mètres fut poussé jusqu'à 800 mètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une exploration a lieu, en ce moment, en descendant dans la couche au moyen d'un treuil à air comprimé qui dessert déjà une longueur de 150 mètres.

Les machines d'extraction sont très puissantes : elles peuvent suffire à une extraction de 1,000 tonnes de charbon, en dix heures, à la profondeur de 600 mètres, et sont à détente variable.

Aérage. — Trois ventilateurs assurent l'aérage de cette mine très grisouteuse : 2 ventilateurs Guibal, de 7 m. 50 de diamètre, et un Lambert de 8 mètres, pour secours ou moyens d'accroissement d'aérage dans certains cas.

Air comprimé. — Une machine du système Hanarte, produisant l'air comprimé à 5 atmosphères, alimente 8 treuils intérieurs et différents appareils d'aérage pour cas spéciaux.

Criblage et triage. — Tous les charbons, à la sortie du puits, sont amenés à un criblage et triage central, au moyen d'une chaîne sans fin pour le puits n° 1, et d'une petite locomotive pour le puits n° 2. Ils sont criblés, triés et lavés au moyen des appareils les plus perfectionnés.

Éclairage. — L'éclairage des installations au jour a lieu à l'électricité, par deux groupes : un établi par la Compagnie Edison ; l'autre d'après le système Dulait et exécuté par la Compagnie de ce nom.

Société civile des charbonnages d'Aiseau-Presles, à Farciennes. — Cette Société a son charbonnage situé près de Charleroi ; la concession a une étendue de 685 hectares.

Elle produit 600 tonnes de charbon par jour, quantité qui pourrait être augmentée facilement et portée à 800 tonnes.

Trois qualités y sont exploitées : le mi-gras, à 14 ou 15 p. 100 de matières volatiles ; le quart gras et l'anthraciteur à 8 ou 9 p. 100 de matières volatiles.

Toutes ces sortes sont très pures.

La Société comprend deux sièges : Tergnée et Roselies.

1° *Siège de Tergnée.* Aérage. — Un ventilateur Guibal et un aspirateur Kœrting, avec un autre ventilateur de secours, servent à aspirer l'air qui passe dans les travaux.

Air comprimé. — Une machine à deux cylindres, pour comprimer l'air, construite par la Société Cockerill, sert à l'alimentation de petits ventilateurs intérieurs et des treuils.

Épuisement. — Une pompe souterraine, élévatoire, relevant l'eau d'un seul jet à 440 mètres de hauteur, a été la première installée à une profondeur semblable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Transport sur câbles aériens. — Le nouveau siège dit « de Roselies », situé à 2,200 mètres de celui de Tergnée, et à 21 mètres plus haut, ne pouvait embarquer ses charbons; de plus, l'installation du criblage de ce dernier siège étant suffisante pour deux puits, il a fallu rechercher le meilleur moyen de relier le siège de Roselies avec le criblage de Tergnée et le rivage d'embarquement pour pouvoir ramener à Roselies les menus produits au criblage de Tergnée. Ces menus sont mis en dépôt au moyen de culbuteurs et de ponts mobiles.

Après mûres réflexions, on s'est arrêté à un transport sur câble porteur; seulement on a imposé au constructeur l'obligation de transporter les wagonnets tels qu'ils sortent de la fosse, sans tranvasement aucun.

Les wagonnets, à la sortie du puits, sont pris par la suspension; donc pas de terrain à acheter, pas de travaux d'art coûteux à établir, et le transport se fait dans les conditions les plus économiques, d'après M. Hénin, directeur du charbonnage d'Aiseau-Presles.

Une force de 25 chevaux est transmise par un long arbre de couche passant sous le sol à la poulie du transport aérien. Cette force est appliquée la nuit à l'éclairage électrique, et l'arbre de couche commande en outre par câbles le ventilateur Guibal.

Le transport à charge devant se faire dans les deux sens, les câbles ont un diamètre uniforme de 0 m. 033 pour soutenir, sur une portée de 40 mètres, un wagonnet de mine de 250 kilogrammes, chargé de 500 kilogrammes.

La ligne est supportée par 50 poteaux métalliques; elle est calculée pour débiter 800 tonnes en douze heures à la vitesse de 1 m. 50 par seconde.

On a vu que les menus produits au grand criblage de Tergnée étaient ramenés par le câble aérien à Roselies pour y être mis en magasin.

2° *Siège de Roselies*. Épuisement. — Là, aussi, on épuise par pompe souterraine. Une machine intérieure, à deux cylindres, est établie à 206 mètres de profondeur. Elle débite 140 mètres cubes à l'heure, à la vitesse de 50 coups doubles par minute.

Extraction. — Les installations d'extraction qui présentent certains caractères de nouveauté seront décrites dans la section du matériel.

Installations accessoires. — Un hôtel, destiné à recevoir les ouvriers de la Compagnie, est organisé, suivant les nouveaux procédés, avec une cuisine du système à vapeur de M. Becker, de Berlin. La température dans l'appareil, pendant la durée de la cuisson, est de 90 degrés. Cette cuisson a lieu, sans aucune addition de graisse, et le pouvoir nutritif de la viande semble être augmenté de 25 à 30 p. 100.

Éclairage. — Cinq gros foyers Gramme, un Jaspar, et 60 lampes à incandescence,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

constituent les appareils d'éclairage électrique des ateliers de criblage et de triage au jour. Le courant est produit au siège de Roselies, et conduit par des câbles aériens à Tergnée.

Société charbonnière du Petit-Try, Trois-Sillons, Sainte-Marie et Défoncement réunis à Lambusart. — Cette Société a exposé des dessins pouvant permettre d'avoir une idée de son importance.

La concession qu'exploite cette Société est de 441 hect. 1577.

Reconstituée en 1852, elle créa le grand siège d'exploitation appelé « Sainte-Marie » qui fut mis en activité en 1876.

Un plan panoramique avec cités ouvrières et un plan de détail des installations de la fosse Sainte-Marie montrent l'importance de ce siège.

Il comprend deux puits qui ont 3 m. 25 de diamètre intérieur et jumeaux. L'un sert à l'extraction, l'autre à l'aérage.

Ils ont 301 mètres de profondeur et sont munis de machines horizontales capables d'extraire de 400 mètres un poids utile de 2,000 kilogrammes en une minute un tiers.

Les cages sont à 4 étages, à raison d'une berline par étage, et elles sont munies du parachute Libotte.

Aérage. — Un ventilateur Lambert de 8 mètres de diamètre et 1 m. 50 de largeur déprime l'air à 0 m. 070 d'eau pour une vitesse de 100 tours par seconde. Il donne dans ces conditions 25 mètres cubes d'air dans ce même temps.

Épuisement. — Cette mine présente ce fait particulier : c'est qu'une grande galerie d'écoulement qui traverse la concession du Nord au Sud sur 2,500 mètres de longueur recueille toutes les eaux sur 68 mètres de hauteur pour les déverser dans la Sambre.

Celles qui arrivent au-dessous sont réunies à 300 mètres et refoulées d'un seul jet par des pompes installées à 12 mètres au-dessus de cette cote.

La vapeur est envoyée de la surface. Ces pompes peuvent élever 50 mètres cubes à l'heure pour 50 tours de machine par minute.

Production. — Cette Société extrait 400 à 420 tonnes par jour.

Le charbon, qui est maigre et convient très bien aux usages qui réclament beaucoup de calorique et peu de fumée, est criblé et livré à la grosseur de 6 à 120 millimètres. Au-dessous de 6 millimètres, c'est le poussier.

Éclairage électrique.—Toutes les machines, les bureaux et les ateliers de la surface sont éclairés à la lumière électrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BASSIN DE LIÈGE.

La *Société anonyme des charbonnages de Marihaye* est l'une des plus importantes du bassin de Liège.

Elle exploite une concession de 1,661 hectares et a toutes les qualités de charbon que ce district minier fournit.

Production. — Cette Société produit annuellement, par cinq sièges d'extraction, 423,000 tonnes avec 2,300 ouvriers, soit 183 tonnes par ouvrier et par an en admettant 300 jours de travail.

Au point de vue des débouchés, la Meuse et les deux chemins de fer qui suivent ses rives la mettent dans une situation privilégiée.

Tous les sièges dont quelques-uns comprennent trois puits sont puissamment armés, tant au point de vue de l'extraction que de l'aérage, de l'exhaure ou de l'air comprimé.

Aérage. — L'aérage est produit par des ventilateurs Fabry; l'exhaure par des machines à traction directe ou rotatives, et l'air comprimé par des compresseurs Dubois et François.

Quelques-unes des machines d'extraction sont munies de la détente Audemard-Kraft.

Comme ateliers accessoires, il existe à la fosse de la Vieille Marihaye, ainsi qu'à la Nouvelle, une fabrication de coke considérable, capable d'en produire 250 tonnes par jour, le rendement de la houille étant de 70 p. 100. Le nombre de fours est de 148.

Précautions contre le grisou. — Comme partie principale de l'exposition de Marihaye, on remarque une perforatrice dite *bosseyeuse*, appliquée sur une large échelle dans les travaux intérieurs de la Compagnie.

C'est à la suite d'un coup de grisou en 1875 que M. Dubois père, directeur de Marihaye, a voulu supprimer complètement le tirage à la poudre dans ses travaux.

Une circulaire du 7 octobre 1882, adressée par le Ministre des travaux publics, est venue plus tard corroborer l'opportunité d'entrer de plus en plus dans cette voie, puisque, en Belgique, durant les trois dernières années, sur 23 cas d'inflammation de grisou, 18, soit 78 p. 100, ont été déterminés par l'emploi de la poudre.

La Société de Marihaye pria en 1876 MM. Dubois et François de créer un appareil permettant de ne plus tirer de coup de mine dans les endroits où la présence du grisou rendrait l'opération dangereuse.

Des expériences furent de suite tentées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En persévérant, en modifiant, on est parvenu à construire l'appareil qu'on a appelé *bosseyeuse* et qui résout le problème.

On sait qu'en Belgique, agrandir les voies d'exploitation, c'est les bosseyer.

Cet appareil sera décrit dans la deuxième section : « Matériel de l'exploitation des mines ».

Société des charbonnages du Horloz. — Cette Société expose une coupe verticale du gisement qu'elle exploite.

Elle montre le terrain houiller avec les couches de charbon qu'il renferme, assez tourmenté sous la Meuse, assez régulier au contraire, entre les deux failles presque parallèles qu'on y remarque et qui plongent vers le Sud.

Au-dessus de celle qui est le plus au midi, le terrain houiller conserve sa régularité.

La Société des charbonnages du Horloz a fait creuser en 1873, dans le gravier de la Meuse, un siège d'extraction. Pour cela, on a fait descendre une tour en fonte à l'aide de l'air comprimé.

Elle a deux sièges principaux d'extraction, celui du Tilleur et de Saint-Nicolas.

Charbonnages réunis de la Concorde à Jemepes près Liège. — Cette compagnie a exposé une série de photographies représentant :

1° Deux vues de face et latérale d'une grande machine d'épuisement à rotation;

2° Un châssis à molettes du siège n° 1;

3° Une vue d'ensemble de ce siège;

4° Une machine d'extraction à deux cylindres le desservant;

5° Une vue générale du siège n° 2 comprenant l'atelier de triage, et sa machine d'extraction horizontale à deux cylindres;

6° Un dessin photographique de la gare d'expédition du triage et des magasins de dépôt;

7° Une vue du chargement des bateaux au moyen de wagons de 10 tonnes, et d'un basculeur à frein hydraulique;

8° Une vue de ce basculeur portant son wagon et au repos;

9° Une machine du ventilateur Guibal du siège n° 2;

10° Une vue de l'emmagasinement des charbons dans un cercle au moyen d'un pont tournant sur pivot au centre du cercle et roulant sur un rail courbe à la circonférence.

Charbonnage du canal de Fond-Piquette. — Le charbonnage de cette Société se trouve situé dans le bassin de Herve, séparé du bassin de Liège par la faille eifélienne qui, à Seraing, met le houiller en contact avec le dévonien. On suppose que cette faille va en s'atténuant de manière qu'entre le bassin de Herve et celui de Liège, elle amène en présence deux parties différentes du terrain houiller.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Société anonyme des charbonnages de Bonnefin, près Liège. — L'exposition de cette Société se compose :

1° De la vue des installations de ses trois sièges d'extraction ;

2° D'une coupe géologique passant par les puits d'extraction ;

3° Des types photographiques de divers groupes d'ouvriers mineurs.

Ce charbonnage est très ancien : il date de 1759.

La Compagnie actuelle le possède depuis 1854.

Il occupe actuellement 1,217 ouvriers dont 985 hommes au fond et 140 à la surface, plus 92 femmes.

C'est dans cette exploitation que fut importée pour la première fois en Belgique la lampe Davy.

Transport en dressants. — L'exploitation présente ce fait particulier que, pour obtenir le plus de gros possible, on dispose à 1 m. 50 ou 2 mètres, le long du front de taille en dressant, un chenal ou glissoire en tôles qui suit la pente de la couche ou des remblais. Le minimum de pente où ce système peut être employé est de 20 à 25 degrés.

Le piqueur jette son charbon dans le couloir et il glisse dans le wagonnet placé dans la voie de roulage, au pied de la taille.

Recoupage. — Les recoupages sont faits dans le mur des veines avec les petites perforatrices Elliott et Cantin, aussi très employées dans les houillères du Nord de la France.

Air comprimé. — On fait aussi certains travaux intérieurs au moyen de l'air comprimé produit par un compresseur Dubois et François à double effet installé au siège du Baneux.

Aérage. — Un courant d'air frais passe constamment sur le front des tailles et de fréquentes vérifications sont faites pour s'assurer de la présence du grisou.

Épuisement. — La Société de Bonnefin a des travaux qui s'étendent sous la ville de Liège et, comme ils sont très anciens et très rapprochés de la Meuse, elle a à épuiser 17 tonnes d'eau pour une tonne de charbon; cette quantité correspond à 43 p. 100 de l'eau qui tombe à la surface de la concession.

D'après M. Souheur, directeur de la Compagnie, l'exhaure aurait été ramené par des travaux exécutés depuis dix ans à ne coûter que les 58 centièmes de ce qu'il coûtait en 1879. Ces travaux de protection et de perfectionnement dans les moyens d'exhaure ont été considérables et ont coûté une somme importante. Ils ont consisté en cuvelages, en installations de pompes extérieures et intérieures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La venue d'eau a été jusqu'à 9,331 mètres cubes en vingt-quatre heures, soit de 108 litres par minute.

Le coût de l'eau est descendue à 0 fr. 0225 par mètre cube élevé à 100 mètres; aussi est-ce grâce à ce faible coût par rapport à l'ancien que la situation de la Compagnie s'est considérablement améliorée.

Salaires. — Presque tous les ouvriers sont payés à l'entreprise. Ceux qui ne le sont pas ont une tache fixée pour un salaire déterminé. La surveillance n'a d'autre but, pour ainsi dire, que la sécurité.

Société de l'Espérance et Bonne-Fortune, à Montegnée, près Liège. — Cette société expose une coupe verticale de son gisement orientée N. O.-S. E., ou suivant la ligne AB tracée sur le plan de la concession, à l'échelle de $\frac{1}{2500}$. Elle passe par les fosses Bonne-Fortune, Espérance et Saint-Nicolas.

Cette coupe indique une très grande faille plongeant au N. O.

En deçà de la faille, la fosse Bonne-Fortune est creusée dans une partie où les couches sont régulières et faiblement inclinées.

Plus au S. E. est la fosse de l'Espérance dont la tête est encore dans des veines peu dérangées; enfin, entre cette dernière et la fosse Saint-Nicolas, se trouvent une série de failles parallèles faiblement inclinées, qui tranchent les couches.

L'exploitation est limitée au Sud par la grande faille de Saint-Gilles qui semble arrêter la série des petites failles et laisser, au Midi, des couches peu inclinées et régulières; on peut donc dire que le district exploré par les trois fosses ci-dessus est compris entre deux grandes failles plongeant dans le même sens, c'est-à-dire au N. O.

La coupe signale, à la base du terrain houiller, les schistes alunifères, puis au-dessous le système condrusien de Dumont, formations dont l'existence n'est ici qu'hypothétique.

Société des charbonnages de Patience et Beaujonc, à Glain, près Liège. — Cette Compagnie a présenté une coupe générale du gisement qu'elle exploite et passant par l'axe du bure ou fosse Beaujonc.

Elle est orientée sensiblement N. O.-S. E.

Au N. O., le gisement est recouvert par une certaine épaisseur de terrains supérieurs difficiles à traverser.

Le bure Loffeld les a recoupés en partie; puis, au Sud est le puits ou bure Mamonster qui est presque tout entier dans le terrain houiller.

Au centre est placé le bure Beaujonc qui a 250 mètres de profondeur. Il n'a pas eu à traverser de terrains morts.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin au Sud-Est, le bure aux Femmes, qui à eu à recouper une certaine épaisseur de terrains supérieurs.

Ce gisement est caractérisé par six failles, plongeant vers le S. E, mais faiblement inclinées; elles laissent entre elles de belles parties de veines.

Dix-neuf couches y ont été reconnues. Celles qui sont exploitées forment un total de 13 mètres d'épaisseur de charbon.

L'étendue de la concession est de 288 hectares; elle est traversée par les chemins de fer de l'État et le Liégeois-Limbourgeois.

Le charbonnage de Patience et Beaujonc a été le premier à établir le transport aérien avec la berline sortant de la mine et, par conséquent, sans transbordement.

Cette société expose encore des photographies de lavoirs avec tours de chargement, ainsi que celles d'un puits d'extraction avec ses dépendances, enfin ses produits classés en six grosseurs.

Société des charbonnages d'Ans-lez-Liège. — Cette Société exploite du charbon maigre qui va jusqu'à l'anthracite, qualité constituée par une barre de la couche n° 5. Son exploitation est à la limite Nord du bassin houiller de Liège.

Société des charbonnages de la Grande-Bacnure, à Liège-Coronmeuse. — La Société n'expose qu'un plan et une coupe verticale du gisement.

Le plan indique la disposition générale en plateure affectée par tous les charbonnages situés au Nord du bassin.

La coupe verticale montre que la partie du terrain houiller comprise entre deux failles de plongée inverse est d'une très grande régularité.

STATISTIQUE GÉNÉRALE.

PRODUCTION DE LA FRANCE.

Chaque houillère française ou étrangère qui a figuré à l'Exposition a donné son extraction pour l'année qui a précédé 1889, ainsi que le chiffre qu'elle pourrait produire.

Beaucoup, et principalement celles du Nord, du Pas-de-Calais et du Gard, ont déclaré que leur développement n'était arrêté que par le manque de débouchés régionaux ou résultant de la concurrence étrangère.

Les chiffres ci-après ne représentent donc pas ce que l'extraction pourrait être pour les mines françaises et belges.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° Bassin du Nord.

Anzin	2,595,481 tonnes.
Arriche	725,056
Escarpelle	438,483
Douchy	335,420
Vicoigne	151,362
Fresne-Midi	113,498
Azincourt	108,415
Crespin	37,405
Total	4,505,120 tonnes.

2° Bassin du Pas-de-Calais.

Dourges	396,718 tonnes
Courrières	1,093,200
Lens et Douvrin	1,335,951
Bully-Grenay	929,038
Neux	950,772
Bruay	869,359
Mailes	609,759
Pufay	177,584
Fléchinelle	56,723
Liévin	586,842
Vendin	76,277
Meurchin	217,550
Carvin	289,122
Ostricourt	66,162
Courcelle-les-Lens	33,739
Drocourt	200,189
Total	7,888,985 tonnes.

Récapitulation.

Bassin du Nord	4,505,120 t.
Bassin du Pas-de-Calais	7,888,984
Ensemble	12,394,105

Si l'on ajoute ceux qui suivent :

Loire	3,357,817	
Gard	1,827,707	
Bourgogne et Nivernais	1,611,057 (1)	
Tarn et Aveyron	1,147,108	
Bourbonnais	988,529	
Auvergne	318,267	
Hérault	228,704	10,587,855
Vosges méridionales	202,836 (2)	
Ouest	132,226	
Creuse et Corrèze	189,423	
Alpes occidentales	145,280	
Macttes	589	
Provence et autres bassins de lignite	438,312	
On a un total de		22,981,960

(1) Dont 875,609 tonnes pour Blanzy. — (2) Ronchamp, 200,000 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La production des houillères françaises étant en 1789 de 675,000 tonnes, d'après le diagramme exposé par le Ministère des travaux publics dans son palais du jardin du Trocadéro, et, en chiffres ronds, de 23 millions de tonnes en 1889, c'est trente-quatre fois plus. On voit donc quelle extension l'extraction des mines françaises a prise dans le siècle qui vient de s'écouler.

Cette extension n'a pas été régulièrement progressive.

Elle est restée à peu près stationnaire de 1789 à 1811, a légèrement augmenté de 1811 à 1816. C'est durant les années 1871 à 1872 et de 1879 à 1880 que les différences d'accroissement ont été les plus grandes. Elles ont été respectivement de 2,543,100 tonnes et de 2,251,000 tonnes.

Quoique la différence entre 1887 et 1888 ne soit que de 1,664,000 tonnes, il serait à désirer pour les houillères françaises que non seulement cette différence se maintînt, mais qu'elle augmentât notablement, et, ce que l'on sait du commencement de l'année 1889 permet de l'espérer.

PRODUCTION DE LA BELGIQUE.

En 1888, la production houillère de la Belgique a été de 19,218,481 tonnes, soit les 83 centièmes de celle de la France.

Elle se décompose comme suit :

Hainaut	13,993,147 tonnes.
Namur	428,173
Liège	4,797,161
TOTAL	19,218,481

ACCIDENTS.

L'exposition des houillères, françaises surtout, a mis aussi en relief, soit par des statistiques, soit par des diagrammes, la proportion des accidents survenus dans leurs travaux à l'intérieur et à l'extérieur, par rapport au nombre d'ouvriers occupés ou par rapport à la quantité de tonnes extraites.

Grâce à leurs efforts, aux soins apportés dans les appareils que les ouvriers ont entre les mains et aux améliorations dans les méthodes, elles ont vu cette proportion notablement diminuée.

En France on avait, de 1872 à 1881, 1 ouvrier tué dans les mines sur 476 occupés, soit 2.10 p. 1000; de 1881 à 1887, cette proportion est descendue à 644, soit 1.55 p. 1000, soit une différence de 0.65 p. 1000

En Belgique, cette proportion était de 1 tué sur 419 occupés, soit 2.38 p. 1000.

Dans la seconde période cette proportion s'est aussi sensiblement abaissée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SALAIRES.

En même temps que les compagnies augmentaient la sécurité de leurs ouvriers, les diagrammes qu'elles ont exposés montrent qu'elles augmentaient aussi leurs salaires.

En effet, certaines compagnies les ont presque doublés en vingt-deux ans; mais on peut dire qu'ils ont augmenté en moyenne de 15 à 20 p. o/o, principalement dans ces dix dernières années.

INSTITUTIONS HUMANITAIRES.

Dans les nombreuses brochures dont les compagnies ont accompagné leurs expositions, on a pu voir que, tout en augmentant notablement le salaire de leurs ouvriers, elles créaient en même temps de nombreuses institutions dans le but d'améliorer sous toutes les formes la situation de leur personnel, ouvriers et employés. C'est ainsi que plusieurs d'entre elles distribuent de cette manière chaque année à chaque ouvrier 7 à 20 p. o/o de son salaire. C'est en quelque sorte un dividende privilégié s'élevant depuis 104 francs, par an et par tête, jusqu'à 198 francs, comme à Blanzy, soit à 50 p. o/o du dividende distribué aux actionnaires.

II. MÉTHODES D'EXPLOITATION.

BASSIN DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS.

Anzin. — La Compagnie des mines d'Anzin n'a rien exposé au point de vue de la méthode d'exploitation proprement dite qu'elle emploie.

C'est la même que celle pratiquée dans toutes les mines du Nord et du Pas-de-Calais, lorsque les couches sont peu puissantes, ce qui est le cas général pour le premier bassin ; mais le directeur et l'ingénieur en chef de la Compagnie ont fait connaître en détail toutes les mesures qui accompagnaient l'application de la méthode par tailles en gradins renversés.

Abatage. — L'abatage se fait comme par le passé, au pic et à la rivelaine, mais le mineur est aidé très efficacement dans la préparation des voies par différentes perforatrices à main qui ont été introduites en grand nombre dans les mines de la Compagnie, telles que les Elliot, etc.

Roulage. — Le roulage s'effectue par des hommes, par des chevaux ou mécaniquement, suivant les distances. L'air comprimé introduit dans les fosses principales rend facile

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'exploitation en vallée, et récemment on vient d'y ajouter encore l'électricité en l'appliquant sur un treuil desservant des chantiers en contre-bas de la voie principale de roulage. La force électrique nécessaire n'a été que l'utilisation d'une partie de celle produite au jour pour d'autres usages.

Aérage. — Cette partie de l'exploitation a été particulièrement soignée dans ces dix dernières années, et c'est là que semble s'être concentrée, avec beaucoup de raison, l'attention des ingénieurs.

On a multiplié les ventilateurs aspirants par l'emploi, sur une large échelle, de ceux du système Ser. Ces derniers fonctionnent souvent à côté des guibals dont on a une très longue pratique.

Les foyers d'aérage ont été partout supprimés. La quantité d'air qui circule dans les travaux est considérable, considérant que c'est la meilleure manière de diminuer les chances d'accidents de grisou.

En même temps qu'on augmentait considérablement les volumes d'air, on redoublait de soins dans la tenue des plans dits *d'aérage*, indiquant chaque mois le volume d'air aspiré avec décomposition des quantités utilisées dans tel ou tel quartier.

Dans la fosse de Hérin si grisouteuse que le rocher dégage des jets de gaz, dont l'orifice équivalent est de 1 m. 20, un guibal de 9 mètres de diamètre et de 2 mètres de large lance 25 mètres cubes d'air par seconde, et la quantité que chaque ouvrier reçoit au front de taille est de 55 à 60 litres dans le même temps. On s'arrange toujours pour que le courant léchant le front des tailles ait généralement un mètre par seconde.

Des appréciations nombreuses des quantités de grisou que contiennent les retours d'air sont faites fréquemment à la lampe Pieler, et une certaine quantité d'autres précautions spéciales sont prises pour pousser les chantiers en descendant ou en montant.

Cette dernière manière n'est pratiquée que lorsqu'on ne peut faire autrement.

Ces principales précautions sont : l'interdiction de tirer des coups de mine dans la journée, et, depuis quelque temps, l'emploi exclusif d'un mélange de dynamite n° 1 et d'azotate d'ammoniaque.

A ce sujet, il est utile de rappeler que ce sont les mines d'Anzin qui, les premières, ont prêté leur concours à la commission des explosifs, qui a eu pour auxiliaire dévoué l'ingénieur en chef de la Compagnie d'Anzin, M. François. Sachant parfaitement que sur cent victimes faites par le grisou, 85 p. 100 proviennent de coups de mines produisant les explosions, il a, dans un intérêt général d'abord, et dans celui de sa Compagnie ensuite, prêté son concours le plus entier à la Commission nommée par le Ministre des travaux publics, pour l'aider à fixer la composition du mélange explosif et brisant présentant le moins de danger. A l'article *Explosifs*, des détails seront donnés sur sa composition, etc.

Ce mélange n'aurait jamais donné lieu à la production de flamme, même dans les coups débourrants.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En même temps que la Compagnie d'Anzin aidait à accomplir ce grand progrès, qui, cependant, ne donne pas encore toute sécurité au mineur, elle s'efforçait de le rendre encore plus efficace en cherchant un mode pour allumer les coups de mines présentant plus de sécurité que ceux employés jusqu'ici.

Dans ce but, la Compagnie a essayé les amorces Lauer, les systèmes d'amorces électriques, la lampe Heath and Frost permettant l'allumage sans projection de flamme, et essaie toujours.

Air comprimé. — Toutes ces mesures de sécurité sont augmentées encore par l'emploi de l'air comprimé sur une large échelle.

La Compagnie d'Anzin a à sa disposition huit appareils de 400 chevaux du système Maillet, qui mettent en mouvement des perforatrices Dubois-François, modifiées par les ingénieurs, des ventilateurs pour aérages locaux et spéciaux, des petites pompes, des treuils, etc.

Éclairage. — Comme autre précaution importante complémentaire, prise par la Compagnie, il est utile de signaler la fermeture de la lampe Mueseler ou Marsaut avec le rivet de plomb portant sur la face extérieure la première lettre du nom de la fosse où elle est employée.

Épuisement. — A Anzin, depuis 1879, on a développé considérablement l'emploi des pompes intérieures ou souterraines refoulant l'eau au jour d'un seul jet. C'est ainsi qu'une de ces machines-pompes du système Compound, en marchant à 30 coups par minute, élève un volume d'eau important à 400 mètres de hauteur, et qu'une autre dont les cylindres auront 1 m. 20 de course et 0 m. 60 de diamètre avec deux plongeurs de 0 m. 150, à double effet, refoulera 50 mètres cubes à l'heure à 500 mètres de hauteur d'un seul jet. Un clapet de retenue est placé à la base de chaque colonne.

Ces pompes portent ou porteront un régulateur de débit du système Tripier, chef mécanicien de la Compagnie. Il n'est autre qu'un accumulateur. Elles sont placées dans des chambres maçonnées et éclairées à la lumière électrique.

Production. — Si on prend le diagramme exposé de la production individuelle, par ouvrier du fond, on voit que de 1867 à 1889 elle est passée de 635 à 1,108 kilogrammes, soit une augmentation de 42 p. 100;

Pour celle de l'ouvrier du fond et du jour, de 560 à 930 kilogrammes, soit 40 p. 100 de plus.

On semble attribuer ces résultats à une meilleure organisation du travail, ainsi qu'à la quantité d'air que l'ouvrier a à sa disposition. En effet, en 1883 le volume réel d'air extrait était les 0,71 de celui qui passait dans les travaux. En 1888, cette proportion s'élève à 0,83.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les fosses très grisouteuses, le volume reçu réellement par l'ouvrier est de 68 litres, tandis que dans les fosses non grisouteuses, il n'est que de 51 litres en moyenne.

Si l'on met en regard les volumes d'air passant réellement dans les travaux et le rendement de l'ouvrier, on voit qu'en 1883, pour 186 mètres cubes d'air par seconde, le rendement du piqueur était de 715 kilogrammes. En 1888, pour 355 mètres cubes, ce même rendement est de 1,108 kilogrammes. La différence en plus, 149 mètres cubes, ou 45 p. 100, correspond à 393 kilogrammes d'effet utile en plus ou 36 p. 100.

Salaires. — De semblables résultats ont profité aux 10,000 ouvriers du fond sur 11,514 occupés par la Compagnie. Ils y ont trouvé une notable augmentation de leur salaire et des conditions hygiéniques meilleures en même temps qu'une sécurité plus grande. En effet, en 1852, la Compagnie avait 1.12 ouvrier tué par 1,000 ouvriers occupés, tandis qu'en 1888, elle en a eu 0.61 ou deux fois moins, et par 100,000 tonnes extraites, 4 fois moins. En même temps aussi, les résultats financiers de cette grande industrie s'accroissaient, les 2,600,000 tonnes produites en 1888 l'ayant été dans de meilleures conditions de prix de revient.

Quant à ses institutions de bienfaisance qui ont aussi progressé, elles ont dû être appréciées dans la classe de l'Économie sociale.

Dourges. — Il n'y a rien de particulier dans les méthodes d'exploitation, si ce n'est l'emploi pour les coupages des perforatrices à main usitées dans le Pas-de-Calais, comme dans un certain nombre d'autres mines du Nord et du Pas-de-Calais.

Courrières. — L'exploitation se fait par grandes tailles chassantes sans remblais en plateures, car c'est la position ordinaire des couches de cette belle concession.

Les puits ont des diamètres variant de 3 m. 50 à 4 m. 50 ; les plus récents sont creusés à ce dernier diamètre et armés de cages à trois étages à six wagonnets d'une contenance de 500 kilogrammes de charbon.

Vicoigne et Nœux. — Rien de particulier à signaler comme méthodes d'exploitation. On se sert seulement, pour le coupage des veines, des perforatrices nouvelles Cantin, Elliot, etc. On remblaie partout.

Air comprimé. — L'air comprimé est employé par cette Compagnie sur une large échelle. Les six sièges sont reliés entre eux par une canalisation commune.

A l'intérieur, on n'exploite pas en vallée, mais on emploie l'air comprimé pour exécuter différents travaux, et notamment pour la perforation mécanique dans l'exécution des grandes voies.

Aérage. — Deux grands ventilateurs Guibal placés sur chaque fosse donnent l'air et la quantité lancée dans les travaux est telle que chaque ouvrier en reçoit environ 50 litres par seconde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lens. — Les méthodes ne présentent rien de particulier; cependant, grâce à l'air comprimé, on pratique beaucoup l'exploitation en vallée.

Cette dernière est employée dans divers districts et sur des longueurs inclinées dépassant 500 mètres.

Les terres provenant du creusement des bowettes sont remontées dans les tailles à l'aide de l'air comprimé.

Quant à l'abatage, on emploie le coin multiple et on essaie les appareils Plom et d'Andrimont.

Pour le creusement des galeries au rocher, on se sert depuis 1874 des perforatrices Dubois et François améliorées et des perforatrices Burton ou « Éclipse ».

Le tirage des coups de mine se fait à l'électricité depuis 1878 et, en 1887, on a substitué dans les régions grisouteuses la dynamite à la poudre noire.

La perforatrice Lisbet est employée sur une grande échelle, et on a introduit dans les travaux 150 nouveaux perforateurs dits *Universels*.

Roulage. — En 1881, la Société des mines de Lens a adopté les rails Vignole, en acier de 10 kilogrammes, pour les voies principales et, l'année suivante, les changements de voie d'une seule pièce, avec pointes en acier moulé, puis les plaques d'entrée en fer.

Enfin, en 1887, elle a établi une traction mécanique.

Aérage. — L'air comprimé y est aussi employé sur une large échelle, d'abord pour aérer les quartiers isolés et les travaux préparatoires, tantôt directement, tantôt en utilisant d'une manière rationnelle l'énergie que possède l'air comprimé s'échappant des machines en travail, si nombreuses dans les mines de Lens; soixante-cinq perforatrices fonctionnent actuellement en même temps que soixante-quatorze machines diverses.

L'air comprimé est fourni abondamment par des compresseurs Sommelier, Dubois-François, Hanarte, Colladon, et par des compresseurs d'un type créé par la Société de Lens.

Ces compresseurs sont au nombre de douze et développent en marche modérée 1,700 chevaux, et plus de 3,000 en marche active.

Liévin. — Rien de particulier dans les méthodes d'exploitation; mais tous les coups de mine ont été supprimés, et les coupages se font à la main avec des perforatrices de types divers et à l'aide de coins.

Arrosage des poussières. — Cette mine n'a pas ou presque pas d'eau et comme le charbon fournit beaucoup de poussières, il y avait un danger énorme à les laisser s'accumuler. En cas d'explosion elles pouvaient porter la dévastation et la mort sur une très

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande étendue de la mine; aussi existe-t-il un tuyau dans toutes les galeries avec des prises d'eau placées de distance en distance et permettant l'arrosage des poussières au moyen d'une lance, dans les galeries et les plans inclinés. A la tête de chacun de ces derniers est une prise d'eau.

Ventilation. — La mine de Liévin a un orifice équivalent de 2 m. 50 à 2 m. 80, elle est donc classée comme une mine large.

L'air descend par le grand puits d'extraction et remonte par l'autre muni du clapet Briart.

Un ventilateur Guibal aère 1,000 ouvriers à raison de 50 litres par homme.

A l'intérieur, des ventilateurs à double courroie, mus à l'air comprimé, prennent l'air frais à des points convenables du courant général et lancent un mètre cube d'air par seconde à la vitesse de 280 tours, pour 100 mètres de conduite d'air, dans les quartiers en exploitation, qui reçoivent un courant d'air indépendant.

Air comprimé. — Il est produit par des compresseurs du système Sommelier-Dubois-François, marchant à 18 tours par minute. Chaque siège d'exploitation en est muni, et l'air comprimé est employé dans les travaux sur la plus large échelle, soit comme moteur de quatre pompes, de ventilateurs intérieurs et de moyens de perforation.

Explosifs. — On emploie uniquement la dynamite à l'ammoniaque, quoique encore en essai.

BASSIN DE LA LOIRE.

Compagnie de Saint-Étienne. — La méthode d'exploitation pratiquée au puits Saint-Louis, dans la treizième couche, est indiquée dans tous ses détails sur le relief à l'échelle de 1/10 qu'expose cette Compagnie. Les travaux sont représentés en première tranche ou inférieure.

La couche a 5 m. 50 de puissance divisée en deux bancs séparés par une barre mixte de 1 m. 70 d'épaisseur. La houille est de qualité grasse et dégage beaucoup de grisou; elle est prise en deux fois par grandes tailles chassantes, suivant la direction, et ayant 30 mètres suivant l'inclinaison qui n'est que de 0 m. 10 par mètre de longueur.

Le remblai se fait avec des matières meubles et des rochers disposés en murs.

Le remblai meuble a surtout pour effet d'empêcher la diffusion du courant d'air qui doit nettoyer tous les chantiers du grisou qu'ils dégagent.

La quantité introduite est de 52 p. 100, dont 6 p. 100 pris à l'intérieur.

La méthode pratiquée sur 500 mètres de longueur par tailles disposées en gradins

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

renversés est indiquée sur un plan d'exploitation à grande échelle; ces gradins sont distants de 30 mètres de hauteur afin que l'air dans son mouvement ne se diffuse pas trop dans les remblais, par suite d'une trop grande résistance au courant.

Chaque quartier reçoit un courant d'air spécial, et tout le courant engendré par un grand ventilateur, après avoir été réparti pour alimenter tel ou tel quartier, passe sur toute la longueur du front de taille où tous les piqueurs sont disposés. Ces derniers travaillent de façon que leurs chantiers affectent très légèrement la disposition de gradins renversés. Ce ne sera que dans quinze ans environ qu'on reviendra prendre la partie de la couche qui reste au-dessus des remblais et que l'on trouvera sans échauffement, dit-on.

L'expérience démontrera s'il ne vaudrait pas mieux, dans une mine à grisou, prendre le banc supérieur en premier en le remblayant avec le plus grand soin, et avec des terrains meubles disposés surtout au toit de la barre mixte prise alors pour mur.

Le relief montre encore la disposition des voies desservant le front de taille et la mise en place des remblais, le mode de boisage, les dispositions de ces remblais en murs avec terres meubles derrière les plans inclinés automoteurs, les freins à serrage automatiques. C'est, comme nous l'avons dit déjà, l'exploitation complète de la treizième couche, par cette méthode, mise sous les yeux du public.

Mines de la Loire. — Le directeur des mines de la Loire a exposé un relief au 1/10 qui donne tous les détails de la méthode d'exploitation par grandes tailles montantes pratiquée au puits de la Chana, dans la huitième couche et à 400 mètres de profondeur.

Ce relief indique bien les dispositions adoptées pour l'exploitation de cette couche de 4 mètres de puissance et grisouteuse.

Cette méthode d'exploitation a les avantages suivants :

1° Enlèvement en une seule fois sans accroissement de danger d'une couche de 4 mètres d'épaisseur;

2° Exploitation très concentrée et très intensive;

3° Chargement à un seul jet de pelle dans la benne;

4° Mise en place facile des remblais;

5° Production de gros beaucoup plus grande.

Elle a remplacé la méthode des tailles chassantes laissant à désirer dans ce cas particulier.

La veine exploitée a 3 m. 50 à 4 mètres de puissance avec une inclinaison moyenne de 18 à 20 degrés; le toit formé de bancs schisteux, peu épais, est assez éboulcux et le charbon dégage beaucoup de grisou.

Un quartier à déhouiller est divisé en piliers de 50 mètres de longueur suivant le pendage et de 30 mètres de largeur en direction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque pilier est ensuite attaqué sur toute sa largeur par le niveau inférieur qui leur sert de limite. Le chantier a donc 30 mètres suivant la direction, et il avance suivant la ligne de plus grande pente de la couche.

Les piqueurs procèdent comme suit. Ils enlèvent d'abord la partie supérieure de la couche, soit 2 m. 50 de hauteur sur toute la largeur du front de taille; ils laissent donc sous les pieds 1 m. 50 d'épaisseur de houille. Ils soutiennent le toit schisteux par une ligne de longrines placées parallèlement au front de taille et étagées par des buttes provisoires appuyées sur le banc de charbon laissé sur le mur. L'écartement entre les lignes de longrines est de 1 m. 40.

Après avoir fait 2 m. 80 à 3 mètres d'avancement dans le banc de charbon du toit, les piqueurs enlèvent le banc du mur en remplaçant les buttes provisoires, sans toucher aux longrines, par des buttes définitives encastrées dans le mur.

Malgré une hauteur qui dépasse quelquefois 4 mètres, les piqueurs placent les buttes de même longueur, sans difficultés.

Lorsqu'ils ont avancé le chantier de l'espace compris entre la deuxième et la première ligne de longrines, ils attaquent de nouveau la barre supérieure et ainsi de suite.

La voie ferrée, de niveau, longe la taille; le charbon peut donc être chargé directement dans les bennes qui sont descendues au niveau inférieur par deux plans automoteurs ménagés dans les remblais.

Après quarante-huit heures de travail, le chemin de fer qui longe la taille et la tête des plans sont remontés de 1 m. 40, l'avancement des piqueurs étant de 0 m. 70 environ par jour.

Une taille occupe 14 piqueurs et produit 100 tonnes en huit heures, c'est-à-dire 7 à 8 tonnes par piqueur, ce qui est un très bon résultat.

Il faut dire que le charbon est parfaitement clivé et donne jusqu'à 16 et 18 p. 100 de gros pérat, chargé à la main, le mineur recevant une prime par benne pour le produit.

Le poste de jour et le poste de nuit sont séparés à cause des déplacements de voies et de la grande production en charbon dont le chargement gênerait la mise en place des remblais.

Ceux-ci arrivent à l'extrémité de la taille par un plan spécial qui a sa tête au niveau qui limite le pilier en exploitation.

Comme il faut éviter à tout prix les éboulements, aussitôt que la voie de roulage est déplacée de 1 m. 40, on élève de distance en distance des piliers en vieux bois et en pierres sèches qui sont fortement clavés contre le toit. On remplit les intervalles comme à l'ordinaire. On met 50 à 60 p. 100 de remblais en place dont 15 à 20 proviennent de l'intérieur.

En ce qui concerne l'aérage, tout le courant lancé dans les puits descend au niveau inférieur, puis remonte par l'un des plans pour passer derrière la ligne d'ouvriers dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posés sur le front de taille, mené légèrement en montant pour que l'air qui lèche le sommet de la taille puisse suivre sa route en s'élevant constamment.

Depuis trois ans que la méthode est appliquée, il n'y a eu ni échauffement ni incendie.

Montrambert. — Le plan en relief de cette Société comprend un massif de terrain houiller de 200 mètres partant du puits Marseille, c'est-à-dire de la grande couche, et allant à celle appelée *la deuxième brûlante,* qui est inférieure : il a été spécialement disposé pour démontrer les méthodes d'exploitation employées.

La méthode horizontale pratiquée actuellement dans la grande couche inclinée de 47 degrés comprend deux travers-bancs; l'un à 506 mètres, l'autre à 356 mètres servant à amener le remblai et à sortir le charbon dans les quatre exploitations. C'est la distance verticale entre ces deux travers-bancs qui détermine la hauteur de l'étage qui est de 50 mètres.

Ce grand étage est divisé en quatre sous-étages qui donnent lieu à l'exploitation de quatre à cinq tranches chacun.

Une galerie pratiquée en direction et au milieu de l'épaisseur de la couche sert de base d'opérations et permet, en prenant autant de traverses que l'on veut, allant du mur à la galerie principale ou du toit à cette même voie, d'exploiter avec une très grande intensité; aussi autrefois on obtenait une production de 6 à 8 tonnes par mètre carré de surface préparée, tandis qu'aujourd'hui on obtient de 12 à 14 tonnes, c'est-à-dire presque le double.

On entend ici par surface préparée la longueur du champ d'exploitation multipliée par l'épaisseur de la couche. Ainsi, si l'on a 500 mètres de longueur en direction, 20 mètres d'épaisseur de couche, la surface sera de $500 \times 20 = 10{,}000$ mètres carrés; si l'on fait dans une partie quelconque de cette surface préparée 120,000 tonnes, $\frac{120{,}000}{10{,}000} = 12$ tonnes sera le rendement de la méthode par mètre carré.

Ce relief montre sur une coupe verticale en direction dans la grande masse, et de couleurs différentes :

1° Une série de petits puits, dont la profondeur maxima a été de 80 mètres, faits par les anciens;

2° Un glanage pratiqué par l'ancienne Compagnie de la Loire de 1847 à 1865 qu'on peut appeler la *période des feux;*

3° L'exploitation de parties vierges pour rabatages, par tranches inclinées, ces dernières pratiquées seulement depuis quinze ans.

Méthodes dans les brûlantes. — La première brûlante a une épaisseur de 1 mètre à 2 mètres et l'inclinaison est de 50 degrés avec toit très solide.

Là, les sous-étages sont poussés par gradins renversés à partir d'un plan incliné central placé au milieu du massif de 120 mètres mis en exploitation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La deuxième brûlante a 2 mètres à 4 m. 50 de puissance et une inclinaison de 45 degrés.

Elle est enlevée en une seule épaisseur et les sous-étages distants de 10 mètres de hauteur verticale sont disposés en gradins renversés.

Le chantier a toute la hauteur du sous-étage. Le toit étant peu solide à cause d'une intercalation de charbon schisteux entre les grès et le charbon pur, on exécute le plan incliné central sous le toit et, comme l'inclinaison est très forte, on la divise en deux parties séparées entre elles par un palier horizontal d'une vingtaine de mètres, et cela, pour faciliter les réparations. Les traverses qui y aboutissent sont ramenées sur le mur par le plus court chemin.

L'exploitation de la troisième brûlante est pratiquée comme dans les autres, dans un massif de 120 mètres de longueur, toujours avec plan incliné central, et de 50 mètres de hauteur.

La proportion de remblais introduite dans les quatre exploitations est la suivante :

Grande couche, 51 p. 100 ;

Première brûlante, 43 p. 100 seulement, à cause des débris pris à l'intérieur ;

Deuxième et troisième brûlantes, 59 p. 100, tout étant pris à l'extérieur.

C'est grâce à la méthode horizontale intensive qu'on a réduit de 5,000 mètres la longueur des galeries pour produire 100,000 tonnes en plus avec une réduction de 0 fr. 80 par tonne.

Roche-la-Molière. — On a dû varier les méthodes d'exploitation en raison de la diversité de l'épaisseur et de l'inclinaison des couches. Cette Société a exposé autant de modèles au 1/50 qu'elle a de méthodes d'exploitation dans ses concessions, soit cinq modèles pour cinq méthodes.

Couche du Ban. — L'exploitation de la grande couche du Ban est faite par tranches horizontales et par grandes tailles.

Puissance de la couche	15 mètres.
Inclinaison	30°
Longueur des tranches de chaque côté du plan incliné	100 mètres.
Largeur des tailles	30
Hauteur des tailles	2m 50
Production journalière par piqueur, soit	6t 250
Production par ouvrier de tous les puits	1t 625

Il est incontestable que la production par ouvrier est élevée ; si l'on ajoute à cela un bon courant d'air frais qui passe exactement au front de taille, que l'on n'a jamais de travail en remonte, à cause du grisou très abondant, et un excellent remblayage, il n'est pas surprenant de voir un tel résultat obtenu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Couche Latour. — La grande couche Latour, divisée en 2 bancs, est exploitée par grandes tailles chassantes et rabattantes.

Banc supérieur	7m 70 d'épaisseur.
Banc inférieur	3m 20
Intervalle des deux bancs	1m 80
Inclinaison de la couche	27°
Longueur des tranches de chaque côté du plan incliné	100 mètres.
Largeur des tailles chassantes du banc supérieur	14
Hauteur	2m 50

Production journalière dans le banc supérieur :

En traçage	5t 500
En taille	6t 500
Banc inférieur en taille	7t 500

Production journalière de chaque tranche, 141 tonnes, et par ouvrier répartie sur tous les puits, 1 t. 400.

Cette méthode produit par ouvrier 14 p. 100 de moins, mais cela n'est pas étonnant puisqu'il y a 2 bancs et que l'aérage est moins facile à conduire.

La production de la tranche est à peu près constante par le mode d'attaque; en effet, quand on fait une tranche dans le banc supérieur, on attaque la tranche nouvelle dans le banc inférieur.

2e couche de la Malafolie. — La 2e couche de la Malafolie s'exploite par traçages et dépilages avec remblai partiel :

Épaisseur de la couche	1m 80
Inclinaison	25°
Largeur du champ d'exploitation de chaque côté du plan incliné	100 mètres.
Largeur de tailles de dépilage	20

Production journalière par piqueur :

Au traçage	6t 250
Au dépilage	7t 500

Production journalière où il existe 2 tailles en marche :

En traçage	25 tonnes.
En dépilage	75
Production journalière par ouvrier de l'intérieur de tous les puits	1t 55

La production est donc sensiblement la même que dans les autres méthodes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour éviter l'écrasement du pilier d'aval, on construit un mur au bas de la tranche en dépilage.

Ce mur est utile aussi pour conduire le retour d'air dans la tranche qui suivra, car il y a assez de grisou pour qu'aucun travail ne se fasse autrement qu'en descendant.

Couche de la grille n° 2. — La couche de la grille n° 2, dans le groupe de Roche-la-Molière, se fait par tailles chassantes.

Cette couche a une puissance de 1 m. 45 et est divisée en 4 bancs de 0 m. 25, 0 m. 30, 0 m. 60 et 0 m. 30, séparés par trois veines rocheuses de 0 m. 15, 0 m. 30 et 0 m. 10 qui fournissent tout le remblai employé.

Inclinaison de la couche	20°
Longueur des tailles de chaque côté du plan incliné	100 mètres.
Largeur des tailles	10
Largeur des piles de remblai	6
Production journalière par ouvrier de la taille	4 tonnes.

8 ouvriers font l'abatage du charbon, le boisage et le remblayage du chantier, le roulage des bennes et la manœuvre du plan incliné.

Production journalière des 2 tailles de chaque niveau	64 tonnes.
Production journalière par ouvrier de l'intérieur répartie sur tous les puits.	1t 800

Cette méthode est caractérisée par ce fait que si la quantité du remblai fournie par la taille est insuffisante, on laisse dans la partie d'amont des chambres que l'on remplit complètement avec les déblais des réparations.

Couche du Peyron. — La couche du Peyron, du groupe de Roche-la-Molière, est exploitée par tailles de traçages remblayées et tailles de dépilage.

La puissance de la couche est de	0m 90
L'inclinaison de	20°
Longueur des tailles de chaque côté du plan incliné	100 mètres.
Largeur des tailles de traçage	12
Largeur des tailles de dépilage	15
Largeur des piles de remblais dans les tailles de traçage	8

Production par piqueur : abatage et boisage :

Taille de traçage	6m 25
Taille de dépilage	8m 75

Production par ouvrier, piqueurs, boiseurs, remblayeurs et rouleurs :

Taille de traçage	2m 38
Taille de dépilage	5m 30

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Production journalière de chaque niveau, 2 tailles :

En traçage	50 tonnes.
En dépilage	53
Production journalière par ouvrier à l'intérieur, répartie sur tous les puits	1t 90

C'est la plus grande production par ouvrier obtenue dans la Compagnie.

Il résulte de l'examen de ces cinq méthodes que toutes donnent un effet utile important pour l'ouvrier du fond; il confirme une fois de plus que les petites couches sont plus économiques à exploiter que les grandes.

D'après M. Voisin, ingénieur en chef de la Compagnie, ce serait grâce à l'application de ces méthodes, par lesquelles on fait l'exploitation intensive, que le rendement de l'ouvrier a augmenté, la consommation de bois diminué et que la proportion de gros est plus grande avec moins de peine; enfin, que les incendies souterrains ont en partie disparu et la sécurité des ouvriers est devenue plus grande.

Boisages. — Outre le boisage ordinaire avec le pin pour les tailles et les galeries de roulage, avec le chêne pour les retours d'air, on emploie aussi le fer.

Déboisage. — Dans la méthode d'exploitation décrite pour la deuxième couche, à la Malafolie, qui a une puissance moyenne, on déboise régulièrement et au fur et à mesure du dépilage ou du remblayage partiel.

Dans les grandes couches, exploitées par tranches horizontales, on enlève beaucoup de bois, surtout quand on peut faire de bons murs.

BASSIN DU CENTRE.

Blanzy. — La plus ancienne méthode d'exploitation pratiquée à Blanzy a été celle du foudroyage dans laquelle on ne prenait que 30 p. 100 de la richesse minérale et qui, par suite, provoquait de nombreux incendies, la houille étant à longue flamme. Les méthodes employées aujourd'hui permettent de déhouiller complètement et sans provoquer de feux.

L'exploitation est pratiquée comme autrefois, dans une grande couche dont l'épaisseur varie entre 15 et 20 mètres et descend jusqu'à 8 mètres; l'inclinaison varie de 25 à 30 degrés.

Depuis 1870, on a, dans la méthode horizontale, ajouté aux remblais mis en place des éléments assez gros pour pouvoir faire des murs le long des parois des galeries; ils comprennent entre eux des remblais plus meubles.

Le modèle exposé par cette Compagnie montre l'exploitation d'un quartier du puits J. Chagot, qui s'étend sur 400 mètres de longueur, à ses divers degrés d'avancement.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque quartier d'exploitation comprend 180 mètres de longueur en direction, soit 190 mètres de chaque côté du grand plan incliné.

Les étages pris en descendant ont une hauteur de 15 mètres, déterminée par l'expérience; c'est celle qui permet, à la condition de déhouiller très rapidement, de n'avoir pas d'échauffements.

On déhouille les étages par tranches successives en montant de 2 m. 30 de hauteur. Il y a donc 6 à 7 tranches par étage.

L'emploi de l'air comprimé permet le déhouillement rapide, et c'est grâce à lui qu'on exploite aussi avantageusement à l'amont de la grande galerie de roulage qui conduit le charbon au puits à l'aval.

Dans le premier cas, le remblai est descendu et marche dans le même sens que le charbon; dans le second, le remblai est descendu, mais le charbon est remonté.

Remblai. — Le roulage du remblai est circulaire. Il est pris dans une grande carrière dite de « Sainte-Hélène », située à 500 mètres du puits J. Chagot. Les chariots de remblais s'y rendent par rames au moyen d'une pente suffisante donnée au chemin de fer. Là, le remblai est remonté à l'orifice du puits J. Chagot par un bure spécial d'une vingtaine de mètres desservi par un treuil à vapeur. Ils sont ensuite descendus dans les travaux par la machine d'extraction. Les bennes vides franchissent la hauteur verticale qui sépare l'orifice du puits du niveau du chemin de fer allant à la carrière, mais de pente inverse, au moyen d'une balance sèche, hélicoïdale, qui permet d'introduire en haut le chariot dans une direction perpendiculaire à celle suivant laquelle il aura à sortir de la balance au niveau inférieur.

Ces remblais sont ensuite conduits à la tête des plans inclinés de distribution, dans l'intérieur des travaux, par un traînage mécanique à voie légèrement inclinée, et par chaîne flottante établie au mur de la grande couche, laquelle chaîne ramène aussi le charbon au puits dont l'accrochage est à 330 mètres.

Aérage. — L'aérage oblique y est pratiqué. L'air frais entre par un bure spécial placé à l'extrémité Sud du champ d'exploitation et sort par l'extrémité Nord, après avoir été distribué en première tranche par des portes à guichets, et en deuxième, pendant la période des traçages, au moyen de petits ventilateurs à main ou mus par l'air comprimé. Ils lancent l'air au front de taille par l'intermédiaire d'un tuyau de 0 m. 30 placé sous les chapeaux des galeries.

Du reste, tout travail est arrêté lorsqu'il se présente du grisou, en attendant que les moyens nécessaires pour l'expulser puissent être appliqués; un grand ventilateur aspirant provoque le mouvement de l'air; le poste à charbon et le poste à remblais ont été réunis; ils ont une durée de neuf heures.

L'enlèvement d'une tranche sur la largeur de 400 mètres dure trois mois, et c'est grâce à cette rapidité, à la qualité des remblais et à la quantité d'air lancé dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travaux qu'on est arrivé à supprimer tous les incendies qui existaient en grand nombre autrefois et de n'avoir pas eu le moindre accident de grisou depuis 1872.

Les accrochages sont éclairés à la lumière électrique jusqu'à une certaine distance des puits et les signaux se font du jour, en les complétant par l'allumage de lampes de couleurs différentes.

En résumé, quand on analyse l'organisation industrielle de la Compagnie de Blanzy et les nombreux documents statistiques que l'administration et son ingénieur en chef, M. Mathet, ont fourni, on peut dire, qu'il y a là, comme à Anzin, Lens, Liévin, Bruay, et dans un certain nombre d'autres houillères à grisou, beaucoup de progrès réalisés sous plusieurs rapports.

De même qu'à Anzin, la Compagnie de Blanzy a modifié l'organisation du travail et s'est munie en même temps d'un puissant outillage dans tous ses services. C'est ainsi qu'elle peut disposer aujourd'hui de 2,500 chevaux-vapeur employés à comprimer l'air utilisé sur plus de 80 machines intérieures de tous genres, et qu'elle augmentait encore la quantité d'air aspiré depuis le jour par de grands ventilateurs.

Aussi, l'effet utile de l'ouvrier augmentait-il presque en même temps que la quantité d'air comprimé employé, et, parallèlement, son salaire; de plus, le nombre des accidents était diminué dans une proportion notable, et, ce qui a une importance considérable, depuis l'année 1872 aucun accident de grisou, même individuel, n'a eu lieu.

Tous ces résultats, qui ont amélioré très sensiblement la situation financière de la Compagnie, sont bien faits pour encourager à marcher dans la même voie, et on peut bien dire, avec satisfaction, que le plus grand nombre des houillères importantes sont dans cette voie.

Châtillon-Commentry. — A Saint-Éloy (Puy-de-Dôme), où l'on exploite un gisement puissant, très inflammable et d'une manière générale très incliné, on a appliqué une méthode d'exploitation spéciale, dite *par tranches horizontales simultanées,* qui semble, d'après M. Guilhaumat, son auteur, convenir très bien à cette formation. Elle a permis, d'après lui, de réaliser des économies sérieuses en faisant disparaître presque complètement les incendies qui rendaient l'exploitation de la mine de Saint-Éloy incertaine.

L'exploitation porte sur deux couches de 5 à 40 mètres de puissance dont la houille a de 32 à 40 p. 100 de matières volatiles, mais peu sulfureuses. Elles ne dégagent pas de grisou.

Quand ces deux couches sont réunies en faisceau, elles présentent des traversées horizontales du toit au mur, qui atteignent jusqu'à près de 200 mètres de largeur.

La mine de Saint-Éloy comprend deux sections : l'une au Nord, l'autre au Sud. Elles sont desservies par le seul puits Sainte-Barbe qui produit de 14,500 à 15,000 tonnes et peut faire davantage. La profondeur à laquelle il extrait n'est encore que de 122 mètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Méthode d'exploitation. — La méthode d'exploitation qui y est pratiquée et qui tient à la fois de la méthode verticale et de la méthode horizontale consiste à diviser la hauteur du massif à exploiter immédiatement en un étage de 15 mètres, lui-même subdivisé en deux sous-étages de 7 m. 50 chacun, enlevés en descendant.

Le sous-étage supérieur, celui qui est immédiatement au-dessous des remblais de l'étage supérieur exploité, est déhouillé le premier. C'est l'arrangement méthodique dans la marche de l'enlèvement simultané des tranches horizontales de 2 m. 50 de hauteur chacune qui particularise la méthode.

On limite l'importance du pilier à exploiter par une galerie en direction de 200 mètres environ, et on trace une galerie principale en recoupe qui sert de base d'opérations.

Elle part du mur pour aboutir au toit.

On répète cette galerie à chaque tranche en ayant soin d'éviter que toutes les trois soient dans le même plan vertical.

L'une de leurs extrémités est reliée à un plan incliné dont la tête est au niveau de l'étage supérieur, et le pied en communication par une galerie avec l'accrochage du puits.

De cette galerie ou base d'opération partent, à droite et à gauche, d'autres, en direction, espacées entre elles de 20 mètres en 20 mètres d'axe en axe. Le déhouillement commence aussitôt que de chaque côté de la grande traverse d'attaque on est arrivé à la limite du pilier de protection de la même galerie, dans chaque tranche, soit à 10 mètres.

Comme on le voit, il n'y a de traçages que dans la grande galerie de roulage et la traversée du massif de protection.

Le déhouillement se fait méthodiquement par des chantiers de 6 mètres de large et de 2 m. 50 de hauteur.

Placés en retraite les uns par rapport aux autres, ils affectent la disposition en baïonnette.

On procède ainsi pour chaque tranche en ayant soin de maintenir les chantiers d'une tranche par rapport à celui de la tranche qui lui est inférieure à 4 mètres en arrière. C'est ainsi que la deuxième tranche marche sur les remblais de la première et que la troisième marche sur ceux de la seconde. De cette manière, la hauteur de 7 m. 50 du sous-étage est prise tout entière par les trois chantiers ci-dessus indiqués. C'est en troisième tranche que les remblais arrivent jusqu'à eux de l'étage supérieur déhouillé. Généralement on a un chantier par pilier long et par tranche, de chaque côté de la voie principale de roulage ; mais si l'on était pressé, chaque traversée de ce même pilier pourrait être attaquée à chaque bout et l'on aurait ainsi un nombre de chantiers double, c'est-à-dire une production très intensive, puisque chaque traversée serait conduite par six hommes disposés trois par trois. Huit chantiers, soit quatre de chaque côté de la galerie principale, à six hommes chacun, donnent 950 à 1,000 bennes de 450 kilogrammes chacune.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le remblai se fait le jour et est mis en place par le piqueur.

Son roulage est circulaire.

L'aérage des chantiers est fait facilement et passe constamment dans chacun d'eux sur les mineurs. Quand le sous-étage supérieur est en pleine exploitation on commence en temps opportun la préparation d'un sous-étage inférieur.

Quand le mur et le toit ne sont distants l'un de l'autre que de 50 mètres, le travail est conduit un peu différemment, en conservant toujours, cependant, le principe de la simultanéité des tranches.

Le gradin, suivant lequel le déhouillement a lieu sur 7 m. 50 de hauteur, en trois tranches, se fait au moyen de piliers longs, en travers, au lieu de piliers longs en direction.

La galerie principale ou d'attaque, à tracer, se place à 8 ou 10 mètres du mur, en direction, et on l'aère en la mettant en rapport avec des travaux supérieurs ; puis on enlève, par des recoupes espacées de 12 mètres d'axe en axe, le massif compris entre la galerie de roulage et le mur.

Ce massif déhouillé, on se retourne du côté opposé et on procède, en marchant par des recoupes de 4 mètres de largeur, jusqu'à 5 ou 10 mètres de distance de la base d'opérations.

Quand tous les chantiers sont arrivés à cette distance, on les arrête et, percés entre eux, ils constituent une deuxième galerie de roulage principale qui se substitue à la première. On voit que là encore il n'y a qu'un seul traçage par tranche.

Mais il faut que cette opération se répète pour la deuxième et la troisième tranche.

A cet effet, on attaquera par un grand nombre de points à la fois et par la première galerie principale, tracée en première tranche, en s'élevant jusque sur les remblais de la première, et, arrivé à 2 ou 3 mètres de la paroi de la galerie inférieure principale, on trace celle de la deuxième tranche plus rapprochée de 4 mètres du mur.

Quand on a déhouillé la deuxième tranche, entre la galerie et le mur, on s'élève jusqu'au niveau du dessus des remblais de la deuxième et l'on trace la galerie en direction de la troisième tranche qui, alors, se trouve très rapprochée du même mur. Ces opérations faites, on procède en marchant à la rencontre du toit, comme il a été dit pour la première.

L'aérage se fait moins bien que dans le premier cas, puisque les chantiers sont conduits en cul-de-sac.

La rapidité avec laquelle on s'élève sur les remblais entraîne la nécessité d'en avoir dont le tassement soit minimum ; autrement, les dislocations qui amènent les échauffements, et à leur suite les incendies, se reproduiraient avec leurs effets. Aussi, introduit-on dans la mine de Saint-Éloy des remblais composés de 45 à 50 p. 100 de gros matériaux.

Dans le dernier cas, c'est-à-dire lorsque la traversée de couche est faible, on comprend très bien que la méthode puisse faire disparaître les échauffements ; mais cela

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'est pas aussi certain quand on a affaire au premier. Les surfaces de contact des remblais avec le massif de protection de la voie principale dans chaque tranche devant recevoir des pressions, des dislocations, il fallait qu'elles pussent être surveillées aussi bien que les autres points du district mis en exploitation. Dans ce but, on laisse en deuxième tranche une galerie dite *d'observation,* au milieu des remblais; si un échauffement se décèle, on le cherche et on l'emboue au besoin, c'est-à-dire qu'on fait couler dans les cassures de l'eau chargée d'argile.

L'auteur de cette méthode lui donne les mérites suivants : meilleure confection des remblais; enlèvement des bois rendu plus facile; forte quantité de remblais introduite et bonne mise en place; possibilité d'avoir, sur une surface relativement peu étendue, une production considérable, c'est-à-dire de l'avoir maxima par mètre courant de galeries ouvertes et, par suite, diminution considérable des chances d'incendie.

BASSIN DU GARD.

Grand'Combe. — Le roulage circulaire est l'un des traits caractéristiques de la méthode d'exploitation de cette Compagnie. Les remblais descendent par un puits à la partie supérieure des tailles et les wagonnets en descendant les fronts de taille échangent les remblais contre le charbon qu'ils conduisent jusqu'au niveau du criblage et du triage. Ce niveau étant toutefois inférieur à celui de l'orifice du puits à remblais, une balance à eau ramène les bennes vides au niveau de ce dernier. Quant à l'exploitation proprement dite de la couche Grand'Beaume, elle se fait par tranches inclinées simultanées. Cette couche étant formée par un lit de 2 m. 20 au toit séparé par un banc stérile de 1 m. 50 du lit inférieur qui mesure 6 m. 65, on considère comme une couche spéciale le lit supérieur, dont l'exploitation par grandes tailles droites marche en avant et indépendamment de l'exploitation du lit inférieur. Ce dernier est pris de bas en haut par trois tranches inclinées dont les fronts se suivent à une distance de 30 mètres environ les uns des autres. Ce système permet d'établir l'aérage dans les conditions les plus satisfaisantes, chaque taille étant aérée par un courant ascensionnel isolé.

Compagnie des forges d'Alais (Trélys). — Au puits de l'Arboussais, il y a des appareils à air comprimé Dubois-François, et pour faire les avancements dans les parties très grisouteuses, on se sert de la bosseyeuse Dubois-François, employée aussi à Blanzy. On a essayé les cartouches de chaux comprimée, sans succès, pour tenter de supprimer les explosifs.

Rochebelle. — Les méthodes d'exploitation varient fréquemment à cause de la nature plus ou moins solide des terrains, et cette condition de leur peu de solidité a fait employer différentes formes de boisages en fer dont le dernier spécimen est exposé : vieux rails courbés à chaud, en deux demi-cercles réunis par un manchon en forte tôle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des efforts considérables ont été faits par la Compagnie de Rochebelle pour rechercher de nouvelles richesses en houille ayant un peu plus de matières volatiles que celles exploitées jusqu'à présent.

BASSIN DU TARN.

Carmaux. — Le plan en relief que la Compagnie de Carmaux expose indique les principaux aménagements d'un siège d'extraction et l'application des deux principales méthode d'exploitation pratiquées, et dans une couche de 3 mètres de puissance.

Dans les parties où l'inclinaison est supérieure à 0 m. 20 par mètre, on applique la méthode par tranches horizontales remblayées.

Quand la pente est inférieure à 0 m. 20 par mètre, c'est l'exploitation par grands fronts de taille qui est employée.

On enlève dans l'une comme dans l'autre tout le charbon en une seule fois, et l'on remblaie par la méthode du roulage circulaire.

Chaque siège d'extraction a deux puits : l'un, destiné à l'extraction; l'autre, à l'introduction du matériel vide et des remblais, à l'aérage et aux services divers.

La disposition du gisement, la puissance des couches, l'absence de grisou et les méthodes d'exploitation pratiquées permettent d'obtenir des prix de revient satisfaisants pour une production de 330,000 tonnes, qui peut être facilement portée à 400,000 et plus.

III. MINES MÉTALLIQUES ET DIVERSES.

MINES DE FER.

Société métallurgique dniéprovienne du Midi de la Russie. Mines de fer de Krivoï-Rog. — Ce beau gisement de minerai de fer se trouve placé sur la ligne de chemin de fer de la Grande Catherine qui atteint le bassin houiller du Donetz après un parcours de 500 kilomètres environ. Il est situé à la limite des gouvernements d'Ékatérinoslaw et de Cherson.

Déjà connus sous le règne de Catherine II, les gisements de fer magnétique et oligiste de Krivoï-Rog se sont accrus dans ces dernières années de nouvelles découvertes faites le long d'un des affluents de la rive droite du Dniéper, le Saksagan. C'est sur cette partie du gisement prolongé de Krivoï-Rog que la Société dniéprovienne a créé une exploitation très importante déjà et susceptible d'un énorme développement.

Diverses autres sociétés ont entrepris dans ce même district des recherches et des travaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A Krivoï-Rog, le minerai brillant et rouge, au milieu duquel on distingue du fer magnétique, est disséminé dans un massif énorme de quartzites. Ce massif, entouré de granit de tous côtés, occupe la partie basse de la rivière Saksagan et une partie de celle d'Ingouletz sur une longueur de 30 verstes (1 verste = 1067 mètres) et une largeur maxima de 5 verstes.

Les filons de minerai renfermés dans ce massif ont une épaisseur qui varie de 4 à 30 mètres et s'étendent sur de très grandes distances. En profondeur, on ne sait pas encore si l'épaisseur se continue, les travaux n'ayant été pratiqués, jusqu'ici, qu'à ciel ouvert.

Néanmoins, on croit pouvoir estimer à 2 milliards de tonnes la quantité de minerai à 60 ou 65 p. 100 de fer, dans un seul rocher escarpé, sur les rives de l'Ingouletz, affluent du Dniéper. Une partie de ces richesses appartiennent actuellement à une Société française, celle de Mokta el Hadid.

Ces minerais, comme pureté, sont de première qualité. Ils sont analogues à ceux de Mokta el Hadid, et donnent des fontes pour acier qui ne laissent rien à désirer.

L'exploitation est facile, le roche n'étant que de moyenne dureté. Le gisement ne donne que peu d'eau; il est rapproché de la station de chargement, ce qui permet d'obtenir un prix de revient très avantageux. Ce minerai ne reviendrait qu'à 2 fr. 75 à 3 francs à la gare de Krivoï-Rog.

Aussi, est-ce en vue de profiter des avantages que présente ce beau gisement et aussi des charbons et cokes du bassin du Donetz, que les usines métallurgiques de Briansk et de Varsovie se sont déplacées, pour venir s'installer largement l'une à Ékatérinoslaw, l'autre à une certaine distance de Kamenskoï, sur la rive droite du Dniéper, entre ce fleuve et le chemin de fer de la Grande Catherine.

La transformation de ce pays agricole en pays industriel s'effectue relativement assez vite, et il est certain qu'il est appelé à un avenir considérable, au fur et à mesure du développement des voies navigables et des chemins de fer de la Russie méridionale, et de l'amélioration des fonds de la mer d'Azow.

L'industrie métallurgique de la Société dnéprovienne, qui repose sur le beau gisement de fer de Krivoï-Rog et sur la houille du bassin du Donetz, sera décrite dans la cinquième section : « Matériel de la métallurgie ».

Compagnie anonyme des forges de Châtillon-Commentry. Mines de Villerupt. — La Compagnie de Châtillon-Commentry a exposé, en ce qui concerne son gisement de minerai de fer oolithique de Villerupt :

1° Des échantillons en provenant :

2° Une coupe au $\frac{1}{20}$ de la formation ferrugineuse, au S.-E. de Villerupt;

3° Un plan de la méthode pratiquée dans son exploitation.

La coupe comprend la zone moyenne de la partie supérieure des marnes supraliasiques avec des alternances de calcaires et de minerais.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces derniers se divisent en trois couches :

1° Une couche de minerai rouge siliceux de 1 m. 60 d'épaisseur ;

2° Une couche de minerai rougeâtre de 3 m. 50 d'épaisseur ;

3° Une couche de minerai grisâtre de 1 m. 05 d'épaisseur.

L'exploitation est pratiquée dans la grande couche par traçages dirigés à mi-pente et dépilages.

Les galeries en demi-direction ou en mi-pente font avec les recoupes ou directions, dans la couche, un angle de 60 degrés.

Cette exploitation est conduite avec beaucoup de régularité et est celle qui est pratiquée généralement dans le pays.

Compagnie et fonderie des forges de l'Horme. Mines de Veyras. — Cette Compagnie est propriétaire de la mine de fer de Veyras (Ardèche). Son exploitation alimente les hauts fourneaux de Pouzin.

Le plan en relief qui est exposé montre que cette exploitation est déjà ancienne, mais que les quantités de minerai qui restent à prendre encore sont considérables. Les travaux sont pratiqués sur une couche d'hématite dont les roches encaissantes sont oxfordiennes.

Sa disposition est lenticulaire. Au petit axe de la lentille, la puissance constatée est de 8 à 10 mètres, l'inclinaison du plan de grand axe à l'horizon est de 15 degrés. La teneur en fer varie de 40 à 45 p. 100 et sa teneur en phosphore est évaluée à 0.12 au maximum.

Le puits Saint-Jean creusé sur ce gisement sert à l'extraction, le minerai abattu est roulé sur des voies de niveau jusqu'à un grand plan incliné intérieur, à la tête duquel se trouve placée une machine à vapeur.

Les bennes sont donc remontées sur ce plan incliné, et arrivées au sommet elles prennent une voie horizontale qui les conduit à l'accrochage du puits Saint-Jean. L'extraction annuelle est d'environ 100,000 tonnes, et si elle se continuait sur ce pied, d'après les richesses de ce gisement qu'on a évaluées à 2 millions de tonnes, elle pourrait durer deux cents ans.

La quantité d'eau est un élément important dans le prix de revient ; jusqu'ici des pompes puissantes l'élevaient au jour ; aussi, la Compagnie, pour supprimer les frais d'épuisement, a-t-elle pris le parti d'exécuter des galeries d'écoulement dont la position est représentée sur le relief exposé et qui apporteront une économie considérable dans les frais d'exploitation.

Compagnie des mines de Mokta el Hadid. — Cette Compagnie a exposé un plan et une élévation du chevalement en fer du puits de Mokta, ainsi qu'une vue de sa machine d'extraction, qui n'est autre qu'un treuil-cabestan avec cylindre incliné à l'arrière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce grand gisement de minerai de fer de Mokta, province d'Oran, a fait au début 250,000 tonnes de minerai.

Au début, l'exploitation a eu lieu à ciel ouvert; actuellement, elle est mixte et l'on extrait moitié souterrainement, et moitié à ciel ouvert; sa production actuelle est 150,000 tonnes par an exportées par le port de Bône, qui est relié à l'exploitation par un chemin de fer que la Compagnie a fait construire à ses frais.

L'autre centre de production est situé dans la province de Constantine près de Beni-Saf, il extrait environ 250,000 tonnes par an.

L'exploitation a lieu à ciel ouvert, mais les produits sont roulés souterrainement par une longue galerie qui débouche près du port d'embarquement de Beni-Saf construit par la Compagnie.

Société franco-belge des mines de Somorrostro (Espagne). — L'exposition de cette grande Compagnie a été très complète et très intéressante.

Les plans, cartes, plans en relief, moyens d'exploitation, descente des minerais des mines au chemin de fer qui aboutit à la rivière le Nervion et procédés d'embarquement ont été très remarqués.

C'est l'invention de Bessemer qui a donné une grande importance à ce beau gisement de minerai de fer des environs de Bilbao, si connu aujourd'hui dans sa position géologique, dans sa puissance et la qualité de ses minerais, qu'il serait superflu d'en parler ici. Avant la fabrication de l'acier en grand, les minerais de Somorrostro, quoique connus, avaient peu de débouchés; mais à cause de leurs qualités particulières, ils attirèrent au plus haut degré l'attention des métallurgistes et la mise en exploitation des mines de Somorrostro ne fût retardée, jusqu'en 1876, que par la guerre carliste.

Dès cette époque, deux grandes Sociétés métallurgistes françaises: Denain-Anzin et Montataire, comprirent l'intérêt national qu'il y avait à ne pas rester en dehors du mouvement considérable d'exportation de minerai de fer qui devait se produire de Bilbao vers le monde entier et qui atteint aujourd'hui 4 millions de tonnes.

Dans cet esprit et par suite d'un accord intervenu entre les Sociétés John Cockerill, de Belgique, et Ybarra hermanos y C^ie^, de Bilbao, naquit, au capital de 3 millions de francs, entièrement souscrit par les quatre sociétés fondatrices et sans appel au public, la Société franco-belge des mines de Somorrostro pour l'exploitation d'un groupe important de mines dans la partie la plus riche du gisement.

Les mines de la Société franco-belge sont nettement partagées en deux groupes: celui des Conchas et celui de l'Ouest; elles sont disséminées sur une assez grande étendue du plateau ferrifère.

Par suite, le problème à résoudre pour l'exploitation de ces mines consistait principalement dans une bonne organisation des moyens de transport, combinés de manière à desservir toutes les concessions de la Compagnie et à recueillir leurs produits, malgré les distances respectives des chantiers et malgré l'intercalation d'exploitations et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travaux appartenant à des étrangers. Il fallait pouvoir les conduire avec le minimum de frais, depuis le sommet du plateau jusqu'au bord du Nervion, rivière qui sert de port, et distante de 8 kilomètres environ. Ce port peut recevoir aujourd'hui des navires de 3,000 à 3,500 tonneaux.

L'importance de ces chargements devait aussi, pour éviter des surestaries considérables, faire rechercher les moyens permettant l'établissement, en un point convenable, des dépôts importants de minerai. Ces dépôts devaient servir de régulateurs pour les embarquements, ces derniers ne pouvant dépendre de la production journalière des mines toujours susceptible d'irrégularités.

Pour satisfaire à ces diverses exigences, il fut décidé qu'il y aurait un dépôt important à la tête du chemin de fer courant au fond de la vallée, et qu'on amènerait le minerai à ce dépôt par des moyens de transport spécialement construits pour racheter la différence de niveau entre le sommet du plateau et son pied.

Le dépôt a été établi à la gare centrale du Cadegal dans le côté Est, à 40 m. 60 au-dessus du niveau de la mer.

Cette gare est reliée au plateau, dont l'altitude moyenne est de 290 mètres, par deux moyens de transport.

D'un côté est celui des mines Conchas qui comprend deux grands plans inclinés se faisant suite; de l'autre, celui des mines de l'Ouest, par une ligne de chaînes flottantes.

L'ensemble des mines de la Société dans l'un et l'autre groupe présente d'ailleurs une superficie totale de 137 hectares.

Abatage. — L'abatage s'y fait à ciel ouvert par gradins pratiqués méthodiquement, de manière à éviter les fausses manœuvres. Il a lieu par grandes masses sur des hauteurs de front de taille de 10 à 15 mètres, et certains coups de mine ont donné jusqu'à 5,000 tonnes de minerai de fer à la fois.

Transport par plans inclinés. — Dans le groupe des Conchas, les minerais arrivent à la tête des plans qui les descendent, sans transbordement, dans des wagonnets de 2 tonnes amenés sur les voies de niveau. Ces voies sont desservies par de petites locomotives de 3 à 6 tonnes, Les plans inclinés seront décrits dans le chapitre du matériel, de même que le transport par chaînes flottantes.

Transport sur le chemin à grande voie. — Les wagons du chemin de fer portent de 8 à 9 tonnes et s'ouvrent par le fond de manière à se vider d'un seul coup. Les parois inclinées, ainsi que les deux portes formant le fond, sont garnies de tôle. Chacune des deux portes est retenue par un levier qui la maintient fermée quand il repose dans un crochet à clavette fixé à la caisse.

Le chemin de fer qui réunit la gare du Cadegal au Nervion a 6,850 mètres de longueur. Il a nécessité un pont métallique de 43 m. 65 sur le Rio-Galindo, et un tunnel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 125 mètres. Son tracé est excellent et la pente générale moyenne est de 0 m. 0038 par mètre. Le service y est fait par cinq locomotives de 30 t. 250 et deux de 16 tonnes.

Arrivés à la rivière, les wagons sont vidés dans les navires au moyen de trois embarcadères, à l'aide de chacun desquels on peut mettre 2,000 tonnes à bord, par jour. Un navire de 1,490 tonneaux a même été chargé en six heures.

En résumé, le minerai parcourt de la mine au navire :

Voie ferrée de mines.....	600m, ou chaîne flottante.....	2,000m
Plan incliné, 1 et 2 raccords...	1,045	
Chemin de fer à grande voie...	6,850	6,850
TOTAL	8,494m.....	8,850m

Tout a été combiné pour que tous les mouvements se fassent sous l'action de la pesanteur et avec le moins de main-d'œuvre possible.

L'exportation totale par navires a été, en 1888, de 3,591,000 tonnes, sur lesquelles la société franco-belge a fourni 347,000 tonnes par ses propres mines et 188,000 tonnes d'autres provenances, soit ensemble 535,000 tonnes, ou près de 15 p. 100.

En 1878, l'exportation totale n'était que de 1,225,000 tonnes; en onze ans, elle a donc triplé.

Avec un pareil chiffre d'extraction de minerai et les moyens décrits ci-dessus, on comprend aisément les magnifiques résultats obtenus par la Société franco-belge, qui a dépensé cependant, pour amener son industrie au point où elle était en 1889, 6 millions de francs.

MINES DE ZINC ET D'ÉTAIN.

M. Delamare (Charles), à Sakamody, commune de l'Arba (Algérie). — M. Delamare a exposé un plan en relief de la montagne dans laquelle est située sa mine de blende avec dessins, plans, coupes, photographies diverses et tableaux statistiques.

Cette mine au début avait une richesse minérale reconnue faible, tandis qu'elle fournit chaque année une quantité égale à celle totale qui avait été calculée au début; actuellement, elle peut produire 24,000 tonnes.

L'exploitation porte sur un filon de blende a une cote moyenne de 710 mètres; au Nord, cette cote est beaucoup plus élevée.

La minéralisation porte sur une épaisseur de 0 m.30 à 0 m. 40 et est assez variable.

Elle donne cependant 5 à 6 p. 100 de matière utile au mètre cube de roche du filon.

La blende de ce filon est très peu argentifère.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il a une direction sensiblement Est-Ouest et son inclinaison vers le Sud est assez forte, il est constitué par une cassure à travers le terrain crétacé qu'on peut assimiler à celui de Rouen. On n'y rencontre aucun fossile.

Sa gangue est calcaire et peu dure; aussi, on évite dans la préparation mécanique tout ce qui peut réduire la matière en fine poussière, on cherche à produire au contraire le plus de grains possibles.

Un rejet d'une assez grande amplitude rejette vers le Nord une certaine longueur du filon; ce rejet est orienté environ N. E.

La matière utile qu'il fournit donne 45 p. 100 de zinc et 15 à 16 p. 100 de plomb; ce dernier est peu argentifère puisqu'il ne contient que 140 grammes d'argent à la tonne de plomb d'œuvre.

La montagne étant très escarpée, l'extraction est pratiquée à flanc de coteau; cependant, un puits dont l'orifice est à la cote 710 au-dessus du niveau de la mer monte les minerais à son orifice, lequel est relié directement à l'atelier de préparation mécanique.

La profondeur totale de ce puits est de 92 mètres, et une galerie d'écoulement communique avec lui.

Cette galerie, qui correspond à un niveau d'exploitation, débouche au jour, à la cote 670 environ.

Le minerai seul est remonté jusqu'à l'orifice du puits et l'eau qu'il donne est relevée jusqu'à la galerie d'écoulement pour se rendre dans un réservoir situé à l'entrée; là, une pompe à vapeur refoule toutes les eaux de 90 mètres de hauteur pour les accumuler dans un réservoir placé un peu au-dessus de l'étage des broyeurs à laverie. Cette disposition était nécessaire, car la montagne à pente très roide ne fournit presque pas d'eau.

En été, on peut disposer de 15 mètres cubes à l'heure et en hiver de 30 mètres cubes environ. Ces volumes sont néanmoins suffisants pour alimenter la laverie.

Préparation mécanique. — Tous les minerais provenant soit du puits, soit des points supérieurs d'où des plans inclinés les descendent, sont réunis à la cote 710 et se rendent à la laverie où ils sont débourbés et scheidés.

Le scheidage produit 25 p. 100 de miderai vendable, c'est-à-dire contenant 45 à 48 p. 100 de blende. Si l'on fait 25 p. 100 de stérile, il reste donc 50 p. 100 de matière à réduire en grenailles, autant que possible :

1° Au concasseur Blake;

2° A 3 broyeurs successifs;

3° Enfin à des meules verticales, et cela au fur et à mesure que les classements par trémies et par cribles à secousses donnent des grains dépassant la grosseur d'une noisette, grains à enrichir.

La laverie dispose de tous les appareils de classement appropriés à ce minerai.

Les grenailles de 0m.002 à 0m.010 à peu près contiennent de 48 à 49 p. 100

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de blende, et, en y ajoutant les schlichs et les schlamms, on obtient une moyenne de teneur de 55 à 56 p. 100.

Le propriétaire de la mine vend ses minerais classés de la manière suivante :

8,200 tonnes de minerai trié à la main ;

6,600 tonnes de minerai renfermant 7 p. 100 de plomb;

1,800 tonnes de minerai mixte vendu pour être passé à des appareils qui les amènent à 45 p. 100 de zinc et 15 ou 16 p. 100 de plomb.

Il les expédie en Angleterre et en Belgique.

Cette exploitation occupe 300 ouvriers dont 150 à leurs pièces. Ils sont logés dans les bâtiments construits sur le flanc même de la montagne, à l'Est.

L'autre moitié, 150, sont des Arabes qui correspondent à 450 noms inscrits sur les feuilles de paye. Chaque ouvrier de cette dernière catégorie ne donne donc que dix jours de travail par mois.

Cette industrie semble occuper une place assez importante en Algérie.

Exposition de la compagnie des mines d'étain de la Villeder (Morbihan). — L'exposition de cette Compagnie comprenait, comme en 1878, un plan en relief au $\frac{1}{1000}$, permettant de voir la position des différentes installations à la surface, les tranchées par lesquelles l'exploitation a commencé et la position de deux grandes galeries d'écoulement: celle du Nord ou galerie Brohan, celle du Sud ou galerie Pinet; enfin un plan et une coupe verticale Nord-Sud des travaux qui comprennent quatre niveaux espacés sur 123 mètres de hauteur et de dix photographies diverses représentant les installations principales de cette mine.

Aucun document statistique n'a été fourni.

MINES DE CUIVRE, PLOMB ET ARGENT.

Tharsis sulphur and Copper C° (limited). — La mine de Tharsis est située dans la province de Huelva. Elle constitue le troisième groupe principal de l'industrie du cuivre en Espagne.

Fondée en 1866, elle a par conséquent vingt-trois ans d'existence; mais l'exploitation remonterait à plus de mille ans avant l'ère chrétienne d'après les travaux qu'on y rencontre, travaux phéniciens, carthaginois et romains.

Sur le domaine très étendu qu'elle possède dans la province de Huelva, elle exploite principalement deux points: Tharsis et Coloñas. Ces deux groupes de mines sont reliés entre eux par un chemin de fer qui est la propriété de la Compagnie et aboutit à la jetée qu'elle a fait construire dans le port de Huelva, près de l'embouchure du fleuve Odiel.

Le minerai exploité est une pyrite cuivreuse qui contient environ 50 p. 100 de soufre, 45 p. 100 de fer et 3 p. 100 de cuivre. Le surplus, soit 2 p. 100, comprend de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faibles quantités d'or, d'argent, de plomb, de zinc de bismuth, de nickel, d'antimoine, d'arsenic et de silice.

Une partie du minerai est traitée sur place, c'est le plus pauvre; au contraire, le plus riche en cuivre est exporté en Angleterre où la Compagnie possède des usines situées à Glasgow, Widnes, Olbury, Cardiff et deux autres encore sur la Tyne, soit en tout six usines.

Comme le montre le plan en relief, et le tableau peint à l'huile qui étaient exposés, l'exploitation a lieu sur le plan Nord, à Tharsis, presque entièrement à ciel ouvert.

Le minerai traité sur place est grillé, puis lavé; les déblais mêmes, conduits dans les vallées, et quelquefois à d'assez grandes distances, sont arrosés par de l'eau provenant de barrages faits dans le but de suffire à ces immenses arrosages, le soleil et les agents atmosphériques se chargeant de suppléer au grillage ou de le compléter pour ces matières extrêmement pauvres.

Les eaux provenant de ce lavage sont chargées de cuivre en dissolution à l'état de sulfate; aussi, le cuivre est-il précipité par le fer à l'état de métal de cémentation et il est expédié aux usines de la Compagnie pour y être converti en cuivre marchand.

Les embarquements de pyrites riches pour la Grande-Bretagne et le continent atteignent des quantités considérables.

C'est ainsi qu'en 1888, ces mines expédiaient 245,121 tonnes de gros minerai sur 250,476 tonnes, soit 2.1 p. 100 de menu. En plus de cette quantité de pyrite, le cuivre précipité expédié a été de 6,801 tonnes, soit ensemble 257,277 tonnes de produits utiles.

Ce sont les fabricants de produits chimiques qui grillent les pyrites riches expédiées pour en recueillir le soufre à l'état d'acide sulfurique. Les cendres de la pyrite grillée sont rendues aux usines de la Compagnie où l'on en extrait le cuivre, l'or, l'argent, le plomb et le fer, soit cinq métaux.

La pyrite grillée, lorsqu'elle arrive à l'usine, est mélangée avec une certaine quantité de sel marin, et ce mélange est broyé, grillé et lavé. Les différents métaux en dissolution dans les liqueurs en sont précipités. Ces derniers sont fondus et raffinés. Le résidu obtenu, au fond des bassins, est un oxyde de fer appelé le *purple ore* ou *blue billy*, utilisé dans les hauts fourneaux pour la fabrication de la fonte.

Cette grande industrie qui a su si bien tirer parti d'un minerai très pauvre, puisqu'il renferme quarante fois son poids d'impuretés, est la seule dont l'exposition ait présenté, dans son ensemble, de l'intérêt.

Elle a non seulement montré ses méthodes dans leurs grandes lignes, mais encore elle a exposé tous les spécimens de cuivre natif, stalactites naturelles de sulfate de cuivre, puis ses produits, depuis le cuivre jusqu'aux métaux précieux qu'elle extrait du minerai, et tous les objets historiques démontrant l'ancienneté de l'exploitation de ce beau gisement : scories phéniciennes et romaines, urnes, ossements humains, urnes lacrymatoires, fioles à parfums, coupes en verre, lampes, gobelets en terre, monnaies et divers objets en bronze, en fer, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La classe 41 a pu apprécier les beaux produits provenant des usines de la Compagnie.

On aura une idée de son importance, en disant pour terminer, qu'en vingt-trois ans, à partir du 30 avril 1868, elle a pu passer d'un bénéfice net de 1,171,125 francs à 7,914,925 francs, soit une différence de 6,743,800 francs, ou une augmentation moyenne annuelle de 337,190 francs.

Compagnie des mines d'Aroa (Vénézuéla). — Cette Compagnie n'a exposé que quelques cartes dans la classe 48, mais une quantité considérable de produits dans la classe 41.

Le territoire du Vénézuéla abonde, comme on sait, en mines métalliques diverses; c'est là que se trouvent les mines d'or du Callao, celle de la Union, de Gurnari et beaucoup d'autres encore; aussi de nombreux capitaux étrangers s'y sont-ils portés. C'est ainsi que la grande Compagnie anglaise « The Quebrada Railway Land and Copper Company » s'est constituée pour exploiter les mines de cuivre d'Aroa, très importantes, puisque en 1886 elles ont pu fournir 26,000 tonnes de régule.

Compagnie minière de Ticapampa, à Collaraera (Pérou). — Cette Compagnie expose des produits et quelques plans de ses mines. Elle exploite des minerais de cuivre, de plomb et d'argent. Une usine créée par ses soins traite ces minerais.

Compagnie des mines d'Huanchaca (Bolivie). — Cette Compagnie a présenté une quantité importante de minerai et de lingots d'argent.

Le minerai qu'elle exploite est complexe, il contient des sulfures de fer, de cuivre, de zinc argentifère, un peu d'or et de bismuth. Son siège social est à Valparaiso et elle dispose d'un capital de 30 millions.

En treize ans, elle aurait distribué 85 millions à ses actionnaires.

Sa puissance est telle qu'elle a pu construire un chemin de fer à travers les Andes, de plusieurs centaines de kilomètres, ainsi qu'une canalisation d'eau pour desservir le port d'Antifogasta.

On peut donner une idée de son importance, en disant qu'en 1888, la production en argent a atteint 60,000 kilogrammes.

Les dessins du plan de la mine de Pulacaïo, de la machine d'extraction du puits de Rothschild construite par la maison de Quillacq, attestent aussi l'importance de cette industrie.

Gouvernement mexicain. — L'exposition du Gouvernement mexicain consiste :

1° En un modèle représentant à une certaine échelle une usine à traiter les minerais d'argent, à Pocheaca, province de Hidalgo.

Cette usine est mue par la vapeur. Dans un angle est une chaudière horizontale dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les flammes perdues vont alimenter un four de grillage placé à côté d'elle. Une brèche, placée en avant de ce four, sert à donner de l'eau chaude pour l'arrosage des minerais après le grillage.

Un arbre de couche mû par une machine à cylindre vertical et à volant transmet le mouvement à deux batteries de cinq bocards chacune. Une courroie transmet le mouvement modifié à deux malaxeurs délayeurs verticaux et en même temps à un moulin chilien, c'est-à-dire à une meule dont la jante est armée de blindages en fer et qui roule sur l'aire d'une auge en granit.

Un four de grillage auxiliaire est placé encore à la portée des malaxeurs ou plutôt du moulin chilien, pour des minerais à gangue moins dure que ceux qui sont à bocarder.

On grille le minerai après son bocardage, puis on l'arrose encore chaud ; après, on le jette dans les malaxeurs verticaux où un courant d'eau arrive. C'est dans ces cuves que l'on fait l'amalgamation du minerai avec le mercure ; l'eau se décante, la matière se réunit au fond de la cuve ; une vanne permet de l'en extraire, et ensuite, on sépare par la distillation les deux éléments de l'amalgame.

En avant des malaxeurs et à une certaine distance sont des patios sur lesquels marchent six mules, quand le mécanisme ne fonctionne pas pour un motif ou pour un autre.

2° En une série de modèles appartenant aux exploitations de Zacatecas.

Celui d'une roue hydraulique la montre placée jusqu'à son arbre dans un radier en bois. Une vanne règle l'eau à l'arrivée. Les palettes ne sont autre chose que des cornières en fer fixées sur la jante par des boulons. Deux poulies placées sur l'arbre, l'une folle et l'autre fixe, servent à transmettre le mouvement.

Cet appareil ne peut avoir qu'un effet utile faible.

Un modèle de baritel est aussi exposé avec la charpente du puits qu'il dessert. Tout est en bois.

Le tambour est assez élevé pour qu'il y ait presque horizontalité entre l'axe des poulies et l'axe horizontal transversal.

Deux grands bras prenant point d'appui sur l'axe vertical sont moisés au-dessous du tambour et sur lui. Inclinés à 45 degrés environ, ils descendent jusque près du sol pour que des mules puissent y être attelées. Sur ces barres courent des échelles qui permettent de visiter le tambour.

Il ne se distingue de ceux qui étaient pratiqués autrefois en France que par les bras inclinés.

Un modèle de broyeur à une seule meule figure encore parmi ceux exposés.

La meule est verticale et armée d'un bandage en fer. Elle se meut sur une auge aussi en pierre très dure. Un râcloir, presque vertical, est placé à l'arrière. Il est attelé à une barre en spirale qui s'appuie sur l'axe de la meule. Le tout constitue un moulin chilien un peu plus soigné.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Puis vient un modèle de malaxeur.

Il se compose d'une cuve en bois peu profonde entourant une aire de granit formant fusée. Une forte barre verticale est placée dans l'axe de la cuve. Cet axe est traversé par deux barres se coupant à angle droit et sur lesquelles sont attachés, par de grosses cordes et deux à deux, des blocs de granit. Des mules attelées à la barre tranversale de ce maniquet traînent ces blocs dans l'auge ; leur poids écrase la matière.

Enfin, un modèle de malaxeur-laveur, pour matières fines.

Il est à deux cuves d'une construction assez particulière. Trois niveaux le desservent. Les deux cuves en bois, dont le fond est en granit, reposant symétriquement par rapport à l'axe de l'installation, sont au niveau intermédiaire.

Au-dessus d'elles est le plancher sur lequel circulent les mules; au-dessous sont les chevilles de vidange des cuves. Un mécanisme vertical permet, au moyen d'une manivelle et de crémaillères, de les ouvrir ou de les fermer du plancher intermédiaire même où le surveillant du malaxage doit être placé.

L'arbre vertical nécessaire au mouvement des agitateurs des cuves porte au-dessous du plancher un grand engrenage à alluchons qui donne la vitesse voulue par l'intermédiaire de deux pignons.

Un courant d'eau arrive à la partie supérieure des cuves et un trop plein sert à écouler l'excédent. On arrête l'opération, on décante l'eau, et la matière extraite par les vannes est conduite dans l'appareil de distillation. Elle contient, en sortant des cuves, un tiers d'argent et deux tiers de mercure.

Un modèle de puits rectangulaire, boisé en cadres jointifs et divisé en deux compartiments, termine la série exposée pour les exploitations de Zacatecas.

Divers dessins étaient encore exposés : ceux relatifs à la mine de Potosi, comprenant le plan de la concession de ce nom à l'échelle de 1/500. Il indique les travaux faits dans cette mine. Ils sont orientés sensiblement Est-Ouest.

Une grande rivière traverse la concession dans la partie Sud. C'est le Catorce qui coule suivant une direction générale S. E.-N. O. Deux affluents principaux, le Conceptione et le Compromiso, coupent la concession du N. E. au S. O.

Une coupe intéressante indique bien la position géologique du gisement, et les détails de l'usine qui traite les minerais sont représentés par six vues photographiques dont l'une montre exactement l'importance de la cour des patios.

MINES D'OR.

Exposition de MM. Astacheff et C^ie^, à Bérezowski et à Miousk-Ékatérinbourg (Russie). — Les modèles en relief exposés par cette Compagnie montrent les trois systèmes de traitement des minerais d'or exploités dans le pays.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier, par bocardage, s'applique à tous les minerais à gangue de quartz.

Le second, par débourbage, sur une grille horizontale avec eau en pression.

Il convient aux minerais tendres et argileux.

Le troisième, par le trommel, pour les sables.

Le minerai exposé provient, d'après M. le baron de Gunzburg, du district aurifère de Bérezowski, qui s'étend sur une superficie de 1,500 kilomètres, et qui a été concédé, en 1874, par le Gouvernement russe, à la Compagnie Astacheff, constituée à un capital considérable et dépensant environ 630,000 roubles (1 rouble = 2 fr. 50) par an pour frais d'exploitation.

La quantité d'or extraite a été, depuis l'origine, de 687,890 kilogrammes se décomposant en :

421,119 kilogrammes provenant de placers et 206,771 kilogrammes provenant de mines.

Le rendement des sables aurifères a été jusqu'à présent de 2 gr. 17 par tonne de placers, et de 18 gr. 78 pour celui des minerais.

L'exploitation souterraine dure toute l'année comprenant 250 jours de travail, tandis que celle des placers ne dure que quatre mois et demi, du 15 mai au 1er octobre.

Constitution du terrain aurifère en place. — Le terrain aurifère est constitué par des schistes chloritiques talqueux et argileux, enclavant des îlots de roches granitoïdes.

Les schistes sont traversés par de puissants filons de 12 à 14 mètres de granulite appelée *bérézite*, qui s'étendent sur plusieurs kilomètres en direction.

Ces filons de bérézite sont traversés par des groupes de veines et veinules quartzeuses dans lesquelles se trouve l'or.

Leur direction est perpendiculaire à celle des filons de bérézite, et ils ne s'étendent pas au delà des épontes de ces filons.

Leur puissance est généralement de 40 à 50 mètres.

Deux sièges d'exploitation extraient ce minerai d'or. Chacun d'eux comprend huit batteries à bocarder à cinq pilons, soit un total de 40 pilons du modèle californien.

Préparation mécanique des minerais par bocardage et traitement. — Chaque batterie produit, par journée de vingt heures, 7,020 kilogrammes de minerai broyé en grains ne dépassant pas 3/4 de millimètre.

Chaque batterie peut donc produire, en 250 jours de travail 1,800 tonnes de minerai.

Un des modèles exposés représente exactement cette batterie.

Le poids d'un pilon est de 338 kilogrammes, sa hauteur de chute 0 m. 23 et le nombre de coups par minute de 70 à 80.

On peut varier la grosseur des grains de sable par la hauteur des fentes, au-dessus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du fond de l'auge, fentes qui ont 0 m. 010 de hauteur sur 0 m. 075 de largeur et servent à l'évacuation des sables.

Le gravier et le sable ainsi obtenus sont lavés à la main sur des tables de lavage à l'aide de râcloirs en bois.

On en extrait l'or avec le mercure. L'eau s'écoulant du bocard et entraînant les poussières de minerai est dirigée sur une première table dormante dont la surface est couverte de draps à longs poils.

Ces draps sont relevés trois fois par jour et lavés dans une caisse en bois placée à côté de la table dormante et disposée de telle sorte qu'elle puisse servir aussi de table dormante pour l'eau du lavage des draps.

Les schlamms ainsi recueillis sont lavés à la main sur une dernière table dans un courant d'eau claire, à l'aide d'un râcloir en bois et d'une brosse à longs crins.

Du mercure introduit de temps en temps pendant cette opération obvie, par l'amalgamation, aux pertes d'or impalpable pouvant être entraîné par les eaux du lavage.

L'eau trouble s'écoulant des draps, ainsi que toutes les autres eaux de lavage sont dirigées sur une deuxième table dormante, en contre-bas, et couverte de plaques de cuivre amalgamées et mises en sûreté par une forte grille en bois fermée avec cadenas.

Deux fois par mois on retire l'amalgame riche à 20 ou 30 p. 100 et on en extrait l'or par la sublimation du mercure.

En résumé :

Sur 100 parties d'or contenu, 48.5 p. 100 sont recueillies par le lavage des produits et la vidange des auges; 40.2 par les draps de la table dormante; 11.3 par les plaques de cuivre amalgamées.

Toutes les eaux des ateliers se rendent, par des rigoles en bois, dans de grands bassins de dépôt, vidés toutes les vingt-quatre heures.

Ces dépôts sont entassés en haldes et on les reprend, selon les cas, en les relavant sur des tables dormantes, sur des moulins à meules verticales, mortiers d'amalgamation tyrolienne, etc.

Les schlichs tiennent 7 gr. 812 par tonne, et le sable impalpable 0 gr. 8.

Préparation mécanique et traitement des minerais par débourbage. — Un modèle exposé représente le débourbeur employé pour la préparation des sables très argileux et difficiles à traiter.

Ce débourbeur est formé d'une cuve tronconique dont le fond est constitué par 6 ou 8 segments de cercles percés de trous aussi tronconiques, dont le grand diamètre est de 0 m. 018. Un des segments sert de trappe qu'on ouvre après un débourbage plus ou moins parfait pour laisser passer les galets.

Le débourbage est produit par 16 tiges verticales réunies par un plateau mis en mouvement par un arbre central faisant 12 à 16 tours par minute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De l'eau, aussi fortement pressée que possible, est fournie par un boyau de cuir placé sur le bord de la cuve. Cette eau entraîne la matière qui arrive sur un plan incliné légèrement, faisant fonction de table dormante. L'or y est retenu par des traverses et des rigoles transversales à profil spécial.

On traite ainsi 570 tonnes par journée de douze heures. La force nécessaire est de 8 chevaux.

La journée finie, on recueille dans de petits baquets ces dépôts et on lave leur contenu à la main sur une table sur laquelle on se sert encore de râcloirs et de brosses à longs crins.

Du mercure est aussi employé pour recueillir l'or impalpable.

Les résidus emmenés par les eaux troubles sont conduits par une vis d'Archimède, inclinée à 38 degrés, à un réservoir alimenté par les eaux du débourbeur et de la table dormante. De là, un sluice de 128 mètres garni de nattes et de treillages formés de broussailles, gazons, drap, etc., conduit le gravier jusqu'à ce que, stérilisé, il tombe dans d'anciens travaux.

Préparations et traitement des sables faciles à débourber. — Par un troisième modèle exposé, la Compagnie a voulu montrer, dans tous ses détails, l'appareil employé pour la préparation mécanique du sable aurifère facile à traiter.

Cet appareil a la forme d'un cône tronqué dont le diamètre extérieur a 4 m. 27 et 1 m. 68 de hauteur. Il est en tôle et sa surface est criblée de trous de 0 m. 020 de diamètre.

Des boyaux en cuir conduisent de l'eau sous pression dans ce trommel et un courant d'eau claire lancée en dessous entraîne les sables à laver.

Des pièces en fer, placées dans le trommel forcent les graviers à s'entrechoquer les uns les autres, et le refus tombe sur une plaque de tôle où des femmes recueillent les pépites.

Le produit du débourbage tombe sur une table dormante dont la forme la plus avantageuse est celle du sluice californien.

Deux fois par jour le trommel est arrêté et on recueille les dépôts sur des tables dormantes et on les concentre, comme il a été dit dans la description de l'opération du débourbage.

Les graviers et sables débourbés se rendent dans des pochettes en bois munies de trappes et de là sont conduits par charretées aux haldes d'où on les répand, en temps opportun, pour les traiter comme dans le premier cas.

Le trommel lave par jour 240 à 290 mètres cubes de sable, fait 12 à 16 tours par minute et exige une force de 3 chevaux.

Telles sont les méthodes employées pour traiter les minerais aurifères de la Compagnie Astacheff.

Mines d'or de Grenade, A. Goupil (Espagne). — M. Goupil expose les plans des mines

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'or de Grenade dont il est propriétaire, ainsi que le système de lavage et de traitement des alluvions aurifères dû à M. Guillemin-Tarayre.

L'exploitation de ces alluvions est située près de Grenade entre les vallées du Genil et du Darro.

Ces alluvions, exploitées déjà par les anciens, sont d'une richesse égale à celle des placers actuellement exploités en Californie.

L'or a son origine dans les micaschistes injectés de quartz qui forme l'ossature de la Sierra Nevada. Il se rencontre aujourd'hui dans les alluvions disposées dans une grande vallée tertiaire.

Les vallées actuelles du Darro et du Genil se sont produites dans ces alluvions qui occupent une surface de 5,000 mètres × 1,500 mètres, avec une épaisseur de 300 mètres.

L'or est surtout concentré dans le thalweg de l'ancienne vallée tertiaire. On estime le cube de la formation aurifère à 1,500 millions de mètres cubes. L'exploitation se fait par le procédé hydraulique californien.

L'eau est fournie sous une pression de 9 atmosphères à l'hydrolame par une dérivation des eaux de la Sierra mesurant 27 kilomètres.

A l'extrémité de cettte conduite se trouve une cloche à air pour permettre son échappement, et une disposition particulière pour la séparation des graviers entraînés. L'hydrolame est à une distance de 30 à 40 mètres d'un front de taille de 25 à 30 mètres de hauteur, et l'eau sous pression attaque ce front de taille à la base. D'autres jets supplémentaires servent à diviser les conglomérats abattus. On consomme 20 mètres cubes d'eau par mètre cube de conglomérat.

Les débris désagrégés tombent sur une grille de 0 m. 10 et, ce qui traverse, dans un canal muni de barreaux longitudinaux. Sur ces derniers se trouvent une double série de lames collectrices affleurant alternativement en haut et en bas.

L'or libre en paillettes se dépose dans les 27 premiers mètres, mais les graviers et les galets continuent leur route et des grilles de rejet latérales éliminent de distance en distance les plus gros éléments.

A la suite de la première grille de rejet et en dessous du canal, se trouvent des cribles de setzage à fond de tamis; les tamis des cribles se suivent avec des trous de diamètre croissant et les derniers graviers sont lavés au lavoir classificateur de M. Max Evrard, précédé de trommels. On y passe aussi les dépôts qui se font dans le canal après les 150 premiers mètres.

L'or en farine impalpable est recueilli au delà de la dernière grille de rejet par des bains de mercure dans des châssis collecteurs d'amalgame.

La longueur totale de ces laveries est de 550 mètres et celle des canaux de décharge de 750 mètres.

Tous les produits du lavage passent au bocard californien, sauf les premiers dépôts à paillettes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On bocarde à l'eau en présence d'une quantité de mercure strictement dosée. 80 p. 100 de la quantité d'or contenue dans ces produits sont amalgamés au bocard, à la suite duquel des tables à toile en recueillent 15 p. 100, et, à la suite, des tables à flanelle, encore 5 p. 100.

Des bains de mercure se trouvent intercalés entre ces dernières tables et leur extrémité. Le dernier bain mercuriel ne doit plus présenter trace d'amalgame. Un labyrinthe permet de recueillir l'eau.

La cueillette des batteries de bocard et des tables va aux cuves d'amalgamation, puis au lavadero où se sépare le mercure en excès.

La teneur moyenne des alluvions est de 1 gramme de paillettes par mètre cube, résultat moyen d'un grand nombre de battées.

La richesse en or latent après lavage est de 2 grammes par mètre cube, et c'est cette quantité que le système de lavage de M. Guillemin-Tarayre permet de recueillir. La perte totale n'en est pas moins de 50 p. 100 de l'or contenu dans les alluvions.

Telles sont les grandes lignes de cet intéressant gisement dont l'exploitation semble nécessiter des places de dépôt très considérables pour y entasser les matières stériles.

Exploitation des rivières souterraines en Californie. Golden-River et Forest-Hill. — La *Société française de « Golden River »* et *« Forest-Hill Divide »* expose un plan en relief qui comprend une partie d'un contrefort de la Sierra Nevada sur une étendue de terrain de 40 à 50 kilomètres en longueur et suivant la plus grande pente.

L'altitude est à 1,100 à 1,200 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La partie dans laquelle se trouvent d'anciens lits de rivières charriant des sables aurifères forme un rein ou dos d'âne; à droite et à gauche, se trouvent des vallées profondes au fond desquelles coulent des cours d'eau à peu près parallèles à son axe.

Ce rein est composé de deux parties : celle inférieure est du schiste ardoisier dans lequel existait et existe encore l'or à l'état natif sous forme de paillettes extrêmement minces. Elles sont placées principalement dans les plans de stratification.

C'est dans cette formation que les rivières principales avaient creusé leur lit en y laissant l'or provenant des détritus des terrains d'amont. Plus tard, à la suite de bouleversements terrestres, ces lits ont été recouverts par des roches volcaniques ayant surgi en amont, puis transportées.

Elles constituent aujourd'hui la surface du sol. Pendant leur dépôt, d'autres cours d'eau se sont constitués en laissant aussi sur la longueur de leur parcours des sables aurifères.

La Compagnie française, suivant l'exemple qui lui avait été donné par les nombreux exploitants du pays, a attaqué sur le flanc de la montagne et dans deux de ses concessions, *Golden-River* et *Forest-Hill Divide,* l'exploitation de ces rivières souterraines, après avoir déterminé avec soin la ligne de contact entre le terrain en place ou schiste ardoisier et le terrain de dépôt ou débris volcanique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des travers-bancs plus ou moins longs, mais ayant quelquefois jusqu'à 600 mètres et perpendiculairement au grand axe de la montagne, sont creusés à l'aide de l'air comprimé comme moteur dans le schiste ardoisier, de manière à atteindre la rivière ancienne un peu au-dessous du fond de son lit.

Une communication verticale est faite avec lui; on pénètre alors dans les conglomérats du lit épais de 30 à 2 mètres et on les exploite en revenant des bords vers l'axe où une seule galerie de roulage est conservée.

Le boisage est presque nul; la matière tombe dans un wagonnet de 1 tonne de contenance, et laissé à l'extrémité du travers-banc inférieur. Il est roulé au hangar de lavage placé à l'entrée du travers-banc et culbuté sur l'aire située à un niveau inférieur.

Là, avec une lame à pression d'eau puissante, le conglomérat est désagrégé et le courant boueux et pierreux en résultant, réuni dans un chenal en bois portant des arrêts de distance en distance, y abandonne les paillettes d'or qu'il charriait. Ces dépôts de conglomérats contiennent jusqu'à 13 fr. 12 d'or à la tonne.

On fait actuellement 250 wagonnets de 1 tonne par jour en occupant à l'intérieur et à l'extérieur 150 ouvriers.

L'Exposition de cette Compagnie présentait de nombreux échantillons des roches de ce curieux gisement ainsi que des produits obtenus, le tout accompagné d'une vue d'ensemble du pays dans lequel se trouvent ses intéressantes exploitations.

Première exposition du département de la République sud-africaine ou des mines d'or du Transvaal à Prétoria. — La République sud-africaine est un pays très riche en minerais métalliques et les gisements d'or y sont importants.

Ce n'est guère que vers 1867 et 1868 qu'on a commencé à en découvrir qui attirèrent l'attention. Dès cette époque de nombreux étrangers vinrent chercher l'or dans les alluvions, et, parmi eux, bien peu furent heureux.

C'est dans les districts de Zoutpansberg en 1872 et de Lydenbourg en 1873 que ces efforts furent tentés.

La période de 1872 à 1885 s'écoula en tentatives faites soit par des compagnies, soit par des particuliers; mais elle ne fut pas infructueuse en enseignements. On avait fait des travaux et on s'était enfin rendu compte des lois qui régissaient ces gisements et des moyens qui permettraient d'en tirer parti.

Les exploitations pratiquées dans les alluvions restèrent peu fructueuses et ce n'est que lorsqu'elles s'attaquèrent aux quartz aurifères qu'une nouvelle ère commença.

On compte actuellement d'après M. Aubert, consul de France à Prétoria, 10 zones contenant assez d'or pour que l'administration les appelât « Champ d'Or ».

La superficie de ces zones serait de 500,000 hectares.

Le propriétaire qui trouve un gisement sur son terrain est autorisé par le Gouvernement à bâtir moyennant une redevance de 12 fr. 50 par 85 ares ou de 2 1/2

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

p. 100 du produit des mines. Ce propriétaire peut donner des licences à des tiers. Il partage alors le produit de ses peines avec le Gouvernement dans les proportions de 3/4 et 1/4.

Les mines métalliques sont une source importante de revenu pour le Gouvernement et, en 1887, il a touché 5,392,175 francs.

En 1888 le poids de l'or extrait des mines de la République sud-africaine a été de 8,520 kilogrammes. Ce chiffre indique l'importance de ce pays aurifère.

Exposition. — En ce qui concerne l'exposition de cette région elle se compose de modèles, de plans, coupes et vues de travaux de mines et d'une très belle collection de minerais et roches de ce pays.

Le pays étant très accidenté l'exploitation a lieu, suivant les cas, par galeries ouvertes à différents niveaux sur le flanc des montagnes, ou par puits intérieurs suivant le plan des filons.

L'aérage se fait par ces puits communiquant entre eux.

Dans les mines de Charlton Meyer, le filon exploité a une épaisseur de 5 à 6 mètres et est fortement incliné. La roche qui le compose est un conglomérat à éléments moyens très durs, appelé dans le pays *bauket*. L'or y est disséminé en parties très fines. La teneur de cette roche est d'environ 5 onces par tonne; il est par conséquent très riche.

Un bloc pesant 1,500 kilogrammes, à cette teneur à la tonne, est exposé. Il a été extrait de la profondeur de 30 mètres.

L'ensemble des dessins comme travaux et vues diverses, ainsi que la collection des minerais de cette mine donnent une idée assez exacte de l'importance de cette exploitation.

Band of Hope and Albions Consols, à Ballarat (Victoria). — Cette Compagnie a exposé un très beau modèle à l'échelle du huitième avec batteries complètes de bocards, pour le concassage du quartz, mus par une machine à vapeur horizontale.

Ces batteries et tous les autres appareils composant cette exposition sont mis en mouvement par une transmission prise dans le palais du quai d'Orsay.

Chaque batterie comprend cinq bocards à têtes rondes qui permettent de les tourner. Les cames sont fixées avec des clavettes.

L'alimentation des bocards est faite à la main. La décharge des eaux entraînant le sable se fait sur des plaques en cuivre amalgamées, suivies de bandes de molleton et de tables à secousses. On emploie des barils tournants pour l'amalgamation des pyrites grillées concentrées.

Les deux mines Band of Hope et Albions Consols, fusionnées en 1868, n'ont pas produit, depuis 1856, moins de 18,900 kilogrammes d'or, valant presque 64 millions, dont 28 millions ont été distribués en dividendes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MINES DE DIAMANT.

Mines de diamant du Cap. — Les mines de diamant du Cap sont établies sur un gisement énorme découvert en 1867.

Il a la forme ovale à la partie supérieure, la seule à peu près connue. Son grand axe est orienté S. O.-N. E. sensiblement. La courbure du bord est convexe vers le Nord et concave vers le Sud. Sa profondeur est connue jusqu'ici sur certains points; mais il paraît être assez considérable sur d'autres. Il semble constitué par des boues volcaniques anciennes dans lesquelles sont empâtés des débris de roches anciennes et aussi le diamant et d'autres pierres précieuses, de grosseurs très variées. Ce mélange de boues argilo-siliceuses et débris pierreux donne lieu à une roche assez dure, mais qui, heureusement, a la propriété de se déliter à l'air et au soleil. Ces boues sont quelquefois traversées par des roches dioritiques, sous forme de dyke ou de pointements; de plus, elles recouvrent à d'assez grandes profondeurs des boues de quartzite.

Il y a quelques années, les exploitations y étaient si répandues, qu'il en résultait un véritable gaspillage.

Une photographie exposée donne, pour un point, une idée exacte de ce fouillis.

Après une série de tentatives et d'efforts faits pour diminuer le nombre de claims ou concessions, quatre grandes Compagnies ont fini par les réunir presque tous dans leurs mains, grâce à la possession de capitaux considérables.

Ces grandes compagnies sont: Kimberley, de Beer's, du Toit's Pan et Bulfontein.

Aujourd'hui, elles se sont fusionnées sous le nom de « Central Company ».

Le plan d'ensemble, exposé dans le pavillon spécial des diamants du Cap, indique la répartition des concessions devenues actuellement la propriété de la Central Company. Grâce à la puissance des moyens dont chacune disposait déjà, elles avaient pu faire faire de grands progrès aux procédés d'exploitation.

Méthode d'exploitation. — C'est ainsi que la Compagnie de Beer's, sur les conseils de M. E. Boutan, a abandonné son système d'exploitation à ciel ouvert, qui devenait dangereux à cause de la grande profondeur, pour pratiquer l'exploitation souterraine.

Après divers essais de méthodes, c'est à celle par étages pris en descendant, de 33 mètres de hauteur verticale, et par tranches horizontales sous-estau, prises par dépilages et foudroyages, aussi en descendant, qu'on s'est arrêté.

Chaque tranche horizontale a pour but de prendre en hauteur:

Par sous-traçage	5 mètres de hauteur.
Par sous-estau	3^{m} 50 à 4^{m}50 suivant les cas.
Total	8^{m} 50 à 9^{m} 50.

Soit donc 3 tranches par étage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Préparation d'une tranche. — Une base d'opération partant du puits est tracée avec la direction Est-Ouest. jusqu'à la limite naturelle ou fictive.

C'est celle qui sert de voie de roulage principale. Puis on exécute des traverses vers le Nord et vers le Sud jusqu'à la roche encaissante ou jusqu'à celle qui la précède et qui sert en quelque sorte d'enveloppe au gisement diamantifère.

Chemin faisant, trois autres voies, parallèles à la première, sont exécutées de manière à faciliter les opérations de roulage et d'aérage.

Les traverses sont espacées entre elles de 10 mètres et ont une largeur de 5 mètres environ, rétrécie de moitié à leur point d'intersection avec les quatre voies Ouest-Est.

La hauteur de toutes les traverses est de 5 mètres.

Lorsqu'on est arrivé au Nord et au Sud, c'est-à-dire à la roche stérile enveloppe, on bat en retraite en procédant au dépilage et au foudroyage de l'estau.

Cette dernière opération enlève.....	65 p. 100 de la matière utile.
Le traçage donne.....	30
Pertes par différence.....	5
Total.....	100

Comme on le voit, cette méthode, si mauvaise pour une matière telle que la houille, donne au contraire des résultats exceptionnels pour une matière comme celle du Cap dont la valeur est de 10 francs environ le load ou 16 pieds cubes.

Quand deux étages sont en exploitation, le supérieur est en avance sur l'inférieur, autrement, il n'y aurait plus de sécurité.

En 1888, la mine de Beer's avait trois étages en exploitation ou en préparation : celui de 163 mètres, presque entièrement enlevé; celui de 173, très entamé, et enfin de 203, en préparation.

Le creusement du puits précède toujours de la hauteur d'un étage celui qui est en préparation, et ceux qui sont en exploitation sont reliés entre eux par des cheminées verticales.

Outre le puits d'extraction, bien armé comme machine et guidage, il y a, avec le jour, une autre communication inclinée.

Cette méthode permet d'extraire chaque jour plus de 6,000 à 6,500 tonnes de matière. Jusqu'ici, elle n'a présenté aucun inconvénient, malgré les éboulements de la roche stérile ou non, que le foudroyage provoque à chaque tranche. Le seul danger qui soit à craindre, c'est l'échauffement des pyrites qui prennent feu au contact de l'air lorsque la matière stérile est accumulée en tas comme cela a eu lieu pour les dépôts des exploitations à ciel ouvert de Kimberley et de Bulfontein.

Modèle d'installation de puits exposé. — La Compagnie a exposé un modèle d'installation de puits montrant bien le système de culbutage des wagonnets arrivant à la recette.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Méthode d'exploitation à ciel ouvert. — A Bulfontein, au contraire, ainsi qu'à Kimberley, à cause de la valeur plus faible du mètre cube de roche diamantifère ou bleue, on a conservé jusqu'à présent l'exploitation à ciel ouvert.

Modèle d'exploitation à ciel ouvert de la mine de Bulfontein. — C'est le modèle d'une exploitation de ce genre, celle de la mine même de Bulfontein, qui a été exposé.

On y voit que toutes les matières sont remontées du fond par une série de câbles aériens amarrés au bas et à la surface. Ils sont desservis par des machines motrices placées au niveau de la surface et rangées à peu près en cercle.

Cette disposition de tous ces moyens d'élévation, au fond et au jour, donne à cette exploitation, en forme d'entonnoir renversé, un aspect unique.

Déjà les exploitations à ciel ouvert ont atteint la profondeur de 250 mètres.

Jusqu'où pourra-t-on descendre à Bulfontein sans avoir les gigantesques éboulements survenus dans d'autres excavations? On ne peut le savoir; mais, ce qu'il y a de certain, c'est que les poussées augmentant au fur et à mesure de la profondeur, un jour ou l'autre il faudra recourir à l'exploitation souterraine.

Préparation mécanique. — La roche diamantifère est dure, mais, comme on l'a dit, elle a la propriété de se déliter à l'air et au soleil; aussi, l'a-t-on mise à profit.

On l'étale sur de vastes champs de dépôts où elle reste six à huit mois, en en renouvelant constamment les surfaces.

Autrefois, la roche délitée était triée à la main, car, avant 1885, date de l'arrivée à Kimberley du chemin de fer qui, aujourd'hui, transporte sur les exploitations des trains d'eau, l'eau était très rare. Elle se payait jusqu'à 1 fr. 25 le seau. Il fallait trier 100 de matière première pour extraire $\frac{1}{800000000}$ de matière utile. Le travail à l'eau sur une large échelle étant devenu possible, on a construit des canalisations, et, par des lavages, on commence par éliminer 70 p. 100 de matières stériles boueuses.

Système de laveurs exposés. — Plusieurs appareils de lavage sont exposés. Ce sont des tables coniques concaves, sur lesquelles tournent des râcloirs. La matière arrive avec l'eau à la circonférence de la table, après avoir passé par un trommel.

Le partie riche se dépose, tandis que les boues sont évacuées par le centre; en abaissant une palette, on fait tomber la matière riche dans le sous-sol, d'où elle est reprise pour être triée à la main. Les appareils de lavage diffèrent surtout par la manière de faire arriver la matière.

Ceux du système Paxman and Allen font arriver la matière en plusieurs points de la circonférence par des chenaux tournant avec l'eau qui porte les râcloirs.

Dans l'appareil de Beït, la matière arrive par un seul point de la circonférence et fait tout le tour de la table avant d'être expulsée en un point de la circonférence intérieure, situé presque en regard du point d'arrivée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le résultat du lavage, après son passage sur un tamis spécial, mis sous verre, est ensuite trié à la main par des hommes de confiance qui en extraient les pierres précieuses.

Tel est maintenant le traitement employé.

Une grande quantité de dessins et vues photographiques exposés permettent de suivre le développement de cette grande industrie et toutes les précautions prises pour empêcher les vols.

On se rendra compte de l'importance qu'elle a acquise aujourd'hui en disant que pour la seule mine de « de Beers », il y avait, en 1887 : à l'intérieur, 214 blancs et 1,350 noirs; à l'extérieur, 180 blancs et 1,400 noirs, soit un total de 394 blancs et 2,750 noirs, ou 3,144 individus.

La production des quatre grandes mines a été en 64 mois, à partir de 1882, de 14,354,738 carats 1/4.

Si on ajoute ce résultat à ceux obtenus par une évaluation faite depuis 1867 jusqu'au 1er septembre 1882, on a un total de 31 millions de carats, soit près de 400 millions de francs.

De magnifiques produits, appréciés par la classe 41, complètent cette très intéressante exposition.

MINES DE NAPHTE.

Exposition de la Société anonyme pour l'exploitation du naphte (Nobel frères). — L'exposition de cette Compagnie, représentée à Paris par M. A. André fils, se divise en deux parties :

L'une très peu importante concernant la classe 48, et l'autre, très considérable, comme produits.

Au point de vue de la classe 48, elle ne présente qu'un atelier de réparations qui témoigne par son importance de l'ampleur de l'affaire, et trois photographies de sondages.

Elle expose aussi différents dessins indiquant la distribution des huiles par pompes qui aspirent à grandes distances.

Cette société a été fondée en 1879 par MM. Robert et Louis Nobel, de Saint-Pétersbourg, avec le concours de M. Alfred Nobel, de Paris.

Son capital est passé successivement de 12 millions de francs à 60 millions, avec 20 millions d'obligations émises à diverses époques.

Elle s'est proposé :

1° La production du naphte brut;

2° La production du pétrole raffiné;

3° Le transport en vracs des produits du naphte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1888, l'usine de Bakou a produit 214,745 tonnes de pétrole raffiné, et en huiles de graissages, 16,408 tonnes.

Ce sont MM. Nobel frères qui ont établi en 1878 la première «pipe line» ou conduite tubulaire reliant les sources de naphte à leurs raffineries, et, la même année, le premier vapeur-citerne, *le Zoroastre*, pour le transport du pétrole par la mer Caspienne..

Puits à naphte. — La Société possède actuellement à Balakhany, près Bakou, 44 hectares de terrains naphtifères sur lesquels il existe 54 puits en exploitation, comportant 15 stations de pompes avec 153 pompes et 55 kilomètres de conduites tubulaires pour le transport du naphte brut aux usines de la ville Noire.

La superficie occupée par cette ville et les usines est de 46 hectares.

Il existe aussi une fabrique d'acide sulfurique qui en a produit, en 1888, 4,600,000 kilogrammes dont la moitié a été employée par la Société elle-même, puis une usine à soude, et enfin une usine à gaz.

La valeur de ces installations serait de près de 30 millions de francs.

A Batoum, sur les bords de la mer Noire, elle possède encore 12 réservoirs destinés à l'expédition, pouvant contenir 18,000 tonnes de pétrole. D'autres dépôts placés dans l'intérieur de la Russie représenteraient une valeur de près de 12 millions de francs.

Les moyens de transport sont considérables :

13 bateaux-citernes à vapeur pour le transport sur la mer Caspienne;

1 bateau-citerne à vapeur pour le transport à l'étranger;

12 bateaux semblables pour la navigation fluviale;

2 bateaux à vapeur pour le transport des ouvriers;

10 allèges en fer et 8 en bois avec citerne en fer pour le transport du pétrole;

1 dock flottant à Astrakan pour la réparation des navires;

1,525 wagons-citernes pour le transport du pétrole et deux locomotives. Ce matériel représenterait une valeur de 20 millions de francs.

Rendement des puits. — En 1888, le rendement a été de 425,000 tonnes de naphte brut. La Compagnie en achète à divers 270,000 tonnes, soit ensemble 695,000 tonnes.

La raffinerie est organisée pour livrer un million de kilogrammes en vingt-quatre heures par la distillation continue qu'aurait inventée M. Louis Nobel.

Graisses. — Elle fabrique 50,000 kilogrammes de graisses par jour, soit 15 millions de kilogrammes dont elle écoule la presque totalité en France et en Belgique.

Comme on le voit, MM. Nobel frères ont donc créé la plus grande exploitation de naphte brut de ce pays et la plus grande raffinerie de pétrole du monde entier; la première, et, encore aujourd'hui, la plus importante flotte de bateaux-citernes; un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

matériel roulant plus considérable que celui de plus d'une compagnie de chemin de fer; des dépôts et réservoirs pouvant contenir plus de la moitié de la consommation annuelle de pétrole de ce pays. Telle est, dans ses lignes principales, cette grande industrie, en 1889.

Société commerciale et industrielle du naphte de la Caspienne et de la mer Noire. — La très belle et très complète exposition présentée par cette compagnie comprend des cartes, des coupes, des modèles et des outils pour la classe 48, ainsi que divers reliefs et plans montrant les installations principales.

1° CARTES, DESSINS ET PHOTOGRAPHIES.

Plan parcellaire du plateau de Balakhani-Sabountchi;
Carte géologique près de la vallée de Beïbath (près Bakou);
Coupe verticale de plusieurs forages;
Ville de Bakou;
Plan de la raffinerie de Bakou;
Graphique de la production et de la distillation du naphte;
Graphique de l'exportation;
Dessins des principaux outils de forage;
Dessins de pulvérisateurs;
Plan de la ville de Batoum;
Plan des usines de Batoum;
Carte géologique du gouvernement de Koutaïs;
Photographies des mines et des usines de Bakou et de Batoum.

2° MODÈLES.

Principaux outils de forage (en demi-grandeur);
Plan-relief, type d'une exploitation de naphte à Bakou;
Derrick contenant les machines et outils nécessaires pour le forage et l'exploitation d'un puits;
Wagon-citerne contenant 10 tonnes environ;
Plan-relief des usines de Batoum dans lesquelles on fabrique les caisses, les estagnons et qui comprend aussi des ateliers mécaniques et la gabarre pontée en fer pour le chargement des caisses;
Demi-bateau-citerne, avec coupe longitudinale du bateau, d'une capacité de 2,100 t. de pétrole;
Bateau-citerne entier d'une contenance de 3,600 tonnes de pétrole.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° APPAREILS DIVERS.

Pompe servant au transport des produits de naphte;
Pulvérisateur pour l'emploi des résidus comme combustible;
Chronomètre;
Densimètre;
Appareil Abel, pour déterminer le point d'inflammation du pétrole;
Lampes russes pour le pétrole du Caucase.

Date de la fondation de la Société. — La Société actuelle existe depuis 1863 et la nouvelle administration depuis 1886.

Cette dernière a eu pour objectif l'extension des débouchés en augmentant les moyens d'exportation, soit par mer, soit par le chemin de fer transcaucasien, et semble, d'après M. Aron, ingénieur de la Société, avoir atteint ce but.

Situation des exploitations. — Les exploitations de la Compagnie sont toutes situées sur le gisement naphtifère dit « de la presqu'île d'Apschéron » (mer Caspienne). Il a pour centre la ville de Balakhani-Sabountchi, située sur le plateau de ce nom et à 50 ou 60 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Bakou, port sur la mer Caspienne, est à 10 kilomètres environ au S. O. de Balakhani.

C'est sur ce port que sont établies toutes les usines qui traitent le naphte du plateau de Balakhani et de la vallée de Bibi-Beïbath, laquelle touche au cap Naphtifère qui s'avance dans la mer Caspienne.

Bakou est relié à Batoum, rade sur la mer Noire, par le chemin de fer dit *transcaucasien*. Il a 901 kilomètres de longueur, est à une seule voie et a un profil très accidenté. Son tracé suit les premiers contreforts S. O. du Caucase. C'est ce chemin de fer qui a été la cause déterminante du développement extraordinaire que l'exploitation du naphte a prise sur la presqu'île d'Apschéron.

1° GISEMENT NAPHTIFÈRE DE BALAKHANI-SABOUNTCHI. — Le gisement naphtifère de Balakhani est sensiblement orienté comme la chaîne du Caucase N. O.-S. E. Il affecte la forme d'un fond de bateau dont le grand axe aurait la direction qui vient d'être indiquée. Il fait partie du miocène dont les couches sont faiblement inclinées, 15 à 20 degrés seulement au S. O. Cependant la direction varie en quelques points. Il semble occuper une superficie de 350 à 400 hectares.

Ce terrain est constitué par des bandes de sable à éléments assez fins, souvent puissants, alternant avec des couches d'argile multicolore, mais généralement gris verdâtre, ayant jusqu'à 21 ou 22 mètres d'épaisseur. Quelques-unes de ces couches

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'argile sont imprégnées de naphte ou dégagent des hydrocarbures ; mais ce sont les bancs de sable qui généralement fournissent le naphte. Certains bancs dégagent aussi du gaz.

Les affleurements du gisement naphtifère apparaissent au N. E. et au N. O; autrefois ils dégageaient de grandes quantités de gaz, qui, aujourd'hui, s'affaiblissent. Néanmoins, en avant du village de Balakhani se trouve un petit volcan de boue encore en activité qu'on appelle Bog-boga; plus loin, du côté de Binaghodi, il y en a plusieurs autres au N. E. et au N. O., dont un très grand nombre inactifs.

Au point appelé Surachany ou « Temple du feu » et aux environs, ont lieu certains dégagements de gaz. Ils sont utilisés souvent par les gens du pays, qui, en faisant des trous de 0 m. 50 à 1 mètre de profondeur, allument le gaz. Ils les remplissent de pierre calcaire et ont ainsi un véritable petit four à chaux chauffé au gaz.

C'est dans cette région que pendant longtemps M. Cokeroff a exploité le naphte blanc.

Les dégagements ont même lieu dans la mer. C'est ainsi qu'un peu au S. O. du cap naphtifère, on peut allumer par une mer très calme les dégagements de gaz qui se produisent. On suppose que ces dégagements sont dus à d'anciens puits que la mer a postérieurement recouverts.

Le gisement du plateau de Balakhani-Sabountchi peut être divisé, d'après M. Aron, en sept districts.

A l'Ouest, est située une zone improductive ; immédiatement après celle-ci une zone épuisée en naphte léger. Les trous de sonde qu'on y a pratiqués ou qu'on y exécute encore ne donnent plus que du naphte lourd et beaucoup d'eau.

Ensuite, et contiguë à la précédente, une zone à moitié épuisée.

La moitié des sondages qui y existent donnent du naphte léger et l'autre du naphte lourd et aussi une quantité d'eau assez considérable.

Dans la quatrième zone, les signes d'affaiblissement de rendement ont commencé à se montrer. Les fontaines ont disparu.

La cinquième zone ou productive est composée d'un terrain presque intact, promettant beaucoup.

Les sondages y sont profonds et donnent de l'eau en assez grande abondance.

La sixième zone est celle qui appartient à des communes qui ne peuvent aliéner à des particuliers. Elle est composée du terrain le plus sûr. On y trouve des fontaines et des puits à grands débits.

Enfin, au N. E. est une zone douteuse.

Les concessions sur tout cet ensemble sont très nombreuses et, généralement, de 10 hectares de superficie.

Comme il existe une différence de niveau de 50 à 60 mètres entre le plateau de Balakhani et Bakou, ou d'autres points de la côte Caspienne, il a été relativement facile de conduire le naphte des points où il est exploité aux usines de Bakou et autres.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est dans ce but qu'une série de tuyaux en fonte de 0 m. 10 à 0 m. 15 de diamètre on été établis du N. E. au S. O. sur toute l'étendue du gisement; d'autres courent de l'Est à l'Ouest et on peut presque dire dans toutes les directions.

C'est ainsi que la *Société commerciale et industrielle* a fait établir 14 kilomètres de tuyaux ou «pipe-line» de 0 m. 11 à 0 m. 155 de diamètre, pour relier les points de sa production à la raffinerie de Bakou avec une seule station de pompes.

Dans le bassin naphtifère du plateau de Balakhany, les épaisseurs des terrains sont très variables. Au puits n° 18, la profondeur totale a été de 236 mètres.

Au puits n° 10, elle a été de 117 m. 65. On rencontre le pétrole à différents niveaux et la densité varie avec la profondeur.

Généralement, on commence par rencontrer du pétrole à la densité de 860, puis à celle de 875. En approfondissant davantage, on touche à 900, puis à l'eau salée.

Les quantités de naphte fournies par ces puits jaillissants sont parfois très considérables.

C'est ainsi qu'au n° 10, commencé le 20 mars 1885 et terminé en novembre de la même année, on a eu, au commencement, 131 tonnes de pétrole par jour, en diminuant jusqu'en 1888 à 24 t. 470, dans le même temps.

Le puits n° 18 creusé en un an, de 1886, à 1887, a donné d'abord 29 t. 460 par jour, puis 142 à 865, enfin à 869.

Quand les puits ne jaillissent plus, on épuise le pétrole au moyen de cuillers appelées *seaux* et pouvant remonter environ une demi-tonne de naphte.

Coupes géologiques. — Deux coupes géologiques des puits n^{os} 10 et 18 sont présentées. Elles indiquent des couches plus ou moins puissantes de sable végétal, de sable contenant des gaz, de marnes, de sables naphtifères, etc.; enfin des argiles multicolores à différents niveaux.

2° Gisement naphtifère de la vallée de Beïbath. — La carte exposée par la Compagnie et qui comprend la partie centrale de la vallée de Beïbath montre la répartition des concessions sur cette zone pétrolifère de 100 hectares environ.

L'huile qu'elle fournit est extrêmement légère (850), et sa position sur la zone Ouest de la mer Caspienne est très favorable à l'exportation.

C'est à peu près à égale distance des deux extrémités qu'est placé le cap Naphtifère. C'est, comme nous l'avons dit pour la zone de Balakhani, près de cette pointe de terre que le dégagement de gaz se produit en mer, suivant probablement un point faible ou ancien puits, dit-on, qui constitue une véritable soupape de sûreté.

Les concessions sont réparties comme suit :

Au N. E. à partir de la mer, terrain du département de la marine;

Au-dessous, MM. Faghief et fils; en face le cap Naphtifère, Zoutalof et C^{ie};

Au-dessous, et toujours contigu à la mer, J. Richard;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Immédiatement en contact, et au S. O., la Société commerciale et industrielle du naphte de la Caspienne et de la mer Noire;

Contiguë à la précédente, et encore sur le bord de la mer, la société Nobel frères;

A l'Ouest de ces quatre dernières concessions, une surface considérable appartenant au village de Bibi-Beïbath, qui a accès sur la mer au Nord du cap Naphtifère, et aussi au S. O. de la concession de MM. Nobel frères.

Enfin, au Sud du terrain du département de la marine, et à l'Ouest de celui du village de Bibi-Beïbath, sont trois communes contiguës et à peu près de même contenance, qui appartiennent, en partant de la limite Sud du département de la marine, aux individus ou aux Compagnies suivantes :

J. Dijakhili;

Zoublof et Cie;

J. Dyakhilé.

Le relief d'une exploitation de naphte aux environs de Bakou montre 7 baraques ou derricks abritant des puits jaillissants ou non; à droite et à gauche de ceux qui ont produit ou produisent sont placés deux bassins de réception établis sur le sol. Un bassin plus important est construit sur maçonnerie.

Tous ces bassins communiquent avec des réservoirs en tôle ou directement avec l'usine de Bakou. Une ou plusieurs chaudières à vapeur, convenablement réparties, la fournissent aux différentes machines qui abritent les derricks ou aux pompes. Des lampes électriques éclairent les points principaux.

Enfin, un bâtiment d'administration, suffisamment éloigné des puits pour ne pas être rendu malsain par les émanations pétrolifères, complète l'ensemble que présente ce relief.

Plan en relief de l'usine de Bakou. — On a vu que cette usine située sur les rives de la mer Caspienne recevait le naphte des points de production par des tuyaux ayant 0 m. 120 à 0 m. 450 de diamètre.

Elle est munie de réservoirs pouvant contenir 15,000 barils de 135 litres chacun ou de 140 kilogrammes. De ces réservoirs, le naphte est envoyé dans des chaudières de distillation. Cette opération donne 40 p. 100 d'huile dégoudronnée qui est traitée par le sulfate de soude, afin d'entraîner les goudrons et la ramener à 822. Le rendement de 40 p. 100 est ramené ainsi à 33 p. 100. Cette huile, appelée *kérosine* ou *pétrole*, ne s'enflamme qu'à 20 ou 30 degrés centigrades. Les résidus de la distillation sont employés pour faire des huiles de graissage.

L'usine de Bakou est entourée de murs de tous côtés, excepté du côté de la mer Caspienne. Elle occupe une superficie de 3 hectares. Elle est en communication, d'une part, avec le chemin de fer de Bakou à Batoum, sur lequel elle expédie en vracs, et, d'autre part, avec la mer. Une estacade en bois se détachant de la rive permet aux wagons de l'usine d'amener leurs produits pour être embarqués.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette usine fournit 15 produits de densité différente, produits rentrant dans le cadre de la classe 41.

Importance commerciale de la Société. — Le développement commercial de la Société a été très grand depuis 1886. En 1888 elle a produit 213,940 tonnes, soit 42 p. 100 de l'exportation totale du pétrole russe.

Ce développement est dû au mode d'expédition et aux moyens employés : bateaux à vapeur-citernes contenant 1,800 à 3,600 tonnes de pétrole, et création dans les principaux ports du continent de procédés de déchargement rapides et de grands réservoirs.

Les bateaux-citernes font le service régulier des expéditions des pétroles du Caucase, entre Batoum, sur la mer Noire, et les ports à pétrole du continent.

Pour les Indes et l'Extrême Orient on a été obligé de supprimer tous les barils et de se conformer aux usages du commerce de ces pays, en expédiant par caisses contenant des estagnons en fer-blanc du poids de 30 kilogr. 303 de pétrole. Aussi, la fabrique de caisses de Batoum, qui en construisait 70,000 par mois, est-elle obligée d'en établir 300,000 par an, pouvant contenir 2 estagnons chacune ou 600,000 tonnes.

En 1889, cette fabrication devait prendre encore plus d'extension. Elle allait pouvoir produire 415,000 à 420,000 caisses par mois ou 5 millions environ dans l'année. Ces chiffres prouvent le développement survenu dans l'expédition aux Indes et dans l'Extrême Orient.

Outre ces expéditions par bateaux-citernes et par estagnons, d'autres très importantes ont lieu en vracs par 300 wagons-citernes de 10 tonnes chacun, circulant sur le chemin de fer transcaucasien.

Ces énormes expéditions sont le résultat de l'exploitation par 20 puits qui donnent actuellement 278,580 tonnes de naphte brut par an.

En deux ans, la Société a augmenté le nombre de ses puits de 15.

Quant à ses usines de raffinage, elle les a perfectionnées et augmentées depuis 1883, de telle façon qu'au lieu de produire 16,380 tonnes de pétrole elle en a fourni, en 1888, 98,280.

A Batoum, on peut charger 3,600 tonnes de pétrole en vingt-quatre heures. Pour y arriver, elle a à sa disposition deux conduites de tuyaux en fer de 0 m. 152 de diamètre, faisant communiquer directement les réservoirs de l'usine avec les citernes des navires, lesquelles permettent aux pompes de remplir le navire de la capacité et dans le temps ci-dessus indiqués; mais, pour le chargement des caisses, il a fallu qu'elle organisât une flottille complète de gabarres pontées en fer puisque les navires ne peuvent pas entrer dans la rade de Batoum qui va être transformée en port.

Une pareille rapidité dans le chargement ne peut être obtenue qu'à la condition d'avoir d'immenses réservoirs; aussi, cette Société en possède-t-elle en nombre suffisant pour contenir 60,000 tonnes de produits, et des magasins pouvant contenir 400,000 caisses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est avec une pareille organisation que l'exportation a pu être 8 fois et demie plus grande qu'elle n'était il y a trois ans.

Pour terminer ce qui est relatif à cette belle industrie, il semble encore utile d'ajouter que les principaux pays d'exportation sont : l'Autriche-Hongrie, par Fiume; Anvers, les îles Britanniques, Venise et Odessa pour les expéditions en vracs; et les Indes anglaises, la Birmanie, la Cochinchine et le Japon pour les expéditions en caisses.

Ces dernières entrent pour les 0,435, dans le chiffre des expéditions totales.

Exposition de Schibaïeff et C^ie^. Mines de naphte. — L'exposition de cette Compagnie se compose de deux parties :

La première, relative à la classe 48, est la moins importante.

La seconde, qui comprend tous les produits qu'on peut obtenir du naphte, l'est au contraire beaucoup.

En ce qui concerne la classe 48, l'exposition était composée :

1° De la coupe du sondage n° 8 exécuté à Balakhany, près Bakou (Caucase);
2° De deux derricks de sondage du système Zatourof employé par la Société;
3° De types d'outils pour l'exécution et l'exploitation d'un puits pétrolifère;
4° D'un bloc de grès lancé par la source jaillissante;
5° Des échantillons composant la formation pétrolifère.

La coupe géologique du sondage n° 8 montre la succession des terrains traversés qui sont là, comme chez les voisins, composés d'alternances d'argile bleuâtre avec des bancs de sable plus ou moins pétrolifères. Les couches d'argile ont jusqu'à 25 ou 28 mètres d'épaisseur.

C'est à 140 mètres de profondeur qu'on a rencontré le banc de sable pétrolifère productif. Le trou est tubé en tôle.

Derricks. — Les derricks de sondage sont formés de deux baraques en planche, fermées de tous côtés. Elles comprennent tout le matériel nécessaire à un sondage pouvant atteindre plus de 200 mètres de profondeur.

Outils. — Les types d'outils employés par la Compagnie sont au nombre de quatorze :

1° Trépan;
2° Machine à river les tubes;
3° Tarière à piston pour curer;
4° Élargisseur de M. R. Sorge, ingénieur;
5° Élargisseur à ressort, brevet O. Zeng, ingénieur;
6° Seau pour puiser le pétrole;
7° Tarière brevetée, système O. Zeng;
8° Chute libre modifiée par M. R. Sorge;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

9° Instrument pour couper les colonnes de tubes à une profondeur donnée (propriété de la Compagnie Schibaïeff);

10° Spécimens de tubes coupés par les outils précédents ;

11° Chute libre ;

12° Rallonge ;

13° Treuil servant à l'extraction du pétrole ;

14° Maîtresse-tige avec cage ou guide de direction.

Projection de la source jaillissante. — Le bloc de grès lancé par la source jaillissante a environ 0 m. 12 de diamètre et est brun, de la couleur du sable pétrolifère qui le contenait. C'est un caillou roulé qui a été déposé dans le gisement avant ou pendant l'arrivée du pétrole.

Les échantillons des terrains pétrolifères consistent en sables de la surface gris jaune, en sables argileux, argiles bleuâtres, sables naphtifères et en sables gris verdâtre contenant du gaz.

Cette Société a une importance assez considérable, puisque la valeur de ses produits est annuellement de 4 millions de francs.

Association pour le développement et le progrès du pétrole en Galicie. — Cette association, dont le matériel sera décrit à l'article spécial, expose une carte statistique et géologique indiquant, par commune, la situation des exploitations de pétrole et d'ozokérite, des distilleries et leur production en 1888.

Cette carte est due à M. L. Syroczinski, ainsi que les diagrammes qui montrent l'augmentation de production et de valeur de ces produits depuis 1877.

La banque de crédit de Galicie, qui a son siège à Lemberg, a exposé le dessin d'un puits de 200 mètres percé pour l'exploitation de l'ozokérite à Boryslaw.

Ce dessin montre clairement les conditions de gisement de cette matière.

MINES DIVERSES.

Société lyonnaise des schistes bitumineux. — Cette Société a exposé le modèle, à l'échelle d'un dixième, de l'une de ses usines de distillation des schistes les plus importantes, qui comprend aussi un puits d'extraction.

Cette Société s'est installée dans le bassin d'Autun en 1881, afin d'y continuer l'exploitation de plusieurs gisements de schistes bitumineux et d'un gisement de bog-head.

L'industrie des schistes, après avoir été florissante en 1864, subissait une crise amenée par l'invasion des pétroles étrangers. Grâce aux capitaux apportés par la Société lyonnaise et à son administration, cette double industrie a pris un nouvel essor qui tend à améliorer sa situation de plus en plus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le gisement des schistes bitumineux formait 3 étages ou systèmes dans le pays, la Société a établi sur chacun d'eux une extraction de schistes en même temps qu'une usine à distillation.

Comme on le sait, ces trois systèmes appartiennent à l'énorme formation permienne, si développée dans le bassin d'Autun, et c'est dans le permien supérieur que se trouve la petite couche de bog-head, dont de beaux échantillons ont été aussi exposés. Cette couche, qui n'a que 0 m. 25 à 0 m. 27 d'épaisseur, affleure sur 6 kilomètres environ dans la partie Ouest du bassin, et s'enfonce vers l'Est avec une pente de 0 m. 18 à 0 m. 20 par mètre.

Malheureusement, elle ne semble pas se poursuivre en profondeur, et à 300 ou 400 mètres de ses affleurements, elle paraît devenir inexploitable, des sources siliceuses étant probablement venues troubler sa pureté. Les concessions de la Société lyonnaise sont situées dans les environs d'Autun, et elles sont généralement traversées par la ligne du chemin de fer de Chagny à Étang, appartenant au Paris-Lyon-Méditerranée.

Les usines et exploitations que possède la Compagnie sont réparties à peu près suivant une ligne Nord-Sud et sur 23 kilomètres de longueur.

Dans l'ordre de superposition, elles sont placées :

1° Aux Télots, où on exploite sur ce dernier point ainsi qu'à Margenne, situé à 5 kilomètres au Sud, la couche de bog-head qui est surmontée d'une couche de schiste de 0 m. 80.

Un puits de 60 mètres de profondeur, situé aux Télots, a extrait 7,863 tonnes de bog-head, en 1888, et 18,900 tonnes de schiste, ces dernières ayant donné 6,652 hectolitres d'huile brute.

A Margenne, une descenderie poussée suivant l'inclinaison de la couche de bog-head a extrait dans la même année 925 tonnes de bog-head et 2,450 tonnes de schistes.

Toutes ces exploitations appartiennent au système supérieur. Le bog-head est expédié après triage au chemin de fer.

2° A Ravelon où affleure le système moyen du permien, la Société exploite sur la commune de Dracy-Saint-Loup, et à 12 kilomètres à l'Est d'Autun, une belle couche de 1 m. 50 à 1 m. 80 d'épaisseur. Le puits représenté sur le modèle en relief a donné, en 1888, 31,348 tonnes de schiste qui ont été transformées en 9,560 hectolitres d'huile brute.

3° A Igornay, où affleure, à une très petite distance des terrains primitifs, le permien inférieur.

On y exploite par un puits de 62 mètres deux couches sur trois, dont la puissance est de 3 mètres et de 2 mètres.

Elles ont donné, en 1888, 35,538 tonnes de schistes, lesquels ont été transformés en 7,515 hectolitres d'huile brute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette huile a pour densité 810 à 820, tandis que celle du système moyen a 830 à 840; enfin, celle du système supérieur 840 à 850.

Tous les centres d'exploitation ont à peu près la même disposition et les trois groupes d'usines à distillation emploient les mêmes cornues verticales fixes.

Le modèle exposé comprend un bâtiment principal à plusieurs étages, en haut duquel se trouve la recette du puits. Deux ailes, symétriquement placées par rapport à l'axe de ce dernier, comprennent les cornues de distillation.

Le minerai est jeté au sortir du puits dans des concasseurs à mâchoires; de là deux chaînes de transport l'amènent au moyen de râcleurs convenablement disposés en face du chaque cornue, lesquelles sont placées sur deux lignes, à droite et à gauche de la chaîne.

Ces cornues sont au nombre de 32 et d'une capacité de 13 hectolitres chacune. Toutes sont chauffées directement par les schistes déjà distillés et encore en ignition, qu'on laisse tomber par une porte ménagée à cet effet dans le foyer.

C'est ce système de chauffage qui a constitué un grand progrès dans cette industrie, et qui a permis d'en améliorer considérablement les résultats.

L'opération qui dure vingt-quatre heures étant terminée, les wagonnets, roulant dans une galerie située sous les cornues, reçoivent les schistes brûlés ayant servi à la chauffe de la charge suivante; puis on remplit de nouveau les cornues.

Les appareils de condensation des huiles sont situés à l'extérieur des murs du bâtiment. Ils consistent en barillets réfrigérants et cornues de réception; les gaz qui ne sont pas retenus dans ces condenseurs sont conduits sous les chaudières pour produire par leur combustion la vapeur nécessaire aux machines d'extraction et aux pompes.

Telle est l'opération de la distillation.

Ces huiles brutes, visqueuses et verdâtres, et à la densité de 830 à 840 pour Ravelon, sont amenées de chacun des centres de distillation par des voitures ou des wagons-citernes à une grande usine centrale d'épuration. Elle est établie à Fontenys, à proximité de la gare d'embarquement de Saint-Léger-Sully; elle a une superficie couverte de 2 hectares.

Les bâtiments divers ont tous leur charpente en fer; ces constructions abritent 18 chaudières de distillation, 12 agitateurs pour le traitement des huiles, 2 chaudières à vapeur.

Plusieurs réservoirs en tôle existent pour l'emmagasinage des produits; ils ont une capacité totale d'environ 1 million de litres; enfin, un atelier de forge, une tonnellerie, un laboratoire et une fabrique de graisse industrielle complètent l'ensemble de cette usine.

Tout y est disposé pour que tout commencement d'incendie puisse être facilement éteint.

C'est de là que partent tous les produits commerciaux provenant du traitement des schistes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le rendement des huiles brutes est le suivant :

Huile dégoudronnée	60.72 à	62.50
Huile verte	20.50 à	22.44
Goudron	17.28 à	24.26
Déchets	1.50 à	0.80
TOTAL	100.00	100.00

Les divers produits fabriqués sont les suivants :

1° Pétrole français 2° Pétrole Soudan 3° Huile paille lavée 4° Huile paille	Employés pour l'éclairage dans des lampes spéciales.
5° Huile lourde	Éclairage des quinquets de ville.
6° Huile verte	Fabrication du gaz riche et graissage des grosses pièces.
7° Huile rouge 8° Huile blanche	Graissage des machines, démoulage des briques, fabrication de graisse spéciale.
9° Huile rouge grasse 10° Huile rouge spéciale	Fabrication du gaz riche.
11° Goudron	Fabrication de l'asphalte et de graisses industrielles.

M. Léon Simon. Mines de lignite de Saint-Zacharie. — La concession de lignites de Saint-Zacharie est située sur la commune du même nom, canton de Saint-Maximin, département du Var ; sa superficie est de 355 hect. 546.

Les couches affleurent vers l'Est de la concession ; elles sont au nombre de 4 près du jour, et se réunissent à peu de profondeur pour n'en plus former que 3.

Ces couches ont une inclinaison assez régulière de l'Est vers l'Ouest de 0 m. 30 à 0 m. 35 par mètre. Le lignite qu'elles fournissent contient brut 11 p. 100 de cendres. Il paraît préférable à celui du Rocher bleu ou du Val d'Osne. La richesse de ce gisement a été évaluée par plusieurs ingénieurs à 7 millions de tonnes, et il serait possible de trouver un deuxième faisceau en dessous de celui reconnu. Pour mettre ce gisement en exploitation, il faudrait relier la mine au chemin de fer par une voie spéciale.

Phosphates du Bois d'Havré (Hainaut). — La Société anonyme des phosphates du Bois d'Havré, près Mons, expose :

1° Une coupe du terrain à phosphate du Bois d'Havré ;

2° Un tableau de la composition des diverses couches phosphatées ;

3° Une note sur l'analyse des phosphates, par M. Blas, professeur à l'Université de Louvain ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Des échantillons de ses produits naturels et préparés pour le commerce.

La Société du Bois d'Havré a été la première en Belgique à pratiquer l'exploitation souterraine dans des gisements que l'on croyait inexploitables ainsi; aussi a-t-il fallu s'organiser au point de vue du matériel comme pour une mine.

C'est ainsi qu'il a fallu avoir une machine fixe d'extraction, une locomobile pour l'exhaure et une machine pour un ventilateur Guibal qui aère les travaux.

Cette Société possède une usine importante pour la préparation du phosphate riche et pour l'enrichissement de la craie phosphatée; elle a cherché à vulgariser en Belgique et en France l'emploi du superphosphate séché.

Cette usine produit :

Des phosphates fins blutés de titres divers;

Des superphosphates à 12 ou 15 p. 100 d'acide phosphorique bruts;

Des superphosphates blutés et séchés de couleurs diverses : gris, noir, rouge et vert; depuis quelque temps, ce dernier aurait acquis une grande réputation.

100 ouvriers sont occupés à la préparation et 50 à l'extraction.

La valeur des produits de cette usine est de 690,000 francs; elle exporte 10,000 tonnes qui valent 460,000 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2E SECTION.

MATÉRIEL DE L'EXPLOITATION DES MINES.

RAPPORT

PAR

M. A. HABETS,

INGÉNIEUR HONORAIRE DES MINES,
PROFESSEUR D'EXPLOITATION DES MINES À L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,
RAPPORTEUR DE LA CLASSE 50 À L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MATÉRIEL DE L'EXPLOITATION DES MINES.

INTRODUCTION.

L'Exposition universelle de 1889 ne présentait pas, dans le matériel de l'exploitation des mines, une transformation aussi radicale que sa devancière. En 1878, en effet, les mines sortaient d'une crise caractérisée par l'insuffisance des moyens de production vis-à-vis d'une demande excessive, crise qui avait conduit partout à augmenter la puissance de l'outillage. Cette puissance était affirmée par les grandes machines d'extraction et d'épuisement qu'exposaient les constructeurs le plus en renom. De 1878 à 1889, au contraire, succède à cette crise une période de pléthore industrielle, de surabondance de la production, d'avilissement des prix qui ne se relèvent qu'au moment même où l'Exposition de 1889 témoignait des efforts opiniâtres des exploitants pour conjurer cette crise d'un autre genre. Mais, à côté de ces efforts ayant pour but de réduire les frais de production à leurs extrêmes limites, se manifeste une autre préoccupation qui sera la caractéristique industrielle de cette fin de siècle: demander à la science l'amélioration des conditions du travailleur et la diminution du risque professionnel qui, dans certaines mines, est plus grand que partout ailleurs dans l'industrie. C'est là surtout que convergeait l'intérêt de l'exposition du matériel des mines en 1889.

Peu internationale en ce qui concerne cette branche d'activité industrielle, elle avait le mérite de mettre admirablement en lumière tout ce que les exploitants français ont fait pour assurer la sécurité des mines.

Les enseignements de la statistique montrent jusqu'à quel point ils ont réussi à cet égard.

L'Exposition ne permettait pas de faire de comparaisons à ce point de vue ; la France et la Belgique seules y étaient représentées, comme pays houillers, et encore l'appoint de la Belgique était-il bien faible vis-à-vis du majestueux développement de l'industrie houillère française.

Les comparaisons de pays à pays ne peuvent d'ailleurs offrir de l'intérêt que lorsqu'elles sont accompagnées de l'étude des conditions différentes de la production et l'on saura trouver dans tous les pays des mines qui sont aux avant-postes du progrès.

A en juger par l'Exposition de 1889, nous croyons cependant que le nombre de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ces mines est aujourd'hui plus grand en France que partout ailleurs [1] et nous voudrions pouvoir caractériser en ces quelques pages d'introduction quelles sont les voies principales dans lesquelles le progrès s'est engagé; mais les subdivisions du matériel des mines sont si nombreuses que nous devons renoncer à dresser ce tableau synoptique qui serait forcément incomplet.

Nous nous contenterons, en conséquence, d'attirer l'attention sur quelques points saillants. Nous justifierons notre appréciation générale sur les progrès de la sécurité dans les mines, en renvoyant fréquemment, dans le cours de ce rapport, à deux recueils spéciaux dont les collections étaient exposées dans la classe 48 : le *Bulletin de la Société de l'industrie minérale* et la *Revue universelle des mines, de la métallurgie*, etc. La première de ces publications date de 1855, la seconde de 1857. Elles forment en quelque sorte le répertoire des progrès réalisés en France et en Belgique dans l'art des mines et dans la métallurgie pendant la seconde moitié de ce siècle et justifient ainsi la haute distinction que le Jury leur a accordée.

L'Exposition portait la trace de la hardiesse toujours plus grande que le mineur apporte dans ses travaux. Dans l'art des sondages, cette hardiesse se traduit surtout par les conditions de plus en plus défavorables dans lesquelles le sondeur ne craint pas d'entreprendre ses travaux. C'est grâce aux modifications introduites dans l'outillage, pour l'approprier aux expéditions lointaines, que les sondeurs français peuplent aujourd'hui le désert d'oasis fertiles et y font pénétrer plus avant la civilisation, ainsi que la salubrité, son inséparable compagne, en suivant pas à pas les indications de l'hydrographie et de la géologie. En Europe aussi, le sondeur est le fidèle esclave de

[1] Nombre d'ouvriers tués par 10,000 ouvriers occupés :

	FRANCE.	GRANDE-BRETAGNE.	BELGIQUE.	PRUSSE.
1831-1840	"	"	31.07	"
1841-1850	"	"	29.74	"
1851-1860	34.04	40.61	29.32	20.54
1861-1870	29.61	33.29	26.05	28.64
1871-1880	22.19	23.54	24.50	28.96
1881-1888	15.77	19.49	21.30	31.42

Nombre d'ouvriers tués par 1 million de tonnes extraites :

	FRANCE.	GRANDE-BRETAGNE.	BELGIQUE.	PRUSSE.
1831-1840	"	"	33.88	"
1841-1850	"	"	26.44	"
1851-1860	24.74	16.29	24.09	14.55
1861-1870	19.74	10.73	18.90	13.91
1871-1880	13.72	8.42	16.82	12.96
1881-1888	8.10	6.18	12.32	10.89

Voir *Les accidents dans les mines et l'Exposition générale allemande pour la prévention contre les accidents* (Berlin, 1889), par Paul Habets. (*Revue universelle des mines*, 3e série, t. IX, 1890.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la science, qui lui indique du doigt, comme elle a su le faire aux mines de la Grand'-Combe par l'organe de M. Grand'Eury, le point exact où la sonde doit frapper pour enrichir la patrie française d'une nouvelle extension de ses bassins houillers, en attendant que le mineur y descende à son tour dans le sein de la terre pour en arracher les trésors.

Le creusement des puits ne connaît pour ainsi dire plus aujourd'hui de difficultés. Un ingénieur belge, M. J. Chaudron, a entrepris depuis plus d'un quart de siècle cette lutte contre les forces de la nature, et si d'autres sont parvenus à simplifier les procédés à niveau plein, nul n'a su vaincre des difficultés plus grandes, difficultés que le creusement des puits de Ghlin (Hainaut) a résumées.

En présence des nouveaux résultats exposés à Paris par M. J. Chaudron, on ne peut plus hésiter aujourd'hui à entreprendre le creusement à niveau plein de puits de 300 mètres, alors même que des sables boulants forment au fond de ces puits, comme à Ghlin, une barrière qui eut paru naguère encore infranchissable.

M. Chaudron a enseigné l'art d'exécuter des opérations précises à de grandes profondeurs sans qu'il soit nécessaire d'y pénétrer. Cet enseignement a porté ses fruits, et, parmi les plus beaux travaux de l'art des mines exposés à Paris, on peut citer la plate-cuve en béton exécutée à Lens par M. E. Reumeaux, à travers un trou de sonde, au fond d'un puits rendu inaccessible par un coup d'eau.

La transmission des forces motrices à l'intérieur des mines a fait de nouveaux progrès; mais tandis que l'électricité ne donne encore lieu qu'à des essais timides, que l'eau sous pression ne reçoit que des applications restreintes et locales, l'emploi de l'air comprimé a pris depuis 1878 un développement considérable.

Certaines expositions, telles que celle des mines de Blanzy, s'étaient donné pour thème principal d'illustrer ses applications multiples.

Les mines possèdent aujourd'hui des canalisations d'air comprimé qui se mesurent par des chiffres formidables: 40 kilomètres à Lens, 15 kilomètres à Blanzy et à Marihaye.

Les usages de l'air comprimé se multiplient de jour en jour, en même temps que l'on réalise des progrès constants dans les moyens économiques de le produire et de le consommer.

En 1878, l'air comprimé coûtait très cher, son rendement était dérisoire. Aussi n'était-il pour ainsi dire employé qu'à la perforation mécanique, et l'on peut dire qu'il était venu à son heure, au moment même où la production des mines devenait insuffisante, pour permettre de percer rapidement les galeries nécessaires à la mise en valeur des nouveaux gîtes. Ces percements rapides étaient coûteux, mais qu'importe! il fallait arriver vite et aucun moyen ne l'emportait en vitesse sur celui-ci. Aujourd'hui cette fièvre s'est apaisée, mais les installations sont restées et l'air comprimé distribue partout la force dans la mine, au grand avantage de l'économie de la production et de l'hygiène du travail.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est l'air comprimé qui permet, comme à Blanzy, de concentrer en un seul étage la production de différentes exploitations séparées par la distance et par la dénivellation; c'est lui qui permet de suivre une des plus sages prescriptions de la Commission française du grisou, en remplaçant le bras de l'homme pour actionner les ventilateurs portatifs; c'est lui qui permet de multiplier cet aérage complémentaire qui pénètre dans les moindres recoins de la mine pour en expulser le grisou, en même temps qu'il apporte lui-même son contingent d'air pur et frais dans l'atmosphère; c'est lui encore qui permet de loger économiquement, dans les couches puissantes et dépourvues de pierres, les déblais provenant des autres parties de la mine, qui autrefois devaient être extraits à grands frais à la surface; c'est lui enfin qui permet, comme à Blanzy et à Marihaye, d'ouvrir des galeries dans le roc sans employer les explosifs, ces matières si redoutables dans les mines grisouteuses.

La suppression des explosifs n'a d'ailleurs pas fait moins de progrès par l'emploi des petites perforatrices à bras de divers systèmes. Ces appareils, issus de l'ancienne perforatrice Lisbet, se rencontrent aujourd'hui dans toutes les mines où elles accélèrent le travail là où elles ne sont pas destinées à combattre un danger.

A côté de la solution radicale de la suppression des explosifs dans les mines grisouteuses, on peut en pressentir une autre dans la découverte d'un explosif de sécurité qui serait sans danger en présence du grisou et des poussières de charbon. Si cette découverte n'est pas encore un fait accompli, il faut reconnaître que la voie en a été tracée, grâce aux travaux de la Commission française chargée de l'étude de cette question, grâce surtout à la direction absolument scientifique imprimée aux études de cette Commission par MM. Mallard et Le Châtelier. Ces études sont venues confirmer les conclusions expérimentales des commissions anglaise et prussienne au sujet des dangers spéciaux que présente dans les mines l'emploi de la poudre ordinaire, et plusieurs charbonnages français, Anzin, Liévin, etc., se sont empressés de renoncer à cet emploi dangereux et d'essayer les nouveaux explosifs dont la composition a été préconisée par la Commission précitée.

Les questions relatives au grisou sont aujourd'hui le principal objet d'étude des mineurs et les Commissions officielles n'ont pas peu contribué à répandre dans tous les pays miniers des notions saines et précises sur les moyens de combattre cet ennemi permanent.

Nulle question n'a été plus étudiée que celle de l'aérage des mines. Les ventilateurs à force centrifuge sont aujourd'hui presque exclusivement employés, et l'Exposition montrait jusqu'à quel point a été poussée, dans ces appareils, l'étude des formes rationnelles.

Une mention toute spéciale est due à cet égard aux belles études de M. Ser, professeur à l'École centrale de Paris, qu'une mort prématurée a empêché d'assister à la consécration de ses conclusions théoriques.

Il serait injuste de ne pas citer, à côté de ce nom, celui de M. Murgue, ingénieur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux mines de Bessèges, qui a créé le seul mode d'expérimentation rationnel pouvant servir de criterium à la marche des appareils de ventilation.

La Compagnie des mines de Bessèges devait aussi être le foyer d'où est sorti l'un des grands progrès réalisés dans l'art des mines depuis 1878. La lampe Marsaut est le premier appareil d'éclairage des mines grisouteuses qui rivalise avec la lampe Mueseler, exclusivement imposée en Belgique. La sécurité de la lampe Marsaut a été sanctionnée par son adoption dans tous les pays où l'exploitation est libre de choisir le mode d'éclairage qui lui paraît présenter le plus de garanties, et la lampe Marsaut est peut-être aujourd'hui la lampe de sûreté la plus répandue en Europe. Les avis restent cependant partagés : la lampe Mueseler (type belge) présente en effet un ensemble de qualités précieuses que l'on ne saurait méconnaître; mais les études de M. Marsaut n'auraient-elles eu d'autre mérite que de vulgariser ce principe, qu'une lampe n'est de sûreté qu'à condition de conserver strictement certaines dimensions types, et n'auraient-elles eu pour résultat que de faire disparaître de nos mines toute lampe incorrecte qui y entretient une cause permanente de danger, qu'elles auraient encore rendu à la cause de la sécurité le service le plus signalé.

L'Exposition témoignait de l'importance que l'on attache en France à rechercher une fermeture de lampe absolument sûre, ainsi que des progrès récents accomplis dans cette voie et passés en partie dans le domaine de la pratique. La rivure des lampes, les fermetures magnétiques, la fermeture hydraulique surtout résolvent aujourd'hui ce problème d'une manière à peu près satisfaisante.

Le grisou n'est pas le seul ennemi que l'aérage ait à combattre. Aux mines de Rochebelle, dans le Gard, l'acide carbonique a fait irruption à plusieurs reprises avec une violence que l'on peut comparer à celle des dégagements instantanés de grisou, dont quelques mines belges ont eu jusqu'ici le triste privilège. L'Exposition faisait connaître les dispositions toutes spéciales que la direction de ces mines a dû prendre pour protéger la sécurité des travailleurs dans un milieu si délétère.

En dehors de ces progrès qui ont pour but principal de rendre moins dangereuse l'atmosphère du travail, nous devons une mention aux progrès réalisés dans l'outillage et dans le matériel proprement dits.

En ce qui concerne l'outillage, nous constaterons que les perforatrices paraissent s'immobiliser dans quelques types, parmi lesquels le système de MM. Dubois et François, plus ou moins modifié, continue à dominer en France comme en Belgique. Mais à côté de ce système dont l'éloge n'est plus à faire, les petites perforatrices permettent de travailler avec plus d'économie, sinon d'obtenir la même rapidité d'avancement que les longues perforatrices. C'est pourquoi ces petites perforatrices, très répandues dans les mines américaines, dont le système Ingersoll-Sergeant présentait à l'Exposition une des formes les plus perfectionnées, commencent à leur tour à pénétrer dans les mines européennes.

Le havage mécanique a fait peu de progrès en Angleterre, depuis l'époque des grèves

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 1866, où l'*iron man* fit son apparition dans les houillères du Yorkshire. Il est intéressant de constater que c'est surtout dans l'exploitation des couches minces que les haveuses mécaniques rendent des services en Angleterre, par suite du petit nombre d'ouvriers habitués au travail de ces couches, tandis qu'en France l'Exposition nous montrait l'application nouvelle du havage mécanique à l'exploitation des couches puissantes. C'est à l'initiative de Blanzy que ce progrès est dû, et les résultats obtenus à ce jour permettent de croire à la généralisation de l'emploi du havage mécanique dans la méthode d'exploitation par tranches horizontales, qui tend à se répandre de plus en plus dans les houillères du Centre de la France, comme le montraient les expositions de Blanzy, Montrambert, Roche-la-Molière et Firminy, etc., aux grands avantages de l'économie et de la sécurité du travail.

La substitution du métal au bois et de l'acier au fer dans le matériel des mines ne cesse de faire des progrès et l'Exposition nous montrait les types métalliques nouveaux créés en France et en Belgique pour le soutènement des galeries, pour le matériel fixe et roulant des voies de transport souterraines, pour le revêtement des puits d'extraction, etc. Ce sont ces progrès surtout qui se traduisent par l'accroissement de la productivité des sièges d'exploitation et par la diminution des prix de revient.

Une sélection paraît s'établir aujourd'hui parmi les machines de mines. On semble sortir de la période des tâtonnements et des essais, pour adopter certains types qui conviennent le mieux aux conditions actuelles. Le type de la machine d'extraction est invariablement pour les grandes profondeurs la machine horizontale bicylindrique avec détente variable par le régulateur, qui faisait, pour ainsi dire, son apparition à l'Exposition de 1878. Les rares spécimens de machines d'extraction figurant à l'Exposition de 1889 témoignaient de la préoccupation, chez les constructeurs français et belges, de rechercher des systèmes de distribution qui soient capables de soutenir le rude labeur de l'extraction, tout en présentant le moins de résistance à l'action du régulateur. Les distributions de Marcinelle et Couillet, des Ateliers de construction de la Meuse et de Wheelock (de Quillacq, à Anzin) répondent à ce programme.

En ce qui concerne l'épuisement des eaux, il faut aussi constater une grande tendance de simplification dans la suppression progressive des machines à maîtresse-tige et dans leur remplacement par des machines souterraines qui foulent aujourd'hui d'un seul jet à des hauteurs dépassant 600 mètres.

Mais, dans la partie mécanique du matériel, la note dominante n'est plus aujourd'hui celle du constructeur, c'est bien plutôt celle de l'exploitant qui cherche, par tous les moyens en son pouvoir, à réduire les accidents. La translation des ouvriers dans les puits est une opération qui devient nécessairement de plus en plus dangereuse à mesure que les profondeurs et les vitesses s'accroissent. La lutte contre ces dangers n'est pas moins accentuée aujourd'hui que la lutte contre le grisou et l'on doit constater que les résultats en sont plus satisfaisants encore, car la sécurité des mines n'a fait nulle part plus de progrès qu'en ce qui concerne les accidents qui se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produisent dans les puits [1]. Il faut en attribuer le premier mérite aux fabricants de câbles; mais on ne peut méconnaître l'ingéniosité déployée dans les inventions multiples qui ont pour objet la sécurité de la translation. L'enclenchement des taquets et des signaux, la signalisation électrique, sont autant de formes diverses de ces moyens préventifs.

Les transformations du matériel imposent à cet égard des conditions nouvelles. C'est ainsi que les parachutes doivent aujourd'hui s'appliquer aux guidages en fer, que les freins des machines doivent être actionnés par des forces puissantes et néanmoins être rendus indépendants d'une rupture de la conduite de vapeur; l'Exposition faisait connaître de nombreux dispositifs imaginés dans ces buts divers. Les évite-molettes ont aussi reçu des perfectionnements; mais aujourd'hui, le problème n'est plus seulement d'éviter que les cages ne soient élevées aux molettes; il consiste plutôt à les empêcher de dépasser certaines vitesses avant d'arriver au jour. Les noms de MM. Reumeaux, Villiers, Wéry resteront attachés à la solution de ce problème.

Il est hors de doute que l'intensité de la production augmente le danger des mines, mais les progrès de la production semblent avoir stimulé dans tous les domaines ceux de la sécurité. Il sera sans doute toujours difficile, sinon impossible, de prévenir les grandes catastrophes minières qui sont trop souvent dues à un concours de circonstances vis-à-vis desquelles la prévoyance humaine est impuissante; mais ce serait un grand résultat de réduire au strict minimum le nombre des victimes isolées de l'industrie des mines, qui ne le cède pas à celui des victimes de ces accidents qui ont seuls le pouvoir d'exciter l'émotion et de faire naître des récriminations contre l'imprévoyance des exploitants.

La plupart des grandes compagnies françaises ont su répondre à celles-ci, en apportant à l'Exposition la preuve de l'influence qu'ont exercée leurs efforts sur la diminution des accidents. Les nombreux diagrammes exposés par la plupart d'entre elles prouvent que la sécurité marche de pair avec l'augmentation de l'effet utile des ouvriers mineurs et que les préoccupation humanitaires des exploitants sont au moins aussi vives que leurs préoccupations mercantiles.

C'est peut-être la plus intéressante des constatations que permettait l'Exposition de 1889, en même temps qu'elle montrait, en beaucoup de sphères, la voie à suivre pour réaliser de nouveaux progrès dans la lutte incessante du mineur contre les dangers inhérents à la nature de son travail.

[1] Nombre d'ouvriers tués dans les puits par 10,000 ouvriers occupés :

	FRANCE.	GRANDE-BRETAGNE.	BELGIQUE.	PRUSSE.
1851-1860	7.53	8.61	»	4.91
1861-1870	4.19	4.72	6.66	6.33
1871-1880	3.60	2.82	5.56	4.89
1881-1888	2.41	1.77	2.82	2.96

(*Revue universelle des mines*, loc. cit.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

I. SONDAGES.

Malgré les brillantes installations faites dans la classe 48 par les principaux entrepreneurs français de sondages, il serait difficile de signaler dans leur outillage des progrès autres que des perfectionnements de détail. Ces perfectionnements sont dus aux grandes maisons françaises qui s'occupent de cette spécialité, parmi lesquelles il faut tirer hors de pair celles de M. Paulin Arrault, successeur de Mulot, Saint-Just et Léon Dru, et de MM. Édouard Lippmann et Cie, successeurs de Degousée, Ch. Laurent et Cie et de Mauget, Lippmann et Cie. Cette liste de noms suffit à rappeler les progrès successifs qui ont amené l'art du sondage à son état actuel.

Ces maisons datent respectivement de 1825 et de 1826. C'est assez dire la grande expérience et la longue suite de traditions qui sont plus nécessaires que partout ailleurs dans cette industrie. C'est en 1886 que M. P. Arrault a repris la suite des affaires de M. L. Dru, et son exposition témoigne de la préoccupation constante d'améliorer et de perfectionner les types existants.

Fidèle au système des sondages par tiges rigides, M. P. Arrault ne repousse pas, dans certains cas, le sondage à la corde; il exposait les attaches du trépan au câble, dans ce système peu répandu en Europe, mais très employé en Pennsylvanie et dans le Caucase pour les sondages au pétrole.

M. Paulin Arrault exposait également les appareils à injection d'eau et à percussion du système Fauvelle, qu'il a employés avec succès à Java en 1888 pour le Gouvernement des Indes néerlandaises [1]. A part ces exceptions, le système généralement adopté par cette maison, comme par tous les sondeurs français, est le sondage par tige rigide. Pour ce dernier, M. P. Arrault a conservé, en les simplifiant, les outils à chute libre par réaction, déjà adoptés par M. L. Dru, pour les diamètres faibles et moyens. Pour les grands diamètres et les trépans de grands poids, M. P. Arrault emploie un système très simple de chute libre à point d'appui, basé sur un dispositif analogue.

Il faisait également figurer dans son exposition la coulisse à pression d'eau de 1878, modifiée et simplifiée, ainsi qu'un outil à baïonnette imité de la chute libre de Fabian si répandue en Allemagne et peu employée jusqu'ici en France.

M. Paulin Arrault, poursuivant les études favorites de M. L. Dru, exposait un outillage spécialement destiné aux sondages d'exploration. La légèreté jointe à la solidité est obtenue dans les charpentes par l'emploi de fers creux. On obtient ainsi des appareils facilement démontables et transportables, dont M. Arrault construit quatre types différents :

[1] Voir notre rapport sur l'Exposition de 1878, p. 26.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° Pour une profondeur de 15 à 20 mètres, l'appareil se compose d'un trépied muni d'une couronne laissant passer les tiges de sonde. Celles-ci sont manœuvrées, dans ce cas, au moyen d'un câble. Le poids de cette charpente est de 180 kilogrammes. Le diamètre du forage est de 0 m. 08 à 0 m. 10;

2° Pour des profondeurs de 20 à 30 mètres, la sonde étant plus lourde, le trépied porte fixé à l'une de ses branches un tambour à rochet et manivelles sur lequel s'enroule une chaîne; le battage se fait à la main, au moyen de l'outil connu sous le nom de *détente*. L'appareil pèse 300 kilogrammes; le diamètre des trous est de 0 m. 10 à 0 m. 15;

3° Au delà de 30 mètres, le treuil est à engrenages avec frein à friction; le trépied est de plus entretoisé et les pièces de jonction, ainsi que les poulies et pièces de tête, sont en acier. Le poids est de 630 à 900 kilogrammes et le diamètre de 0 m. 16 à 0 m. 25;

4° Pour les sondages destinés à atteindre 150 à 200 mètres, le treuil est isolé et la construction est beaucoup mieux consolidée. Le poids de la charpente atteint 1,800 kilogrammes et celui du treuil 950 kilogrammes. Le diamètre des trous est de 0 m. 20 à 0 m. 35.

C'est l'appareil qui est principalement appliqué par l'exposant aux recherches d'eaux artésiennes dans les pays coloniaux. Pour les pays lointains, où les réparations de forge sont difficiles, les trépans sont à lame amovible.

M. P. Arrault préconise à juste titre l'emploi des tubages en fer étiré à extrémité mâle, terminée par une vis à filet triangulaire, et à extrémité femelle terminée par l'écrou correspondant. Ces tubes l'emportent sur tous les autres systèmes par suite de leur peu de résistance à l'enfoncement et de leur herméticité plus parfaite que celle des tubes rivés; ces qualités ont surtout de grands avantages pour les sondages au pétrole. Les tubes étirés, employés par les sondeurs français, se fabriquent à Anzin, jusqu'au diamètre de 0 m. 30, et n'ont contre eux que leur prix élevé. Ce prix était au moment de l'Exposition de 0 fr. 90 à 1 franc le kilogramme, ce qui correspond environ à 14 francs par mètre pour un tube de 0 m. 15 de diamètre.

Parmi les outils spéciaux exposés par M. P. Arrault nous citerons l'appareil désensableur appliqué en 1880 au puits artésien du château d'Eu, qui consiste en un obturateur dans lequel passe un tube de petit diamètre; cet obturateur étant introduit dans le tubage, à la rencontre d'une nappe d'eau jaillissante, la vitesse ascensionnelle de celle-ci s'accroît au passage du tube étroit, de manière à entraîner les sables et même les gros graviers qui sont retenus à l'orifice de ce tube par une trémie-enveloppe à claire voie. On obtient ainsi un nettoyage rapide et l'on supprime des manœuvres. Cet outil a fonctionné au château d'Eu à la profondeur de 140 mètres.

Citons encore un ingénieux procédé appliqué pour repérer à de grandes profondeurs l'orientation d'un témoin. On descend dans le sondage une boîte cylindrique en bronze phosphoreux contenant une boussole montée sur un réveil à mouvement d'horlogerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce réveil est destiné à fixer l'aiguille de la boussole après un temps déterminé. La boîte très résistante peut supporter une pression de 50 à 60 atmosphères. Sa surface inférieure est constituée par un tampon de caoutchouc à encre grasse.

Le témoin étant préalablement découpé au fond du trou de sonde et sa tête bien arasée, on descend l'outil, de manière à imprimer la marque du tampon sur la tête du témoin. Le réveil, remonté de manière à ne partir qu'un certain temps après que le tampon a marqué le témoin, fonctionne lorsque l'aiguille de la boussole est bien au repos. On remonte ensuite le tout à la surface et l'on enlève le témoin par les procédés ordinaires. En faisant coïncider l'empreinte avec les marques du tampon, l'aiguille arrêtée oriente ces marques et par conséquent le témoin. Ce procédé a été employé avec succès au sondage des Boubals près de Bédarrieux (Hérault), à 216 mètres de profondeur.

Tous ces outils témoignent de l'ingéniosité déployée par les ingénieurs de la maison P. Arrault pour la solution des nouveaux problèmes qui se présentent constamment dans l'art des sondages.

Les coupes et dessins des travaux les plus importants exécutés par la maison depuis 1878 complétaient cet ensemble.

On remarquait surtout, dans cette collection, les coupes des nombreux travaux exécutés à l'étranger : tels sont les puits artésiens des oasis du seuil de Gabès (Tunisie) [profondeur de 57 à 97 mètres], les puits artésiens du Balde (620 mètres) et de San Luis (République Argentine), etc. Citons encore les études d'un caractère plus scientifique exécutées en Tunisie pour le projet de mer intérieure du commandant Roudaire, et en Russie pour l'exploitation des eaux minérales du Caucase et pour le projet de canal du Don au Volga [1].

La maison Lippmann exposait également son matériel de sondages au grand complet, et l'on y remarquait spécialement les appareils destinés aux sondages coloniaux que cette maison fournit depuis 1856 aux ateliers militaires de la province de Constantine. Le transport de ce matériel à travers le Sahara (de Biskra à l'Oued Rir', par exemple) exige 150 dromadaires, la piste étant impraticable pour des charrettes chargées de plus de 1,500 kilogrammes. Sauf pour les sondages de très faible profondeur (15 à 25 mètres, diamètre 0m.10), pour lesquels MM. Ed. Lippmann et Cie emploient un trépied en fer, avec battage à la main, ils ont conservé les chèvres en bois à quatre montants. Jusqu'à 50 mètres, le battage se fait à la corde au moyen d'un treuil à engrenages.

Lorsque les sondages atteignent 1 à 30000 mètres de profondeur, la chèvre est consolidée par des jambes de force en croix de Saint-André. Jusqu'à 200 mètres, le

[1] Voir *Extraits de la mission de M. le commandant Roudaire dans les chotts tunisiens* (1878-79). *Hydrologie, géologie et paléontologie*, par L. Dru. – Paris, Georges Chamerot, 1881. — *Rapport sur les eaux minérales du Caucase*, par L. Dru. – Paris, Georges Chamerot, 1884. — *Projet de canal entre le Don et le Volga*, par L. Dru. – Paris, Georges Chamerot, 1886.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

battage se fait à la chaîne de galle ou au débrayage; à partir de 300 mètres, on a recours au levier à vapeur avec balancier d'équilibre et treuil à vapeur pour le curage. Les tiges passent en même temps de 4 à 8 mètres de longueur suivant la profondeur à atteindre.

Sauf dans quelques détails, le matériel de la maison Lippmann diffère en somme peu de ce qu'il était en 1878.

Indépendamment des outils à chute libre propres à cette maison, nous voyons figurer dans ce matériel, comme dans celui de M. Arrault, une coulisse à baïonnette, plus ou moins voisine de la coulisse Fabian dont la grande simplicité et les avantages au point de vue du guidage paraissent avoir été reconnus en France depuis l'Exposition de 1878.

Nous signalerons aussi les cuvelages hexagonaux à alvéoles remplies par des plaques filtrantes en calcaire, employés dans certains puits artésiens. Ces cuvelages filtrants sont introduits à l'intérieur du tubage que l'on peut ensuite retirer. On se sert de ces cuvelages pour capter les nappes superficielles du bassin de Paris.

Le principal intérêt de l'exposition de M. Lippmann se concentrait d'ailleurs sur les forages de grande section à niveau plein sur lesquels nous aurons à revenir.

A côté de ces expositions grandioses, figuraient les installations plus modestes de MM. H. de Hulster et fils, et de M. H. Bécot.

La maison de Hulster, de Crespin (Nord), a fait des progrès sensibles depuis 1878 et a exécuté depuis cette époque d'importants travaux, principalement en France. L'outillage est très complet, mais en dehors de son extension aux grands diamètres (jusqu'à 1 m. 40), cet outillage ne présente pas d'innovations marquantes.

Il en est de même de celui de M. H. Bécot, de Paris, qui, entré dans la carrière au lendemain de l'Exposition de 1878, a déjà à son actif plusieurs travaux importants; tel est le puits artésien de Villiers (Loir-et-Cher), profond de 140 m. 15.

Nous devons signaler encore quelques exposants d'outils spéciaux présentant des tentatives plus ou moins heureuses.

Tel est M. Ch.-L. Bourdin, de Paris, qui exposait un nouveau système d'emmanchement de tiges permettant de tourner celles-ci dans les deux sens, un outil raccrocheur participant de la caracole et de la cloche conique, et une cuiller à soupape se vidant sans retournement.

Tel est aussi M. E. Glouchkoff, ingénieur des mines à Saint-Pétersbourg, qui exposait, sous le nom de *sonde universelle*, un système de trépan surmonté d'un cylindre creux pour recevoir les échantillons des roches traversées. Les boues pénètrent à cet effet dans ce récipient par de petites fenêtres pratiquées dans la partie conique qui relie le cylindre creux à la tige pleine du trépan. Au moment de recueillir l'échantillon, on ferme ces fenêtres en faisant faire au trépan un quart de tour en sens inverse du vissage des tiges, ce qui amène des obturateurs en regard des fenêtres. Le trou de sonde est ainsi nettoyé au fur et à mesure qu'on le creuse, et l'exactitude de la prise

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des échantillons est absolue. Cet appareil a été employé avec succès dans divers sondages en Russie.

Citons encore M. A. Hartmann, ingénieur à Diekirch, qui exposait, sous le nom de *terebra*, un appareil locomobile pour sonder à bras à de faibles profondeurs, utilisé par les communes du grand-duché de Luxembourg qui reçoivent des subsides du Gouvernement pour faire des recherches d'eaux potables. Cet appareil locomobile a rendu des services au point de vue de l'assainissement. Il répond, d'ailleurs, au même but que le matériel bien connu exposé par MM. C. Isler et Cie, de Londres, pour le fonçage de puits tubulaires dits *puits abyssiniens* ou *instantanés*, qui se distingue par une grande simplicité et qui a fait aujourd'hui ses preuves.

Nous citerons enfin, comme présentant un intérêt spécial au point de vue des recherches géologiques, la sonde portative de MM. Van den Broeck et Rutot, construite par M. Didion, de Bruxelles. C'est un perfectionnement de la sonde de Palissy; principalement employée pour percer des sédiments non rocheux, elle est ordinairement munie d'une tarière à vrille, dont la forme a été déterminée de manière à rapporter l'échantillon de la roche perforée engagé entre ses spires.

Cette sonde, dont plusieurs détails sont ingénieusement conçus, permet d'atteindre en peu de temps avec deux hommes la profondeur de 6 mètres et avec trois hommes celle de 12 à 15 mètres. Ce système, employé d'abord au levé de la carte géologique au $\frac{1}{20000}$ de la Belgique, a été adopté par le *Geological survey* de la Grande-Bretagne et par le *Service géologique* du Portugal [1].

Procédé de sondage canadien. — Plus intéressant que ces perfectionnements de détail était le système des sondages canadiens exposé par M. Z. Suszycki, ingénieur à Wietrzno (Galicie), dans l'exposition collective des produits bitumineux, pétrole et cire minérale, de cette province autrichienne. Ce système n'est pas cependant basé sur l'emploi d'appareils nouveaux, mais sur des combinaisons d'appareils connus qui portent au plus haut point le caractère du sens pratique.

Ayant eu l'occasion d'étudier ce système en Galicie au printemps de 1889, nous entrerons dans quelques détails à ce sujet.

Le sondage canadien fut importé, dans le Hanovre, vers 1883, par la société Bergheim et Mac Garvey. Après l'insuccès des recherches de pétrole dans ce pays, M. Mac Garvey emmena, l'année suivante, en Galicie, une équipe d'ouvriers américains qui fit à Uherce un premier sondage dans des conditions de rapidité absolument inconnues, et bientôt après cette équipe réalisa, ce que l'on considérait alors en Galicie comme un véritable tour de force, un sondage de 140 mètres en 145 heures de travail effectif, soit en huit jours. Les conditions étaient, à vrai dire, exceptionnellement favorables: terrains en plateure et roches de peu de dureté.

[1] Voir *Un nouvel appareil portatif de sondage pour reconnaissance rapide du terrain*, par E. Van den Broeck et Rutot. (*Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie*, t. II, 1888.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le but de propager ce système, la diète provinciale de Galicie subventionna l'exploitant qui, le premier, l'adopterait, en prenant l'engagement de fonder une école pratique destinée à former le personnel indispensable pour son exécution. Cette école est aujourd'hui dirigée par M. Z. Suszycki, ancien élève de l'École des mines de Paris, qui exposait les plans d'un forage canadien exécuté récemment à Wietrzno, sous sa direction.

Dans ce système, les tiges longues de 10 mètres sont en bois de frêne du Canada et assemblées par vis et écrou coniques. Elles sont, par suite, très légères, et leur fragilité n'est pas un grand inconvénient parce qu'en cas de rupture on les retire aisément au moyen d'un outil spécial. Les tiges brisées sont, d'ailleurs, réemployées après réparation.

Le trépan, surmonté d'une lourde surcharge, est relié aux tiges par une coulisse d'OEynhausen. Le poids de la partie percutante est d'environ 600 kilogrammes pour un diamètre de 0 m. 20.

L'allongement se produit au moyen d'une chaîne qui s'enroule à l'extrémité antérieure du balancier de battage et s'attache à un treuil à encliquetage dont le cliquet est mû par le maître sondeur à l'aide d'une corde. Le levier de battage est actionné par une bielle et une manivelle dont l'arbre reçoit son mouvement par une courroie de transmission.

Cet arbre transmet, à son tour, le mouvement à un arbre supérieur, au moyen d'une courroie qui peut être tendue au moment du besoin par un galet tendeur; la manœuvre de ce dernier est mise, par un levier, à la disposition du maître sondeur. Un second levier parallèle au premier sert à la manœuvre d'un frein à bande accolé à la poulie de l'arbre supérieur. Sur cet arbre se trouve fixé le treuil qui sert à la manœuvre des tiges. Le maître sondeur a encore à sa disposition une pédale agissant par l'intermédiaire d'une corde sans fin sur le modérateur de la machine à vapeur, de manière à régler la vitesse du battage. Le maître sondeur dirige donc de sa place tous les mouvements et toutes les manœuvres de la sonde, sauf le mouvement de rotation, donné par deux ouvriers qui se tiennent debout à l'orifice du trou.

Lorsqu'il s'agit d'extraire les tiges, l'un de ces deux ouvriers monte à un plancher qui se trouve à 11 mètres de hauteur dans la tour de sondage élevée elle-même de 15 à 16 mètres; les tiges sont attachées au câble au moyen d'un crochet à écrou et le dévissage se fait simultanément en bas et en haut. Le dévissage à la partie supérieure est plus rapide qu'à la partie inférieure; aussitôt dévissé, le crochet redescend par son propre poids et vient se chausser sur une nouvelle tige dès que le dévissage est terminé en bas. Cette manœuvre est on ne peut plus rapide. L'extraction et le dévissage d'une tige ne durent pas plus d'une demi-minute. La légèreté des tiges en bois et la facilité de dévissage des écrous coniques lubrifiés par le pétrole brut ne sont pas sans influence sur cette rapidité.

Le curage du trou se fait au moyen d'une cuiller à clapet, longue de 10 mètres; le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

clapet est contenu dans une partie vissée sur le corps de la cuiller, et il suffit de dévisser cette partie pour vider la cuiller sans la retourner. Il suffit donc simplement d'incliner la cuiller vers une fenêtre ouverte au bas de la tour.

Le curage se fait à la tige. Mais la rapidité des manœuvres est telle qu'on remonte le trépan de 300 mètres de profondeur, descend et remonte la cuiller, remet le trépan en marche, le tout en moins d'une heure.

Le battage se fait à raison de 50 à 60 coups par minute. Avec cette vitesse et une forte surcharge au trépan, la coulisse joue le rôle de chute libre; en effet, en vertu de la force vive acquise, le trépan continue à s'élever, lorsque la tige est arrêtée au plus haut de sa course et commence même à redescendre; si la vitesse est assez grande, la partie mobile, en retombant, ne rejoint pas la tige qui se dérobe sous elle, et elle tombe, par conséquent, librement au fond du trou; mais il faut pour cela que la vitesse soit suffisante, sinon la partie percutante rejoint la tige avant de frapper le fond et l'on perçoit nettement deux chocs successifs.

Un accessoire obligé de ce système, dans les sondages au pétrole, est l'emploi des tubes hermétiques en fer étiré. Ces tubes étant très coûteux à partir d'un certain diamètre, on ne donne jamais aux sondages canadiens plus de 0 m. 40; en Galicie, ces tubes retiennent les eaux qui, dès lors, ne doivent plus être extraites avec le pétrole, et l'on attribue à leur emploi les jaillissements en fontaine qui sont devenus assez fréquents depuis l'adoption du procédé canadien. Ce procédé est devenu très général, grâce au patronage que lui a accordé l'*Association pour le développement de l'industrie du pétrole en Galicie.*

Il existe aujourd'hui en Galicie de nombreux entrepreneurs de forage canadiens et l'on y trouve un personnel exercé, à tel point qu'une équipe galicienne a été engagée récemment par une société américaine pour faire des recherches de pétrole à la République Argentine.

Comme exemple de travail, nous citerons un des forages canadiens exécuté par M. Z. Suszycki, à Wietrzno, sur 225 mètres de profondeur. Commencé sur 0 m. 40 de diamètre, il a été terminé avec 0 m. 145 en quatre-vingt-dix jours, dont soixante-dix de travail effectif. L'avancement moyen était de 3 m. 20, l'avancement maximum de 9 m. 80 par vingt-quatre heures. On compte couramment sur une moyenne de 60 mètres par mois dans les grès éocènes et néocomiens.

L'outillage nécessaire coûte 8,000 à 10,000 florins y compris machine et chaudière locomobile. Un outillage de ce genre suffit pour faire par an 800 à 900 mètres, soit quatre à cinq trous de sonde d'une profondeur de 200 à 250 mètres. On a, d'ailleurs, atteint en Galicie des profondeurs de 450 mètres.

L'emploi du forage canadien a eu des conséquences très heureuses pour le développement de l'industrie du pétrole dans ce pays, dont l'importance a triplé depuis 1883. Ce système y a rencontré un terrain exceptionnellement favorable. Il faut, en effet, que les roches ne soient pas trop dures et il faut pouvoir se contenter d'une chute de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

0 m. 20 à 0 m. 30 et d'un diamètre de 0 m. 30 à 0 m. 40 ; hors de ces limites, le système perdrait ses avantages [1].

Les sondages au pétrole étaient également représentés dans l'exposition de MM. Deutsch et fils, où l'on voyait des modèles de tous les procédés appliqués en Pennsylvanie et à Bakou.

On retrouvait ces derniers dans les belles expositions de la *Société Nobel*, de M. Schibaïeff et de la *Société commerciale et industrielle de naphte de la Caspienne et de la mer Noire*. Nous n'y avons rien vu, cependant, dont l'intérêt approche des forages canadiens, au point de vue du procédé. Il en serait autrement s'il fallait juger les expositions des pétroles russes au point de vue des résultats obtenus. Ceux-ci se traduisent, en effet, par l'énorme développement de la production du Caucase.

Il serait intéressant de rechercher en général quels sont les grands résultats industriels obtenus depuis 1878 par l'art des sondages. L'Exposition nous en offrait quelques exemples frappants.

C'est ainsi que les sondages de Ricard (Gard) et de Camp-Grand (Tarn) sont venus tout récemment affirmer l'extension de deux bassins houillers de la France dans des limites que l'on ne pouvait soupçonner il y a quelques années. Ces sondages sont venus confirmer de la manière la plus éclatante les conclusions tirées à Ricard de l'étude paléontologique du bassin houiller du Gard, et à Camp-Grand de l'étude stratigraphique du bassin du Tarn.

Ces questions ont été traitées dans la première section de ce rapport.

Sondages coloniaux. — Si nous passons du Champ de Mars à l'exposition coloniale de l'esplanade des Invalides, nous constaterons des résultats non moins remarquables obtenus par l'art des sondages au point de vue de l'amélioration des conditions de l'existence dans les milieux les moins favorisés par les conditions climatériques.

Citons Pondichéry où l'on devait chercher l'eau potable à 4 kilomètres de la mer et où la famine de 1876 décima la population par le manque d'eau. L'Administration des ponts et chaussées y entreprit, en 1879, à 300 kilomètres de la mer, au moyen de l'outillage colonial de la maison Lippmann, le sondage de Pahour, dont un modèle figurait dans l'exposition de l'Inde française. Ce sondage, qui a atteint 11 m. 290 de profondeur, a donné 100 litres d'eau par minute à 50 mètres de profondeur.

Citons surtout les sondages exécutés en Algérie par les ateliers militaires et par les compagnies industrielles qui sont venues créer dans le Sahara des oasis artificielles, où la culture de la datte tend aujourd'hui à rivaliser avec la culture de la vigne dans l'Algérie du Nord. Ces compagnies se sont principalement installées dans l'Oued Rir', région qui s'étend de Biskra à Tougourt et qui ne se trouve plus aujourd'hui qu'à trois journées de voyage de Paris.

[1] Voir la *Note sur le forage canadien et son application à l'exploitation du pétrole en Galicie*, présentée au Congrès des mines et de la métallurgie, par M. Léon Syroczynski.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« L'Oued Rir', dit M. G. Rolland, est comme une petite Égypte, avec un Nil souterrain qui, s'il n'a pas de crues fertilisantes, est du moins constant dans son débit. »

Avant la conquête, l'ingénieur des mines Dubocq avait déjà visité cette région et prévu les résultats qui s'y trouvaient réservés à l'emploi de la sonde artésienne. Cette région formait alors un petit royaume dont la capitale, Tougourt, fut définitivement occupée par les troupes françaises en 1854. Le colonel Desvaux, commandant de la colonne expéditionnaire, introduisit dans l'Oued Rir' les premiers ateliers de sondages militaires qui fonctionnèrent sous la direction de M. Jus.

Le 19 juin 1856, la sonde entre les mains de ce dernier fit jaillir 4,000 litres d'eau par minute du premier puits français, la *Fontaine de la paix,* qui, dit encore M. Rolland, « fit plus qu'une victoire pour la pacification du Sud de l'Algérie ».

L'œuvre des sondages militaires, dont *la subdivision de Batna* exposait, à l'esplanade des Invalides, son matériel fourni par la maison Lippmann, ainsi quedes coupes géologiques, a été poursuivie depuis lors avec un désintéressement complet et a ouvert la voie où devait s'engager plus tard l'industrie privée. Celle-ci s'est installée au Sahara depuis 1878, et les résultats obtenus comptent certainement parmi les plus intéressantes conquêtes industrielles réalisées depuis la dernière Exposition universelle de Paris. Aussi les deux compagnies principales, celle de l'*Oued Rir'* (Fau, Foureau et Cie) et celle de *Batna et du Sud algérien* rivalisaient-elles à l'esplanade des Invalides pour exposer leurs moyens d'action et leurs produits.

Les régions artésiennes sont très rares au Sahara, et l'on ne compte guère que le bas Sahara dans la province de Constantine et le Sahara tunisien qui aient fourni jusqu'ici un champ favorable à l'industrie.

Nous avons cité précédemment les travaux exécutés au littoral de Gabès, sur les indications de M. L. Dru. On y a obtenu des jaillissements de 8,000 litres d'eau par minute. Mais, en dehors de cette région, il n'y a guère que celle de l'Oued Rir' qui ait récompensé ses explorateurs.

Depuis trois ou quatre ans, M. P. Arrault, à vrai dire, a commencé des sondages à Ouargla, au Sud de Tougourt; si les résultats y sont satisfaisants au point de vue du débit des puits, il n'en est point de même de l'évacuation des eaux d'arrosage, la pente vers le chott voisin est insuffisante et les sondages, loin d'assainir le pays, y ont provoqué des inondations dont les eaux croupissantes ont engendré la fièvre. Cette situation pourra se modifier par la création de tranchées de drainage, mais ce sont là des travaux coûteux d'établissement et d'entretien.

MM. Fau, Foureau et Cie fondèrent, en 1878, la *Compagnie de l'Oued Rir',* qui a adopté le matériel de sondages coloniaux de M. P. Arrault. Elle acquit des terrains de culture, ainsi qu'une oasis artificielle, la première en date, créée par un indigène nommé Ben Driss, dès 1879, dans la région centrale de l'Oued Rir'. Depuis lors, cette Compagnie a exécuté treize forages artésiens.

La *Société de Batna et du Sud algérien* fut fondée en 1881 par M. G. Rolland. Cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ingénieur des mines avait visité l'Oued Rir' l'année précédente, au cours de la mission transsaharienne d'Elgolea, à la suite de laquelle avait été dressée par lui la carte géologique du Sahara, exposée par le Ministère des travaux publics.

La Société de Batna ne s'est pas mise en mesure, comme celle de l'Oued Rir', de faire des sondages par elle-même, elle a préféré utiliser l'atelier des forages militaires inoccupé en ce moment. Elle prit M. Jus comme directeur et fit exécuter à son tour neuf sondages.

Grâce aux premiers forages militaires et à ces deux compagnies, l'Oued Rir' forme aujourd'hui une longue série d'oasis presque ininterrompue de Biskra à Tougourt. On peut, toutefois, se demander si le grand nombre de puits artésiens forés depuis trente ans dans cette région n'est pas près d'atteindre la limite des quantités d'eau disponibles. Jusqu'ici les puits ne se sont pas nui mutuellement, mais on ne saurait rien affirmer pour l'avenir.

D'où vient, en effet, la nappe d'eau souterraine?

D'après M. G. Rolland, les eaux viennent du Nord ; elles descendent du massif montagneux de l'Aurès. On connaît au pied de ces montagnes des sources qui débitent 2 mètres cubes par minute, tandis que les puits artésiens donnent 4 et même 6 mètres cubes. Cette différence provient de ce qu'ils sont alimentés en partie par les sources et en partie par les eaux artésiennes du bassin crétacé de l'Atlas. La nappe souterraine coule donc vers le Sud, tandis que dans l'Oued Rir' les eaux superficielles s'écoulent vers le Nord. Il est évident, en tout cas, que rien ne peut faire espérer un débit croissant indéfiniment, et il est aujourd'hui question de réglementer les sondages. M. Rolland préconise pour cela la formation de syndicats de propriétaires comprenant les indigènes. Ces syndicats seraient investis d'une mission de surveillance au point de vue de l'emplacement des sondages. Les besoins de la culture du palmier, la principale industrie des oasis sahariennes, sont énormes. Tandis que les vignes d'Algérie ont de la peine à placer leur produit, l'exportation des dattes fines qui ne se cultivent que dans le Bas-Sahara est encore à son début, mais ce début est plein de promesses, à condition que les palmiers se trouvent dans les conditions favorables à leur rendement maximum, « les pieds dans l'eau et la tête dans le feu du ciel », dit le proverbe arabe.

Les oasis du Sahara sont loin de répondre toutes à ce programme. Si le feu du ciel n'y manque jamais, il n'en est pas de même de l'eau, si parcimonieusement distribuée dans les vallées sahariennes. Aussi les oasis de rivière se trouvent-elles généralement dans des conditions fort inférieures.

Les nappes d'eau souterraines ont été exploitées de tout temps par les indigènes au moyen de puits. Dans une partie d'entre eux, l'eau doit être puisée à bras d'hommes, et la commune indigène de Gardaïa (Alger) exposait à Paris le curieux appareil d'extraction employé par les indigènes du M'zab. Cet appareil se compose d'une outre dont la flexibilité permet d'extraire l'eau, alors qu'il n'y a au fond du puits que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelques centimètres de hauteur du précieux liquide. On comprend que ces oasis ne puissent acquérir une grande importance. Il en est autrement de celles qui sont alimentées par des puits à eau jaillissante. Les indigènes creusent parfois le sol, en plongeant à 60 et même à 80 mètres au péril de leur vie pour aller ouvrir une chambre à la nappe souterraine en rapportant une dizaine de litres de sable à chaque plongeon qu'ils renouvellent trois ou quatre fois par jour. L'Oued Rir' ne possédait que des puits de ce genre, lorsque la sonde française est venue y entreprendre son œuvre vivifiante.

La Société de Batna exposait des coupes et des tableaux montrant comment cette œuvre continue actuellement à ouvrir à la culture de nouvelles régions situées sur le parcours de l'artère souterraine. Les sondages atteignent généralement la nappe principale à moins de 60 mètres et l'on a exploré l'étage aquifère sur 20 mètres en moyenne. La profondeur maxima des sondages est de 118 mètres. Le diamètre, de 0 m. 25 à 0 m. 30 au début, se réduit à 0 m. 20 au fond du trou que l'on atteint généralement à l'aide de deux, rarement de trois colonnes de tubes. On pourrait difficilement aller au delà de ces diamètres à cause de la nécessité de transporter le matériel à dos de chameaux, dont la charge maxima est de 100 kilogrammes. Les terrains traversés sont des marnes compactes ou plus ou moins sableuses et la couverture de la nappe principale est formée de marne, d'argile grasse ou, dans la région centrale de l'Oued Rir', de poudingue concrétionné, calcaire ou siliceux. La force ascensionnelle de l'eau suffit pour désagréger ce poudingue, dont les cailloux sont projetés jusqu'à la surface et pour ouvrir une chambre comme dans les puits indigènes. Il est à remarquer que lorsque la force ascensionnelle fait défaut, comme à Tougourt, ces derniers réussissent mieux que les sondages.

Le débit moyen des puits français varie de 800 à 3,000 litres par minute; le débit maximum a été de 6,000 litres. Le prix des sondages varie de 5,000 à 10,000 francs.

Nous ne pouvons que renvoyer pour plus de détails aux intéressantes brochures publiées par M. G. Rolland sur cette œuvre de colonisation qu'on peut appeler avec lui : « La conquête du désert » [1].

[1] Voir *L'Oued Rir' et la colonisation française au Sahara.* (Extrait de la *Revue scientifique.*) – Paris, 1887. — Le *Chemin de fer de Biskra-Tougourt-Ouargla.* – Paris, 1888. — *La conquête du désert.* – Paris, Challamel et Cie, 1889.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

II. PUITS ET GALERIES.

FORAGE DES PUITS À NIVEAU PLEIN.

Indépendamment de son outillage spécial aux sondages de petit diamètre, la maison Lippmann exposait de nouveau celui qu'elle emploie pour les creusements de puits à niveau plein et à grande section. Peu de temps après l'Exposition de 1878, elle terminait le puits n° 1 de Kœnigsborn, en Westphalie, foncé en quatorze mois jusqu'à 189 m. 36 de profondeur, avec un diamètre utile de 3 m. 70. Tout ce matériel est bien connu et nous n'avons de particularité nouvelle à y signaler que la division du grand trépan en cinq pièces démontables, du poids maximum de 5,000 kilogrammes.

Depuis l'Exposition de 1878, MM. E. Lippmann et Cie ont également terminé le sondage artésien de la place Hébert, à Paris; commencé au diamètre de 2 mètres, ce puits a été terminé en 1888 à 718 mètres de profondeur au diamètre de 1 m. 10.

M. J. Chaudron a également mené à bonne fin, depuis l'Exposition de 1878, un grand nombre de forages à niveau plein qui, par leur importance et leur difficulté dépassent tout ce qui avait été fait précédemment, et exposait à Paris les coupes de trois des fonçages les plus remarquables qu'il ait eu à exécuter pendant cette période décennale : ceux de Ghlin, en Belgique; de Gneisenau et de Thiederhall, en Allemagne. Ces forages se distinguent plus particulièrement par les innovations heureuses que le personnel de M. Chaudron a su toujours découvrir, lorsqu'il s'est trouvé aux prises avec quelque difficulté nouvelle.

Les deux puits de la *Société des charbonnages du Nord du Flénu* à Ghlin, près de Mons, sont de beaucoup le travail le plus difficile qui ait été exécuté par le procédé Kind Chaudron, et il n'a pas fallu moins de quatorze ans pour mener cette entreprise à bonne fin. Ces travaux ont été commencés en 1873, et M. Chaudron exposait déjà à Paris, en 1878, l'appareil à chute libre, que feu M. Alphonse Vancranem avait adopté dans ses travaux et que M. Chaudron applique aujourd'hui avec de nouveaux perfectionnements à tous ses ouvrages de fonçage.

Ces perfectionnements portent sur la forme du disque qui se compose d'une calotte sphérique en tôle ouverte par le bas, afin d'opposer une plus grande résistance à l'action de l'eau qui agit de bas en haut pour produire le déclic. Cette calotte se détériore moins par le choc que le disque plat. Le nouvel appareil à chute libre porte en haut et en bas deux articulations, l'une dans un plan perpendiculaire à celui de l'autre, ce qui permet à cet appareil de se placer obliquement, soit par rapport à la ligne des tiges de sondage, soit par rapport au trépan. Les articulations d'en haut ont pour but

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de parer aux vibrations qui se produisent dans la colonne des tiges aussitôt que les crochets abandonnent le trépan; les articulations d'en bas permettent au trépan de prendre en retombant des positions plus ou moins obliques qui peuvent résulter de l'inégalité de dureté du terrain, etc. Enfin la flèche du trépan est guidée dans sa course par des galets qui permettent de le raccrocher avec toute facilité. Grâce à l'emploi de cette chute libre, les travaux de Ghlin étaient arrivés assez rapidement à la profondeur où l'on devait toucher le terrain houiller, d'après les prévisions déduites des sondages préalables, lorsqu'on reconnut avec stupeur que l'on était à 282 mètres de profondeur dans la *meule* suivie d'une couche de sables boulants aachéniens de 14 à 15 mètres d'épaisseur. Il se posait donc un problème non résolu jusqu'alors: le passage d'une couche sans consistance à grande profondeur, suivie immédiatement par les premières assises de schiste houiller désagrégé au point d'être lui-même éboulueux jusqu'à la profondeur de 307 mètres au puits n° 1 et de 324 mètres au puits n° 2.

Le résultat fut atteint après deux ans et demi de travail par l'emploi de plusieurs tubages successifs.

Au puits n° 1 on descendit : 1° une première colonne en tôle de 17 mètres de hauteur et 4 m.19 de diamètre intérieur jusqu'à 293 mètres de profondeur; 2° une colonne de 7 mètres de hauteur et de 4 m. 02 de diamètre qui fut poussée jusqu'à 297 mètres; 3° une colonne de 8 mètres de hauteur et de 3 m. 94 de diamètre qui atteignit le terrain houiller à 300 mètres; 4° un dernier tubage qui pénétra dans le terrain houiller en suivant le travail du trépan jusqu'à 304 mètres.

Au puits n° 2, l'expérience acquise permit de n'employer que deux tubes pour traverser les sables, mais on dut tuber jusqu'à 320 mètres pour établir à 324 mètres la base du cuvelage. Pour se mettre à l'abri des éboulements des terrains supérieurs, il fallut, de plus, mettre une bague supplémentaire à la tête des sables.

La descente de ces revêtements à des profondeurs non atteintes jusque-là par des tubages d'aussi grand diamètre présentait des difficultés réelles.

Le premier tube, de 17 mètres de hauteur du puits n° 1, pesait en effet 55,600 kilogrammes. Après avoir égalisé les parois du puits dans la région des *rabots* pour éviter tout accrochage, on suspendit ce tube au moyen de six tiges à vis pour en effectuer la descente, comme celle d'un cuvelage; les tiges et les crochets de suspension pesaient 30,000 kilogrammes. A 291 mètres, le tube rencontra les débris durcis de l'alésage préalable et on dut de nouveau travailler au trépan pour les ameublir.

Au puits n° 2, l'extraction des sables ne suffisant pas pour faire descendre le tubage au milieu de la couche devenue argileuse et contenant des silex roulés à partir de 296 mètres, on eut recours à la compression. Celle-ci fut obtenue en surmontant le tube d'une bague en fonte composée de plusieurs segments et de forme convenable pour y asseoir une colonne d'anneaux de cuvelage. On créa ainsi une surcharge qui pouvait être portée à 250,000 et même à 300,000 kilogrammes par empilement d'anneaux successifs. Pour descendre ceux-ci, M. Chastelain, ingénieur principal de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. J. Chaudron, imagina un ingénieux appareil à crochets mobiles servant à les accrocher et à les décrocher automatiquement par la manœuvre d'une vis écartant les crochets mobiles.

Les cuillers employées à l'extraction des sables durent également être modifiées : la cuiller ordinaire laissait en effet passer les sables et on dut lui substituer une cuiller à piston, mais celle-ci ne réussissant qu'à faire un trou central dans l'argile sableuse, on imagina une cuiller à grappins. Celle-ci était munie de deux pelles qui relevaient les sables pour les introduire dans la cuiller.

Tel est l'outillage spécial et entièrement nouveau qui a permis d'atteindre la base du cuvelage et de résoudre des difficultés non abordées jusqu'alors dans le creusement des puits à niveau plein.

Le creusement des puits du *Charbonnage de Gneisenau*, près de Dortmand, en 1883-1884, a donné lieu à des innovations d'un autre ordre qui ont permis de réaliser une économie considérable sans se priver d'aucune garantie de sécurité.

Ce nouveau procédé est applicable lorsque la tête du terrain aquifère se trouve à une certaine profondeur. On peut dans ce cas se dispenser d'élever le cuvelage au-dessus de ce niveau. C'était le cas de Gneisenau, où le puits n° 1 n'avait rencontré le niveau aquifère qu'à 174 mètres, et où le puits n° 2 ne le rencontra qu'à 200 mètres de profondeur.

Le premier puits avait été abandonné en 1875 à 174 mètres par suite d'une venue d'eau qui atteignait 30 mètres cubes par minute. Mais on avait heureusement coulé dans ce puits, avant de l'abandonner, une couche de béton de 14 mètres de hauteur qui permit de le vider et de le débarrasser de tous ses obstacles avant d'appliquer le système à niveau plein. Le creusement étant terminé jusqu'au terrain houiller, on résolut de faire le cuvelage comme à l'ordinaire, en ne bétonnant que jusqu'à quelques mètres au-dessus du niveau de 174 mètres, afin de s'assurer de l'étanchéité du béton sous la haute pression qu'il devait supporter. L'essai ayant parfaitement réussi, on retira du puits les anneaux de cuvelage supérieurs au niveau du béton pour les utiliser au puits n° 2. L'expérience étant faite, il devenait inutile de cuveler ce dernier jusqu'à la surface et l'on appliqua le nouveau système de descente de *cuvelages noyés* qui sera toujours employé dans l'avenir en pareille circonstance. Ce procédé consiste à monter à la surface un tronçon de cuvelage de hauteur correspondant à la partie aquifère et à le munir d'un couvercle semblable au faux fond renversé, traversé par la colonne d'équilibre. Le cuvelage peut être ainsi coulé à fond, sans que l'eau y pénètre en plus grande quantité qu'il n'est nécessaire pour le lester, ce qui peut être réglé à volonté au moyen d'une soupape manœuvrée par une tige s'élevant jusqu'à la surface et d'une seconde soupape à air. La descente de ce cuvelage, muni à la base d'une boîte à mousse, s'effectue à l'aide de tiges; la boîte à mousse est comprimée en remplissant d'eau le cuvelage. Le bétonnage se fait très rapidement au moyen de bétonnières guidées par des câbles en fil de fer fixés extérieurement au tronçon immédiatement supérieur à la boîte à

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mousse. Un chapeau conique en tôle facilite l'engagement des cuillers entre le cuvelage et la paroi du puits. On fait usage de ciment pur à la base et à la partie supérieure. Au puits n° 2 de Gneisenau, la hauteur du cuvelage noyé est de 68 mètres, on a bétonné jusqu'à 20 à 25 mètres au-dessus du point où la venue d'eau s'était déclarée. Au-dessus du béton, on établit une trousse picotée pour faire la liaison avec le revêtement maçonné de la partie supérieure du puits par un faux cuvelage, comme on le fait ordinairement au-dessous de la boîte à mousse. Ce procédé a parfaitement réussi, et l'on peut évaluer à 187,500 francs l'économie qui en est résultée pour le puits n° 2.

Ce procédé a été appliqué depuis à la mine de sel de Léopoldshall (Anhalt). Il a donné lieu en Allemagne à une contestation de brevets qui a été officiellement résolue en faveur de M. J. Chaudron. Ce dernier exposait enfin la coupe du puits de la *mine de sel de Thiederhall* (Brunswick) dont le creusement n'était pas terminé au moment de l'Exposition. Quoique de faible profondeur, ce creusement a présenté des difficultés extrêmes : les terrains très éboulеux y ont exigé l'emploi de huit tubages successifs pour atteindre la profondeur de 101 m. 80 dans le sel gemme; mais la dissolution de cette roche produisait de tels mouvements que les dernières colonnes de tubes descendaient d'elles-mêmes à chaque coup du trépan et l'on se disposait pendant l'Exposition à descendre un dixième tube, montant assez haut dans le puits pour le mettre à l'abri des avalanches de sables qui devaient indubitablement se produire si les tubages supérieurs laissaient des solutions de continuité. La boîte à mousse devait être établie dans le sel gemme à 115 ou 118 mètres de profondeur.

En résumé, M. J. Chaudron a creusé, depuis l'Exposition de 1878, 16 puits pour la plupart à de grandes profondeurs dans différentes régions. Plusieurs compagnies françaises signalaient dans leurs expositions les services rendus par ce procédé, fréquemment appliqué dans les bassins du Nord et du Pas-de-Calais; il a été introduit par la *Société anonyme des houillères de Rochebelle* (Gard) dans le midi de la France pour la reprise du puits de Malbosc abandonné en 1868 à la suite de venues d'eau considérables. Ce puits fut repris en 1883 par le procédé Kind Chaudron, mais son achèvement a dû être remis à des temps meilleurs après qu'un sondage de 0 m. 50, pratiqué au fond du puits, eut fait reconnaître, au moyen de carottes de grandes dimensions (1 m. 50 de hauteur sur 0 m. 35 de diamètre), la nature de la future assise du cuvelage et des couches de houille supérieures du terrain houiller rencontré à 250 mètres.

Le procédé à niveau plein a, en somme, permis d'aborder des gisements qui n'eussent probablement jamais été mis en valeur. Depuis 1852, le creusement de 54 puits de mines a été confié à M. Chaudron, et, indépendamment des grands résultats industriels obtenus par l'emploi de ce procédé, on peut signaler à son actif son absolue sécurité, car dans aucun de ces travaux l'on n'a eu à constater ni blessure grave, ni mort d'hommes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. J. Chaudron reste fidèle à toutes les dispositions qu'il a si heureusement imaginées pour assurer le succès de ces entreprises difficiles; comme le fait aussi M. Lippmann, il conserve la boîte à mousse, le faux fond, la colonne d'équilibre et le faux cuvelage, alors que d'autres foreurs de puits à niveau plein cherchent à se passer de ces organes. Il y reste d'autant plus fidèle que ses travaux doivent atteindre de plus grandes profondeurs, et recommande même à 300 mètres d'employer, comme il l'a fait à Ghlin, deux faux fonds, l'un à la base du cuvelage et l'autre à 75 mètres plus haut, afin d'assurer la flottaison du cuvelage en cas de défauts dans ces pièces de grand diamètre.

La *Compagnie des mines de l'Escarpelle*, qui a été la première à introduire dans le Nord le système Kind Chaudron en 1867, a été depuis lors aussi loin que possible dans la suppression de ces organes et le succès a couronné ses hardies tentatives; elle a réussi en 1885, à son puits n° 6, à faible profondeur à vrai dire (94 m. 40), la pose d'un cuvelage à niveau plein sans boîte à mousse, sans tube d'équilibre, sans tiges de suspension et sans faux cuvelage.

La suppression de la boîte à mousse a été motivée par les accidents survenus à cet organe dans plusieurs fonçages à niveau plein. La boîte à mousse est en effet le seul organe du cuvelage Kind Chaudron présentant des saillies extérieures et pouvant provoquer des accrochages; on comprend qu'à de faibles profondeurs, avec un grand espace réservé au bétonnage, on puisse s'en passer. Mais à des profondeurs considérables, à 307 et à 324 mètres comme à Ghlin, la boîte à mousse ajoute sa sûreté à celle du bétonnage.

Aucun des accidents attribués à la boîte à mousse n'a d'ailleurs présenté des suites irrémédiables, et il nous paraîtrait dangereux de tirer une conclusion de quelques essais heureux, au point de vue du succès de l'opération à une profondeur de plus de 100 mètres et dans des terrains difficiles. Au moins, faut-il attendre que l'expérience ait prononcé.

On ne peut contester d'autre part qu'il en résulte une économie considérable. Le fonçage de la Compagnie de l'Escarpelle n'a coûté que 139,472 francs jusqu'à 95 mètres de profondeur et n'a duré que 394 jours [1].

La Compagnie de l'Escarpelle exposait un modèle de ce puits et la *Société des usines métallurgiques de Marquise* (Le Blanc, Georgi et C^ie^) exposait un tronçon de 4 mètres de diamètre et de 1 m. 50 de hauteur pesant 5,500 kilogrammes, du type de l'Escarpelle.

Cuvelage de l'Escarpelle. — La Compagnie de l'Escarpelle [2] exposait encore un modèle des cuvelages en fonte qu'elle a établis à ses puits n° 3 et n° 1, pour revêtir

[1] Voir *Simplification et suppression au système de fonçage à niveau plein. — Notice sur le creusement du puits n° 6 de la Compagnie des mines de l'Escarpelle*, par M. Monet, ingénieur en chef. Publication de la Société des anciens élèves de l'École des mines du Hainaut, t. XVIII, 1887.

[2] Directeur, M. Brunt.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'anciens cuvelages en bois détériorés. La fonte se prête très bien à cet usage par sa grande résistance sous une faible épaisseur et l'opération exposée par la Compagnie de l'Escarpelle est aujourd'hui devenue courante dans tous les pays où l'on a construit des cuvelages polygonaux en bois.

Cette opération consiste à chercher en dessous de l'ancienne trousse l'emplacement d'une trousse nouvelle en fonte que l'on assied solidement sur la maçonnerie; à l'Escarpelle on a relié cette trousse à la paroi du puits par un picotage. Sur cette trousse, on a placé un tronçon conique formé de plusieurs segments pour ramener le puits aux dimensions du nouveau cuvelage. Celui-ci est construit par anneaux d'une seule pièce boulonnés entre eux, en ayant grand soin de faire un bon bétonnage entre les deux cuvelages. Les anneaux employés par l'Escarpelle ont 3 m. 81 de diamètre, 1 m. 50 de hauteur et pèsent environ 5 tonnes. On les a mis en place au moyen d'un câble d'extraction mouflé [1].

Les cuvelages en bois se détruisent surtout en peu d'années à la partie supérieure où agissent des alternances de sécheresse et d'humidité. La *Société des mines de Lens et de Douvrin* termine en conséquence ses cuvelages en bois par quelques anneaux de cuvelage en fonte, dans le but d'en prolonger la durée.

Plate-cuve de la mine de Douvrin. — Cette Société exposait le plan d'un travail unique dans l'art des mines, exécuté par M. Reumeaux, son ingénieur en chef. Le 30 avril 1882, des travaux de recherches exécutés à 300 mètres par un puits intérieur (*beurtia*) dans la mine de Douvrin furent noyés par un coup d'eau provenant d'une faille en communication avec le calcaire carbonifère. Les hommes furent heureusement sauvés, mais les chevaux furent perdus, l'étage de 213 mètres entièrement noyé et les eaux montèrent jusqu'à la surface.

M. Reumeaux eut alors l'idée hardie de percer un trou de sonde de plus de 200 mètres dans l'axe du beurtia et d'introduire au fond de ce dernier par ce trou de sonde les matériaux nécessaires pour constituer une plate-cuve en ciment et en béton destinée à isoler la venue d'eau et à permettre l'épuisement. Par suite de la correspondance rigoureuse des plans de surface et des plans souterrains, le sondage aboutit exactement au point voulu de la section du beurtia très encombrée par divers services. Ce sondage fut revêtu d'un tubage, muni d'une boîte à mousse et bétonné pour isoler complètement les venues supérieures. Des charges de dynamite-gomme furent tirées dans le beurtia au moyen de l'électricité, de manière à le débarrasser de la maçonnerie ainsi que de tous les obstacles et notamment des tuyaux de pompes, tuyaux d'aérage et conduites d'air comprimé qui eussent livré passage aux eaux. On introduisit ensuite par le trou de sondage de 0 m. 30 de diamètre les éléments d'un bouchon étanche de 20 mètres de hauteur, qui permit d'épuiser les eaux et de rentrer dans la mine à l'étage de 213 mètres. Ce travail est des plus remarquables et fait le plus grand

[1] Voir *Pose de revêtements en fonte à l'intérieur de cuvelage en bois*, par M. Monet, ingénieur en chef. — Publications de la Société des ingénieurs sortis de l'École des mines du Hainaut, t. XXI, 1890).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

honneur à M. Reumeaux qui a inauguré de la sorte une application absolument inattendue de l'art des sondages [1].

Tout est nouveau d'ailleurs dans cette opération : l'emploi d'un tubage rendu étanche par un bétonnage et une boîte à mousse qui fut descendue à 100 mètres au fond du trou rempli de ciment de Portland sur 1 m. 50 de hauteur; la suspension élastique du trépan au moyen d'un ressort intercalé sur ses tiges pour éviter toute rupture au moment où le trépan frapperait dans le vide du beurtia; l'outil annulaire employé pour scier les sommiers en bois situés à la tête de ce dernier; l'outil vérificateur de l'état des lieux avant de procéder aux explosions; les enveloppes étanches en fer et en fonte employées pour faire résister les cartouches de dynamite à une pression de 30 atmosphères; l'appareil employé pour descendre les charges de dynamite au contact même du matériel à détruire; l'outillage électrique employé pour amorcer les charges; l'appareil vérificateur de l'état des lieux après les explosions; les bétonnières à soupapes employées pour descendre le béton; l'emploi d'un moulinet avec compteur électrique du nombre de tours destiné à reconnaître, après bétonnage et avant épuisement, si la plate-cuve était étanche ou livrait passage à un courant; toutes ces dispositions constituent autant d'innovations qui prouvent que, dans ces travaux difficiles, la prévoyance des accidents possibles n'est pas moins nécessaire que la précision des manœuvres basée sur des plans d'une exactitude rigoureuse.

CREUSEMENT ET APPROFONDISSEMENT DES PUITS.

La *Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy* exposait un modèle du puits Combes en fonçage. Ce modèle représentait, dans sa partie inférieure, le chantier de fonçage avec soutènement provisoire des parois au moyen de cercles en fer plat (diamètre 5 m. 20); dans sa partie moyenne, le système de construction des recettes intérieures avec pieds-droits en maçonnerie, poutrelles en fer double T et garnissage en béton; dans sa partie supérieure, le chantier de muraillement (diamètre dans œuvre 4 m. 20) avec gabarit mobile à deux étages et à pattes de sûreté. Ce modèle ne montrait en somme, que l'application de procédés bien connus. L'application du gabarit mobile avec pattes de sûreté est nouvelle en France, mais nous rappellerons qu'un appareil semblable a été employé depuis 1860, au charbonnage de Marihaye, à Seraing[2], et que dans toutes les applications qui ont été faites, on a reconnu les avantages du procédé au point de vue de la sécurité des travailleurs, de la verticalité des parois et de la rapidité d'exécution.

La *Société anonyme des mines de la Loire* exposait un intéressant modèle de fonçage d'un puits *sous demi-stot*. Ce système est applicable, lorsque l'extraction se fait à deux étages différents, comme c'était le cas au *puits de la Loire*, en 1882. On extrayait simul-

[1] Société industrielle de Lille, séance du 23 février 1884. — [2] Voir supplément au *Traité d'exploitation des mines de houille*, par A.-T. Ponson, Paris-Liège 1867, t. I^er^, p. 163.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tanément des accrochages de 170 mètres et 220 mètres. Un des compartiments d'extraction était donc libre sur 50 mètres de hauteur entre les accrochages de 170 et de 220 mètres. Cette partie du puits fut entièrement isolée en haut par un robuste plafond sous la recette de 170 mètres et latéralement par une cloison assez solide pour recevoir les demi-moises de guidage du compartiment voisin, et suffisamment étanche à sa base pour y maintenir les eaux. Cette installation terminée, on pouvait sans difficulté approfondir le puits à moitié diamètre sous le compartiment isolé, en laissant un demi-stot de grès sous le compartiment voisin, puis élargir le fonçage sur la section entière du puits.

L'extraction des déblais se faisait au moyen d'une machine placée au jour, dont les câbles descendaient jusqu'à la recette de 170 mètres derrière les moises du guidage, puis traversaient le plafond et s'infléchissaient au moyen de galets dans le compartiment isolé. Les déblais étaient élevés jusqu'au niveau de 220 mètres où ils étaient repris par la machine d'extraction. On a foncé ainsi 310 mètres en trois ans; les eaux provenant du fonçage étaient remontées au puisard relié à un réservoir, puis extraites la nuit. On extrayait ainsi 300 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures. Le tirage des mines, de même que les signaux, se faisait électriquement. Ce travail a coûté 280 francs par mètre. Ces dispositions très intelligemment combinées par M. G. du Rousset, alors ingénieur principal de la Société, pourront être imitées.

Signalons, en terminant ce chapitre, les facilités que l'emploi de l'air comprimé apporte au fonçage des puits sous stot et des puits intérieurs; elles ont été démontrées par M. F. Mathet, ingénieur en chef à Blanzy, dans la 2e édition de son mémoire sur *L'air comprimé aux mines de Blanzy*, publiée à l'occasion de l'Exposition. On en trouve également la trace dans la *Notice historique et descriptive de la Société houillère de Liévin*, qui a renoncé au procédé bien connu de son ancien directeur, feu M. Lisbet, au moyen de machines placées à la surface, pour faire l'approfondissement alternatif sous stot de ses puits nos 1 et 5 au moyen de machines intérieures à air comprimé.

En dehors des travaux de fondations en rivière, l'emploi direct de l'air comprimé pour creuser des puits ou des galeries en terrains aquifères n'était représenté que dans l'exposition de l'Administration des ponts et chaussées.

L'air comprimé a été employé dans le percement de Braye-en-Laonnois, sur le canal de l'Oise à l'Aisne, pour étancher la base des cuvelages en fonte des puits centraux et pour le percement proprement dit d'une partie du souterrain comprise dans les sables aquifères. Ces travaux ne présentent pas d'enseignements nouveaux au point de vue de l'art des mines, mais sont néanmoins remarquables au point de vue des difficultés résolues, notamment dans le percement horizontal du souterrain. Nous renverrons à la description très complète qui en a été publiée dans les *Notices sur les modèles, dessins et documents divers relatifs aux travaux des ponts et chaussées et des mines* [1].

[1] Paris, Imprimerie Nationale, 1889.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SOUTÈNEMENT DES GALERIES.

L'emploi du fer et de l'acier dans le soutènement des galeries de mines s'est beaucoup répandu en France depuis l'Exposition de 1878.

La *Société de Liévin,* dans le Nord, et la *Société de Rochebelle,* dans le Midi, ont joué le rôle d'initiatrices à cet égard. Dès 1879, la Société de Liévin adoptait les cadres cintrés formés de fers double T à ailes inégales de 15 kilogr. 50 par mètre courant. L'aile la plus large est placée contre la roche. Le cadre se compose de deux montants recourbés en arc de cercle et assemblés au sommet du cintre formé par leur juxtaposition; les cadres pèsent 85 à 100 kilogrammes.

De nombreuses comparaisons ont été faites à Liévin entre le bois et le fer. Il en résulte qu'on renouvelle le boisage deux fois avant de toucher au fer. Dans une comparaison chiffrée, il faudrait non seulement tenir compte de la valeur du bois, mais encore de la main-d'œuvre, du renouvellement du boisage et de l'enlèvement des déblais à chacune de ces opérations. Il faudrait, en outre, apprécier les autres avantages du fer: section d'excavation moindre que pour le bois, résistance plus grande, flexion sans rupture et possibilité du redressage, valeur de mitraille des cadres hors de service, conservation des galeries en cas d'inondation de la mine, etc.

La Société de Liévin fait le garnissage en rondins de 0 m. 10 à 0 m. 12 engagés entre les ailes du T de manière à maintenir l'écartement des cadres par compression. Dans le principe elle faisait l'assemblage des cadres au moyen d'éclisses, mais elle y a substitué depuis l'assemblage par manchons en tôle, originaire de Rochebelle, et généralement adopté aujourd'hui en France. Ce manchon, enveloppant les extrémités des fers à assembler, supprime le percement des trous de boulons qui crée toujours des points faibles. L'assemblage par manchons donne aussi plus d'élasticité que l'assemblage par éclisses et facilite le déplacement des cadres.

Les essais de soutènement métallique ont commencé à la *Société des mines de Rochebelle*, en 1883 [1], dans le but de remplacer les muraillements que, malgré leur prix élevé, on était obligé d'employer dans des terrains ébouleux et foisonnants. Dans le but de résister dans tous les sens aux poussées de terrains, la Société de Rochebelle a adopté le système de cadres circulaires qu'elle exposait à Paris. Ces cadres sont en vieux rails de 18 à 25 kilogrammes, recourbés et réunis par deux manchons. Ceux-ci sont construits en feuillard de 0 m. 100 sur 0 m. 003 enroulé sur lui-même et rivé; ils sont serrés par des coins en bois sur les extrémités des rails; suivant la section des rails employés, les cadres pèsent 108 à 138 kilogrammes.

[1] Ces essais ont été dirigés par un jeune ingénieur de talent, M. Gerrard, qui peu de temps après devait périr, asphyxié dans la mine par suite d'un fatal concours de circonstances. Ces essais ont été décrits par M. Gerrard dans le *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, t. XV, 2e série.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par suite de la difficulté de se procurer des vieux rails de dimensions convenables, la Société de Rochebelle s'est adressée à la *Compagnie des fonderies et forges d'Alais*, pour faire fabriquer des cadres semblables en fers neufs, rails ou fers en U, et depuis lors cette Compagnie a fourni des cadres de mines en fer ou en acier, non seulement aux mines du Gard (Trélys, Lalle), mais encore à celles de la Loire.

La *Compagnie des fonderies et forges de l'Horme* près Saint-Chamond s'est également fait une spécialité de cette fabrication. Elle exposait des cadres circulaires manchonnés en acier qu'on voyait aussi figurer dans les expositions des *Houillères de Saint-Étienne et de Roche-la-Molière et Firminy*. L'acier employé résiste à 55 kilogrammes par millimètre carré; les profils sont de deux types : fers en U de 0 m. 070 sur 0 m. 040 et 0 m. 008 d'épaisseur ou fers à barrot. Les manchons sont en tôle d'acier de 0 m. 200 de long et 0 m. 005 d'épaisseur. A la différence des manchons de Rochebelle, ceux des forges de l'Horme n'embrassent pas complètement le profil du fer en U et ne sont pas rivés, ils sont serrés par des coins en fer contre les ailes de l'U. Pour les cadres en fer à barrot spécialement employés pour les grandes poussées, le manchon est rivé comme à Rochebelle et serré par deux coins en bois de chaque côté de l'âme du fer.

La Compagnie de l'Horme fournit comme garnissage des petites barres d'acier demi-rond creux, de 0 m. 030 de diamètre et de 0 m. 003 d'épaisseur. Les cadres circulaires manchonnés de 0 m. 180 de diamètre exposés par la Société de Roche-la-Molière pesaient, en rails de fer à double champignon, 209 kilogrammes; en rails d'acier Vignole, 82 kilogrammes; en fer U, 98 kilogrammes.

La *Société des mines de Lens* conserve le bois comme soutènement, mais emploie le fer comme garnissage contre les plafonds plats, sous forme de tiges carrées de 0 m. 008 à 0 m. 010 de côté terminées par deux œillets qui, passant au delà des chapeaux des cadres, retiennent les tiges et les font résister par traction; le chapeau du boisage est sollicité également par les tiges placées de part et d'autre. Celles-ci jouent donc le rôle d'entretoises et consolident le boisage en offrant une résistance très supérieure aux boisages ou *queues* ordinairement employées. Les *queues* en fer à œillet introduites en 1879 aux mines de Lens, par M. Daburon, se sont rapidement répandues dans le Pas-de-Calais.

Dans les galeries de forte poussée, la Société des mines de Lens emploie simultanément des boisages rendus compressibles par l'amincissement du pied en biseau sur 0 m. 70 de hauteur et par un trait de scie. On dirige de cette manière l'écrasement du boisage qui cède au fur et à mesure que le poids se donne, sans se briser et sans écraser le chapeau.

Ce système est également dû à M. Daburon, et les deux réunis ont donné lieu à des économies notables dans les couches à toit éboulieux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FAÇONNEUSE POUR BOIS DE MINES.

M. A. Sottiaux, directeur-gérant de la *Société des charbonnages, hauts fourneaux et usines de Strépy-Bracquegnies*, exposait une façonneuse pour bois de mines, employée depuis 1884 à Strépy-Bracquegnies et dans quelques charbonnages du Hainaut. L'outil se compose essentiellement de tambours façonneurs formés de deux troncs de cône raccordés par leur petite base et munis de rabots d'acier sur leurs faces coniques et leur partie médiane. Ces tambours, tournant à une vitesse de 1,100 tours, façonnent en biseau avec entaille terminale concave les extrémités des bois qui leur sont présentées, maintenues par des guides et poussées par une crémaillère dans la gorge des tambours façonneurs. L'ouvrier tourne simplement la manivelle qui commande le pignon de cette crémaillère. L'arbre de la machine porte deux tambours façonneurs. En dix heures, cette machine peut débiter 8,000 à 9,000 bois, avec deux ouvriers et deux manœuvres, soit 4,000 bois au minimum par ouvrier. Un ouvrier ne débitant à la main que 400 bois au maximum par jour, la machine fait facilement le travail de 10 ouvriers. Les lames des rabots doivent être remplacées toutes les semaines et la machine prend 3 à 4 chevaux de force.

III. AIR COMPRIMÉ.

L'emploi de l'air comprimé a pris un développement énorme depuis l'Exposition de 1878. Ses applications dans les mines étaient encore relativement récentes à cette époque et avaient pour but presque exclusif la perforation mécanique, mais aujourd'hui elles se sont multipliées et embrassent à la fois la perforation, le bosseyement, le percement des galeries sans explosifs, l'aérage complémentaire, la traction mécanique, l'extraction et l'épuisement sur les descenderies ou les puits intérieurs, la remonte du remblai dans les chantiers d'exploitation, etc. Certaines compagnies houillères, telles que Lens, possèdent une canalisation d'air comprimé de 40 kilomètres et sont à même de développer 1,700 chevaux en marche modérée et 3,000 chevaux en marche active. Blanzy consomme par an plus de 8 millions de mètres cubes d'air comprimé à la pression effective de 4 kilogr. 1/2.

Les installations importantes ne sont pas rares : Anzin, qui, avec Ronchamp, fut la première en France à employer cet agent de transmission, possède actuellement une force de 525 chevaux consacrée à la production de l'air comprimé ; la Société de Vicoigne et Nœux, qui la suivit de près, emploie au même usage, une force de 475 chevaux.

Les moyens de production de l'air comprimé se sont perfectionnés proportionnellement à ce développement. On ne peut cependant constater de véritables transfor-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mations depuis l'Exposition de 1878, mais plutôt un progrès lent et continu qui se dénote plutôt dans la puissance de production des appareils que dans leur rendement.

Ce sont les compresseurs humides qui conservent la vogue la mieux méritée.

Les compresseurs à piston liquide, dérivés du type Sommeiller, présentent en effet de grands avantages au point de vue des rendements volumétrique et dynamique par suite du refroidissement de l'air, de l'étanchéité et de la réduction de l'espace nuisible à son minimum; mais ils ont en général l'inconvénient de ne pouvoir recevoir qu'une vitesse limitée à cause des grandes masses d'eau qui doivent suivre le mouvement du piston.

Tous les efforts des constructeurs ont porté sur les moyens d'augmenter leur vitesse sans nuire à leur fonctionnement. Deux voies se présentaient pour cela : modifier la forme des colonnes verticales dans lesquelles se meut le piston liquide, ou réduire les masses d'eau en mouvement à un minimum.

La première voie a été suivie dans les compresseurs dont les dessins étaient exposés par MM. Hanarte et Balant, de Mons. M. Hanarte élargit progressivement les colonnes verticales du compresseur Sommeiller, suivant une courbe parabolique. M. Hanarte a adopté définitivement cette forme depuis 1878. La vitesse du piston liquide diminue ainsi progressivement, à mesure qu'il s'élève dans les colonnes. La surface en contact avec l'air se renouvelle constamment et augmente au fur et à mesure que l'air tend à s'échauffer davantage. Enfin, la grande surface des fonds permet de donner aux soupapes d'aspiration et de refoulement une très grande section.

La vitesse peut atteindre dans ces conditions 35 tours avec un compresseur de 1 mètre de course, soit 1 m. 166 par seconde. Le rendement volumétrique est, d'après M. Hanarte, de 0.90, et, ce chiffre admis, on trouve pour ce compresseur, d'après la méthode exposée par M. H. Dechamps, professeur à l'Université de Liège [1], un rendement dynamique de 0.74, en se basant sur les diagrammes relevés sur un compresseur des mines de Dourges.

Rappelons que le rendement dynamique est le rapport du travail minimum nécessaire pour la compression isothermique du volume d'air débité par seconde au travail brut de la vapeur.

La plupart des constructeurs se sont lancés dans une voie différente et ont cherché à augmenter le nombre de tours, en réduisant au strict minimum les masses d'eau en mouvement. Ce minimum est atteint, lorsque la masse d'eau suffit pour amener un degré de refroidissement satisfaisant et pour remplir l'espace nuisible à la fin de la course.

Il n'est donc plus question ici de piston liquide. L'espace nuisible ne se remplit de liquide qu'au moment même où le piston achève sa course. Pour agir d'une manière plus efficace sur le refroidissement, l'eau est introduite par injection au moyen de pulvérisateurs et le compresseur est muni d'une enveloppe à circulation d'eau. Mais,

[1] *Revue universelle des mines*, 3e série, t. VIII.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à moins d'adopter la disposition verticale, qui est peu usitée, l'eau ne recouvre pas le piston pendant sa course et l'étanchéité doit nécessairement en souffrir.

Le type primordial de ces compresseurs est celui que M. Colladon fit construire pour le percement du Gothard. Pour réduire l'espace nuisible au minimum, les soupapes d'aspiration et de refoulement sont placées sur les fonds du cylindre compresseur disposé horizontalement.

MM. Sautter et Lemonnier exposaient un petit compresseur de ce modèle, destiné aux mines de Lens.

Le cylindre a 0 m. 240 de diamètre et 0 m. 320 de course. Le nombre de tours est de 75 par minute, ce qui, vu les faibles dimensions de l'appareil, ne correspond qu'à une vitesse de 0 m. 80 par seconde.

La *Société des mines de Lens* donne aujourd'hui la préférence à ce type. Mais au lieu de précipiter la fermeture des soupapes d'aspiration au moyen de ressorts, comme dans le compresseur Sautter et Lemonnier, elle précipite cette fermeture par l'injection d'eau elle-même qui vient se pulvériser contre la soupape. Le compresseur de Lens, de 0 m. 620 de diamètre avec 1 m. 60 de course, marche à raison de 40 tours, ce qui correspond à une vitesse de 2 m. 133 par seconde.

MM. Dubois et François placent les soupapes d'aspiration et de refoulement dans des chapelles situées verticalement au-dessus des cylindres. Il en résulte des espaces nuisibles plus grands et par suite la nécessité d'un plus grand volume d'eau pour les remplir à la fin de la course. Il faut, en conséquence, suppléer à l'insuffisance de l'injection d'eau pulvérisée par une introduction d'eau par les soupapes d'aspiration.

Le compresseur Dubois et François exposé par la *Société John Cockerill*, à Seraing, était destiné à la *Compagnie parisienne de l'air comprimé* qui avait imposé comme programme au constructeur la production de 500 mètres cubes d'air comprimé à la pression de 6 atmosphères par compresseur et par heure. La marche prévue pour réaliser cette condition est de 38 à 40 tours, ce qui, avec 1 m. 20 de course, donnerait 1 m. 60 de vitesse par seconde. Mais ces machines sont construites pour marcher à 50 tours, en comprimant l'air à 8 kilogrammes par centimètre carré. Le diamètre des cylindres à air est de 0 m. 60.

Le compresseur exposé ne diffère que par des détails de construction du type dit *à grande vitesse* de MM. Dubois et François. Parmi ces détails, on peut signaler la solidarité des soupapes d'aspiration symétriques, établie par une double tige à ressort, et la fermeture rapide des soupapes de refoulement obtenue par une pression d'air comprimé qui agit sur un petit piston guidant la soupape.

Les soupapes d'aspiration et de refoulement sont au nombre de deux à chaque extrémité du cylindre.

Le moteur est du système Compound, et la consommation garantie est de 80 grammes par mètre cube d'air à 6 atmosphères emmagasiné dans les réservoirs.

Pour permettre une très grande vitesse et par suite une grande production d'air

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comprimé, certains constructeurs renoncent à toute injection d'eau et reviennent aux compresseurs secs qui ont toujours été presque seuls employés en Angleterre et en Amérique. Le seul appareil de ce genre qui jouisse de quelque vogue sur le continent est le compresseur Burckardt et Weiss, exposé à Paris par l'inventeur et par MM. Halot, cessionnaires du brevet pour la Belgique. Ce compresseur est construit en France par M. Pinette, à Chalon-sur-Saône.

Plusieurs charbonnages, Ronchamp, Blanzy, Bruay, l'ont adopté, et ce système a donné lieu à de nombreuses discussions entre les partisans du compresseur sec et du compresseur humide.

MM. Burckardt et Weiss ont fait disparaître un des grands inconvénients du premier système en remplaçant les soupapes par un tiroir analogue au tiroir Trick, présentant dans son épaisseur un canal qui fait communiquer à la fin de la course l'espace nuisible avec le côté du piston où l'aspiration vient de finir; l'air comprimé contenu dans l'espace nuisible est ainsi ramené à une pression très voisine de celle de l'atmosphère et l'influence de cet espace sur le rendement volumétrique est pour ainsi dire annulée; dans les autres compresseurs, l'influence des soupapes est d'autant plus nuisible que la vitesse est plus grande, tandis que le tiroir, qui est mû par un excentrique, permet d'atteindre des vitesses inusitées avec les appareils à soupape. Le compresseur Burckardt et Weiss peut marcher de 100 à 180 tours, ce qui, avec 0 m. 60 de course, correspond à 2 mètres par seconde pour 100 tours et à 3 m. 90 par seconde pour 180 tours. Mais, avec ces grandes vitesses, il faut nécessairement des moyens de lubrification qui ne sont pas nécessaires dans les compresseurs humides. MM. Burckardt et Weiss y ont pourvu au moyen de graisseurs spéciaux placés sur le cylindre et sur la chapelle du tiroir, qui sont une condition essentielle de la bonne marche de cet appareil.

Lorsque le compresseur est en bon état d'entretien et de graissage, le rendement volumétrique est très satisfaisant. Dans des expériences faites à Blanzy, on a obtenu un rendement volumétrique de 0,95 à 103 tours. Mais il n'en est pas de même du rendement dynamique qui, évalué d'après la méthode de M. Dechamps sur les diagrammes publiés par M. Mathet dans la 2e édition de son mémoire sur *L'air comprimé aux mines de Blanzy,* n'atteindrait pas plus de 0.65.

Le refroidissement n'est obtenu que par une enveloppe à circulation qui, à vrai dire, embrasse le cylindre et ses fonds complètement dégagés par l'absence de soupapes. Ce refroidissement est très insuffisant et la compression s'effectue suivant une courbe voisine de l'adiabatique, si même elle ne la dépasse, comme dans certaine expérience de Blanzy, par suite d'un échauffement à l'aspiration que l'on peut sans doute attribuer au frottement. Il y a de plus une perte due à ce que le travail de compression de l'air dans l'espace nuisible n'est pas restitué par sa détente.

Au point de vue dynamique ce compresseur est donc très inférieur aux compresseurs à piston humide, mais sa puissance de production est énorme, grâce à sa très grande

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vitesse. Or il ne manque pas de circonstances dans l'industrie, et notamment dans les charbonnages, où la question de production, d'économie dans les frais de premier établissement et dans l'espace occupé, prime celle d'économie dans la marche courante. On se résigne volontiers à payer un peu plus cher le mètre cube d'air comprimé à condition d'avoir un appareil produisant beaucoup, coûtant peu et occupant peu de place. C'est le raisonnement que font les exploitants anglais et américains, qui ne connaissent que les compresseurs secs, et c'est ce raisonnement qui explique le succès du compresseur Burckardt auprès de certaines exploitations charbonnières.

L'Exposition présentait un autre compresseur sec, c'était le compresseur Ingersoll-Sergeant, de New-York, à haute pression, obtenue par une compression à deux degrés. Les dispositions en sont analogues à celles du compresseur Mekarski, exposé en 1878. La différence essentielle est que dans le compresseur Ingersoll-Sergeant les cylindres à air sont accolés en flèche, ce qui ne nécessite qu'une seule boîte à bourrage. L'espace compris entre les deux pistons communique librement avec l'extérieur. L'air s'introduit de là dans la partie antérieure du grand cylindre par des ouvertures multiples du piston que recouvre un disque guidé faisant l'office de soupape commune. L'air est refoulé dans la partie postérieure du petit cylindre où il continue à se comprimer et d'où il se rend au réservoir.

Les dimensions du compresseur exposé sont les suivantes : diamètre du grand cylindre, 0 m. 520; diamètre du petit cylindre, 0 m. 295; diamètre du cylindre à vapeur, 0 m. 355; course commune, 0 m. 457.

La Compagnie Ingersoll-Sergeant construit des compresseurs de ce type faisant 150 tours et comprimant à 17 atmosphères. L'échauffement de l'air n'est combattu que par une circulation d'eau autour des cylindres.

Malgré les perfectionnements introduits dans la production de l'air comprimé, le prix de revient de cet agent reste assez élevé. Deux exposants fournissaient à cet égard quelques renseignements.

La *Société des Charbonnages de Marihaye*, à Flémalle-Grande (Belgique), présentait une étude des plus intéressantes de cette question, basée sur une expérience de douze jours où l'on a mesuré minutieusement les quantités d'air produites et consommées par chaque aéro-moteur de la mine, la consommation de charbon et la main-d'œuvre.

Voici les résultats obtenus par mètre cube pour une marche correspondante à une production annuelle de 1,578,528 mètres cubes à 4,3 atmosphères :

Consommation de charbon, à 10 francs la tonne	1c 835
— d'huiles et graisses	0 043
Main-d'œuvre	0 350
Total	2c 228

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A ce chiffre il faut ajouter les amortissements en vingt ans :

Des compresseurs	0c 203
Des chaudières	0 086
De la tuyauterie	0 070
TOTAL	0c 359
TOTAL GÉNÉRAL	2c 587

La *Compagnie des mines de Blanzy* faisait connaître les prix de revient de l'air comprimé à Blanzy pendant les exercices 1884-85 et 1885-86, mais sans y faire entrer les amortissements.

Voici ces chiffres :

	EXERCICE 1884-85	EXERCICE 1885-86
Consommation de combustible, à 5 francs la tonne	0c 25	0c 32
Fournitures et réparations	0 30	0 23
Main-d'œuvre	0 74	0 59
TOTAL	1c 29	1c 14
Production d'air comprimé à 4 1/2 atm.	4,327,229m3	5,779,708m3

On voit que ces prix diffèrent beaucoup de ceux de Marihaye, mais il y a lieu de tenir compte du prix du combustible facturé 5 francs la tonne à Blanzy et 10 francs à Marihaye et surtout du charbon de chauffe non vendable qui, à Blanzy, n'est pas facturé du tout.

Les tableaux détaillés, joints à ces chiffres généraux, montrent en effet que le combustible a été compté pour zéro à certains groupes de compresseurs; il y a là un élément qui fausse évidemment le prix de revient, si on le compare à celui d'une expérience minutieuse et de courte durée, correspondant à une production beaucoup moindre.

On peut toutefois conclure de ces chiffres que le prix de revient de l'air comprimé ne s'écarte pas beaucoup de 2 centimes par mètre cube.

Nous ne traiterons pas ici de la consommation de l'air comprimé, nous réservant de revenir sur ce point à propos de ses différents emplois et notamment dans le chapitre de l'extraction, à propos des treuils à air comprimé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IV. PERFORATRICES.

L'Exposition de 1889 était moins riche en types variés de perforatrices que sa devancière; on en pouvait retirer cet enseignement qu'un classement s'est opéré parmi eux et le résultat de cette sélection a surtout été favorable aux perforatrices dérivées du type Dubois et François et du type *Éclipse*.

Les progrès réalisés depuis lors par les perforatrices à rodage du système Brandt n'y étaient pas représentés, en raison sans doute de l'abstention des pays où ce type a trouvé son emploi. En revanche, la plupart des houillères affirmaient le parti que l'on a su tirer depuis l'Exposition de 1878 des perforatrices à rodage actionnées à bras d'hommes.

Le succès de la perforatrice Dubois et François, modifiée dès 1878 par l'application du système de rotation par rochet et rainure hélicoïdale, s'est affirmé non seulement aux houillères de Trélys et du Martinet qui ont été les premières à employer en France, après Ronchamp et Blanzy, les perforatrices à air comprimé, mais encore aux mines d'Anzin (système Daumont), de Vicoigne et Nœux (système Guénez), de Dourges, de Blanzy, etc.

Cette dernière Compagnie exposait spécialement les modifications qu'elle a fait subir à la perforatrice Dubois et François, dite *bosseyeuse*, que la Société de Marihaye à Flémalle-Grande (Belgique) exposait sous la forme définitivement adoptée par les inventeurs.

Cette forme a été profondément modifiée depuis l'Exposition de 1878, en même temps que l'emploi de cet outil recevait des extensions imprévues alors.

Exclusivement destinée d'abord au coupage des voies dans les mines grisouteuses sans le secours de la poudre, la bosseyeuse n'est souvent considérée aujourd'hui que comme un affût à une seule perforatrice de grand calibre dont l'effet utile avec explosifs peut rivaliser avec celui des affûts à deux et même à quatre perforatrices de petit calibre.

Cet affût présente une grande stabilité et permet de faire prendre au fleuret toutes les directions nécessaires. MM. Dubois et François emploient sur cet affût une perforatrice de 0 m. 12 de diamètre qui ne diffère pas d'ailleurs du type bien connu de ces inventeurs.

Les beaux résultats obtenus par l'emploi de cette perforatrice unique sont principalement dus à la facilité que présente l'affût de la bosseyeuse, pour pratiquer, au milieu du front de taille, une rainure qui permette aux coups de mine de produire leur effet maximum.

La bosseyeuse employée à Blanzy avec explosifs a fourni des avancements très supérieurs à ceux que l'on obtenait au moyen des perforatrices légères dont la puis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sance de percussion est insuffisante. Les avancements obtenus ont atteint 75 mètres et exceptionnellement 121 mètres par mois, soit 4 m. 61 par jour. C'est ce a qui fait complètement renoncer au perforateur Darlington-Blanzy que cette Société exposait en 1878.

La bosseyeuse Dubois et François a été introduite à Blanzy en 1881. Cette mine en emploie actuellement dix, principalement dans les travaux au rocher. Indépendamment du mode de rotation du fleuret par rochet et rainures hélicoïdales généralement appliqué en France à la perforatrice Dubois et François, la bosseyeuse de Blanzy se distingue par une disposition qui permet à l'affût de se déplacer à droite ou à gauche de l'axe de la galerie, de manière à éviter que le fleuret ne prenne une obliquité trop grande, exigeant l'abatage d'un cube de roche inutile et par suite une dépense d'air comprimé superflue; mais cette disposition ne peut être appliquée qu'avec une voie d'assez grand écartement (0 m. 90 à Blanzy). Enfin, comme dernier perfectionnement, une douille à joint hydraulique permet de conduire un filet d'eau sous pression jusqu'à l'extrémité du fleuret pour nettoyer constamment le fond du trou de mine, et par conséquent d'accroître la vitesse de perforation, ce qui était spécialement important à Blanzy à cause de l'abondance des grès.

Le principal but de l'emploi de la bosseyeuse reste d'ailleurs à Blanzy, comme il l'est exclusivement à Marihaye, l'élimination des explosifs dans les travaux grisouteux. La bosseyeuse est employée à Blanzy avec le concours de l'aiguille-coin, dans les percements de galeries en rocher, en charbon dur et pierreux, et même de descenderies. Elle a remplacé pour le traçage la machine compliquée et volumineuse que la Société de Blanzy exposait en 1878 sous le nom de *traceuse*.

Voici quelques résultats de cet emploi mentionnés dans le mémoire sur *L'air comprimé aux mines de Blanzy* (2e édition), publié par M. F. Mathet à l'occasion de l'Exposition :

1° Galerie à travers bancs ou en passages de faille, schistes et grès; longueur 150 mètres; durée, 8 mois; avancement moyen, 18 m. 75 par mois. — Prix de revient, 70 fr. 30 par mètre;

2° Galerie de moyenne dureté; avancement moyen, 24 m. 20. — Prix de revient, 46 fr. 67.

3° Galerie à travers bancs en terrains durs et compacts, avancement, 20 m. 50 en 34 jours de travail. — Prix de revient, 69 francs.

Ces résultats sont dus surtout à l'éducation du personnel et aux économies réalisées dans la production de l'air comprimé.

Les résultats obtenus à Marihaye confirment les précédents.

D'après la brochure publiée à l'occasion de l'Exposition par M. M. Dubois, ingénieur en chef de Marihaye : *L'air comprimé et les bosseyeuses aux charbonnages de la Société de Marihaye,* les avancements par poste réduits en schistes (1 mètre de grès = 2 mètres de schiste) dans le percement des galeries ont été, avec une bosseyeuse et 2 hommes, de 0 m. 500, 0 m. 479, 0 m. 542, 0 m. 456, soit, par mois, à raison de 48 postes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

24 mètres, 23 mètres, 26 mètres et 21 m. 88; avec deux bosseyeuses et 4 hommes, l'avancement a atteint par poste 0 m. 636, soit 30 m. 52 par mois de 48 postes.

Ces avancements sont supérieurs à ceux que l'on obtient dans la perforation à la main avec explosifs pour un même personnel. Le prix de revient serait, d'après les éléments contenus dans la brochure, de 49 fr. 53 par mètre de schiste et de 79 fr. 53 par mètre de grès.

Les bosseyeuses sont de plus employées à Marihaye aux bosseyements proprement dits. D'après des expériences comparatives faites à la voie de roulage avec poudre et à la voie d'aérage d'une même couche avec la bosseyeuse, l'avancement par poste a été de 2 m. 65 à la bosseyeuse contre 1 m. 63 à la poudre, et le prix de revient du bosseyement par mètre a été respectivement de 7 fr. 14 et de 9 fr. 02.

Dans une autre couche, on a eu à la bosseyeuse (voie d'aérage) un avancement de 2 m. 25 par poste et un prix de revient de 8 fr. 49; à la main et à la poudre (voie de roulage), un avancement de 1 m. 93 et un prix de revient de 8 fr. 04.

La rapidité de l'avancement mécanique dérive de la rapidité du forage et cet avantage est d'autant plus caractérisé que les terrains sont plus durs. La Société de Marihaye emploie actuellement 30 bosseyeuses dans ses travaux. Malgré ces résultats remarquables, l'emploi de cet appareil s'est peu répandu; en dehors de Marihaye, il n'y a que peu de mines qui l'aient adopté dans le bassin de Liège, et en France on ne pourrait guère citer que les houillères de Trélys et du Martinet, dans le Gard, et de Blanzy, dans le Centre, qui en fassent aujourd'hui usage, après un essai sans résultat de l'emploi des cartouches à la chaux.

L'emploi de la bosseyeuse exige en effet des installations d'air comprimé coûteuses. En ce qui concerne les percements de galeries, peu de mines se trouvent dans des conditions qui nécessitent la proscription des explosifs dans les travaux à travers bancs, et en ce qui concerne les bosseyements, on arrive au même résultat, au point de vue de la sécurité, par l'emploi des perforatrices à rodage et à bras et des aiguilles-coins sur lequel nous aurons à revenir.

Parmi les perforatrices de grandes dimensions, les plus employées après la perforatrice Dubois et François et ses dérivées, sont les types Ferroux et Mac Kean-Seguin. MM. Hanarte et Balant, de Mons, exposaient les dessins du matériel spécial qu'ils emploient pour l'entreprise de travaux de perforation mécanique. Les perforatrices Ferroux et Mac Kean-Seguin ont été modifiées par M. Hanarte par l'adoption du système de propulsion automatique proposé et essayé par M. Turrettini lors du percement du Gothard. Ce mouvement est de la plus grande simplicité, puisqu'il n'exige aucun organe nouveau; mais pour qu'il puisse fonctionner, lorsque la perforatrice travaille sous un certain angle, il faut que le cylindre soit parfaitement équilibré par un contrepoids. Les affûts ont été également modifiés et construits entièrement en acier dans le but de les rendre plus légers et plus maniables.

La *Société de Liévin* emploie la perforatrice Ferroux concurremment avec la perfora-

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trice *Éclipse* qui fit son apparition à l'Exposition de 1878. Dans la brochure publiée à l'occasion de l'Exposition, cette Société constate une fois de plus les avantages économiques que présentent les perforatrices en général dans les terrains durs, tandis que dans les terrains tendres le seul avantage acquis est la rapidité du travail.

La Société de Liévin constate aussi les avantages des petites perforatrices, telles que l'*Éclipse*, qui, portées sur un affût à colonne, peuvent être orientées de la façon la plus avantageuse pour donner aux coups de mine leur effet utile maximum. La Société de Liévin proclame même la supériorité de l'*Éclipse* sur la *Ferroux*, au point de vue de la consommation d'air et de l'entretien.

Les seules perforatrices nouvelles, exposées à Paris, étaient celles de M. L. Barzano, ingénieur à Rome, et celle de M. Sergeant, de New-York.

La perforatrice Barzano appartient à la catégorie des longues perforatrices qui nécessitent l'emploi d'un affût sur roues. Elle se distingue principalement par un système de distribution nouveau. Cette perforatrice présente peu de résistances, et les chocs violents y sont évités avec soin. Les mécanismes étant intérieurs sont parfaitement préservés de la poussière et enfin l'appareil de distribution permet de modifier à volonté la longueur de la course entre 0 m. 05 et 0 m. 10 sans augmenter les espaces nuisibles.

Cette perforatrice a été essayée avec succès dans les granites très durs de Baveno.

La perforatrice Sergeant n'en est plus à la période des essais et l'*Ingersoll-Sergeant rock drill C°*, de New-York, formée par la réunion de l'*Ingersoll rock drill C°* et de la *Sergeant drill C°*, a exercé une influence marquée sur le développement des mines et surtout des mines métalliques aux États-Unis. La perforatrice Sergeant est la dernière expression de ce type de petites perforatrices à mécanismes entièrement protégés, auquel appartenaient déjà les perforatrices Ingersoll et *Éclipse*, successivement lancées par les Compagnies précitées; le prospectus distribué à l'Exposition mentionnait avec orgueil que les perforatrices Ingersoll et Sergeant avaient aidé à produire 75 p. 100 du métal tiré des minerais exploités mécaniquement aux États-Unis en 1888. La perforatrice Sergeant se distingue par un mode de distribution très ingénieux et par un mouvement de rotation à rainures hélicoïdales et rochet; la progression se fait à la main par vis et manivelle.

La Compagnie Ingersoll-Sergeant exposait une intéressante application de la perforatrice Sergeant au creusement de rainures verticales, inclinées ou horizontales dans les carrières.

La perforatrice est soutenue par deux barres cylindriques qui peuvent se mettre dans un plan quelconque sans déplacer les supports de l'appareil. Le fleuret unique est remplacé par un fleuret triple faisant une entaille en N. La perforatrice se meut de manière à creuser une rainure continue, le long d'une vis fixe, au moyen d'un écrou mû par une petite machine rotative de la *Dake Engine C°* (Michigan). La transmission de mouvement à l'écrou se fait par friction, et la pression des pièces frottantes est réglée de telle sorte que la machine s'arrête d'elle-même, si elle rencontrait une résistance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

extraordinaire. Au moyen de cette même perforatrice, on perce un trou cylindrique aux deux extrémités de la rainure à creuser; on suspend ensuite le mouvement de rotation en même temps que l'on met en marche la petite machine Dake, et la perforatrice se meut alternativement de l'un à l'autre des deux trous limites, en creusant une rainure qui peut atteindre 4 mètres de profondeur. Un ouvrier et un manœuvre suffisent pour conduire cet appareil qui fonctionne depuis peu de temps dans plusieurs carrières des États-Unis.

M. Von Berg, de Paris, exposait la perforatrice bien connue de Schram, modifiée par l'application d'un mouvement de rotation à la main, rendu à volonté solidaire ou indépendant du mouvement de progression. En 1878 déjà se trouvait exposée une perforatrice anglaise à mouvement de rotation à la main, ce qui est quelquefois demandé dans les exploitations où l'on ne recherche pas avant tout la rapidité du forage.

PERFORATION À BRAS.

Il nous reste à signaler les nombreuses perforatrices à bras qui sont aujourd'hui devenues d'un usage général pour faire les bosseyements à l'aiguille-coin, et qui plus que toute autre ont contribué à la suppression, au moins partielle, des explosifs dans les mines à grisou.

La seule perforatrice *à percussion* et à bras, exposée à Paris, était celle de MM. Dunand frères, constructeurs mécaniciens à Carouge (Suisse); cette perforatrice est à avancement automatique par rochet, cliquet et à injection d'eau continue à travers un fleuret creux. Cette injection est commandée par une petite pompe mue par un excentrique. Cette perforatrice très légère est plus spécialement destinée aux travaux de surface; elle se distingue surtout par un support très simple prenant son point d'appui sur la roche même à perforer.

Les autres perforatrices à bras exposées sont toutes *à rodage* au moyen de mèches hélicoïdales.

Tous ces outils dérivent en somme de la perforatrice Lisbet, employée depuis quelque vingt ans aux mines de Liévin, Lens, etc., sans être devenue toutefois d'un usage aussi général que les nouvelles perforatrices à bras. La cause en est surtout dans la nécessité d'employer des ouvriers exercés pour proportionner l'avancement au degré de dureté des roches, ce qui n'est plus aussi nécessaire avec les nouvelles perforatrices. La vogue de celles-ci est due en outre à l'excellence des mèches hélicoïdales en acier fondu fournies aujourd'hui par les constructeurs de ces appareils qui permettent de perforer des roches où la perforatrice Lisbet se montrait inefficace.

Au premier rang figure *The Hardy patent pick C°*, de Sheffield, qui exposait la perforatrice Elliott, le véritable type du genre.

La perforatrice Elliott se distingue par la facilité de rendre plus ou moins mobile

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'écrou de la vis dans le prolongement de laquelle est fixée la mèche. Cette perforatrice est précieuse dans les bosseyements, parce qu'elle permet d'attaquer même les roches dures. La même Compagnie exposait, sous les noms de *Conqueror, Little tiger, Acme,* des perforatrices à écrou fixe, plus légères, qui ne peuvent convenir que dans les roches tendres et homogènes ou le charbon. Leur emploi est naturellement beaucoup plus limité.

M. C. Bornet, de Paris, exposait plusieurs types dérivés de la perforatrice Cantin, brevetée en 1882. Cette perforatrice est caractérisée par un ressort qui cède dès que la mèche éprouve une trop grande résistance. La progression de l'outil se ralentit momentanément, en même temps que la pression augmente sur le taillant par l'action de ce ressort. Un tourne à gauche permet d'ailleurs de ralentir ou d'accélérer la vitesse de progression : dès que la résistance dépasse un maximum, la broche d'arrêt qui fixe ce tourne à gauche le laisse déclencher automatiquement, de sorte que la rotation se fait sur place et sans progression jusqu'à ce que l'enclenchement se produise de nouveau.

Les mêmes caractères se rencontrent dans les types que M. Bornet a déduits de la perforatrice Cantin et qui, sous les noms de *Jubilé* et de *Charbonnière,* se sont rapidement répandus dans l'industrie houillère.

Dans ces perforatrices le porte-outil est directement fixé sur la vis, ce qui permet de rendre la vis réversible, lorsqu'on doit changer d'outil par suite de l'approfondissement du trou. Elle permet aussi de réduire de beaucoup le poids de l'appareil, tout en lui conservant la même puissance.

La perforatrice Cantin mue à bras ou au moteur, excellent outil pour le percement des galeries, est trop lourde pour les bosseyements. Elle pèse de 64 à 45 kilogrammes. Le *Jubilé* ne pèse que 20 kilogrammes. La *Charbonnière* est encore plus légère, mais ne convient que pour les roches tendres.

M. C. Bornet exposait un grand nombre d'applications de ces perforatrices, pour creuser des trous dans les carrières, ouvrir des tranchées, exécuter des dérochements sous-marins, des fonçages de puits ou des percements de galeries.

Au moment de l'Exposition, M. Bornet venait d'en faire une application nouvelle pour le havage d'un front de taille par trous horizontaux de 0 m. 18 de diamètre, séparés par des intervalles de 0 m. 04, dans une exploitation de phosphates du Hainaut.

Les houillères françaises exposantes exprimaient leur prédilection pour les uns ou les autres de ces appareils.

A Liévin, on donne pour les galeries la préférence à la Cantin au point de vue du rendement et de la fatigue moindre de l'ouvrier; pour le coupage des voies à l'aiguille-coin on n'y emploie que l'Elliott ou le perforateur Sartiaux dit *Universel.* L'Elliot pèse 14 kilogrammes et coûte 73 francs; l'Universel 7 kilogrammes seulement et coûte 100 francs. Au point de vue de l'entretien, ces deux outils sont équivalents. A Lens,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on a adopté d'une manière très générale l'*Universel,* concurremment avec l'ancien perforateur Lisbet.

A Anzin, après avoir essayé la Cantin et l'Elliott, on a donné la préférence à un type spécial dénommé l'*Anzinoise* qui n'était pas exposé.

Dans d'autres mines, comme à Douchy, Dourges, Nœux, on emploie indifféremment l'Elliott, les perforatrices Bornet ou Sartiaux.

Quant aux aiguilles-coins, employées avec ces perforatrices pour effectuer le coupage des voies sans explosifs, elles ne présentent pas de particularités. Elles se rapportent à l'ancien type, composé d'un coin chassé entre deux joues, ou au type de coins *multiples* de la *Hardy patent pick C°,* composé de deux joues, de deux coins et d'un troisième coin supplémentaire, lorsque les deux précédents ne suffisent pas. Ce système plus énergique que le précédent vient à bout des roches les plus dures.

Il faut encore citer parmi les perforatrices à rodage exposées à Paris les appareils à diamants de MM. Taverdon et C^ie^, qui se distinguent principalement par le mode de sertissage par enrobage du diamant dans une couche métallique obtenue par la fusion ou par la galvanoplastie.

V. HAVAGE MÉCANIQUE.

La Société de Blanzy poursuit ses essais de havage mécanique et paraît être arrivée à une solution satisfaisante par les modifications successives qu'elle a fait subir à la haveuse de Winstanley. Dès 1873, cette haveuse y avait été essayée dans l'exploitation par tranches horizontales, mais à cette époque cette méthode d'exploitation était très différente de ce qu'elle est aujourd'hui. Le déhouillement se faisait avec lenteur, les remblais étaient argileux et insuffisants, et l'emploi de boisages provisoires ne parvenait pas à éviter de fréquents éboulements qui rendaient impossible le havage mécanique. Ces inconvénients ont disparu par suite de l'adoption de la méthode d'exploitation actuelle, où tout est au contraire combiné pour réaliser un déhouillement aussi rapide que possible et où la simultanéité des postes à charbon et à remblai permet de faire ce de nier avec plus de soin. On évite de la sorte les éboulements et l'on a pu supprimer les boisages provisoires, tout en augmentant le diamètre de la roue Winstanley que l'on a porté de 0 m. 80 à 1 m. 45, ce qui permet de faire un havage de 1 m. 20 en un seul passage.

La haveuse Winstanley a, d'ailleurs, été transformée de manière à faire le havage à une assez grande hauteur dans la tranche, ce qui est avantageux, parce que l'abatage en gros blocs de la partie inférieure reposant sur le remblai de la tranche précédente est aisé, et parce que l'abatage de la partie supérieure à l'aide de coins, lorsqu'on ne peut employer d'explosifs, est d'autant plus facile que cette partie est moins épaisse. Des précautions sont prises pour écarter la poussière qui tombe dans une auge où se meut une hélice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La forme des dents a été modifiée : toutes les dents ont aujourd'hui la même forme et ne diffèrent que par leur inclinaison sur le plan de la roue. Le poids de l'appareil extrêmement compact, construit par M. Pinette, de Chalon-sur-Saône, est de 1,800 kilogrammes. Les mines de Blanzy occupent aujourd'hui six haveuses de ce type. Le havage mécanique n'avait eu jusqu'ici quelque succès que dans les couches horizontales et minces de la Grande-Bretagne. Son application dans l'exploitation par tranches horizontales des couches puissantes du centre de la France est une nouveauté que l'exposition de Blanzy mettait en lumière, et il n'est pas étonnant que cette application ait tenté d'autres inventeurs.

M. P. Fayol exposait une haveuse à scie excentrique qui était encore à l'essai, au moment de l'Exposition, aux houillères de Blanzy et de Commentry. L'outil est une lame plate, dentée, animée d'un mouvement analogue à celui des bielles d'accouplement d'une locomotive au moyen de deux manivelles commandées par un arbre moteur. La forme sinusoïde de la lame dentée est telle qu'un certain nombre de dents seulement (5 sur 22) travaillent en même temps. Chacune de ces dents décrit un cercle de même rayon que celui des manivelles. Le mode d'action de cette haveuse est donc très semblable à celui de la roue Winstanley. Mais, en vertu du peu de largeur de la lame, elle permet de placer des cales dans la rainure à très peu de distance de la surface d'attaque.

Les essais de cette machine sont trop récents pour que l'on puisse se prononcer sur ses mérites. A Blanzy, on lui préfère la haveuse Winstanley au point de vue de la rapidité du havage.

Cette vitesse y varie de 6 à 25 mètres par heure, selon la dureté et la nature plus ou moins pierreuse du charbon. M. P. Fayol cite d'autre part les résultats suivants obtenus par sa haveuse :

MINES.	HOUILLE ORDINAIRE.			HOUILLE DURE ET PIERREUSE.		
	LONGUEUR.	PROFONDEUR.	DURÉE.	LONGUEUR.	PROFONDEUR.	DURÉE.
Blanzy	9^{m}	$1^{m}\,20$	$40'$	15^{m}	$1^{m}\,20$	$1^{h}\,35'$
Commentry	11^{m}	$1^{m}\,30$	$35'$	13^{m}	$1^{m}\,30$	$1^{h}\,00'$

La section des États-Unis exposait un autre type de haveuse qui a été importé depuis quelques années en Europe sous le nom de « système Harrison » et a obtenu certain succès dans plusieurs houillères de l'Écosse. Ce type consiste en un chariot à deux roues que l'ouvrier maintient, au moyen de poignées, perpendiculairement ou obliquement au front de taille. Le corps de ce chariot est formé par un cylindre de perforatrice dans lequel se meut un piston portant un fleuret dépourvu de mouvement de rotation. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tranchant de ce fleuret reçoit une forme convenable pour creuser une rainure horizontale ou sous un angle voisin de l'horizontale. La grande mobilité de cette machine parfaitement équilibrée permet de la diriger au gré de l'ouvrier qui ne l'abandonne pas pendant le travail.

Une haveuse de ce type à l'air comprimé était exposée par la *Ingersoll-Sergeant rock drill C°* sous le nom de « haveuse SERGEANT ». Elle se distingue par un mode de distribution très ingénieux, au moyen de deux tiroirs qui se commandent mutuellement. L'énergie de la frappe est réglable à volonté, de même que le nombre de coups qui atteint 180 par minute.

La machine pèse 250 à 350 kilogrammes, suivant ses dimensions, qui varient en longueur de 2 m. 10 à 2 m. 25. La plus petite de ces machines n'a que 0 m. 375 de hauteur. Dans une houillère de l'Alabama, la machine passant successivement dans cinq chantiers a havé 55 mètres de longueur à 1 m. 20 de profondeur en huit heures quarante-sept minutes, y compris le temps nécessaire pour passer d'un chantier à un autre et pour changer d'outils; elle était conduite par deux ouvriers, l'un à la machine et l'autre servant à écarter les débris. Plusieurs houillères américaines ont adopté cette haveuse qui paraît d'un mouvement facile et peu susceptible de dérangements.

M. F.-N. PARKER, de Chicago, exposait sous le nom de « haveuse SPERRY » une machine du même genre mue par une petite dynamo agissant sur un énergique ressort. Dans un essai fait en Amérique, cette machine a fait un havage de 36 mètres de long sur 1 m. 20 de profondeur en dix heures avec deux hommes. Tout l'intérêt de cet appareil dérive de la substitution à l'air comprimé d'une transmission électrique, question des plus intéressantes, mais sortant du cadre de ce rapport.

Il nous reste à signaler les lames et les scies circulaires diamantées, exposées par MM. TAVERDON et C^ie^. Ces outils, basés sur les procédés de sertissage de M. Taverdon appliqués à la poudre de diamant, sont employés par l'auteur pour le sciage de la pierre et proposés par lui pour le havage mécanique. Les diamants sont sertis sur la lame même ou sur de petits disques soudés dans la lame qui peuvent être tournés dans leurs alvéoles pour renouveler les surfaces. L'eau nécessaire à l'enlèvement des débris peut être amenée sous pression par l'intérieur de la lame. La haveuse proposée par M. Taverdon se compose de deux scies circulaires parallèles mues à grande vitesse par une transmission flexible composée d'une cordelette en acier sur laquelle sont coulés des grains d'un alliage métallique. Cet appareil n'avait pas encore reçu l'épreuve de la pratique à l'époque de l'Exposition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VI. EXPLOSIFS.

Les explosifs miniers étaient représentés au Champ de Mars par les principales usines de France et de Belgique.

C'étaient pour la France :

La Société générale pour la fabrication de la dynamite;

La Société française des explosifs.

Pour la Belgique :

La Poudrerie royale de Wetteren (Coopal et C^ie^);

La Société anonyme de dynamite de Matagne;

La Compagnie générale des explosifs Favier;

La Fortis explosive association.

La *Société générale pour la fabrication de la dynamite,* propriétaire des brevets Nobel pour les pays latins, exposait des vues de ses principales usines ainsi que des spécimens de ses produits. Ces usines sont situées en France, à Ablon près de Honfleur, et à Paulilles près de Port-Vendres; en Italie, à Avigliana près de Turin et à Cengio près de Millesimo; en Portugal, à Trafaria près de Lisbonne; en Espagne, à Galdacano près de Bilbao; en Suisse, à Isleten (Uri); au Transwal, à Leeuwfontein, et au Vénézuéla, à Aramaya.

L'importance de ces usines ressort de ce fait que, dans l'exercice 1888-89, elles ont vendu 3,480 tonnes de dynamite. Les progrès réalisés dans la fabrication de ces usines, notamment par la récupération des acides ayant servi à la préparation de la nitroglycérine, ont permis de réduire les prix de revient de 50 p. o/o environ depuis l'Exposition de 1878.

La fabrication de la *dynamite-gomme,* qui faisait son apparition en 1878, s'est beaucoup développée grâce à la sécurité plus grande de ce produit, due à l'absence d'exsudation et à l'insensibilité qu'elle oppose à l'action de l'eau. Pour les mines grisouteuses, ces qualités ne compensent cependant pas les dangers qui résultent de sa haute température de détonation. La *dynamite gélatinée,* plus récente, est obtenue en incorporant dans la dynamite-gomme certains comburants, tels que des nitrates, permettant d'obtenir des explosifs de force appropriée à chaque type de roche.

La question la plus intéressante aujourd'hui au point de vue des explosifs miniers est la recherche d'un explosif de sécurité en présence du grisou.

Les Commissions anglaise et prussienne du grisou ont attiré l'attention sur le danger spécial que présentent à cet égard les mélanges déflagrants, tels que les poudres, et ont cru trouver, dans l'emploi des explosifs brisants en général, un remède contre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'inflammation du grisou par les coups de mine. Mais des expériences répétées dans divers pays, tout en confirmant le plus grand danger de la poudre noire, ont démontré que l'on ne pouvait se fier, d'une manière absolue, aux explosifs brisants, tels que les dynamites, dynamites-gommes, etc.

La Commission française, chargée le 12 février 1887 de l'étude des problèmes se rattachant à l'usage des explosifs dans les mines à grisou, a fait faire un pas à la question. Abandonnant la voie des expériences réalisées dans des conditions se rapprochant plus ou moins de celles de la pratique, voie suivie par les Commissions du grisou anglaise et prussienne, MM. Mallard et Le Châtelier[1] ont recherché les conditions théoriques que doit réaliser un explosif de sécurité. S'il est vrai que le grisou s'enflamme à 650 degrés, il possède une propriété remarquable que ne présentent pas les autres mélanges détonants. Cette propriété est le *retard à l'inflammation* qui peut atteindre une dizaine de secondes à 650 degrés. Il en résulte l'explication de ce fait paradoxal en apparence, qu'au milieu d'un mélange inflammable à 650 degrés, il peut se produire sans accident des gaz dont la température est beaucoup plus élevée, pourvu que le contact de ces gaz avec ce mélange ne soit pas assez prolongé pour produire l'inflammation. C'est pourquoi la déflagration de la poudre qui se fait avec une lenteur relative (quelques mètres par seconde) met inévitablement le feu au grisou, tandis que les explosifs, tels que les dynamites, dans lesquels la réaction chimique produite par une action mécanique se transmet avec une vitesse dépassant celle de l'onde sonore, se montrent parfois inoffensifs dans des circonstances favorables. La détonation se propageant à la vitesse de l'onde explosive (plus de 5,000 mètres par seconde) produit instantanément des gaz à très haute tension qui se dilatent violemment et traversent rapidement, en se refroidissant, le mélange explosible. Le problème à résoudre consiste donc à trouver un explosif qui passe de la température de détonation à la température de 650 degrés en un temps qui ne permette pas au grisou de s'enflammer.

MM. Mallard et Le Châtelier ont été amenés ainsi à déterminer la température de détonation de divers explosifs. Cette détermination théorique, soigneusement vérifiée par l'expérience, a donné pour des cartouches détonant à l'air libre une température de détonation de 3,220 degrés pour la dynamite-gomme; 3,140 degrés pour la nitroglycérine et 2,900 degrés pour la dynamite n° 1.

C'est ce qui explique que la dynamite-gomme est plus dangereuse que la dynamite n° 1.

Les expériences de la Commission française ayant d'ailleurs démontré que tous ces explosifs, détonant à l'air libre, étaient susceptibles d'enflammer le grisou, il fallait rechercher un explosif à température de détonation inférieure.

L'expérience a permis de déterminer jusqu'à quelle limite il fallait descendre. En

[1] Voir *Annales des mines*, 8me série, t. XIV, 1888, et t. XVI, 1889. Voir aussi le Rapport *sur l'emploi des explosifs dans les mines à grisou* présenté par M. Mallard, au Congrès des mines et de la métallurgie. (*Bulletin de l'industrie minérale*, 3me série, t. III, 1889).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

effet le mélange détonant a été enflammé par des charges de 50 grammes d'explosif dont la température de détonation descendait à 2,280 degrés. Il ne l'était plus lorsque cette température tombait à 2,150 degrés. MM. Mallard et Le Châtelier en concluent que la température de détonation donnant la sécurité est intermédiaire, et ils l'ont évaluée à 2,200 degrés, pour des charges ne dépassant pas 50 grammes.

Ils se sont spécialement arrêtés aux mélanges de dynamite ou de dynamite-gomme et d'azotate d'ammoniaque qui, établis dans des proportions convenables (30 à 20 p. 100 de dynamite pour 70 à 80 p. 100 d'azotate), n'ont jamais transmis l'inflammation au grisou, parce que leur température de détonation descend à 1,500 ou 1,600 degrés. L'azotate d'ammoniaque est, en effet, un véritable explosif dont la température de détonation est à peine supérieure à 1,000 degrés. Les résultats des expériences faites par la Commission française ont été confirmés par celles qui furent faites, à la demande de la Commission, aux mines d'Anzin, de Blanzy, de Firminy et de Ronchamp. Ces expériences assignent aux mélanges ci-dessus une force explosive égale à un peu plus de la moitié de celle de la dynamite-gomme et aux deux tiers de celle de la dynamite n° 1, soit au double de celle de la poudre noire comprimée. Ces expériences ont été faites sur des échantillons envoyés à ces mines par la Poudrerie nationale de Sevran-Livry. Des types divers de ces explosifs étaient exposés par le *Service des poudres et des salpêtres*.

En attendant que l'État en ait établi la fabrication courante, la Compagnie d'Anzin s'est adressée à la *Société générale de la dynamite* qui exposait sous le nom de *grisoutines*[1] les divers mélanges de dynamite ou de dynamite-gomme et d'azotate d'ammoniaque qui étaient encore à l'essai à Anzin, à l'époque de l'Exposition. La Société générale avait depuis longtemps cherché à introduire l'azotate d'ammoniaque dans la fabrication des dynamites. Elle exposait les *cartouches étanches* imaginées pour préserver ce corps éminemment hygroscopique de l'influence de l'humidité. Ces cartouches se composent de plusieurs feuilles de papier soudées ensemble et adhérant à la surface extérieure du cylindre explosif à tel point que le papier et l'explosif ne forment qu'un seul et même solide.

Une concurrence s'est élevée en France depuis le mois de juillet 1888 à la Société générale, la *Société française des explosifs* a construit une usine à Cugny (Seine-et-Marne); elle exposait ses produits, dynamites à bases inertes, à base active, à base de fulmicoton, dynamites gélatinisées à base binaire, dynamites spéciales pour mines à grisou à base binaire d'azotate d'ammoniaque et de charbon, etc. Pour soustraire l'azotate d'ammoniaque à l'action de l'humidité, les grains en sont enrobés dans la paraffine liquide et la cartouche est enveloppée de papier paraffiné. Cette concurrence, non

[1] Il ne faut pas confondre ces explosifs avec les *grisoutites* fabriquées en Belgique par M. Muller, qui sont composées d'un mélange de dynamite avec une certaine proportion de sulfate de magnésie cristallisé. Ces mélanges poursuivent également le but de réduire la température de détonation par la volatilisation de l'eau de cristallisation de ce sel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moins d'ailleurs que les progrès de la fabrication, n'a pas peu contribué à réduire en France le prix des dynamites.

La Compagnie générale des explosifs Favier exposait, dans le compartiment belge, ses explosifs de sûreté, insensibles au choc, à la gelée et au feu. Ces explosifs sont également à base d'azotate d'ammoniaque enrobé dans certains hydrocarbures nitrés fusibles à basse température. L'élément comburant et l'élément combustible sont ainsi juxtaposés et non combinés, comme c'est le cas dans la nitroglycérine, combinaison éminemment dangereuse que la juxtaposition doit avantageusement remplacer, si l'on en peut attendre des effets semblables. Les explosifs Favier ont été essayés par la Commission française qui leur a reconnu des propriétés analogues à celles des mélanges de dynamite et d'azotate d'ammoniaque. Dans les expériences faites à Neunkirchen (Saarbrück), l'explosif Favier est aussi indiqué comme n'ayant jamais enflammé le grisou.

L'explosif Favier est généralement comprimé en cartouches présentant un noyau pulvérulent qui sert de détonateur intermédiaire.

Des résultats d'expérience remarquables étaient exposés dans la vitrine de cette Compagnie.

Éprouvé au bloc de plomb, comparativement à la dynamite, l'explosif Favier a donné 978 centimètres cubes de vide, tandis que la dynamite n'en donnait que 728. Au point de vue de la sécurité, on peut citer les expériences suivantes, faites au polygone du génie à Anvers.

Une caisse de cartouches Favier a pu être précipitée de 13 mètres de hauteur sur un chemin pavé sans faire explosion; une autre caisse placée sur une enclume a reçu le choc d'un mouton de 280 kilogrammes tombant de 4 mètres, sans détonation ni inflammation; l'application d'une barre de fer rouge fait simplement fuser la cartouche; une balle, lancée par un fusil Comblain, la perfore sans explosion. Il serait difficile de pousser plus loin les épreuves de sécurité, et un grand avenir nous paraît réservé à l'explosif Favier, s'il se vérifie qu'avec une force égale au moins à celle de la dynamite, sa température de détonation reste inférieure à ce qu'il faudrait pour enflammer le grisou. Il reste toutefois un doute pour cet explosif comme pour les grisoutines, car il faut employer de très fortes capsules et bourrer énergiquement; or il peut résulter de ce fait des dangers d'un autre ordre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÉDÉS D'AMORÇAGE.

Les procédés d'amorçage étaient représentés par les divers fabricants de mèches de sûreté établis en France : par la maison *Davey, Bickford, Watson et C^ie^*, de Rouen; par la *Compagnie anglaise des mèches de sûreté* de Lyon-Villeurbane; par la maison *Cléchet et Kinsmen* qui, depuis l'Exposition de 1878, a transporté son siège en France et établi une usine à Seyssel (Ain); par la *Société générale pour la fabrication de la dynamite* qui a établi à son tour, depuis quelques années, une fabrique de mèches de sûreté spéciales à l'emploi de la dynamite. La maison *Alonso Labastida*, de Bilbao, exposait aussi des produits similaires.

Nous avons peu de choses nouvelles à signaler dans ces procédés. L'exposition de la maison Davey, Bickford, Watson et C^ie^ présentait seule quelque intérêt à ce point de vue. On y voyait des multiplicateurs pour tirage simultané de plusieurs mines amorcées par une seule mèche ordinaire; une mèche spéciale à enveloppe très solide pour mines à grisou avec appareil d'allumage pouvant se sertir sur la mèche : cet appareil met le feu par l'écrasement d'une ampoule mettant en contact de l'acide sulfurique concentré et un mélange de chlorate de potasse et de sucre. Par ce procédé ni flamme, ni étincelle ne peuvent venir en contact avec l'air ambiant.

On remarquait aussi dans cette exposition et dans celle de la Société générale différents types bien connus d'amorces électriques.

Celles-ci sont toutes des amorces de tension ou à étincelle, employées avec les exploseurs magnéto-électriques de Ducretet Bréguet (coup de poing), ou avec les exploseurs à électricité statique de Bornhardt.

Les sources d'électricité à haute tension ont été condamnées dans les mines à grisou par la Commission française des substances explosives, en raison des inconvénients qu'elles présentent : nécessité d'un parfait isolement, difficulté d'obtenir des amorces de sensibilité égale pour mines simultanées, étincelles extérieures, etc. Une circulaire du 19 novembre 1889 invite formellement les exploitants français à n'employer que des amorces et des exploseurs à basse tension.

MM. Manet frères exposaient des amorces et un exploseur de ce genre qui ont été très remarqués. Les amorces sont à fil ou à incandescence. Elles se composent d'un fil de platine de 1/20 de millimètre et de 9 millimètres de longueur, disposé dans le sens de l'axe de l'amorce et plongé dans une poudre électrique à base de chlorate de potasse. Le tout est contenu dans un tube de 6 millimètres. Ces amorces fabriquées mécaniment sont de dimensions rigoureusement égales, ce qui assure l'égalité de sensibilité à condition d'avoir un métal bien homogène.

L'exploseur présente des dispositions extrêmement ingénieuses qui ont pour but de produire sous un petit volume une grande énergie électrique avec une force électromotrice qui ne dépasse pas 80 à 100 volts et, en outre, de supprimer toute étincelle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

capable d'enflammer le grisou. Cet exploseur, renfermé dans une boîte de 0 m. 27 × 0 m. 21 × 0 m. 21, ne pèse pas plus de 10 kilogrammes. Il appartient à la catégorie des exploseurs dynamo-électriques.

La dynamo est composée de deux induits montés sur un même arbre et tournant entre les pôles d'un même électro-aimant. L'un est à fils fins, l'autre à fils plus gros. La vitesse de rotation, déterminée par une manivelle, atteint 2,000 tours par minute et les dispositions de l'appareil sont telles que c'est seulement au moment où l'énergie mécanique est ainsi portée à son maximum, que les contacts s'établissent et que cette énergie se transforme instantanément en énergie électrique. Cette transformation est obtenue par un régulateur à boules, placé dans un volant monté sur l'arbre. L'écartement des boules de ce régulateur produit le déplacement d'un manchon sur cet arbre; ce manchon ferme les circuits des deux induits, au moment même où la vitesse atteint son maximum.

L'induit à gros fil fonctionne à court circuit sur les bobines inductrices et donne lieu à la production d'un champ magnétique puissant. L'induit à fil fin produit le courant qui va aux amorces, courant dont l'intensité correspond à 1 ampère.

Les exploseurs dynamo-électriques ont été jusqu'ici exclus des mines à grisou à cause des étincelles qui jaillissent au contact des balais. La construction des induits supprime ici ce danger; ils sont composés de 60 sections comprenant un nombre de spires assez faible pour rendre les étincelles pour ainsi dire imperceptibles. Un plus grand danger provient de l'étincelle de rupture du courant de l'induit à gros fil. Cette rupture se produit en effet dès que l'appareil se ralentit par suite de la résistance électro-magnétique. MM. Manet retardent la rupture du courant au moyen d'un petit électro-aimant qui, monté en dérivation sur le circuit des inducteurs, maintient le contact, tant que le courant est suffisant, et ne l'abandonne que quand l'extra-courant ne peut plus donner qu'une étincelle imperceptible. La boîte est d'ailleurs hermétiquement close, de manière à préserver tous les organes du contact de l'air extérieur. Une autre disposition permet de s'assurer avant le tir que les connexions sont en ordre. Au repos le contact est établi dans le circuit de l'induit à fil fin, de sorte qu'aux premiers tours de manivelle, il se produit un faible courant dans le circuit des amorces, en vertu du magnétisme rémanent des électro-aimants. Ce courant est absolument insuffisant pour porter les amorces à l'incandescence, mais il suffit pour actionner une sonnerie indiquant que tout est en ordre. Cette disposition très pratique, empruntée aux appareils de torpilleurs, n'est évidemment possible qu'avec un exploseur à faible tension.

L'exploseur Manet se prête donc à l'emploi des mines simultanées dans les mines à grisou, et les expériences faites par les inventeurs à l'Exposition ne laissaient pas de doute sur son efficacité. MM. Manet provoquaient en court circuit l'incandescence d'un fil de platine de 1/20 de millimètre et de 0 m. 80 à 1 mètre de longueur, représentant plus de 100 amorces de leur système. Ils faisaient fondre un fil de platine de 1/30

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de millimètre et de 0 m. 24 de longueur. C'est la puissance de l'appareil qui, d'ailleurs, a permis à MM. Manet frères de créer leur type spécial d'amorce à fil de platine très robuste qui écarte tout danger de dérangement dans le transport ou la manipulation.

Le nombre d'amorces simultanées dépend de la distance et des diamètres des conducteurs.

Voici le tableau fourni à cet égard par MM. Manet frères.

NOMBRE D'AMORCES.	RÉSISTANCE des amorces à chaud.	RÉSISTANCE du circuit extérieur.	RÉSISTANCE totale extérieure (Circuit + amorces.)	DISTANCE DE L'EXPLOSEUR À LA MINE POUR DIVERS DIAMÈTRES DE CÂBLES-MAÎTRES.					
				0m/m 9.	1m/m 0.	1m/m 2.	1m/m 5.	1m/m 8.	2m/m.
	ohms.	ohms.	ohms.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
1.....	3	61 (1)	64	1,220	1,494	2,135	3,347	4,819	5,947
6.....	18	46	64	920	1,127	1,610	2,524	3,734	4,485
12.....	36	28	64	560	686	980	1,536	2,212	2,730
18.....	54	10	64	200	245	350	548	790	975
20.....	60	4	64	80	98	140	219	316	390

(1) Résistance du circuit limite pour une amorce.

Plusieurs compagnies houillères signalaient dans des documents publiés à propos de l'Exposition les précautions spéciales qu'elles ont prises contre l'inflammation du grisou par les coups de mines. La plupart ont été plus ou moins loin dans la voie de la suppression des explosifs : Anzin les supprime complètement pendant la journée; Roche-la-Molière et Firminy interdisent leur emploi pour les moindres traces de grisou découvertes dans un chantier; Liévin, Lens, Douchy et d'autres mines du Nord et du Pas-de-Calais en interdisent presque complètement l'usage dans les bosseyements qui se font, comme nous l'avons vu, au moyen de perforatrices à bras, Lisbet, Elliott, Cantin, Sartiaux, Anzinoise, etc., et de l'aiguille-coin ou des coins multiples.

La Société de Liévin, à la suite d'essais ayant pour but d'étudier l'action des explosifs sur les poussières de la mine, a supprimé l'emploi de la poudre noire depuis 1886. La Société des mines de Lens a suivi de près et l'interdisait en 1887. La Société de Liévin pratique de plus l'arrosage des poussières au moyen de canalisations pourvues de distance en distance de robinets sur lesquels se vissent les tuyaux en caoutchouc servant à arroser les parois. Cette opération est faite par le boute-feu avant de mettre le feu aux mines.

Nulle part cependant on n'est allé aussi loin dans la suppression des explosifs qu'aux charbonnages de Marihaye à Seraing. Grâce à l'emploi de la bosseyeuse Dubois et François, les explosifs ont été complètement exclus de cette mine depuis le 1er janvier 1880, tant pour les galeries à travers bancs que pour les bosseyements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après des calculs établis dans la brochure sur *L'air comprimé,* etc., publiée à l'occasion de l'Exposition, M. M. Dubois évalue l'augmentation du prix de revient résultant de l'emploi de la bosseyeuse sans explosifs pour le creusement exclusif des galeries à 0 fr. 0255 par tonne pour le puits Pierre-Denis qui produit en moyenne 550 tonnes par jour; l'emploi de la bosseyeuse pour le coupage des voies est en général moins coûteux que le procédé ordinaire avec explosifs, de sorte qu'il en résulte plutôt une réduction du prix de revient, ce qui permet à M. M. Dubois de faire la déclaration suivante à la fin de sa brochure :

« Pour nous, qui depuis dix ans faisons usage exclusivement des moyens mécaniques, sans brûler un grain de poudre, nous déclarons que nous n'avons pas été entraîné à des dépenses extraordinaires pour maintenir debout tout le système qui est aujourd'hui plus viable que jamais et que nos prix de revient rivalisent au moins, avec succès, avec ceux des gisements qui se trouvent dans les mêmes conditions d'exploitation. »

VII. AÉRAGE.

VENTILATEURS.

L'Exposition affirmait le grand succès obtenu en France par le ventilateur L. Ser. Cet appareil est peut-être encore trop récent pour qu'on puisse conclure en sa faveur contre des systèmes éprouvés par une longue pratique, mais on doit reconnaître au ventilateur Ser un ensemble de qualités qui autorisaient au moins à tenter l'expérience. Le ventilateur Ser est le fruit d'une remarquable étude théorique publiée en 1878 par feu M. L. Ser, professeur à l'École centrale des arts et manufactures [1]. Cette théorie simplifiée en certains points, développée en d'autres, et reproduite dans le *Traité de physique industrielle* de l'auteur [2], est aujourd'hui devenue classique. Grâce à la collaboration assidue de MM. Geneste, Herscher et Cie, les principes déduits de cette étude ont été appliqués à la construction de nombreux ventilateurs Ser installés dans un grand nombre de mines, à Anzin, Bruay, la Grand'Combe, Blanzy, Cessous, Belmez, etc.

Le ventilateur Ser appartient à la catégorie des ventilateurs à force centrifuge de petit diamètre et à grand nombre de tours qui a repris faveur dans ces dernières années, par suite de la réduction des frais d'installation et de la facilité du déplacement qui en résultent.

Il se distingue par un calibrage de tous ses éléments conforme à la théorie : rayons intérieur et extérieur, nombre, courbure et variation de largeur des ailes, forme

[1] *Mémoires et comptes rendus de la Société des ingénieurs civils,* 1878. — [2] T. I, p. 669. — Paris, G. Masson, 1888.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

spiraloïde du coursier, point de départ du conduit horizontal qui fait suite au coursier et mène à la cheminée, etc. Ces éléments y sont déterminés de manière à supprimer autant que possible les remous et les pertes de force vive, et surtout à obtenir un rendement manométrique élevé.

L'accord des données théoriques et constructives a été reconnu dès 1884 par Tresca dans une note lue à l'Académie des sciences à la suite d'expériences faites au Conservatoire des arts et métiers et répétées ensuite à l'Exposition d'Amsterdam [1]. Les résultats de ces expériences ont été pratiquement confirmés par celles que M. François, ingénieur en chef des mines d'Anzin, a faites à son tour sur deux ventilateurs Ser de 1 m. 40 et de 2 mètres de diamètre établis à Anzin. Ces expériences exécutées en faisant varier l'orifice équivalent de la mine, d'après la méthode si rationnelle enseignée par M. Murgue, ont duré plus d'un an [2]. Les expériences de M. François ont été faites dans un ordre d'idées absolument différent de celles de Tresca; elles n'avaient plus pour but de démontrer l'accord de la pratique avec la théorie, de juger la valeur du nouveau ventilateur au point de vue de la mine. Elles ont établi la supériorité du ventilateur Ser, lorsqu'on recherche un rendement manométrique élevé, ainsi que les rapports qui doivent exister entre les dimensions du ventilateur et les résistances de la mine.

Ajoutons que M. Murgue, à qui les résultats de ces expériences ont été communiqués, s'est associé aux éloges adressés par M. François au pouvoir déprimant du ventilateur Ser. Ces expériences ont ainsi fait passer le ventilateur Ser au criterium d'une méthode d'expérimentation qui a fourni aux mineurs le guide le plus précieux pour juger de l'efficacité de leurs appareils de ventilation.

Le diamètre maximum des ventilateurs Ser établis jusqu'ici est de 2 m. 50. Avec cette dimension leur vitesse ne dépasse pas en général 250 tours.

Indépendamment d'un ventilateur Ser de 1 m. 40 de diamètre construit par M. Pinette, à Chalon-sur-Saône, MM. Geneste, Herscher et Cie exposaient les dessins d'un ventilateur Ser de 2 mètres de diamètre à cheminée traînante, c'est-à-dire à diffuseur évasé faisant suite horizontalement au courrier. Ces dessins étaient accompagnés de la légende suivante :

Résultats d'expériences à 240 tours par minute.

Volume débité par seconde : 28 m. c. 811.
Dépression produite dans la chambre d'aspiration en millimètres d'eau, 93 m/m 44.
Travail de la machine à vapeur, 43 chev. 30.
Rendement dynamométrique, 0,828.

[1] Voir *Produits et matériel des mines*, par Alfred Habets. (Documents et rapports des membres du Jury publiés par la Commission royale de Belgique).

[2] Note sur les ventilateurs et expériences faites à Anzin sur les ventilateurs (système Ser) de 2 mètres et 1 m. 40 de diamètre (*Bulletin. de la Société de l'industrie minérale*, 2e série, t. XV, 1886).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats d'Anzin sont plus complets et plus instructifs. Voici ces résultats pour l'orifice équivalent qui a donné le rendement manométrique maximum :

VENTILATEURS.	VITESSE ramenée à	ORIFICE équivalent.	VOLUME par seconde.	DÉPRESSION observée.	DÉPRESSION théorique.	RENDEMENT manométrique.	RAPPORT du volume débité au volume engendré.
Ventilateur de $1^{m}40$...	400 tours.	$0^{m2}47$	$11^{m3}615$	$89^{m}/^{m}2$	$105^{m}/^{m}$	0,85	7,78
Ventilateur de 2^{m}.....	240	$0^{m2}97$	$21^{m3}678$	$72^{m}/^{m}$	$77^{m}/^{m}2$	0,93	7,3

Les rendements dynamométriques du ventilateur de 2 mètres sont donnés par le tableau suivant :

ORIFICE ÉQUIVALENT.	NOMBRE de tours à la machine.	TRAVAIL moteur indiqué.	TRAVAIL de la machine à vide.	TRAVAIL absorbé par le ventilateur.	TRAVAIL utile.	RENDEMENT DYNAMOMÉTRIQUE sur travail moteur.	RENDEMENT DYNAMOMÉTRIQUE sur travail effectif.
		chev.-vap.	chev.-vap.	chev.-vap.	chev.-vap.		
$1^{m2}06$.....	60	48,11	12	36,11	22,25	0,46	0,61
$1^{m2}58$.....	64	70,85	13,60	57,25	33,13	0,47	0,58

On voit que si le pouvoir déprimant du ventilateur Ser est considérable, le rendement dynamométrique de cet appareil ne présente rien d'extraordinaire.

M. François déduit de ses expériences que le ventilateur de 1 m. 40 convient plus particulièrement à une mine étroite et le ventilateur de 2 mètres à une mine moyenne.

M. G. Pinette, constructeur des ventilateurs Ser à Chalon-sur-Saône, donne à cet égard la règle empirique suivante : « Le ventilateur aspire sur la mine qui lui convient lorsque l'orifice équivalent de celle-ci est égal au carré du rayon, soit à la section de sortie du ventilateur. Lorsque l'orifice équivalent est le double de la section de sortie,

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le débit augmente de 65 à 75 p. 100 et la dépression baisse d'environ 30 p. 100. » Il donne à l'appui le tableau suivant :

TABLEAU DES DÉBITS, VITESSES ET FORCES

DES VENTILATEURS ASPIRANTS POUR MINES, SYSTÈME L. SER,

pour le cas où l'orifice équivalent de la mine est égal à la section de sortie du ventilateur et pour les dépressions de 50, 65 et 80 millimètres d'eau.

N°s	DIAMÈTRE DES ROUES à ailettes.	SECTION DE SORTIE et orifice équivalent.	DÉPRESSION en MILLIMÈTRES d'eau.	DÉBITS en MÈTRES CUBES par seconde.	NOMBRE de TOURS par minute.	FORCE en CHEVAUX.	DIAMÈTRE des POULIES.	LARGEUR des POULIES.	DIMENSIONS DE LA MACHINE À VAPEUR. Diamètre du cylindre	DIMENSIONS DE LA MACHINE À VAPEUR. Course.
1	1,000	0^{m2} 25	50 65 80	5^{m3} $5^{m3}1/2$ 6	450 500 560	7^{ch} 5 11 15	0,400	0,200	0,250	0,250
2	1,200	0^{m2} 36	50 65 80	7^{m3} 8 9	370 420 470	10^{ch} 5 16 19	0,500	0,225	0,300	0,300
3	1,400	0^{m2} 49	50 65 80	$9^{m3}1/2$ 11 12	310 350 390	14^{ch} 20 27	0,600	0,250	0,350	0,350
4	1,600	0^{m2} 64	50 65 80	12^{m3} 14 16	265 310 340	17^{ch} 25 36	0,700	0,275	0,400	0,400
5	1,800	0^{m2} 81	50 65 80	16^{m3} 18 20	235 270 300	21^{ch} 31 42	0,800	0,300	0,450	0,450
6	2,000	1^{m2} 00	50 65 80	20^{m3} 22 25	210 240 265	27^{ch} 38 53	0,900	0,325	0,500	0,500
7	2,500	1^{m2} 56	50 65 80	30^{m3} 35 40	165 185 210	38^{ch} 58 80	1,100	0,350	0,600	0,600

MM. Geneste, Herscher et C^ie^ exposaient l'application de deux ventilateurs Ser en cascade aspirants ou soufflants. Cette application se distingue par les précautions prises pour amener l'air au second ventilateur avec une vitesse très réduite et par conséquent avec une grande pression.

MM. Geneste, Herscher et C^ie^ se proposaient au moment de l'Exposition de faire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'essai de 3 ventilateurs soufflants en cascade pour obtenir une pression d'eau de 1 m. 20.

Nous ne nous étendrons pas sur les détails de construction de ces ventilateurs, sur la facilité d'orienter les buses d'aspiration et de refoulement au moyen de boulons coulissant dans une rainure circulaire, sur le graissage à sec au moyen de métalline, etc. Ce sont là des particularités qui n'appartiennent pas en propre au système, mais qui témoignent des soins apportés par la maison Geneste, Herscher et Cie à l'étude de ces appareils.

Ils exposaient encore, de même que M. Pinette, des ventilateurs Ser de petit calibre, 0 m. 350 à 0 m. 500, très employés dans les mines françaises pour produire un aérage local et complémentaire, au moyen de transmissions mécaniques. Rappelons que la Commission française du grisou a formellement condamné les ventilateurs portatifs mus à bras d'homme. L'air comprimé semble actuellement le mode de transmission le mieux approprié pour commander ces petits appareils. Les mines de Blanzy avaient appliqué l'air comprimé à 30 ventilateurs portatifs au moment de l'Exposition.

Voici les résultats obtenus à Blanzy avec un ventilateur Ser agissant à l'extrémité d'une conduite en tôle elliptique de 0 m. 50 sur 0 m. 30 de section et de 48 mètres de longueur.

Diamètre extérieur	0m 50
Vitesse du moteur à air comprimé à deux cylindres, par minute	400 tours.
Vitesse du ventilateur	1,000
Vitesse de l'air mesurée à la fumée de la poudre par seconde	16m
Section de la conduite	1,177 cq
Volume d'air par seconde	1l 883
Dépression variant de	60 à 75m/m d'eau.
Pression de l'air comprimé	4 kilog. 1/2.

La Société des mines de Liévin exposait également le type de ventilateur à force centrifuge de 0 m. 750 mû par l'air comprimé, qu'elle emploie. Ce ventilateur donne un volume de 1 mètre cube à l'extrémité d'une conduite de 100 mètres.

MM. Geneste, Herscher et Cie exposaient encore un ventilateur Ser portatif actionné par transmission électrique. M. Sautter et Lemonnier exposaient de leur côté un ventilateur Bourdon de 0 m. 260 de diamètre actionné par une dynamo directement montée sur l'arbre du ventilateur. Ces expositions ne présentent d'intérêt qu'au point de vue de l'application dans les mines des transmissions électriques, qui dans leur état actuel doivent être dans tous les cas proscrites des mines grisouteuses.

On sait que le haut rendement manométrique du ventilateur Ser résulte de la courbure des ailes qui, à la circonférence extérieure, s'infléchissent dans le sens du mouvement.

Nous retrouvons cette disposition dans les ventilateurs exposés par M. L. d'Anthonay, ingénieur constructeur à Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. d'Anthonay est, en effet, propriétaire d'un brevet pris par E.-D. Farcot en 1878 qui porte en partie sur cet infléchissement de l'aile. Les ailes du ventilateur E.-D. Farcot sont comprises entre deux disques coniques tournant avec la roue, mais ne vont pas jusqu'à la circonférence extérieure, afin de ménager à la sortie de l'air une chambre annulaire de pression uniforme qui joue le rôle de diffuseur et a pour effet de supprimer les vibrations et le bruit produits par la plupart des ventilateurs à force centrifuge à grand nombre de tours. La courbure des ailes en avant n'est toutefois appliquée qu'aux ventilateurs E.-D. Farcot soufflants. Lorsque ces ventilateurs doivent aspirer, les ailes, d'abord recourbées en avant, s'infléchissent brusquement en sens inverse en approchant de la circonférence extérieure dans le but sans doute d'opposer la vitesse relative de sortie à la vitesse tangentielle.

M. Emm. Farcot fils, successeur de E.-D. Farcot et fils, exposait les plans des installations de ventilation construites sur ce modèle pour la Société des houillères de l'Aveyron à Decazeville [1], ainsi que les plans de diverses installations construites d'après un nouveau brevet de 1886. Les ailes du nouveau ventilateur Emm. Farcot fils sont infléchies dans le sens du mouvement sur toute leur étendue en faisant un angle de 45 degrés avec tous les rayons successifs qu'elles rencontrent. Dans les ventilateurs E.-D. Farcot, le premier élément de l'aile était au contraire incliné en sens inverse du mouvement, conformément à l'hypothèse des filets d'air entrant dans l'appareil normalement à la circonférence de l'ouïe, hypothèse justifiée par l'expérience faite en faisant arriver de la fumée dans l'ouïe du ventilateur [2]. La courbure donnée aux ailes du ventilateur Emm. Farcot se justifie si l'on suppose que l'air soit déjà animé d'un mouvement tournoyant dans l'ouïe et pénètre dans le ventilateur suivant une direction faisant avec la normale un angle assez prononcé. Le ventilateur Emm. Farcot diffère encore du ventilateur E.-D. Farcot par la suppression du diffuseur mobile qui est remplacé par une chambre annulaire fixe où le courant vient s'épanouir.

La maison Emm. Farcot fils exposait entre autres les plans des ventilateurs soufflants qu'elle a construits d'après ce type pour la Société des houillères de l'Aveyron à Decazeville, en regard des plans des dernières installations faites par l'ancienne firme E.-D. Farcot et fils pour cette Société en 1884.

Voici les éléments comparatifs des systèmes E.-D. Farcot et Emm. Farcot tels qu'ils sont fournis par l'exposant :

	Système E.-D. Farcot (1884).	Système Emm. Farcot (1887).
Diamètre extérieur	6m.	4m.
Diamètre de l'ouïe	2m.	2m.
Débit par seconde	20mc.	35mc.
Pression	30 et 80 m/m	50m/m.
Nombre de tours	95 et 110.	160

[1] Publication industrielle d'Armengaud, 1882. — [2] Voir Ser. *Traité de physique industrielle.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La maison Emm. Farcot construisait au moment de l'Exposition deux ventilateurs soufflants de 4 et 6 mètres de diamètre pour la Compagnie des mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron); ces ventilateurs seront commandés directement par des machines compound du système E.-D. Farcot. Cette maison exposait également les plans des ventilateurs aspirants qu'elle a construits pour Brassac (4 mètres de diamètre), Champagnac (2 m. 50), Montieux (2 m. 50), etc. Ces deux dernières installations sont disposées pour agir par insufflation ou par aspiration. Dans ces installations le ventilateur tourne entre des murs verticaux parallèles formant cheminée ou, comme à Montieux, dans une enveloppe spiraloïde en tôle suivie d'une cheminée évasée. Dès que le ventilateur aspire, M. Emm. Farcot infléchit les ailes à la circonférence extérieure comme dans le ventilateur aspirant E.-D. Farcot.

Voici les éléments de deux de ces installations d'après l'exposant :

	Système E.-D. Farcot (Brassac).	Système Emm. Farcot (Montieux).
Diamètre extérieur	4^{m}.	$2^{m}50$.
Diamètre de l'ouïe		$1^{m}25$
Débit par seconde	18^{mc}.	24^{mc}.
Pression	$95^{m/m}$	$70^{m/m}$.
Nombre de tours	215	350.

Ces chiffres ne permettent pas de se rendre compte des rendements mécaniques de ces ventilateurs; mais on peut aisément en conclure que les rendements manométriques sont loin d'être aussi considérables que ceux du ventilateur Ser.

Ces exemples démontrent la vogue actuelle des ventilateurs de faible diamètre et à grand nombre de tours qui tend aujourd'hui à succéder à celle des ventilateurs de grand diamètre. Ils montrent aussi la faveur croissante qui s'attache aux ventilateurs déprimogènes, vis-à-vis des appareils volumogènes presque entièrement délaissés.

Les forges et ateliers de la Chaléassière (V. Biétrix et C^ie^) présentaient cependant à l'Exposition sous le nom de « système Mortier » un ventilateur volumogène d'un type qu'on prétend nouveau, mais reposant sur les mêmes combinaisons cinématiques qu'un appareil décrit en 1860 par M. F. Nyst dans la *Revue universelle des mines*[1]. Ce système se distingue par son grand débit relativement au volume de l'appareil. Il n'a été, croyons-nous, l'objet d'aucune application pratique.

Contrôle de la ventilation. — La Société de Liévin emploie depuis 1883 un régulateur volumétrique d'aérage dû à MM. Desailly et Dubois, consistant en une palette équilibrée placée sur le courant d'air sortant de la mine. Cette palette reste inclinée sous un certain angle dans le courant d'air normal de la mine. Elle se déplace sous l'influence de faibles variations de vitesse. Dès que ces mouvements dépassent une

[1] T. X, 1^re^ série.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

certaine amplitude dans un sens ou dans l'autre, un dispositif établit une communication électrique qui agit sur la détente du moteur et fait par conséquent varier la vitesse du ventilateur.

Le débit de ce dernier est par suite indépendant des variations de l'orifice équivalent de la mine et de l'aérage naturel; il peut être maintenu dans des limites données qui sont ordinairement à Liévin de 50 à 60 litres par homme et par seconde.

Cette base n'est cependant pas absolue et la meilleure manière de juger des volumes d'air nécessaires consiste à doser le grisou dans les retours d'air. Plusieurs mines françaises, Anzin, Lens, Liévin, Roche-la-Molière et Firminy, se servent pour cela de la lampe Pieler modifiée à Lens par l'adjonction d'une cuirasse avec guichets régulateurs de l'entrée et de la sortie de l'air, qui supprime les dangers que cette lampe peut présenter dans un courant rapide, en même temps qu'elle donne une plus grande stabilité à la flamme. Une fenêtre ouverte dans la cuirasse à l'opposé du courant d'air permet d'observer la flamme; cette fenêtre porte une échelle graduée sur laquelle est indiquée la proportion de grisou d'après la hauteur de l'auréole. La cuirasse est fixée à la lampe par un rivet de plomb et ne peut y être fixée que si le tamis s'y trouve placé d'abord.

A Roche-la-Molière et Firminy, la marche des ventilateurs est contrôlée par l'appareil Dehennault-Bouillet (mouchard) ou par le manomètre enregistreur et le compteur de tours enregistreur de MM. Richard frères. Des diagrammes de ces différents appareils étaient exposés.

Nous devons enfin une mention aux appareils eudiométriques exposés par M. J. Coquillon, qui depuis 1878 n'a cessé de poursuivre ses études sur l'analyse eudiométrique, en général, et spécialement sur celle du grisou au moyen de sa combustion par un fil de platine ou de palladium porté au rouge blanc [1].

L'appareil portatif de M. Coquillon, qui permet de doser avec précision 0.25 p. 100 de grisou, a été modifié de manière à faire plus aisément les prises d'essai; il est accompagné d'une batterie Trouvé au bichromate de potasse au lieu des piles secondaires qui n'ont pas donné toute satisfaction. M. Coquillon exposait aussi ses appareils fixes qui ont leur place marquée dans tous les établissements où l'on s'occupe de l'analyse des gaz combustibles et spécialement dans les laboratoires consacrés à l'étude du grisou.

Dégagements instantanés d'acide carbonique. — L'acide carbonique peut devenir dans les mines un ennemi non moins redoutable que le grisou. L'exposition des mines de Rochebelle (Gard) témoigne des difficultés exceptionnelles que l'on a rencontrées dans les recherches de la division de Fontanes pour traverser des couches plus ou moins imprégnées d'acide carbonique sous pression, afin d'aller retrouver au delà de

[1] *Recherches sur une méthode nouvelle d'analyse eudiométrique*, par J. Coquillon (*Bulletin de la Société libre d'émulation du commerce et de l'industrie de la Seine-Inférieure*). Rouen, 1889.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ces couches, à la profondeur de 300 mètres, l'aval-pendage des faisceaux supérieurs qui ne présentent pas les mêmes caractères dangereux. On a eu recours pour cela à une organisation préventive grâce à laquelle on a pu éviter le retour d'accidents semblables à ceux qui ont été produits en 1879 et 1885 par de véritables dégagements instantanés d'acide carbonique, comparables en violence aux dégagements instantanés de grisou du bassin belge et ayant comme ceux-ci pour conséquence la projection de plusieurs centaines de tonnes de houille menue à grande distance [1]. Voici les traits principaux de l'organisation adoptée.

Les travaux de recherches en question furent aérés par un ventilateur spécial aspirant, débitant 10 à 15 mètres cubes à la seconde. Ce ventilateur fut placé sur le puits de Fontanes, divisé en deux compartiments par une cloison étanche et complètement isolé des anciens travaux voisins de la recette par des barrages en maçonnerie. La galerie de recherche était également divisée en deux par une cloison en briques, crépie à la chaux et cimentée.

L'avancement se faisait exclusivement à la perforation mécanique, afin de ne découvrir que de très petites surfaces pendant que les ouvriers se trouvaient au front de taille. Le travail au pic était en conséquence proscrit, même dans les parties tendres, schisteuses et charbonneuses, où l'avancement était toujours précédé de trous de sondage de 2 à 4 mètres de longueur. On scellait ensuite à l'orifice de ces trous un manomètre pour mesurer la pression des gaz qui atteignit jusqu'à 30 atmosphères. Les trous de mines recevaient de fortes charges de dynamite destinées à produire des ébranlements et des fissures propres à provoquer le dégagement des gaz; le tir se faisait après la sortie des ouvriers au moyen de l'électricité par une machine Bornhardt placée au jour. Pour hâter le dégagement des gaz et des fumées produit au front de taille, on les faisait aspirer par un petit ventilateur Kœrting actionné par de l'air comprimé pris sur la conduite des perforatrices. Ce ventilateur les refoulait par un tuyau jusqu'à l'entrée du compartiment de retour d'air dont la cloison devait toujours rester à quelques mètres du front d'avancement pour ne pas être démolie par les coups de mines.

Les ouvriers ne retournaient au travail que lorsque des lampes descendues au fond du puits remontaient allumées, ce qui indiquait l'absence d'acide carbonique à l'entrée de la galerie et la marche normale de la ventilation. Une des parties les plus intéressantes de cette organisation résidait enfin dans les communications électriques et téléphoniques établies entre l'atelier de perforation mécanique et la surface, et réciproquement. Ces communications se faisaient par signaux électriques à cadran indicateur avec répétition des signaux au point de départ. Les communications téléphoniques se composaient au jour d'un téléphone Bréguet avec microphone et au fond d'un téléphone Bœtcher très robuste, ne craignant pas l'humidité et se déplaçant au fur et à me-

[1] *Revue universelle des mines*, 2e série, t. XXI, 1887.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sure de l'avancement, de manière à maintenir constamment la communication entre le bureau de l'ingénieur et les ouvriers occupés au front de taille. Le tableau de ces signaux téléphoniques était exposé à Paris.

Ces travaux très difficiles ont pu être poussés sans accident jusqu'à plus de 700 mètres du puits de Fontanes, grâce à cette organisation spéciale qui fait le plus grand honneur à M. H. de Place, directeur général de la Société des houillères de Rochebelle.

VIII. ÉCLAIRAGE.

LAMPES DE SÛRETÉ.

L'éclairage de sûreté a fait des progrès sensibles depuis l'Exposition de 1878, grâce aux expériences faites d'abord par M. Marsaut, ingénieur en chef des mines de Bessèges, et répétées ensuite par la plupart des commissions officielles du grisou.

Les études de M. Marsaut ont conduit leur auteur à la détermination précise des dimensions d'un type spécial de lampe de sûreté. Si la lampe Marsaut peut être simplement définie une lampe Clanny (lampe de porion) à double toile, munie d'une cuirasse, il s'en faut que cette définition sommaire enlève quelque mérite à l'inventeur, car c'est à la suite d'expériences minutieuses poursuivies pendant dix-huit mois et répétées jusqu'à satiété, que M. Marsaut, après avoir étudié les différents systèmes de lampes, s'est arrêté au type Clanny en déterminant exactement les dispositions qu'il convient de lui donner pour atteindre un degré de résistance aux conditions expérimentales supérieur à celui des meilleures lampes connues.

Les études de M. Marsaut sont consignées dans un mémoire qui restera classique [1]. M. Marsaut a inventé une nouvelle manière d'expérimenter les lampes de sûreté, en les introduisant sous une cloche contenant du gaz explosif et en les retirant brusquement dans l'atmosphère inférieure. Cette expérience amène, avec presque tous les systèmes de lampes, des explosions internes avec passage de flammes à l'extérieur, et d'autant plus facilement que l'on réduit la flamme à n'être plus qu'un point lumineux.

Il est important de remarquer que cette expérience est précisément la reproduction de ce que fait le mineur pour explorer une cloche au toit de la galerie et que les statistiques françaises et belges signalent des explosions de grisou qui n'ont pas eu d'autre cause [2], sans compter celles dont la cause est restée inconnue.

[1] *Étude sur la lampe de sûreté des mineurs.* — Alais, 1883.

[2] Voir le *Rapport sur les lampes de sûreté* présenté au congrès des mines et de la métallurgie, par M. H. Le Châtelier, ingénieur en chef des mines. (*Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 3e série, t. III.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les meilleures lampes de sûreté, la lampe Mueseler, type belge, par exemple, a été mise en défaut 1.3 fois p. 100 à Bessèges sur 3,750 expériences, en communiquant l'explosion à l'extérieur.

A vrai dire, dans ces même expériences répétées à Saint-Étienne, à Paris et en Angleterre, sur des lampes Mueseler en bon état, il a été impossible d'obtenir des inflammations extérieures et, comme l'a fait remarquer M. Le Châtelier au Congrès des mines et de la métallurgie, la lampe Mueseler reste, malgré les expériences de Bessèges, un excellent appareil de sûreté, parce qu'elle résiste dans toutes les circonstances qui se présentent habituellement dans les mines, et c'est trop demander à un appareil de ce genre de résister à toutes les circonstances que l'on peut imaginer pour le mettre en défaut, quelque exceptionnelles qu'elles puissent être. C'est pourquoi la lampe Mueseler continue à partager en France avec la lampe Marsaut la faveur des exploitants, tandis qu'en Angleterre où la lampe Mueseler s'était moins répandue, la lampe Marsaut est aujourd'hui peut-être la plus employée des lampes de sûreté.

Pour l'Angleterre, en effet, la lampe Marsaut est venue à son heure, au moment même où la Commission des accidents proclamait, à la suite d'expériences minutieuses et prolongées, la supériorité de quatre types parmi lesquels se trouvaient la lampe Marsaut et la lampe Mueseler cuirassée.

La lampe Marsaut figurait dans nombre d'expositions de mines françaises, dans celle de la mine South-Derwent, près de Newcastle, et dans celle d'un fabricant liégeois, M. Rosa. On fabrique en effet, à Liège, un grand nombre de lampes Marsaut pour l'étranger, puisque son emploi n'est pas autorisé en Belgique.

La cuirasse qui fait partie intégrante de la lampe Marsaut est un organe accessoire qui peut mettre toutes les lampes à l'abri de l'action des courants rapides, et sous ce rapport, la commission anglaise a poussé l'expérience jusqu'à l'exagération, en soumettant les lampes à des courants atteignant 15 mètres par seconde.

La lampe Marsaut n'a en réalité été mise en défaut dans ces expériences que pour des courants de plus de 20 mètres par seconde, si l'on tient compte de l'accélération produite par l'obstruction partielle de la galerie d'expérience par la lampe elle-même.

La lampe Marsaut a résisté de même aux courants obliques auxquels la Mueseler non cuirassée ne résiste pas plus qu'aux courants tourbillonnants. Les toiles métalliques de la lampe Marsaut sont mieux protégées contre les chocs que celles de la lampe Mueseler. La lampe Marsaut jouit en outre d'une propriété précieuse: c'est de pouvoir s'incliner sans s'éteindre et par conséquent de donner de ce chef moins de rallumages que la lampe Mueseler; mais en revanche, elle s'éteint moins facilement, en cas de chute ou de projection, ce qui est un inconvénient.

Comme nous l'avons dit, la cuirasse fait partie intégrante de la lampe Marsaut et remplace la partie supérieure de l'armature à barreaux de la lampe Mueseler. Cette disposition a donné lieu à des critiques absolument contradictoires: les uns reprochent,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en effet, à la lampe Marsaut, l'amovibilité de la cuirasse qui permet de mettre les toiles métalliques à nu, situation dans laquelle la lampe ne présente pas plus de sécurité qu'une lampe de porion à double toile.

Si l'on répond à cette objection, en disant que la cuirasse peut être rendue inamovible, comme on le fait généralement en Angleterre, d'autres objectent que dans ces conditions on ne peut plus visiter les toiles métalliques, ni s'apercevoir si elles rougissent par suite d'une combustion de grisou à l'intérieur de la lampe.

Or les dernières expériences de M. Marsaut ont démontré que l'échauffement du tamis extérieur ne dépasse pas 280 degrés centigrades dans les mélanges les plus explosifs et que ce maximum de température est atteint après un temps qui ne dépasse pas 20 à 35 minutes.

La dernière hypothèse n'est donc pas à prévoir; quant à la première, on a tourné l'objection en instituant un double contrôle, lors de la remise de la lampe entre les mains de l'ouvrier.

En résumé, la lampe Marsaut présente un ensemble de qualités des plus remarquables, et son auteur a suivi la voie la plus rationnelle dans l'étude des lampes de sûreté. Cette voie n'est autre que celle de la Commission belge de 1868 qui a également déduit de ses nombreuses expériences les dimensions précises en dehors desquelles les lampes à cheminée intérieure ne peuvent prétendre au titre de lampes de sûreté. Ces appareils, quels qu'ils soient, sont, en effet, d'une sensibilité peu commune, et il suffit de quelques millimètres pour changer leurs conditions de sécurité; mais l'expérience démontre que les règles fixées pour un système sont loin de s'appliquer à un autre, témoin les observations présentées au Congrès des mines et de la métallurgie par M. Roberti-Lintermans, ingénieur principal à Bruxelles; il résulte en effet de ces observations qu'une grande hauteur du porte-mèche au-dessus du fond du réservoir, qui est préconisée comme une garantie de sécurité dans la lampe Marsaut, serait au contraire un défaut capital dans la lampe Mueseler[1].

L'importance capitale des dimensions avait surtout besoin d'être reconnue en France où l'on rencontre, sous le nom de lampes Mueseler et même de lampes Marsaut, des appareils d'éclairage absolument dangereux, qui sont soupçonnés d'avoir donné lieu à des accidents graves. Il faut que les constructeurs et les exploitants eux-mêmes se pénètrent de cette importance, et malheureusement il était facile de constater à l'Exposition même qu'il est encore loin d'en être ainsi.

Les remarquables qualités de la lampe Marsaut sont aussi celles de la lampe Fumat, exposée et employée par la Compagnie de la Grand'Combe. M. Fumat, ingénieur en chef de cette Compagnie, cherche depuis longtemps une solution dans une voie parallèle à celle de M. Marsaut, et le dernier modèle de lampe qu'il a présenté à l'Exposition a résisté à toutes les expériences. C'est une lampe cuirassée à alimentation inférieure

[1] *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 3e série, t. III.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par un anneau à double toile métallique situé à la base du verre. L'air d'alimentation entre cependant dans la lampe par de petites tubulures multiples situées au bas de la cuirasse et descend dans une galerie circulaire de distribution au niveau de l'anneau inférieur à travers une gaine réflectrice qui, d'un côté du verre, remplace les barreaux de l'armature. Les tubulures de la cuirasse se trouvent à l'opposé du réflecteur et s'étendent sur sept rangées horizontales. Tandis que l'air entre par les rangées inférieures, les produits de la combustion s'échappent par les rangées supérieures après avoir traversé une double toile métallique. La première forme un tamis cylindrique de diamètre moindre que celui du verre et faisant suite à un bout de cheminée cylindrique; la seconde forme la grande base supérieure d'une enveloppe tronconique pleine, chaussée sur le tamis précédent. Les produits de la combustion ne parviennent ainsi dans la cuirasse que par une sorte de chicane destinée à rabattre la flamme des explosions et à éteindre plus sûrement la lampe dans les mélanges explosifs.

Pas plus que la lampe Marsaut, la lampe Fumat ne s'éteint lorsqu'on l'incline.

Dans les pays où un système déterminé d'éclairage n'est pas rigoureusement obligatoire, les exploitants ont donc aujourd'hui le choix entre plusieurs types également recommandables, suivant leurs prédilections pour l'alimentation inférieure ou pour l'alimentation renversée. On ne peut nier toutefois que l'alimentation inférieure introduit dans le système Fumat des complications de construction qui n'existent pas dans le système Marsaut.

FERMETURE DES LAMPES.

La question de la fermeture des lampes n'a pas fait moins de progrès en France que celle des lampes elles-mêmes.

Le grand nombre de systèmes différents exposés par les charbonnages français prouvent l'importance que l'on y attache à cette question, et il faut reconnaître que cette importance est justifiée, si l'on considère le grand nombre de rallumages que l'on constate dans les mines françaises, chaque fois que l'on y introduit un bon système de fermeture. Il en résulte évidemment qu'avant cette introduction, il y avait des lampes éteintes et rallumées frauduleusement dans les travaux.

Avant les fermetures perfectionnées, on ne constatait, dans le Nord, d'après M. L. Janet, ingénieur des mines, que 3 à 4 p. 100 de rallumages ; après leur introduction, on en constatait de 10 à 60 p. 100, suivant le système adopté.

Avant les fermetures perfectionnées, on employait la fermeture à vis encore presque exclusivement appliquée en Belgique. Cette fermeture est de nature à donner lieu à de fréquentes infractions. Elle présente en outre l'inconvénient plus grave encore de ne pas permettre le serrage parfait du verre de la lampe, puisque la vis doit toujours être arrêtée au même point, quelles que soient les variations de hauteur du verre. L'agencement anglais qui permet le serrage des pièces mobiles au moyen d'une virole

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

indépendante du réservoir, avant la fermeture de la lampe, est à ce point de vue recommandable.

Le *charbonnage du Canal de Fond-Piquette*, à Vaux (Belgique), exposait une fermeture dite *indécrochetable*, à trois lançants (système Hallet), qui offre nécessairement plus de garanties, mais qui complique singulièrement le matériel.

M. Cosset-Dubrulle fils, de Lille, exposait le système de fermeture bien connu de cette maison; on sait que ce système empêche d'ouvrir la lampe sans tourner un bouton qui fait rentrer la mèche dans le réservoir et l'éteint. Mais, en admettant même qu'on ne puisse ouvrir la lampe sans l'éteindre, ce que la pratique est loin d'avoir démontré, rien n'empêche de la rallumer et de la refermer ensuite; ce système est donc absolument inefficace. Dans ces derniers temps, M. Cosset-Dubrulle y a adjoint une fermeture à vis pour suppléer, sans doute, dans une certaine mesure, à son insuffisance.

M. Merlin exposait un système correspondant au même but. Le piton de cette fermeture ne peut rentrer que si deux petites sphères se logent dans une alvéole de dimensions strictement capables de les contenir superposées; mais ces sphères ne peuvent y rentrer que lorsqu'on renverse la lampe de haut en bas assez longtemps pour qu'elle s'éteigne. Ce système est sans doute très ingénieux, mais il n'échappe pas au reproche précédent, et l'on objecterait en vain qu'il est défendu aux ouvriers d'être porteurs d'allumettes dans les travaux, car il ne leur est pas moins défendu d'ouvrir leurs lampes et, cependant l'expérience prouve qu'en France cette défense n'est que trop souvent enfreinte.

Des systèmes bien préférables sont ceux qui permettent de constater l'infraction; tel est le système par soudure à l'étain ou par rivure au plomb. La soudure des lampes à l'étain (système Dinant) était exposée à Paris, en 1878, par la Compagnie d'Anzin et y est encore employée, mais tend à être remplacée par la rivure au plomb que M. François y a introduite en 1886, à la suite d'un voyage en Westphalie, où ce système est appliqué depuis plusieurs années. A Anzin, la rivure se fait horizontalement. Elle réunit deux petites lames soudées, l'une au réservoir, l'autre à la bague de l'armature. Une pince spéciale sert à écraser la tête du rivet en y imprimant des marques bien apparentes.

Ce système peut être considéré comme satisfaisant, sans échapper toutefois à toute critique. Des lampes reviennent quelquefois au jour ouvertes, sans qu'il y ait pour cela infraction, parce que le rivet mal formé est sorti de lui-même des œillets agrandis par l'usure. On n'a toutefois constaté à Anzin qu'une rivure en défaut sur 2,000, tandis que l'on constatait une soudure Dinant en défaut sur 500.

Un lampiste exercé rive 150 à 200 lampes par heure; mais, dans ce système, les lampes doivent être allumées avant d'être rivées et il peut en résulter une plus forte consommation d'huile.

C'est pourquoi l'on a recherché des dispositifs permettant de river la lampe avant de l'allumer. L'une d'elles était à l'essai, au moment de l'Exposition, à Liévin : c'est le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

système Viala et Catrice; l'autre, à Lens : c'est le système Dinoire. Dans ces deux systèmes, la fermeture se fait au moyen d'un ressort qui fait faire saillie à un piton au moment où l'on a fini de visser l'armature sur le réservoir. Un rivet de plomb réunit d'autre part deux pièces qui doivent être séparées pour pouvoir retirer le piton. La lampe ne peut donc s'ouvrir sans chasser ou cisailler le rivet. Pour éviter que les pièces mobiles soient insuffisamment serrées, le piton vient faire saillie dans une série d'encoches qui permettent le vissage, mais non le dévissage. Dans le système Dinoire, toute fraude est impossible parce que la boîte renfermant le ressort et le piton s'échappe de la lampe dès que le rivet est cisaillé.

Il est évident qu'en principe ces fermetures, et surtout celle de M. Dinoire, sont très supérieures à la simple fermeture par rivet de plomb employée à Anzin, car, indépendamment de l'économie d'huile, elles permettent de faire la rivure après le nettoyage de la lampe, c'est-à-dire sans précipitation.

La rivure, très apparente, ne saurait être omise dans le système Dinoire qui est d'une application facile à tout système de lampes.

Restent à considérer les systèmes qui rendent absolument impossible l'ouverture des lampes. La recherche de l'absolu, en cette matière, est aussi illusoire qu'ailleurs. Cependant, on peut signaler deux dispositions qui, pour ne pas être neuves en principe, se distinguent par des perfectionnements intéressants.

Ce sont les fermetures magnétique et hydraulique.

La fermeture magnétique a été appliquée par M. Villiers à la *Société des houillères de Saint-Étienne* depuis la catastrophe du puits Jabin en 1871 qui fut attribuée à l'ouverture d'une lampe.

Mais cette fermeture a été bien perfectionnée depuis lors. Dans le modèle primitif, le piton à ressort qui s'engage dans une crémaillère était fixé à une pièce en forme d'étrier terminée par deux cylindres en fer doux; en attirant ceux-ci par les pôles d'un aimant, on dégageait le piton; mais on pouvait encore imaginer que les ouvriers pussent agir sur ces cylindres qui se montraient à nu sous la lampe. Un ouvrier de la Compagnie, nommé Guillot, eut l'idée de séparer les cylindres de la pièce transversale portant le piton. Celle-ci étant en fer doux comme les cylindres ne devient solidaire de ceux-ci qu'au moment de l'aimantation et il est impossible d'y avoir accès. L'ouverture des lampes à la lampisterie se fait simplement au moyen d'un aimant permanent exerçant à ses pôles un effort de 30 kilogrammes. Cet aimant a remplacé avantageusement une machine Gramme actionnée par une pédale qui a été employée jusqu'en 1884. La lampe se place sur un disque percé de deux trous correspondant aux deux cylindres. En soulevant le disque au moyen d'une pédale, les cylindres en fer doux sont retenus par les pôles de l'aimant et la lampe peut s'ouvrir.

L'emploi de l'aimant permanent permet d'ouvrir plus de 30 lampes par minute.

Cette fermeture est également appliquée à la *Société des houillères de Montrambert et de la Béraudière.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fermeture hydraulique paraît jouir aujourd'hui en France de la préférence générale. Cette fermeture exposée par la *Société de Bessèges* est aujourd'hui adoptée par un grand nombre de mines du Nord et du Pas-de-Calais. C'est le système Cuvelier; il consiste en un piton à ressort qui ne peut s'abaisser qu'après le retrait de deux verrous venant se placer dans deux encoches de sa tige. Ces verrous sont fixés aux extrémités d'un tube manométrique de Bourdon, soudé à la lampe par son milieu. En introduisant de l'eau sous pression dans ce tube, les deux branches s'écartent et le ressort abaisse le piton. Pour fermer la lampe, il suffit de pousser sur la tige du piton avec une broche; les verrous retombent d'eux-mêmes dans leurs encoches, en vertu de l'élasticité du tube manométrique qui n'est pas sous pression en ce moment.

Les lampes s'ouvrent à la lampisterie au moyen d'un petit accumulateur produisant une pression de 50 kilogrammes par centimètre carré. Cet accumulateur est mis sous pression à la main en tournant un volant-écrou qui, en s'appuyant sur une traverse, fait remonter la vis portant le piston de l'accumulateur. Celui-ci aspire de l'eau dans une bâche pour la refouler ensuite sous l'action du contrepoids dans un tube que l'on met en communication avec une ouverture capillaire pratiquée dans le tube manométrique.

L'accumulateur chargé permet d'ouvrir 30 à 40 lampes.

Ce système a été appliqué d'abord aux mines de Douchy, à la suite d'un accident de grisou survenu en 1883. L'efficacité du système est prouvée par ce fait qu'on a été jusqu'à offrir une prime aux ouvriers qui rapporteraient leur lampe ouverte, sans réussir à le mettre en défaut.

Il s'est répandu de là à Vicoigne, Nœux, Crespin, Bruay, Béthune, Lens, Marichmont et Bascoup, etc.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

L'Exposition ne faisait rien connaître de nouveau au sujet de l'éclairage électrique des travaux souterrains. La question de l'éclairage électrique portatif est, en effet, loin d'être résolue. Quant à l'éclairage électrique fixe, il ne présente pas de particularités spéciales à son emploi dans la mine. On peut toutefois citer, à titre d'installations intéressantes, celle des mines de Blanzy, où les chambres d'accrochage et le travers banc de la traction mécanique sont éclairés au moyen de lampes à incandescence; celle des mines d'Anzin, où les chambres des pompes souterraines sont éclairées de même, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IX. TRANSPORT.

MATÉRIEL.

La question des traverses en fer ou en acier semble définitivement résolue dans les mines. La plupart des exploitations houillères de France et de Belgique en font usage.

L'exposition la plus complète à cet égard était celle de M. Achille Legrand, à Mons, dont on ne saurait méconnaître les efforts pour répandre l'emploi des voies entièrement métalliques et en général l'emploi de l'acier dans le matériel fixe et roulant des mines. Les voies à traverses embouties et à calage automatique de M. Legrand sont bien connues et l'on sait aussi quels sont leurs nombreux avantages : facilité de pose et de démontage, grande résistance, écartement constant, grande stabilité, etc. M. Legrand construit également des voies à palettes rivées sur la traverse et formant éclisses sur le rail.

Les établissements de M. Legrand ont été fondés en 1860, et l'on peut dire que c'est de cette époque que date l'emploi des traverses métalliques de mines de forme rationnelle. Il serait injuste de ne pas mentionner aussi dans ce rapport les petites voies métalliques de MM. Decauville, bien qu'elles ne soient pas spécialement applicables aux mines. On sait que ce système se compose d'éléments de 5 mètres de longueur, formés de traverses et de rails reliés sous forme d'échelle dont la pose est par suite très rapide.

La *Société des houillères de Saint-Étienne* exposait un système de voies métalliques analogues qu'elle emploie depuis 1875. On introduit ces voies dans la mine par tronçons de 5 à 6 mètres de longueur, composés de deux rails avec traverses rivées et portant à un bout des éclisses avec leurs boulons, prêtes à opérer la jonction avec un tronçon voisin; ces traverses sont formées d'une cornière très rigide. Cette Société exposait aussi un aiguillage à ressort, composé de longues aiguilles s'ouvrant dans le sens de la marche.

Le matériel roulant des mines françaises était surtout représenté dans les expositions de M^me^ veuve Taza-Villain à Anzin, de M. R. Sartiaux à Hénin-Liétard, de M. J. Bodard à Commentry et de M. A. Legrand à Mons. Tous ces ateliers peuvent revendiquer des perfectionnements importants dans la construction du matériel métallique.

La maison Taza-Villain fut fondée en 1848 au moment même où la Compagnie d'Anzin venait de renoncer à l'emploi des wagonnets en bois. Elle n'a pas livré aujourd'hui moins de 25,000 berlines métalliques à cette Compagnie. Elle a introduit dans cette fabrication l'interchangeabilité qui résout d'une manière si heureuse la question des réparations du matériel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La berline en fer d'Anzin contient 5 hectolitres et pèse 208 kilogrammes, soit 41.6 p. 100 de la charge. Celle de Lens est en acier et pour 5 hectol. 8 de contenance ne pèse que 194 kilogrammes, soit 33.4 p. 100 de la charge.

Les mines de Lens ont conservé les berlines en bois et fer à côté de celles en acier qu'elles ont été les premières à employer dans le Pas-de-Calais. Voici les éléments d'une comparaison entre les deux systèmes :

	Berlines en bois.	Berlines en acier.
Contenance	5 hectol. 15	5 hectol. 80.
Poids total	174 kil.	184 kil.
Prix	72f 00	72f 36
Prix par kilogramme	0 fr. 414.	0 fr. 397.

On voit que le prix des dernières est moins élevé; ce prix est toutefois soumis à de plus grandes fluctuations que celui des berlines en bois et fer.

Les premières berlines en acier fondu ont été introduites dans les mines du Nord et du Pas-de-Calais en 1884 par M. R. Sartiaux. Ces berlines, essayées d'abord à Vicoigne et Nœux, Lens, Bruay et l'Escarpelle, ont été construites à Imphy; mais en 1886 M. R. Sartiaux fonda son établissement d'Hénin-Liétard, qui se fit une spécialité de cette fabrication, basée comme celle de Mme veuve Taza-Villain sur l'interchangeabilité. M. R. Sartiaux exposait les types de berlines en acier qu'il fournit à presque toutes les mines du Nord et du Pas-de-Calais.

Le rapport du poids mort à la charge varie de 31.6 p. 100 pour la berline de Courrières contenant 5 hectol. 9 à 41.6 p. 100 pour celle de Meurchin chargeant 6 hectol. 4.

Dans le matériel des mines du Nord et du Pas-de-Calais, le graissage se fait encore de la manière la plus primitive. Quelques boîtes à huile ou à graisse figuraient cependant à l'Exposition. Nous citerons celles des Houillères de Saint-Étienne, de M. Bodard à Commentry (système Béliard), de la *Hardy patent pick Company*, à Sheffield, et de M. Ach. Legrand à Mons.

Le système de la *Société des houillères de Saint-Étienne* s'applique aux roues folles sur l'essieu. La roue porte un réservoir d'huile qui enveloppe l'extrémité de l'essieu. C'est une combinaison des systèmes Pagat et Fayol.

Les systèmes de M. Bodard et de la *Hardy patent pick Company* s'appliquent aux essieux portant des roues calées; ils sont à mèche imbibée de lubrifiant; cette mèche est placée, sur l'essieu dans le premier système, sous l'essieu dans le second, dans une boîte entièrement close et inaccessible à la poussière. Dans le système Ach. Legrand, l'extrémité de l'essieu est contenue dans une boîte renfermant un lubrifiant liquide; une palette fixée sur la fusée de l'essieu plonge à chaque tour dans l'huile qu'elle projette ensuite sur la fusée.

Aucun de ces systèmes ne présente un caractère de nouveauté, mais ils ont tous à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur actif les économies sérieuses que l'on réalise toujours par un graissage perfectionné.

Des wagonnets basculeurs pour minerais étaient exposés par Mme veuve Taza-Villain et par M. Ach. Legrand.

Ceux de la maison Taza-Villain sont entièrement en acier; tantôt les caisses sont cylindriques pour faciliter le basculage, comme dans certaines exploitations de minerais de fer de Nancy, tantôt elles sont rectangulaires. Tel est le wagonnet servant à l'embarquement des minerais de fer de Diélette, dont la caisse en acier contient un mètre cube et bascule sur le côté, en roulant sur trois rails fixés au truc. La voie a 0 m. 750 d'écartement.

Le système exposé par M. Ach. Legrand est nouveau. La caisse porte huit tourillons, quatre sur chaque face terminale et sur une même ligne horizontale. La caisse est supportée de chaque côté, dans sa position normale, par les deux tourillons du milieu. Elle peut basculer à droite ou à gauche; le mouvement de bascule s'effectue d'abord autour de deux tourillons; puis les tourillons extrêmes de chaque rangée, venant se placer dans des encoches, trouvent des points d'appui inférieurs aux premiers et le mouvement s'achève autour de ces nouveaux points d'oscillation. La position et la forme des supports sont déterminées de manière que la résistance opposée au mouvement de bascule, autrement dit le moment du centre de gravité du wagon soit constant dans toutes ses positions. Il en résulte beaucoup de douceur dans le mouvement et absence de chocs nuisibles à la conservation du matériel.

TRANSPORTS MÉCANIQUES.

Les transports mécaniques étaient mieux représentés que le matériel, sans que nous puissions y signaler autre chose que l'extension de principes connus.

Les transports par machines locomotives dans l'intérieur des mines n'ont pour ainsi dire pas fait de progrès depuis l'Exposition de 1878. Les locomotives à air comprimé, système Mekarski, continuent à être employées aux mines de Graissessac, mais n'ont pas trouvé d'autres applications, même dans les mines où l'emploi de l'air comprimé est le plus développé; ces transports se font par des galeries à flanc de coteau qui sont exceptionnellement favorables à une application de ce genre.

Les locomotives sans foyer (systèmes Francq et Lamm) n'ont pas reçu d'application dans les mines. La *Compagnie continentale d'exploitation des locomotives sans foyer,* à Paris, exposait un projet pour le service des mines qui pourrait donner des résultats avantageux, lorsque les circonstances s'y prêtent, à en juger par l'expérience faite à la surface dans plusieurs usines et sur un certain nombre de tramways.

Les transports par machine fixe se sont surtout développés à la surface depuis l'Exposition de 1878, tandis qu'au fond les essais qui en ont été faits sur le continent sont souvent restés sans résultats.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous citerons en premier lieu comme des modèles les installations de la *Société franco-belge des mines de Somorrostro*, près de Bilbao, qui a résolu de la manière la plus heureuse par l'emploi de la chaîne flottante et de plans automoteurs la question du transport de masses considérables dans un pays très accidenté et dont la propriété minière est très morcelée. Ces installations font partie d'un plan d'ensemble habilement conçu par les directeurs des sociétés qui ont concouru à la formation de la Société franco-belge (Denain et Anzin, Montataire, Cockerill, Ibarra frères et Cie), dans le but d'assurer à ces Sociétés leurs approvisionnements de minerais de Bilbao au prix moyen le moins élevé. C'est pourquoi la Société franco-belge a renoncé aux systèmes de transports aériens en usage dans les autres exploitations de Bilbao, dont la durée paraît plus limitée que celle des exploitations de la Société franco-belge.

Ces installations étaient représentées à l'Exposition par plusieurs plans et modèles.

Le développement des chaînes flottantes de la Société franco-belge est de 3,000 mètres avec une différence de niveau de 244 m. 60. Aussi ces transports sont-ils automoteurs, malgré la contrepente de certains alignements, et l'excès de puissance doit même être racheté par des freins. Ces freins consistent en roues à ailettes tournant dans l'eau. Ce système agit efficacement pour de faibles vitesses et peut se passer de transmissions compliquées. Il est directement appliqué sur l'arbre des poulies à empreintes qui supportent la chaîne aux stations. De plus ces appareils présentent une grande facilité de réglage, puisqu'il suffit de faire varier le degré d'immersion des palettes, en remplissant plus ou moins la caisse à eau. Avec une vitesse de 1 m. 50, ce traînage transporte 2,500 à 2,600 tonnes de minerais par jour, au moyen de wagonnets chargeant 900 kilogrammes, sans compter les déblais que la chaîne transporte pour être déversés dans un ravin. La chaîne conduit le minerai jusqu'à la gare du Cadegal où il subit un transbordement dans les wagons du chemins de fer.

Ce dernier reçoit les produits d'autres mines par deux plans inclinés successifs. Les minerais arrivent à la tête de ces plans, partie par locomotive et par chaîne flottante. Ces plans ont un trafic énorme qui a nécessité un outillage tout spécial. Le plan supérieur ou n° 2 reçoit moins de minerai que l'inférieur ou n° 1 qui doit transporter, outre les minerais qui lui arrivent directement, tout ce que lui amène le plan n° 2. Voici les éléments de ces transports :

	Plan n° 1.	Plan n° 2.
Nombre de wagons de 2 tonnes descendus à la fois	12	8
Poids brut du train	36 tonnes.	24 tonnes.
Poids utile	24 tonnes.	16 tonnes.
Pente maxima	36 p. 100.	50.5 p. 100.
Longueur	674 mètres.	355 mètres.
Effort produit	12,986 kilogr.	12,120 kilogr.
Puissance de transport par jour	2,600 tonnes.	2,000 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour neutraliser l'accélération due à de tels efforts, on a dû annexer aux freins à rubans ordinairement en usage des freins à ailettes tournant dans l'air qui régularisent automatiquement la vitesse de descente. Le système des freins aériens pouvait être appliqué dans ce cas, en raison de la grande vitesse des tambours de tête, mais c'est la première fois, pensons-nous, qu'on l'applique pour des efforts aussi considérables. L'installation de ces plans inclinés a été faite par la maison Taza-Villain. De la gare du Cadegal au Nervion, le minerai parcourt 6,850 mètres en wagons de 8 à 9 tonnes et par locomotive. L'ensemble de ces installations, qui font honneur à la direction de la Société franco-belge des mines de Somorrostro, a coûté 5,300,000 francs, auxquels il faut ajouter 750,000 francs de travaux temporaires à amortir par l'exploitation [1].

Les transports mécaniques par machines fixes souterraines sont peu employés en France et en Belgique et plusieurs installations de ce genre ont même été supprimées en raison des frais élevés qu'elles entraînaient; tels sont, entre autres, les transports par corde-queue d'Anzin qui figuraient à l'Exposition de 1878. Dans les rares circonstances où l'on y a recours, c'est au système de la chaîne flottante qu'on donne la préférence sur le continent.

Il n'en est pas de même en Angleterre où les transports par câbles sont aujourd'hui préférés, en raison de l'économie qui en résulte dans les frais d'établissement. On remarquait dans la vitrine de la mine South-Derwent à Annfield plain (Newcastle) le mode d'attache adopté pour le transport par câble flottant de cette mine [2].

Citons cependant la traction sur voie horizontale de 1 kilomètre de longueur, établie à Lens en 1887, et actionnée par deux machines Woolf oscillantes à air comprimé.

La chaîne flottante a été adoptée à Blanzy pour concentrer au puits Jules Chagot l'extraction et la descente du remblai des deux sièges Jules Chagot et Sainte-Marie. Les détails de cette intéressante installation se voyaient dans le modèle exposé par les mines de Blanzy. L'application du *roulage circulaire* et de l'exploitation par treuils à air comprimé est particulièrement favorable à ce système, qui comporte un transport à charge dans les deux sens : transport des charbons des tailles vers le puits et des remblais du puits vers les tailles. Cette installation comprend deux chaînes indépendantes mues par deux machines à air comprimé. Elles transportent vers le puits 1,300 wagonnets de charbon, et en sens inverse 500 à 550 wagonnets de remblai et 650 à 700 wagonnets vides. Le développement total n'est que de 660 mètres; néanmoins l'économie par rapport aux transports par chevaux est notable. Le prix de revient est de 0 fr. 153 par tonne kilométrique de charbon et de 0 fr. 077 par tonne utile (charbon et remblai), tandis que les chiffres correspondants du transport par chevaux seraient de 0 fr. 218 et de 0 fr. 109 [3].

[1] *Revue universelle des mines*, 3e série, t. IV.

[2] Voir A. Habets. *L'Exposition minière et industrielle de Newcastle-sur-Tyne, 1887.* — *Revue universelle des mines*, 3e série, t. II, p. 221.

[3] *Mines de Blanzy (puits Jules Chagot).* — *Traînage mécanique*, par M. E. Suisse. — *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 3e série, t. I, 1887.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ne pouvons passer sous silence l'extension remarquable donnée aux transports par chaîne flottante aux *charbonnages de Mariemont et de Bascoup*. Le plan-relief exposé par ces sociétés montrait le réseau de la surface qui relie les différents puits aux triages centraux, aux ateliers et aux magasins, de manière à créer un double transport entre ces différents points. Ce réseau se rattache par les puits d'extraction à un réseau non moins important qui dessert le fond, et qui, pour les deux sociétés, ne comporte pas moins de 7 kilomètres.

Ces transports souterrains sont mus en partie par des moteurs fixes recevant la vapeur de la surface et sont en partie *automoteurs*. Dans ces derniers dont le principe était exposé à Vienne dès 1873 [1], la différence de niveau nécessaire pour créer la force motrice a été obtenue par un approfondissement des puits jusqu'à un niveau inférieur à l'étage d'exploitation. Le chargeage se trouve à ce niveau inférieur et l'on a établi entre ce niveau et l'étage exploité des plans inclinés automoteurs à chaîne flottante, dont l'excès de puissance est utilisé pour faire le transport horizontal de l'étage. C'est en dernière analyse la machine d'extraction qui fait le travail, puisqu'elle extrait les produits d'une plus grande profondeur.

En supposant une chaîne de 5 kilogrammes par mètre courant et un écartement de 20 mètres entre les wagonnets, dont la charge utile est de 500 kilogrammes et le poids mort de 250 kilogrammes, et en admettant un coefficient de résistance de 2 p. 0/0, il est facile de voir qu'une descente verticale de 1 mètre permet de faire un transport de 20 mètres environ, aller et retour, soit 18 mètres de traînage horizontal si la descente de 1 mètre correspond à une longueur de 2 mètres du plan incliné.

Les Sociétés de Mariemont et de Bascoup offrent actuellement cinq exemples de ce système. Le plus remarquable est celui du n° 5 de Bascoup qui se développe au nord et au sud du puits au niveau de 165 mètres. Les plans automoteurs sont formés chacun de deux plans à simple voie qui aboutissent respectivement aux extrémités de deux chambres d'accrochage creusées de chaque côté du puits dans le sens de la longueur des cages. Au niveau supérieur, ces galeries se réunissent de part et d'autre du puits en des points où sont situées les poulies motrices qui transmettent l'excès de puissance développé sur les plans automoteurs au transport horizontal. Les chaînes des plans automoteurs passent sur des poulies de renvoi situées aux deux extrémités des chambres d'accrochage et traversent le puits sans gêner les manœuvres. Le développement du traînage horizontal est actuellement de 1,300 mètres au nord et de 1,000 mètres au sud. On ne peut méconnaître l'analogie qui existe entre ce système et celui des plans bisautomoteurs de Portes et de la Grand'Combe, dont le type primordial a aujourd'hui disparu par le raccordement des mines de Portes au chemin de fer de Clermont à Nîmes.

Les transports par chaîne flottante de Mariemont et de Bascoup se distinguent par

[1] *Revue universelle des mines*, 2e série, t. III, p. 209.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'application d'un engin devenu classique. C'est la *poulie Briart* dont la jante est formée de griffes d'acier mobiles et vissées à la circonférence, de telle sorte qu'il suffit d'un demi-tour ou d'un tour de vis pour racheter l'allongement des maillons de la chaîne. Ce système est préférable à celui des poulies à empreintes dont les saillies cessent de correspondre aux maillons dès que la chaîne s'allonge, ce qui provoque des glissements et des chocs.

Le matériel des plans inclinés automoteurs s'est enrichi de quelques dispositions nouvelles représentées à l'Exposition. Citons en premier lieu la *poulie Champigny* exposée par l'inventeur et par la Société de Liévin. Ce système a pour but de remédier aux inconvénients de la poulie à gorge triangulaire, tout en conservant les avantages qu'elle présente au point de vue de l'adhérence. Ces avantages cessent rapidement avec les câbles métalliques par suite de l'usure qui ne tarde pas à creuser le fond de la gorge et à la transformer en une poulie concave dont l'adhérence devient insuffisante. M. Champigny a résolu très heureusement et très simplement la difficulté en creusant une rainure au fond de la gorge triangulaire, de telle sorte que le câble ne puisse jamais porter au fond de celle-ci par suite de l'usure. La gorge est d'ailleurs formée de deux parties reliées par des boulons et entretoisées par des cales qui peuvent se rapprocher à volonté; on peut donc conserver à la rainure une largeur égale à 0,7 du diamètre du câble pour une gorge angulaire de 30 degrés. Cette disposition prolonge l'existence de la poulie et des câbles.

Ce système a été appliqué dès 1884 avec un succès complet aux mines de Lens sur un grand plan incliné de 180 mètres de longueur et 25 degrés de pente, descendant par jour 600 wagonnets de charbon de 0 m. 80 avec câble métallique de 0 m. 018. Une *poulie Champigny* y a remplacé une poulie à gorge concave de 0 m. 70 sur laquelle un câble en chanvre de 0 m. 032 faisait un tour et demi. Ce câble durait à peine 15 jours, tandis que la durée des câbles métalliques a varié de 25 à 130 jours de travail.

Voici les éléments de cette installation :

Nombre de berlines par train	3
Vitesse moyenne par seconde	4 mètres.
Durée de la descente	45 secondes.
— des manœuvres	45 —
Soit par heure	40 voyages.

Ces résultats ont décidé de l'application de la poulie Champigny aux autres plans automoteurs de Lens. Cet organe a été adopté dans plusieurs charbonnages français.

La *Commission des ardoisières d'Angers* exposait une disposition de poulie à triple enroulement d'une grande adhérence, due à M. J. Hureau, constructeur à Angers. La poulie est placée verticalement, elle est à trois gorges indépendantes; le câble passe de l'une à l'autre par l'intermédiaire de deux poulies conductrices situées au-dessus et au-dessous de la poulie motrice et présentant par rapport à celle-ci les obliquités voulues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour que le câble ne frotte pas sur lui-même dans ses circuits multiples. Cette disposition prend trop de place pour être appliquée aux plans inclinés intérieurs.

La *Société de Liévin* mentionnait dans sa brochure le système de plans inclinés à corde sans fin adopté par M. Desailly, ingénieur de la Compagnie, pour desservir un grand nombre de tailles chassantes. L'un des brins de la corde en chanvre sur âme d'acier sert à la descente des berlines pleines, l'autre à la remonte des vides. On accède aux rails du plan par les différentes voies de niveau au moyen de plates-formes en tôle affleurant au niveau supérieur des rails, qui sont infléchis en palier au passage des voies. Au moment de l'accrochage, le mouvement est arrêté, le hercheur tend une chaîne au travers du plan et accroche au câble la berline pleine au moyen d'un bout de chaîne. Il attend ensuite que la berline vide lui arrive. Le passage des différents paliers se fait en desserrant le frein, ce qui nécessite de la part du freinteur une certaine habileté qui a été rapidement acquise. Ce système remédie à l'inconvénient du fractionnement des longs plans inclinés. Voici quelles sont les conditions d'installation des plans inclinés à corde sans fin aux mines de Liévin :

Nombre de voies à desservir: 10 de chaque côté;

Inclinaison : 10 à 25 degrés;

Nombre de berlines par 10 mètres sur un plan de 100 mètres de longueur: 300 à 400;

Poulie double avec frein au sommet du plan;

Poulie de renvoi à la base.

Le *Charbonnage du canal de Fond-Piquette* à Vaux, près de Liège, exposait le dessin d'un plan incliné automoteur ou plutôt d'une balance automotrice dans un dressant à pente variant de 65 à 90 degrés. Le wagonnet est porté par une cage munie de deux roues qui lui permettent de suivre les inclinaisons très variables de la voie.

La *Société de Roche-la-Molière et Firminy* exposait un arrêt automatique pour recette de plan incliné dû à M. Mortier, ingénieur de la Compagnie, destiné à retenir les bennes, quand elles arrivent à la plate-forme du plan incliné, de manière à éviter tout envoyage intempestif. Cet arrêt se compose de deux taquets montés sur un petit arbre occupant l'axe de la voie; la forme trapézoïdale des taquets est telle que les essieux de la benne montante les effacent successivement. Mais ces taquets faisant entre eux un angle de 15 degrés, lorsque la benne efface le second, le premier se relève de manière à retenir la benne pleine qui s'engagerait sur la voie dans l'autre sens. Celle-ci ne peut descendre que lorsque l'envoyeur a effacé ce taquet en appuyant sur une pédale. Ce dispositif très simple joue le même rôle que les nombreux systèmes de barrières plus ou moins automatiques employées à la tête des plans inclinés dans un grand nombre de mines.

Les transports aériens étaient peu représentés à l'Exposition. Ce système ne paraît pas avoir pris en France l'extension qu'il a reçue dans ces dernières années en Belgique. Nous ne pouvons citer que le transport aérien de l'usine à plâtre de Rovigo (Algérie), figuré dans une maquette exposée par M. Martel, d'Alger. Ce transport

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mesure 4,200 mètres aller et retour. L'entraînement des bennes se fait par des manchons fixés sur le câble moteur et par un système d'attache spécial. Deux installations analogues se voyaient dans des photographies exposées par deux charbonnages belges : ceux de *Patience-Beaujonc* à Ans (Liége) et d'*Aiseau-Presles* à Farciennes. Ces installations se distinguent, en ce qu'elles sont desservies par les wagonnets mêmes du charbonnage et non par des bennes spéciales. Les wagonnets venant du puits viennent se placer d'eux-mêmes par des pentes convenablement aménagées sur les supports qui les suspendent au câble. Les wagonnets de Patience-Beaujonc jaugent 6 hectolitres et pèsent 865 kilogrammes dont 325 de poids mort. Le câble porteur en acier a 0 m. 025 de diamètre, celui des bennes vides n'ayant que 0 m. 022. Ce transport n'a qu'une longueur de 200 mètres et son trafic est de 200 tonnes par jour. La Société de Patience-Baujonc exposait à Paris l'attache des bennes sur le câble moteur, qui se distingue par une grande simplicité et une résistance très supérieure aux attaches du système Bleichert adoptées dans le principe.

A Aiseau-Presles, l'attache est également nouvelle. Les wagonnets jaugent 5 hectolitres et pèsent 745 kilogrammes dont 270 de poids mort. Ce transport a une longueur de 2,200 mètres.

X. EXTRACTION.

MATÉRIEL.

Le matériel d'extraction était représenté dans les expositions d'un grand nombre de sociétés houillères et de constructeurs qui se complétaient mutuellement, en montrant à côté des appareils les conditions de leur application.

La maison Taza-Villain, d'Anzin, exposait les cages destinées à la *fosse Lagrange*, à Anzin, à côté du modèle de cette fosse dont l'installation achevée en 1889 était destinée, dans l'exposition de la Compagnie d'Anzin, à représenter la dernière expression du développement en puissance du matériel d'extraction. Pour permettre de jeter un regard rétrospectif à un siècle de distance, la Compagnie d'Anzin avait fait exécuter en regard, d'après les dessins du temps, le modèle du puits de *la Croix d'Anzin*, en 1789.

Les cages de la nouvelle installation sont à deux étages recevant chacun quatre berlines, suivant le système généralement adopté aujourd'hui dans le Nord et le Pas-de-Calais, lorsque la section du puits le comporte. Ces cages mesurent en plan 2 m. 90 sur 1 m. 78 et 3 m. 88 de hauteur. Elles sont en fer avec montants en U assemblés à l'aide de goussets rivés.

Aux mines de Lens, M. Reumeaux donne la préférence aux cages à montants arti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

culés sur un boulon unique soigneusement ajusté, comme le montrait le matériel du puits intérieur exposé par cette Compagnie.

Cette cage présente moins de rigidité et résiste mieux aux chocs qu'elle est appelée constamment à subir par suite des changements de vitesse et des arrêts brusques. Comme métal, M. Reumeaux donne la préférence au fer au bois ou à l'acier extra-doux, afin de donner à la cage le plus d'élasticité possible.

Les guidages par rails Vignole d'acier, de 20 à 49 kilogrammes par mètre, sont presque exclusivement adoptés aujourd'hui dans les installations nouvelles avec l'excellente disposition due à M. A. Briart, ingénieur des Sociétés de Mariemont et de Bascoup, où ce système est appliqué depuis 1875. Il se trouvait représenté dans les expositions des mines de Lens, d'Anzin, de Dourges, de Roche-la-Molière et Firminy, etc. Dans ce système, les cages ne sont guidées que du côté des partibures qui séparent les compartiments d'extraction. Ces partibures sont en poutrelles double T, plus ou moins espacées suivant le poids des rails-guides. Ceux-ci sont fixés, symétriquement de part et d'autre, à l'aide de crapauds et de tasseaux boulonnés.

Les mines de Lens et de Nœux exposaient les modifications que ce système subit lorsque les rails-guides sont fixés sur des fers en U.

Ce cas se présente, lorsque l'on renonce au guidage unilatéral pour guider la cage sur les faces opposées, comme à la *fosse Bonnel* de Nœux.

M. Soupart, directeur du charbonnage de Marchiennes (Belgique), exposait un système de mains roulantes à ressort qu'il a adapté au puits *de la Providence* de ce charbonnage sur un guidage bilatéral en rails qui avait perdu sa verticalité par suite de mouvements du terrain. Les guides s'étaient rapprochés et usés au point de rendre difficile le passage des cages qui restaient parfois suspendues à la descente. En certains points, il y avait un rapprochement de 0 m. 150. Le puits de la Providence, profond de 900 mètres, fait une production considérable, indépendamment de ce qu'il sert à la translation des hommes; il était devenu dangereux dans les conditions où se trouvait le guidage. Après un essai de mains courantes à ressorts, qui furent rapidement usées, M. Soupart se décida à substituer le frottement de roulement au frottement de glissement en employant au lieu de mains courantes des galets à ressorts, qui ont donné toute satisfaction et dont M. Soupart conseille l'emploi, avec ou sans ressorts, même pour les guidages irréprochables, en raison de la faible usure qui en résulte et de la suppression complète des déraillements par suite du contact parfait des guides et des galets.

PARACHUTES.

Les guidages métalliques ne se prêtent pas à l'action du système *de parachutes à pénétration* généralement employés sur les guidages en bois. Ce système, qui tend à disparaître en même temps que ces guidages, était représenté à l'Exposition par le para-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chute Taza-Villain appliqué à la cage de la *fosse Lagrange* d'Anzin. C'est un parachute à griffes latérales. Pour prévenir des arrêts intempestifs, les griffes sont isolées et le ressort peut se détendre d'une fraction de sa course sans agir sur elles.

Nous avons dit plus haut que le guidage de la *fosse Lagrange* était en fer et unilatéral; aussi, pour adopter ce parachute, a-t-il fallu placer, outre le guidage en rails, deux files de madriers exclusivement destinés à recevoir l'action du parachute. Celui-ci peut en conséquence être moins puissant et par suite moins lourd qu'il ne serait nécessaire, s'il ne devait agir que du côté du guidage. Cette solution a été également adoptée aux mines de Lens pour les cages à huit berlines et, comme le fait observer M. Reumeaux, elle répond complètement à ce desideratum d'avoir des faces de guidage absolument indépendantes des faces de prise du parachute, auquel il n'est satisfait dans aucun autre système.

Aujourd'hui la *Societé des mines de Lens* préconise, pour les guidages métalliques unilatéraux, les *parachutes à friction*, agissant directement sur les bourrelets des rails-guides, à l'exemple des sociétés de Mariemont et de Bascoup qui emploient le parachute Hypersiel sur tous leurs guidages Briart.

Le système à friction agissant comme frein sur le guide est théoriquement le plus rationnel et M. Reumeaux en a étudié et expérimenté avec soin tous les éléments. Les griffes sont excentriques et saisissent latéralement le bourrelet du rail; elles sont forgées en acier et leurs endentures sont trempées. Les premières dents fort aiguës pénétrent dans le guide sur un millimètre environ et assurent ainsi la prise des dents suivantes plus obtuses. La résistance est ainsi progressivement croissante et s'exerce sur une course d'au moins 0 m. 10 à 0 m. 20 qui doit suffire pour amortir la force vive par le travail du frottement. Deux ressorts interviennent dans le fonctionnement du parachute: le premier très puissant amène vivement les griffes au contact du guide, le second amortit le choc et permet aux griffes de poursuivre leur rotation indépendamment de la tige de suspension. Pendant l'extraction, ce parachute est calé; mais un disque indicateur, bien apparent et relié au verrou de calage, montre à l'ouvrier qui pénètre dans la cage si le parachute est libre et le rend ainsi responsable de sa propre sécurité: il lui est interdit d'entrer dans une cage dont le disque est effacé.

Un parachute exposé par la *Société de Vicoigne et Nœux* est basé sur les mêmes principes et ne diffère que par une construction plus robuste. A la *fosse Bonnel*, où ce parachute est appliqué, le guidage est bilatéral et il n'y a pas de porte à faux au moment de la prise, ce qui est préférable pour les lourdes charges (cages à 8 berlines).

Aux *mines de Dourges*, le problème a été résolu par un *parachute à coins dentelés*, rappelant le fonctionnement du parachute Libotte. Ce parachute agit sur des rails-guides unilatéraux, mais la cage ne charge que 4 berlines.

M. Soupart a adapté à ses mains roulantes un parachute basé sur l'action du frein. Ce parachute fait coin entre les deux galets opposés, en même temps que des griffes articulées au coin agissent sur le guidage. De plus, pour empêcher que le câble tom-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bant dans le puits ne détache la cage, en exerçant une traction sur le ressort de suspension, une disposition spéciale détache le câble de la cage au moment de la prise du parachute.

Citons enfin l'application aux parachutes de mines des embrayages élastiques exposés par M. R. Snyers, ingénieur à Bruxelles. Ces embrayages reposent sur un principe applicable à tous les appareils destinés à établir une connexion entre un corps mobile et un corps fixe. Le corps mobile est garni d'éléments fléchissants très divisés et indépendants, tels que les soies d'une brosse ou les fils métalliques d'une carde, et le corps fixe d'une surface cannelée provoquant l'inflexion simultanée de ces éléments. Cette surface cannelée est appelée par M. Snyers *l'organe intégrateur,* parce qu'elle fait en réalité l'intégration des énergies très restreintes, dont est capable chacun des éléments fléchissants. On comprend que des brosses en acier appliquées au moment de la rupture du câble contre un guidage cannelé puissent amortir la force vive par le travail de la flexion sur un parcours plus ou moins considérable. C'est de nouveau l'action progressive d'un frein, mais d'un frein composé d'un très grand nombre d'éléments de faible puissance chacun, dont la somme crée sans choc une résistance considérable. C'est à ce titre que l'invention de M. Snyers présente certain intérêt. Les applications qui en ont été faites aux embrayages prouvent que cet intérêt n'était pas seulement théorique. Au point de vue de la suppression des chocs dans l'action des parachutes, ce système réaliserait le desideratum de tous les inventeurs, s'il n'était trop délicat et trop sensible pour le rude service de l'extraction.

L'entretien des organes de parachutes laisse souvent à désirer, parce que le service de l'extraction étant continu, on n'a ni le temps de les nettoyer, ni la possibilité de contrôler leur fonctionnement. Il en résulte qu'on peut souvent reprocher à ces appareils de ne pas fonctionner au moment opportun par suite de leur entretien défectueux. C'est pourquoi M. Marsaut a imaginé de rendre le parachute indépendant de la cage, de manière à l'enlever pendant l'extraction, pour le remettre en place pendant la translation des ouvriers. Un autre avantage est qu'il est possible de donner aux parachutes amovibles toute la solidité nécessaire, sans se préoccuper de surcharger inutilement les câbles. Le parachute amovible exposé par la *Compagnie de Bessèges* est appliqué au puits Silhol, à Molières. Ce parachute pèse 900 kilogrammes. Le poids de la cage est de 2,300 kilogrammes. Le poids des wagonnets de charbon étant de 2,800 kilogrammes et celui d'une charge d'homme de 1,400 kilogrammes, on voit qu'avec le parachute, le poids qui charge le câble reste moindre dans la translation des hommes que dans l'extraction du charbon. Le parachute est monté sur quatre roues et se fixe dans la cage par quatre chevilles verticales; la connexion avec la tige de suspension est obtenue par une cheville horizontale. L'amovibilité de cet organe obtenue par des moyens simples et rapides est certainement un progrès.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TAQUETS ET RECETTES.

Les taquets hydrauliques exposés en 1878 par la *Société des mines de Lens* se sont répandus dans un grand nombre de charbonnages français, belges et allemands. Ces taquets, appliqués à Lens depuis 1875, permettent de faire automatiquement les manœuvres aux recettes inférieures avec la plus grande facilité, même pour des cages à quatre étages, à condition que le parachute soit calé. Le modèle exposé montrait que le fonctionnement des taquets peut être assuré par l'air comprimé aussi bien que par l'eau sous pression.

Aux recettes du jour, M. Reumeaux reste partisan des *taquets à soulèvement* de la cage, parce que les manœuvres par soulèvement des cages à plusieurs étages sont seules compatibles avec l'enclenchement des taquets que nous décrirons ci-dessous. Les *taquets à abaissement ou à verrous* se répandent cependant de plus en plus en Belgique et en Allemagne. Ils permettent, en effet, une plus grande rapidité de manœuvres, un ménagement plus grand des câbles d'extraction et enfin une économie de vapeur. M. Reumeaux leur reproche d'exagérer la hauteur des châssis à molettes, parce que l'étage inférieur de la cage doit être déchargé le premier, de devoir réduire au minimum le lâche de la corde avant le départ et enfin d'effacer partiellement la cage au départ, ce qui peut induire le machiniste en erreur. Ces reproches nous semblent peu fondés : l'augmentation de hauteur des châssis est un progrès qui s'impose dans toutes les installations nouvelles, et si les taquets à abaissement exigent plus d'habileté et d'attention de la part des machinistes, l'expérience déjà longue du système prouve que ce n'est pas trop leur demander et ne permet pas d'articuler des critiques de faits contre la sécurité du système.

M. Reumeaux l'admet d'ailleurs pour les puits intérieurs. Dans ceux-ci, l'extraction se fait à de faibles profondeurs avec des cages à seul étage, c'est-à-dire sans manœuvres, et la valeur du temps prend une plus grande importance qu'à la surface. Il en est de même de l'économie de fluide moteur.

M. Reumeaux applique le système sous une forme d'une simplicité qui laisse loin derrière elle la complication de la plupart des systèmes allemands [1]. Les taquets relevés par la cage montante tournent autour d'un bloc excentré rapporté sur l'arbre des taquets, de sorte que le levier de manœuvre retire le taquet à la manière d'un verrou, au lieu de le soulever; le taquet est terminé par un petit plan incliné destiné à diminuer la résistance.

Aux mines de Lens, les taquets sont disposés, quel que soit d'ailleurs leur système, de manière à donner une inclinaison aux rails de la cage vers la sortie des berlines. En Angleterre, on va souvent beaucoup plus loin, en installant aux recettes du

[1] Voir *Revue universelle des mines. - Les accidents de mines et l'Exposition générale allemande pour la prévention des accidents*, par M. Paul Habets, 3e série, t. XI.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jour des appareils qui produisent automatiquement l'encagement et le décagement des berlines [1]. Ces appareils ne se sont pas répandus sur le continent. Mais on pouvait voir dans l'exposition de la *Compagnie des mines de Dourges* un appareil dû à M. Rossigneux qui répond au même but.

Les berlines vides, au nombre de deux, sont poussées dans la cage par une chaîne sans fin traînante, au moyen d'ergots à ressort qui saisissent les essieux; les deux berlines pleines sont chassées par les vides. La chaîne traînante reçoit un mouvement alternatif d'un cylindre à vapeur actionnant une crémaillère qui engrène avec un pignon de commande. Ce cylindre est placé sous les taques de recette qui ne sont aucunement encombrées par l'appareil d'encagement. Les manœuvres se font ainsi à raison de 5 secondes par étage. Il en résulte une économie de 10 secondes par trait, indépendamment de la suppression de la fatigue et de tout danger pour les ouvriers de la recette.

M. Reumeaux a successivement appliqué à tous les sièges de la *Société des mines de Lens* un dispositif ayant pour objet d'empêcher que, par inadvertance, le machiniste croyant entendre le signal fasse partir la cage du fond avant que l'encagement des wagons ou des hommes ne soit achevé. Pour cela, le cordon de la sonnerie est terminé par un appareil qui enclenche les taquets du jour; l'enclenchement cesse au moment où l'on abaisse le cordon de la sonnerie et par le même mouvement on enclenche les barrières du fond qui viennent d'être refermées. Le levier de la sonnerie est maintenu dans sa position inférieure jusqu'après le départ de la cage. En le relevant, on enclenche de nouveau les taquets du jour et l'on déclenche les barrières.

On voyait à l'Exposition l'application de ce système aux taquets à excentriques que nous venons de mentionner.

Rappelons que M. Reumeaux n'emploie ces derniers taquets que dans le cas des cages à un seul étage qui ne nécessitent pas de manœuvres. L'enclenchement est en effet, comme nous l'avons dit précédemment, incompatible avec les manœuvres par abaissement.

Aux *mines de Blanzy*, les taquets du jour et du fond sont rendus solidaires des barrières du puits; malgré ces précautions, on a fermé le puits J. Chagot qui se prolonge à 150 mètres en dessous de l'étage de 334 mètres au moyen d'un *filet de sûreté* qui était exposé à Paris. Ce filet qui mesure 3 m. 30 sur 2 m. 70 est en câbles de fils d'acier galvanisés résistant à 150 kilogrammes par millimètre carré. Il est à mailles carrées de 0 m. 10 de côté.

Le filet est placé à 1 m. 50 sous la recette; son poids est de 150 kilogrammes; il est très maniable et peut être rabattu contre la paroi du puits, lorsque la cage doit descendre en dessous de l'étage de 334 mètres. Cette manœuvre se fait tous les soirs, pour l'épuisement et la préparation de l'étage inférieur; elle ne dure pas plus de

[1] Voir *Bulletin de la Société de l'industrie minérale.* — *Voyage en Angleterre*, par MM. de Gournay et Mathet, 2e série, t. XIX, 1884.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5 minutes et se fait par deux hommes. L'efficacité de ce filet de sûreté est prouvée par les faits suivants : il a reçu une cage de 2,700 kilogrammes tombant de 70 mètres sans autre avarie qu'une déformation des mailles; une autre fois il a résisté à la chute d'un chariot de remblais pesant 1,500 kilogrammes et tombant de 334 mètres.

CHÂSSIS À MOLETTES.

Les châssis à molettes représentés à l'Exposition étaient nombreux; ici, comme ailleurs, on assiste de plus en plus à la substitution du métal au bois. On peut de plus constater en France l'imitation des formes les plus usitées en Belgique et en Angleterre et notamment la disparition des toitures qui recouvraient la plupart des anciens chevalets.

Le châssis de la *fosse Lagrange,* à Anzin, exposé par la maison Taza-Villain, est un modèle du genre.

Dans la plupart des constructions récentes, les châssis à molettes sont établis comme des chèvres de grande dimension; les poussards obliques étant strictement établis suivant la bissectrice moyenne de l'angle des deux brins du câble, il en résulte que ces poussards reçoivent tout l'effort, ce qui permet de donner une grande légèreté à l'avant-carré faisant généralement office de montants. C'est suivant ces principes que sont établis les châssis de *la fosse Lagrange,* du *puits Sainte-Marie* d'Aniche, du *puits de Roselies,* du charbonnage d'Aiseau-Presles, etc.

CÂBLES.

Les progrès constants réalisés dans la fabrication des câbles font honneur aux exposants français et belges : c'étaient, pour la France, M. Bessonneau, d'Angers; la *Commission des ardoisières d'Angers;* Mme Vve Adolphe Stein, à Danjoutin-Belfort; MM. Saint frères, à Paris; et pour la Belgique, MM. Vertongen-Goens, à Termonde, et J.-B. Ligny, à Gilly.

Les maisons Bessonneau, Vve Ad. Stein, Vertongen-Goens et Ligny fabriquent les câbles végétaux et métalliques; la Commission des ardoisières d'Angers ne produit que le cable métallique et MM. Saint frères ne fabriquent que le câble végétal. La hausse considérable de l'aloès ou chanvre de Manille (*Musa textilis*), dont le prix a passé en un an de 100 à 180 francs par 100 kilogrammes, a donné une nouvelle faveur aux câbles métalliques en fer et en acier.

La Commission des ardoisières d'Angers, qui a créé dès 1855 une tréfilerie avec corderie pour mettre ses ouvriers à l'abri des accidents provenant de ruptures de câbles, exposait des câbles métalliques plats, cousus sous une tension mesurée, constante ou variable, de manière à représenter pour le câble entier au moins le maximum de la charge qu'il est destiné à supporter et pour chaque aussière isolément une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

charge correspondante. Ce procédé de couture est destiné à remédier à l'instabilité souvent reprochée aux câbles plats.

Depuis l'Exposition de 1878, tous les fabricants de câbles métalliques produisent des câbles, dits *grelins*, qui, dès cette époque, avaient été introduits à la Société John Cockerill, à Seraing, par M. Vertongen-Goens, de Termonde.

Dans le câble *grelin*, de petites aussières sont substituées aux torons. Il en résulte une souplesse extrême et ces câbles ont donné les meilleurs résultats en service. Les câbles ronds en acier de la Société Cockerill, qui étaient exposés en 1878, ont extrait au puits Marie (siège Collard) 250,000 tonnes de la profondeur de 525 mètres. Ces câbles avaient 0 m. 050 de diamètre et ne pesaient que 5 kilogr. 7 par mètre courant. A Bascoup, un câble semblable de 0 m. 044 et pesant 6 kilogr. 5 par mètre courant a extrait 479,000 tonnes de 273 mètres de profondeur.

La maison Vve Ad. Stein a étendu aux câbles plats le système des grelins et en a fait une application intéressante au câble en acier de l'ascenseur Edoux de la tour Eiffel. Ce câble est composé de 8 grelins ou grandes aussières, formés eux-mêmes de 4 petites aussières comprenant 4 torons de 19 fils de 0 m. 001. Ce câble travaille à la tour au 1/20 de sa charge de rupture évaluée à 130,000 kilogrammes. La section décroissante est de 0 m. 220 sur 0 m. 35 à 0 m. 32. Outre leur grande souplesse, les câbles plats grelinés présentent l'avantage d'une épaisseur suffisante pour réaliser l'équilibre par la variation du rayon d'enroulement. Parmi les particularités exposées par la Commission des ardoisières d'Angers et par la maison Vve Ad. Stein, il faut encore citer les câbles ronds métalliques dont les torons successifs sont à torsion inverse, de manière à supprimer les mouvements de torsion et de détorsion dans les puits.

La maison Vertongen-Goens plaide en faveur de l'emploi des câbles en aloès, bien qu'elle fabrique en même temps les câbles métalliques. Elle cite à l'appui un câble calculé pour la Société de Marcinelle et Couillet, pour une machine destinée à extraire à 1,000 mètres de profondeur une charge totale de 8,500 kilogrammes. Ce câble plat en aloès est composé de 8 aussières décroissant de 0 m. 37 à 0 m. 22 de largeur; le poids moyen par mètre courant ne dépasse pas 12 kilogr. 25, et ce câble travaille au 1/10 de sa charge de rupture.

La maison Vertongen a introduit, en France, les câbles légers en aloès, employés dans un grand nombre de houillères du Nord, du Pas-de-Calais et du Centre, que l'on retrouvait dans l'exposition de MM. Saint frères. Les câbles ainsi fabriqués peuvent être désignés sous le nom de *câbles décroissants à résistance variable*. Lorsqu'on adopte un coefficient constant pour déterminer la résistance d'un câble plat décroissant en aloès, il arrive que la partie supérieure du câble, l'enlevage, est plus rapidement détériorée que la partie inférieure, la patte, parce qu'elle s'enroule sur un plus petit rayon, alors qu'elle est la plus épaisse. Il est donc rationnel de faire travailler le câble à une tension moindre à la partie supérieure. M. Vertongen fait travailler ses câbles légers à 90 kilogrammes par centimètre carré à l'enlevage et à 125 kilogrammes à la patte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les essais faits au banc d'épreuves de Malines, ayant donné une charge de rupture de 800 à 1,000 kilogrammes, soit en moyenne de 900 kilogrammes pour les câbles en aloès, les chiffres de résistance par centimètre carré adoptés par M. Vertongen équivalent à un coefficient de sécurité de 10 à l'enlevage et de 7.2 à la patte [1].

Parmi les nouveautés exposées par la maison Vertongen, on peut citer les câbles métalliques Lang et Batchelor dont cette maison possède les licences pour la Belgique. Le câble Lang se distingue en ce que la torsion du câble est dans le même sens que celle des torons, tandis que dans les câbles ordinaires ces torsions sont en sens inverse. On a constaté, en Angleterre, que de cette manière les fils se rompent moins vite et que les câbles durent plus longtemps.

Le câble Batchelor est à surface lisse; il comprend deux à quatre couches concentriques de fils profilés spécialement, s'emboîtant les uns dans les autres et recouvrant une âme de chanvre ou composée de fils ronds. La surface lisse de ces câbles et l'emboîtement des fils les rendent particulièrement propres à résister au frottement et à l'usure. C'est pourquoi ils sont souvent employés comme câbles porteurs dans les transports aériens. Ces câbles jouissent d'une certaine vogue en Angleterre.

On peut encore citer dans cette exposition les câbles plats métalliques du système Martinek, dont le but est d'augmenter l'épaisseur du câble sans en augmenter la section. Au lieu de composer, comme à l'ordinaire, les torons de 6 à 8 fils enroulés sur une âme en chanvre, M. Martinek, ingénieur en chef des mines de Kladno (Bohême), les compose de 9 à 12 fils groupés en couronne autour d'une corde en chanvre particulièrement soignée. On obtient ainsi des câbles plats plus étroits et plus épais que les câbles ordinaires, qui ont eu certain succès à l'étranger pour des installations de faible profondeur.

MACHINES D'EXTRACTION.

La tendance à la concentration de l'extraction en un petit nombre de sièges conduit à des installations dont la puissance ne cesse de croître. Cette tendance était accusée dans l'exposition de toutes les grandes compagnies houillères.

La Compagnie des mines de Blanzy exposait le modèle de son puits Jules Chagot qui concentre l'exploitation de deux sièges et a permis de supprimer le puits Sainte-Marie. Ce puits extrait journellement 980 tonnes de charbon et descend 500 à 550 tonnes de remblai à 334 mètres. La concentration a marché d'un pas égal dans tous les autres quartiers des mines de Blanzy, où il ne reste plus que sept puits sur seize.

Toutes les installations nouvelles, figurées à l'Exposition par des modèles ou des plans, témoignent d'ailleurs de la préoccupation d'augmenter la puissance de production.

[1] M. Ch. Vertongen a publié la méthode de calcul de ces câbles dans le *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 2e série, t. XIII, 1884.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Citons, en France, les installations de Lens, où la *fosse n° 7 Saint-Léonard,* située à Wingles, est outillée pour produire 1,500 tonnes en dix heures avec deux puits jumeaux, à la profondeur de 360 mètres; celle de la *fosse Lagrange,* à Anzin, outillée pour produire 1,000 tonnes, à 1,200 mètres; celle de la *fosse Sainte-Marie,* à Aniche, pour 150,000 à 200,000 tonnes par an, de 500 à 800 mètres; celle du puits *Sithol,* de la Compagnie de Bessèges, à Molières, pour 1,000 tonnes de charbon, 1,000 tonnes d'eau et 1,000 ouvriers par vingt-quatre heures, à 172 mètres; celle du puits *Descours,* à Rochebelle, pour 500 tonnes par jour, à 260 mètres; et, en Belgique, celle du puits n° 5, de la Société de Bascoup, qui fait journellement 1,000 à 1,200 tonnes, à 250 mètres; celle du *puits de Roselies,* de la Société d'Aiseau-Presles, outillée pour 600 tonnes à 800 mètres, etc.

Toutes ces installations présentent des particularités intéressantes, bien qu'au point de vue du moteur les innovations les plus dignes d'être signalées se rapportent aux appareils de sécurité plutôt qu'aux dispositions mécaniques.

Le type du moteur d'extraction moderne était représenté au Champ de Mars par la belle machine exposée par la *Société de Marcinelle et Couillet* et destinée à la *Société des houillères de Stiring* pour extraire de 700 à 1,000 mètres de profondeur et produire un travail effectif de 1,200 chevaux. Cette machine est à deux cylindres horizontaux de 1 m. 05 de diamètre et 1 m. 60 de course, portés par un bâti américain. La distribution est à soupapes équilibrées. Le mécanisme de distribution à détente variable par le régulateur est du système Lelong et se distingue par l'absence des complications de pivots, ressorts, etc., ordinaires aux distributions à déclic.

«La complication et la délicatesse des organes de la détente sont un grave inconvénient dans les engins dont le moindre dérangement oblige à supprimer, pour ainsi dire, la vie du charbonnage», disions-nous dans notre Rapport de 1878.

Des soupapes de sûreté, placées sur les cylindres, permettent aux machinistes de marcher à contre-vapeur, sans danger d'accident, soit en cas d'alarme, soit pour accélérer la manœuvre. Le mécanicien a, de plus, à sa disposition le levier du frein à vapeur et un volant à poignées pour faire fonctionner le frein à la main. Outre ces deux appareils, la machine est encore munie d'un frein à déroulement et à contrepoids destiné à provoquer l'arrêt, si, en cas d'accident, il devenait impossible de faire fonctionner le frein à vapeur.

La distribution de la machine de Couillet échappe absolument à ce reproche, tout en conservant l'avantage de présenter un minimum de résistance à l'action du régulateur.

Un appareil à contrepoids, monté sur le régulateur, permet de varier à volonté le réglage de la machine, de sorte que, pendant la translation des ouvriers, le machiniste peut même caler le régulateur et marcher à pleine admission.

La régularisation du poids des câbles en aloès est obtenue par la variation du rayon d'enroulement des bobines.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A la *fosse Sainte-Marie,* à Aniche, la régularisation est obtenue par un tambour cylindro-conique, avec câble rond en acier, donnant un équilibre relatif jusqu'au moment où la vitesse atteint son maximum de 12 m. 50.

Le diamètre minimum de ce tambour est de 4 m. 560, le diamètre maximum de 8 mètres, la charge maxima de 4,500 kilogrammes et le poids moyen du câble de 5 kilogrammes par mètre.

La machine d'extraction construite par les *Établissements de Quillacq,* à Anzin, en 1887, est horizontale et à détente automatiquement variable par le régulateur. La distribution, du système Wheelock, constitue une innovation des plus intéressantes dans les machines d'extraction.

M. J. Wheelock, qui exposait en 1878 une machine motrice à distribution par robinets, a fait breveter, en 1887, un nouveau système où les robinets sont remplacés par des boisseaux fixes, simplement coincés par un coup sec dans le cylindre, sans boulon ni calfat; ils portent une glace à lumières multiples sur laquelle se meut un tiroir à grille équilibré.

Les boisseaux d'échappement et d'admission occupent strictement la place des robinets de l'ancien système, et les tiroirs, comme les robinets, sont mus par des axes oscillants; des genouillères transforment le mouvement circulaire alternatif en un mouvement linéaire semblable. Dans ces conditions, le système de déclic s'applique à la distribution par tiroirs, et celle-ci, ne présentant plus qu'une très faible résistance, on peut appliquer la détente variable par régulateur. Les diagrammes produits par la *Société d'Aniche* montrent que cette distribution s'effectue dans les meilleures conditions. Elle présente une simplicité remarquable, car le même excentrique commande l'échappement et l'admission, et l'ouverture rapide des lumières multiples donne presque instantanément des orifices de passage aussi grands que ceux que l'on recherche dans les distributions par soupapes.

Les diagrammes montrent notamment que la contre-pression est extrêmement faible, grâce à la grande section des orifices d'échappement qui atteint 1/11 et demi de la surface du piston.

Les orifices d'admission ne sont pas inférieurs à 1/14 de cette surface. Les cylindres de cette machine ont 0 m. 850 de diamètre et 1 m. 60 de course. La vitesse est de 35 tours par minute.

La *Compagnie des mines de Blanzy* a commandé récemment une machine du même type pour 1,000 mètres de profondeur. Cette machine sera munie d'un excentrique Tripier.

La *Compagnie des mines d'Anzin* exposait un excentrique de ce système ayant fonctionné nuit et jour, depuis juillet 1885, sur une machine de 300 chevaux. Sa conservation était remarquable.

L'excentrique à moyeu sphérique de M. Tripier, ingénieur à Anzin, remplace avantageusement la coulisse dans les machines à changement de marche. C'est un organe

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus robuste, moins coûteux et moins sujet à l'usure. Il repose sur une étude cinématique des plus ingénieuses et se prête à de nombreuses applications[1].

L'excentrique Tripier était appliqué dans quelques treuils exposés par la maison Pinette.

Nous signalerons enfin une intéressante innovation introduite dans le service de l'extraction au siège de *Roselies*, de la *Société du Charbonnage d'Aiseau-Presles*, à Farciennes (bassin de Charleroi); c'est l'emploi de la vapeur à haute pression avec détendeur.

Les générateurs du système Parker, à deux corps principaux et six bouilleurs, sont timbrés à 10 atmosphères. Ces générateurs sont à très grands volumes d'eau. Or les machines d'extraction marchent par intermittence et consomment une grande quantité de vapeur pendant leur fonctionnement, tandis que la consommation est nulle pendant les arrêts dont la durée est souvent de beaucoup la plus importante.

Avec ces chaudières on peut emmagasiner, pendant les arrêts, une grande quantité de chaleur qui est ensuite utilisée pendant la marche.

Nous avons pu nous assurer, en visitant ce charbonnage, que l'on ne peut constater au manomètre la diminution de pression, en pleine marche de la machine. Celle-ci fonctionne à la pression de 6 atmosphères. C'est une machine du système Brialmont et Kraft, construite à la Société Cockerill, à Seraing. La principale particularité qu'elle présente est la disposition du frein qui peut être actionné au pied ou par un piston hydraulique recevant d'un accumulateur une pression de 12 atmosphères. L'accumulateur sert en outre à l'alimentation des chaudières; mais, afin que le foncionnement du frein soit toujours assuré, l'accumulateur ne peut alimenter les chaudières que dans les 10 centimètres supérieurs de sa course; dès que le piston descend plus bas, il ferme une soupape de communication avec l'alimentation des chaudières qui se fait alors au giffard. Le frein est donc toujours prêt à fonctionner et complètement indépendant des conduites de vapeur.

Un système d'évite-molettes électrique déclenche des contrepoids et produit la fermeture hydraulique de ce frein et du modérateur, si une cage venait à se coincer entre les guides rapprochés aux abords des molettes.

On voit, par ces exemples, combien sont grandes les préoccupations des exploitants et des constructeurs pour tout ce qui touche aux questions de sécurité. Le moteur d'extraction semble aujourd'hui arrêté à un type dont les variations ne portent que sur des organes mécaniques. Il en est autrement des appareils de sécurité, où nous voyons faire assaut d'ingéniosité et de dispositions nouvelles. Les ingénieurs français sont loin d'être restés en arrière à cet égard, et l'Exposition présentait différentes solutions nouvelles et éprouvées par une pratique d'assez longue durée.

Nous citerons en premier lieu le modérateur de vitesse de M. Wéry, employé aux

[1] *Comptes rendus mensuels des réunions de la Société de l'industrie minérale*, 1884, p. 171.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mines de la Chazotte depuis 1884, et exposé par la *Compagnie P.-L.-M.* Cet appareil a pour but d'empêcher, au moment où les cages vont arriver au jour, que les machines ne prennent une vitesse dépassant une limite fixée d'avance. Il est mis en relation avec le curseur de la sonnerie, lorsqu'il ne reste plus à la cage qu'un parcours de 50 mètres, par exemple, à effectuer.

Par une disposition très ingénieuse, si la vitesse est en ce moment supérieure à celle que l'on s'est imposée et qui est déterminée par un mouvement d'horlogerie, un levier, actionné par le curseur, vient agir sur le frein. Les cages ne passent donc jamais aux recettes avec une vitesse supérieure à celle pour laquelle le mouvement d'horlogerie a été réglé. L'appareil fonctionne de plus comme évite-molettes dès que la cage dépasse une position limite.

Cet appareil, appliqué depuis 1884 au puits *Petin*, a été l'objet d'un rapport élogieux dû à une commission nommée par la Société de l'industrie minérale[1], qui a toutefois critiqué la violence des chocs produits par l'arrêt presque instantané des bobines et a préconisé l'emploi d'un frein à énergie progressive pour modérer la vitesse.

C'est une solution de ce genre qu'a recherchée M. Villiers dans le modérateur de vitesse exposé par la *Société des houillères de Saint-Étienne*, tel qu'il est appliqué au puits *Verpilleux*.

C'est encore le curseur de la sonnerie qui agit ici pour embrayer, à une certaine distance de l'arrivée au jour, un régulateur Allen dont le tambour actionne pour une certaine vitesse, soit 3 mètres par seconde, un frein qui est toutefois insuffisant pour arrêter la machine si elle continuait à recevoir la vapeur. Ce frein est à contrepoids; en temps normal, le contrepoids est maintenu soulevé par un piston à air comprimé. Au puits *Jabin*, on avait employé dans le même but la vapeur, mais on y a renoncé au puits *Verpilleux* en raison des inconvénients de la condensation. Si la vitesse dépasse une certaine limite quand le régulateur est embrayé, ce dernier agit sur un tiroir qui donne issue à l'air comprimé et fait par suite entrer en charge le contrepoids du frein. En descendant, le contrepoids ferme presque complètement l'admission de vapeur. Il y a donc ralentissement, mais, par le fait même de ce ralentissement, l'air comprimé revient sous le piston du contrepoids, qui est de nouveau soulevé, et le frein se desserre. La vapeur revient en même temps à la machine. Il n'y a donc pas arrêt, mais oscillation de la vitesse entre de certaines limites.

Pour éviter cependant que la cage n'arrive au jour dans une période de vitesse maxima, dès qu'elle se trouve à 10 ou 15 mètres des recettes un autre organe vient agir sur le servo-moteur pour renverser la distribution, si le mécanicien ne l'a déjà fait de lui-même, et en même temps pour serrer le frein.

Pour éviter encore que dans ces conditions les cages n'aillent aux molettes avec la vitesse que permet le frein, ou que le mécanicien ne les y envoie par inattention en

[1] *Comptes rendus des réunions de la Société de l'industrie minérale*, 1886, p. 142.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donnant à la machine un mouvement inverse au début du trait, la cage vient soulever un taquet à 2 mètres au-dessous des molettes et fait échapper un déclic qui fait tomber un contrepoids. Celui-ci agit sur un tiroir qui admet l'air comprimé au-dessus du piston du frein en même temps qu'il s'échappe en dessous; l'arrêt est alors instantané, parce que la puissance du frein est doublée.

Au-dessus de ce point les guides sont rapprochés pour retenir la cage si elle venait à dépasser cette position.

Pendant la translation des hommes, on peut, au moyen d'une pédale, embrayer le régulateur dès le début de la course, de sorte qu'en aucun point de celle-ci la vitesse ne puisse dépasser la limite qu'on s'est assignée.

On voit que tout a été prévu, et trois années de bon fonctionnement aux houillères de Saint-Étienne ont démontré l'efficacité des dispositions imaginées par M. Villiers. On peut cependant leur reprocher une assez grande complication d'organes de transmission qui peut faire naître des doutes sur la possibilité de les conserver toujours en bon état de fonctionnement.

M. Reumeaux a résolu le même problème en remplaçant les transmissions rigides par les transmissions fluides, dont il avait déjà fait différentes applications aux *mines de Lens*.

Le dispositif qu'il emploie ralentit automatiquement la machine chaque fois que la cage arrive à un certain nombre de mètres de la surface. Dès que la cage dépasse la recette, un autre dispositif serre automatiquement le frein. Tout cela est obtenu de la manière la plus simple, en produisant l'échappement du fluide moteur, vapeur ou air comprimé, sur l'une des faces d'un piston, par l'action d'un curseur analogue à celui des sonneries qui ouvre simplement une soupape à un moment de la course. Dans le premier cas, ce piston entraîne un obturateur qui étrangle l'arrivée du fluide moteur de manière à réduire la pression dans les cylindres de la machine à la valeur strictement nécessaire pour empêcher la cage chargée de redescendre dans le puits. Le mécanicien ferme alors, comme d'habitude, son modérateur dont le levier manœuvre une soupape qui ramène le piston obturateur à sa position d'ouverture. Si, par inadvertance, le mécanicien ne fermait pas son modérateur, le piston obturateur restant en place, la machine s'arrêterait.

Dans le second cas, l'échappement du fluide moteur fait descendre le piston du frein au-dessus duquel la pression existe en permanence. Les choses sont disposées de telle sorte que, même en cas de rupture de la conduite qui amène le fluide moteur, cette pression subsiste au-dessus du piston du frein, parce qu'elle est empruntée à un réservoir de capacité triple environ de celle du cylindre du frein. Ce réservoir est en relation avec la conduite par une soupape de retenue qui se ferme au moment de la rupture de la conduite.

Ces dispositifs sont appliqués à tous les appareils d'extraction à vapeur ou à air comprimé des mines de Lens.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'un siège dispose à la fois de la vapeur et de l'air comprimé, l'action du frein peut être assurée d'une manière plus simple encore en cas de rupture de la conduite de vapeur. Il suffit que le tuyau qui amène la vapeur soit raccordé à un autre tuyau relié au réservoir d'air comprimé; deux clapets de retenue empêchent l'air comprimé de passer dans le tuyau de vapeur et réciproquement. Si la vapeur vient à manquer, l'air comprimé arrive dans le cylindre du frein et remplit le même office. Cette disposition est appliquée au puits n° 7 de Wingles.

De même que la précédente, elle joue le rôle d'un frein à contrepoids qui serait maintenu desserré par la pression du fluide moteur; mais elle est beaucoup plus simple et ne modifie pas le dispositif ordinaire du frein à vapeur ou à air comprimé.

Comme l'a dit M. Reumeaux, au Congrès des mines et de la métallurgie, « un appareil n'est vraiment de sûreté que s'il fait partie intégrante du fonctionnement normal de la machine ».

L'obturateur commandant le ralentissement de la machine à l'arrivée des cages répond absolument à ce programme, car il fonctionne à chaque trait à l'insu même du mécanicien qui ne connaît son existence que par les indications d'un manomètre, grâce auxquelles il peut s'assurer de son bon fonctionnement.

Ces appareils sont un bel exemple des nombreux services que peuvent rendre les transmissions fluides dans le matériel des mines pour la commande à distance des appareils de sécurité.

SIGNALISATION.

Aux appareils de sécurité se rattachent ceux de signalisation. Nous avons déjà mentionné les services rendus par les signaux électriques dans des cas particuliers, tels que le creusement d'un puits sous demi-stot aux mines de la Loire, ou dans les travaux de percement dans des terrains sujets aux dégagements d'acide carbonique aux mines de Rochebelle. Dans la pratique ordinaire, la signalisation électrique reste encore une exception.

La *Compagnie des mines de Blanzy* exposait cependant la disposition de signaux électriques qu'elle a adoptés au puits J. Chagot au moyen de dérivations prises sur les conducteurs de l'éclairage de la grande galerie de transport mécanique.

Ces signaux sont à la fois optiques et acoustiques. Le courant lancé dans le fil allume simultanément deux lampes à incandescence, une au point de départ, l'autre au point d'arrivée, et fait de plus entendre une sonnerie en ce dernier point. Ces signaux sont réversibles, c'est-à-dire se font du fond à la surface et réciproquement. La clarté de la lampe qui s'allume au point de départ indique que le signal a été transmis. Un autre fil commande par un commutateur l'allumage de deux feux rouges, l'un au fond, l'autre à la surface, pendant tout le temps que la cage se trouve sur les taquets du fond. De plus, la poignée du commutateur empêche de transmettre tout autre signal avant que les feux rouges ne soient éteints. Ces dispositifs ne sont ap-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plicables que dans le cas relativement simple où l'on ne communique qu'entre deux points. Dans le cas de l'extraction à plusieurs étages, le problème de la signalisation électrique devient beaucoup plus compliqué et n'a pas encore reçu de solution complètement satisfaisante.

APPAREILS D'EXTRACTION SOUTERRAINS. — TREUILS.

Les appareils d'extraction souterrains sont mus au moyen de vapeur généralement amenée du jour ou au moyen de transmissions par l'air comprimé, l'eau sous pression ou l'électricité.

La production de la vapeur dans le fond de la mine se bute à des difficultés telles qu'on n'y a recours sur le continent que dans des conditions spéciales. On peut citer comme exemple l'installation du puits central des mines de Portes, foncé à l'extrémité d'une galerie à flanc de coteau, à 550 mètres du jour [1]. L'emploi de conduites de vapeur venant de la surface présente également des inconvénients bien connus, et c'est aujourd'hui l'emploi de l'air comprimé qui résout certainement le problème de la manière la plus économique.

De là, le grand développement des treuils à air comprimé qui se voyait à l'Exposition. La plupart peuvent être d'ailleurs actionnés à volonté par la vapeur ou l'air comprimé, mais l'emploi de ce dernier mode de transmission conduit à quelques dispositions spéciales.

La plus intéressante est l'application à ces treuils du système Woolf ou compound, dans le but d'utiliser l'air comprimé à détente. Dans le système Woolf, la détente est possible, parce que l'air se réchauffe pendant cette période, en raison de l'augmentation, depuis longtemps indiquée dans ce but par M. Mallard [2], des parois métalliques en contact avec l'air ambiant, de la durée plus grande de ce contact, puisque cette influence s'exerce pendant toute la course, et enfin de l'augmentation des frottements intérieurs qui développent de la chaleur.

Dans la disposition compound, il y a de plus entre les deux cylindres un réservoir intermédiaire dont les parois en contact avec l'air ambiant réchauffent l'air intérieur.

La *Société des mines de Lens* exposait un treuil à air comprimé à deux paires de cylindres Woolf oscillants et à engrenages. Le petit cylindre et le grand cylindre, accolés, sont venus ensemble de fonte, ils oscillent autour d'un tourillon, et un seul tiroir commande la distribution des deux cylindres.

Les dimensions sont les suivantes :

Diamètre du petit cylindre	$0^{m}160$
Diamètre du grand cylindre	0 220
Course	0 300

[1] Voir la description de cette installation, *Annales des mines*, 7e série, t. VII. — [2] Voir *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1re série, t. XII. 1866-67.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce treuil étant destiné à un puits intérieur, on est parti du principe qu'aucune réparation d'ajustage ne pouvant se faire économiquement à l'intérieur de la mine, il fallait réduire le nombre des organes à un minimum et les disposer de manière que l'un quelconque d'entre eux, cylindres compris, puisse être remplacé en quelques minutes et sans le concours d'un monteur exercé.

Lorsqu'un treuil de ce genre ne fait qu'un travail intermittent, on peut détendre l'air comprimé jusqu'à la pression strictement nécessaire pour l'émission, sans avoir à craindre l'obstruction des orifices d'échappement par de la glace. Il n'en est pas de même lorsque la marche est plus active, parce qu'alors la glace peut s'accumuler dans ces orifices. Dans ce cas, on emploie à Lens l'injection d'eau indiquée déjà par Callon et appliquée en 1878 par feu M. Cornet au Levant du Flénu. Pour éviter l'emploi d'une pompe d'injection, M. Naissant, ingénieur à Lens, a imaginé un appareil très simple, dont un petit modèle était exposé. L'entraînement de l'eau et son mélange avec l'air sont obtenus grâce à une pression et une dépression créées par le courant lui-même, agissant sur des tubes de Pitot à orifices tournés en sens inverse l'un de l'autre. L'entraînement de l'eau est ainsi toujours proportionnel à la vitesse du courant d'air comprimé arrivant aux cylindres.

L'ouvrier chargé des manœuvres de la recette conduit la machine à distance au moyen des transmissions fluides dont nous avons parlé ci-dessus.

A Blanzy on emploie l'air comprimé à détente, en le faisant barboter dans de l'eau à 75 degrés centigrades, provenant de la condensation d'une machine d'épuisement souterraine. L'application du système compound est d'ailleurs chose décidée à Blanzy, comme elle est déjà chose accomplie aux mines d'Anzin, qui exposaient le treuil employé dans ce but.

L'application de ce système a été surtout préconisée par M. Hanarte, qui exposait le plan d'un treuil de ce genre à deux cylindres horizontaux. Le petit cylindre et le grand cylindre sont disposés de part et d'autre de l'axe et construits de manière à présenter un maximum de surfaces réchauffantes. Entre les deux cylindres se trouve un réservoir cylindrique ; le cylindre de détente est muni d'une enveloppe d'eau et de soupapes, permettant une introduction d'eau ou d'air, si le réchauffement était incomplet.

MM. Fournier et Cornu, de Génelard (Saône-et-Loire), exposaient également un treuil compound à cylindres verticaux, commandé par un embrayage à friction, de telle sorte que le tambour, qui est monté sur un arbre excentré, puisse être rendu fou sur son axe pour la descente du charbon ou embrayé sur l'arbre moteur pour la remonte du remblai.

La *Société de Liévin* exposait un treuil à air comprimé à deux cylindres égaux (système Diedin), disposé d'une manière analogue, et la *Compagnie de Vicoigne et Nœux* exposait un treuil oscillant, à deux cylindres égaux (système Guénez), qu'elle emploie dans le même but. Le changement de marche s'obtient d'une manière très facile

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans ce treuil, en renversant l'admission au moyen d'un tiroir horizontal à mouvement circulaire.

Des dispositions analogues figuraient dans le treuil de Blanzy exposé par M. G. Pinette, à Chalon-sur-Saône. Les robinets, placés entre la glace du tiroir et le cylindre, permettent de renverser très simplement l'admission aux deux cylindres simultanément. Les autres treuils exposés par M. G. Pinette se distinguent tous par des détails de construction originaux et bien appropriés à l'usage de ces appareils.

L'emploi des treuils intérieurs a pris aujourd'hui un développement considérable, ils ne sont plus seulement employés comme autrefois à l'extraction sur des puits intérieurs ou des vallées, mais on s'en sert fréquemment pour remonter les remblais dans les couches qui ne donnent pas assez de pierres. C'est ainsi qu'ils sont employés à Lens, à Liévin, à Nœux pour l'exploitation des couches de faible épaisseur, et à Blanzy pour l'exploitation par tranches horizontales. C'est leur emploi qui a permis de réunir au même niveau, au puits *Jules Chagot* de Blanzy, tout le service de l'exploitation, charbons et remblais, et de concentrer à ce puits l'exploitation de deux sièges, situés à des niveaux différents. Avec les perfectionnements que son utilisation a reçus dans ces derniers temps, l'air comprimé résout le problème de la manière la plus heureuse. Mais on peut reculer devant les installations de compresseurs et de conduites d'air et préférer, dans certains cas, utiliser une pression hydraulique que l'on aurait à sa disposition dans la mine même.

C'est ce qui a été fait à la *Société de Montrambert et de la Béraudière*, pour la préparation d'un nouvel étage par une descenderie en veine, avant d'approfondir le puits. Pour remonter les déblais du niveau de 456 mètres à celui de 406 mètres, on a utilisé les eaux descendant de l'étage de 356 à 406 mètres et l'on a installé en tête de la descenderie une turbine de MM. Crozet, Fourneyron et Cie, de 0 m. 66 de diamètre. Cette turbine est à double aubage à inclinaisons inverses, de manière à pouvoir renverser le mouvement par la manœuvre d'une vanne.

Cette turbine tourne à raison de 600 tours par minute, mais cette vitesse est réduite à 25 tours par une vis sans fin et une roue hélicoïdale qui transmet le mouvement au treuil du plan incliné par une chaîne de Galle. La vitesse des bennes ne dépasse pas 1 mètre par seconde.

Le débit est de 8 litres par seconde, ce qui pour une chute verticale de 50 mètres, donne un travail théorique de 34,560,000 kilogrammètres par vingt-quatre heures.

Le maximum de l'extraction étant de 250 bennes de remblai et d'eau d'un poids de 900 kilogrammes, le travail utile par vingt-quatre heures n'est que de 11,250,000 kilogrammètres.

M. G. Pinette exposait un treuil hydraulique, dont les dispositions sont neuves et originales. Le moteur est une machine à colonne d'eau, à cylindres oscillants. Ces cylindres sont au nombre de quatre, groupés deux à deux. Chaque groupe oscille autour d'un tourillon par où se fait la distribution; les pistons de chaque groupe travaillant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simultanément en sens inverse, il en résulte que les réactions sur le tourillon sont nulles ; les frottements sont donc réduits à leur minimum et le rendement doit être considérable. La manœuvre d'un robinet produit le changement de marche en intervertissant les passages d'entrée et de sortie de l'eau motrice.

Signalons enfin l'essai fait par la *Compagnie d'Anzin* d'un treuil électrique destiné à une exploitation en vallée. Ce n'est pas le lieu d'établir une comparaison générale entre les divers modes de transmission de la force dans les mines. Cette comparaison a souvent été tentée, mais on doit se demander si les éléments en sont suffisamment fixés pour pouvoir conclure. Les transmissions par l'air comprimé et par l'électricité notamment sont l'objet de perfectionnements incessants. Les rendements croissent pour ainsi dire à chaque application nouvelle et les rendements élevés sortent peu à peu du domaine de la théorie pour entrer dans celui de la pratique. Notamment, en ce qui concerne la production et la consommation de l'air comprimé, on a réalisé dans ces dernières années des perfectionnements tels que la comparaison serait certainement aujourd'hui très favorable à ce mode de transmission.

En 1878, l'air comprimé n'était utilisé pratiquement qu'à pleine pression et l'on ne pouvait compter sur un rendement dynamique total de plus de 15 à 20 p. 100 [1]. Aujourd'hui, les évaluations les plus modérées portent à 73 p. 100 le rendement dynamique de l'air comprimé employé à détente dans les meilleures conditions [2]. En imitant la comparaison aux applications minières, il faut certainement reconnaître que c'est l'air comprimé qui jouit actuellement de la faveur la mieux méritée, comme mode général de transmission de la force dans une mine entière. Les transmissions hydrauliques sont limitées à des applications restreintes et locales.

En 1878, les transports de force par l'électricité n'étaient encore que de timides essais ; aujourd'hui, les exemples de transmissions électriques sont nombreux et s'ils n'ont pas toujours donné le rendement sur lequel on comptait dans le principe, ils s'en rapprochent chaque jour davantage. Nous croyons donc plus sage de ne pas conclure, persuadé que lors d'une exposition nouvelle, nos conclusions seraient infirmées par les progrès nouveaux que l'avenir nous réserve.

DESCENTE DES REMBLAIS.

La descente des remblais dans l'exploitation des couches puissantes présente un problème qui a donné lieu à de nombreux tâtonnements dans le centre de la France [3].

[1] Voir notre Rapport sur la classe 50 à l'Exposition de 1878.

[2] Voir *Revue universelle des mines*, 3e série, t. IV, *Le transport et la distribution de la force à grande distance par les moyens mécaniques*, par H. Dechamps.

[3] Voir A. Burat, 4e supplément à la 3e édition du *Cours d'exploitation des mines*, 1882, et *Note sur la descenderie de remblais des houillères de Montrambert*, par M. Griot. Rapport paru dans le *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 2e série, t. X, 1881.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil qui a prévalu est une balance à câble contrepoids. On ne saurait méconnaître l'analogie de cette disposition avec le système de machine d'extraction de M. Kœpe [1]. Elle date cependant à Montrambert de 1858 et la *Société de Montrambert et de la Béraudière* exposait les transformations que cette balance a successivement subies pour en arriver à sa forme actuelle. Ces transformations sont l'œuvre des deux Sociétés des *Houillères de Saint-Étienne et de Montrambert*. En 1875, M. Villiers, directeur des houillères de Saint-Étienne, y adaptait un régulateur hydraulique composé d'une roue à ailettes, tournant dans une bâche à eau, organe qui a généralement été adopté depuis lors dans les installations de ce genre. Ce régulateur empêche la vitesse d'atteindre un certain maximum, mais ne dispense pas de l'action d'un frein énergique. M. Pinel, ingénieur principal de la Société de Montrambert, eut l'idée heureuse de remplacer le câble contrepoids, de diamètre égal à celui de la poulie-frein, par un câble de diamètre supérieur à ce dernier. L'excès de poids de ce câble crée un excès de puissance au départ, qui se transforme peu à peu en résistance. Il en résulte une accélération dans la première partie de la course et un ralentissement dans la seconde. La vitesse maxima est en conséquence plus grande et la vitesse finale moindre que dans l'ancien système. Il en résulte que la durée d'une descente est moindre et la sécurité plus grande.

Il en résulte encore un autre avantage, c'est la possibilité d'employer pour la descente du remblai des cages à deux étages, permettant de descendre deux bennes à la fois, tandis que dans l'ancien système on ne pouvait descendre qu'une benne. Pour charger et décharger successivement les deux étages, la manœuvre doit être automatique et simultanée au fond et au jour. Si l'on amène l'étage supérieur de la cage au niveau de la recette du fond et l'étage inférieur au niveau de la recette du jour, une simple manœuvre de taquets à abaissement fera descendre la cage supérieure et monter la cage inférieure de la hauteur d'un étage, en vertu de l'excès de poids du câble contrepoids égal à 300 kilogrammes, augmenté encore du poids de la barrière soulevée par la cage qui est au jour ; ce poids est de 120 kilogrammes.

La descenderie de remblais établie d'après ce système au *puits de Lyon*, à Montrambert, dont le modèle était exposé, descend 900 à 1,000 bennes de remblais en dix heures, à la profondeur de 281 mètres. La durée de la descente est de 41 secondes et celle des manœuvres de 24 secondes.

TRANSLATION DES OUVRIERS DANS LES PUITS.

Nous avons vu dans les pages précédentes quelles sont les nombreuses dispositions adoptées récemment pour accroître la sécurité des appareils d'extraction. Grâce aux

[1] Il serait plus juste de donner à ce système le nom de M. Lemielle qui en a décrit l'application aux machines d'extraction dès 1862. Voir le *Génie industriel* de cette époque et la *Revue universelle des mines* 1re série, t. XI, p. 524.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

précautions prises, la translation des ouvriers par ces appareils se fait aujourd'hui partout dans des conditions excellentes et les accidents sont extrêmement rares.

Les statistiques de tous les pays démontrent que c'est par rapport aux accidents qui surviennent dans les puits que les plus importants progrès ont été réalisés [1]. La sécurité du câble rivalise aujourd'hui avec celle des échelles, qui ne sont plus considérées que comme appareils de sauvetage dans les puits profonds.

On peut signaler comme présentant quelque intérêt les échelles flexibles exposées par M. L. Rochereau, d'Angers. Les montants composés de câbles en fils d'acier sont réunis par des barreaux en fer creux. On arrive ainsi à faire des échelles qui ne pèsent pas plus de 1,200 grammes par mètre et dont le prix n'est que de 10 francs par mètre.

L'emploi des *Fahrkunst* ou *échelles mobiles* devient de plus en plus rare dans les mines de houille. On ne peut plus citer en Belgique que les charbonnages de Strépy-Bracquegnies, de Mariemont et de Bascoup qui en fassent usage.

Les dessins de la *Fahrkunst* de Strépy-Bracquegnies étaient exposés par M. Prosper Hannez, ingénieur à Bruxelles. Cette machine date cependant de 1867 et son seul intérêt réside en ce fait qu'elle a fonctionné sans interruption depuis vingt-deux ans, jusqu'à la profondeur de 394 mètres. Elle ne sert plus toutefois qu'à la remonte du personnel, parce que les galeries qui y aboutissent sont en mauvais état.

L'emploi de la *Fahrkunst* a été importé à Mariemont en 1845, par M. Warocqué, d'où le nom de *warocquère* sous lequel ces appareils sont encore connus dans le Hainaut. Les premières warocquères étaient à traction directe avec balancier hydraulique établissant la solidarité des tiges. La course de celles-ci ne dépassait pas 3 m. 50.

La warocquère la plus perfectionnée qui existe actuellement en Belgique est celle du siège n° 5 de Bascoup, dont un modèle figurait à l'Exposition. Cette machine a été étudiée par M. L. Guinotte et fut installée en 1875. Nous y voyons l'exemple d'une transmission fluide qui transforme la course de 1 m. 50 de deux pompes en une course des tiges de 5 mètres, grâce aux différences des sections des pompes et des pistons soutenant les tiges. Le moteur est à rotation continue et à détente, faisant dix tours pour un de l'arbre des pompes; la réduction est obtenue par engrenages. On est arrivé ainsi à réduire au quart la consommation de combustible et à doubler la vitesse de translation, tout en donnant à l'ouvrier tout le temps nécessaire pour changer de palier, par le ralentissement au pied mort.

Les statistiques allemandes ne sont pas favorables à l'emploi des *Fahrkunst* qui sont assez nombreuses dans les mines métalliques et spécialement au Harz.

En Belgique, les accidents ont été et sont encore des plus rares; les heureuses dispositions données dès le principe aux warocquères n'y sont certainement pas étrangères, et la sécurité de ce mode de translation est prouvée par ce fait que le personnel ouvrier de Mariemont et de Bascoup le préfère à tout autre.

[1] Voir cette statistique page 115.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XI. CHARGEMENT DES BATEAUX.

Les appareils de chargement des bateaux de charbon, qui formaient l'une des sections les plus intéressantes de l'Exposition de 1878, ont subi quelques perfectionnements depuis cette époque, dans les nouvelles installations qui ont été faites dans le Pas-de-Calais.

Les installations de Lens ont fait école. La *Société des mines de Meurchin* en a fait une copie à échelle réduite, en ce sens que les trémies qui servent d'intermédiaires entre les wagons et le bateau sont au nombre de 6 au lieu de 50. On sait que, dans ce système, les caisses de wagons placés en regard des trémies sont successivement basculées dans ces dernières par une locomotive-grue qui circule sur une voie latérale.

La seule modification introduite dans l'installation de Lens, depuis 1878, porte sur la construction des wagons qui sont à caisse unique et à quatre portes : les deux du milieu à charnière verticale; les deux autres à charnière horizontale.

Ce système est justifié dans une grande installation comme celle de Lens qui, pour une seule locomotive-grue, a une puissance d'embarquement de 5,000 tonnes par jour, soit de 100 tonnes par trémie, avec un personnel très restreint, composé d'un mécanicien, d'un chauffeur, d'un accrocheur et de deux ouvriers embarqueurs. Une même locomotive-grue et un même personnel sont évidemment nécessaires pour les six trémies de Meurchin, et, par suite, le prix du chargement doit y être beaucoup plus élevé.

Les *Sociétés de Mariemont et de Bascoup* ont étudié, pour les nouvelles installations qu'elles se proposent de faire au rivage de Bellecourt, un système qui n'est pas sans analogie avec celui de Lens, mais qui est plus économique d'établissement. Les trémies fixes y seront remplacées par une trémie mobile portée par une grue roulante qui se déplace le long du rivage sur une voie de grand écartement, entre les rails de laquelle sera établie la voie ordinaire.

Cette grue portera une chaudière et trois moteurs à vapeur : un cylindre à traction directe manœuvrant la trémie, un second cylindre semblable pour le culbutage des caisses, et enfin un petit moteur bicylindrique à changement de marche pour le déplacement de l'appareil. Toutes les manœuvres, sauf celles de l'accrochage des caisses et de l'ouverture de leurs portes, seront faites par un machiniste qui se trouvera dans la cabine recouvrant l'appareil.

Dans ce système, toute l'installation se borne à une grue puissamment outillée, et le chargement ne sera pas moins rapide que dans le système de Lens, car il ne sera pas davantage nécessaire de déplacer les bateaux.

C'est là l'écueil des installations fixes. Celles-ci sont cependant presque exclusivement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

employées sur les nouveaux rivages du Pas-de-Calais où l'on a appliqué depuis 1878 des procédés mécaniques pour le déplacement des bateaux.

L'installation de Courrières avec grues à vapeur fixe est restée à peu près ce qu'elle était en 1878. Les wagons ont été modifiés. Ils portent deux caisses de 5,000 kilogrammes, au lieu de quatre caisses de 2,500 kilogrammes, et les portes sont munies d'un verrou automatique qui s'ouvre quand la caisse pivote autour de son arête intérieure. Des treuils à engrenages, avec corde-queue et corde-tête, font mouvoir un train de 30 wagons successivement amenés en face de la trémie.

Une chaîne de touage longeant le quai d'embarquement et mue par une machine à vapeur spéciale sert à déplacer les bateaux pendant le chargement. Cette installation, avec deux grues fixes et deux grues mobiles, pour le chargement des charbons gailleteux, a une puissance d'embarquement de 3,000 tonnes en dix heures.

La nouvelle installation de Liévin, exposée à Paris par un modèle, diffère peu, en principe, de celle de Courrières. Les wagons sont à deux caisses de 5,000 kilogrammes, dont le contenu est déversé par une grue à vapeur fixe dans une trémie-réservoir, rendue nécessaire par suite de la différence de niveau de 9 m. 54 entre le plan d'eau et la voie principale du chemin de fer. La trémie est fermée par une vanne et terminée par un conduit à bec mobile au moyen d'un treuil et parfaitement équilibré. C'est la disposition de ce treuil et l'ouverture automatique des portes des caisses de wagons (système Viala) qui constituent les parties vraiment originales de cette installation. Les portes peuvent également s'ouvrir à la main, sans déplacer les caisses du châssis, de sorte que les wagons à caisses peuvent être employés à d'autres usages. C'est le premier système réunissant les deux modes d'ouverture.

Les wagons sont manœuvrés par rames de 20 au moyen d'un treuil et de deux câbles. Cette installation, qui date de 1886, permet de culbuter deux caisses simultanément et de charger 1,500 tonnes en douze heures.

Les installations où le wagon est basculé en entier au-dessus d'une trémie se sont multipliées dans le Pas-de-Calais.

Les mines de Bruay ont doublé leur installation de culbuteurs hydrauliques du système Fougerat, qui figuraient déjà à l'Exposition de 1878, pour subvenir au développement de leurs expéditions par eau, qui ont passé de 115,000 tonnes en 1878 à 380,000 tonnes en 1888. L'installation, ainsi complétée, aura une puissance d'embarquement de 5,000 tonnes par jour. Cette installation comporte 4 culbuteurs, et le personnel se compose de deux hommes par culbuteur et de deux mécaniciens pour l'ensemble. Ce système exige une force motrice, mais présente l'avantage de ne pas nécessiter des quais de grande hauteur, parce que le mouvement de bascule se produit autour de l'arête antérieure de la plate-forme qui porte le wagon. A Bruay, l'axe de rotation se trouve à 4 m. 40 au-dessus du plan d'eau.

En employant la pesanteur comme force motrice, on réalise une économie, mais, d'autre part, on est obligé d'élever l'axe autour duquel s'effectue la rotation. Ce sys-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tème est employé depuis longtemps au rivage du *charbonnage de la Concorde*, à Jemeppe, et à la *Compagnie des mines d'Anzin*.

L'installation de la Concorde est déjà ancienne ; elle se compose d'une plate-forme qui bascule le wagon d'arrière en avant. Elle est munie d'un frein hydraulique dont l'eau est mélangée de glycérine pour éviter la congélation.

Le basculage latéral, adopté dans toutes les installations françaises, nous paraît préférable, parce qu'il donne une amplitude moindre aux mouvements du wagon, ménage davantage le charbon qui, en partie au moins, est projeté de moins haut, et permet un meilleur aménagement des voies d'accès.

L'installation d'Anzin était exposée en modèle en 1878. Elle était alors à l'état de projet et a été exécutée depuis au rivage de Denain.

La *Compagnie des mines de Béthune* exposait également en 1878 un avant-projet d'installation qui n'a pas eu de suites. C'est en 1883 seulement que cette Compagnie inaugura son rivage de Violaines, dont un modèle figurait à l'Exposition. En principe, le basculeur de Béthune diffère peu de celui d'Anzin. La plate-forme bascule latéralement autour d'un axe excentré de 0 m. 10, en faisant entrer successivement en charge une série de contrepoids maintenus au repos sur des gradins. Ces contrepoids amortissent l'accélération et relèvent le basculeur après le versage. Lorsque le fonds du wagon a atteint l'angle de 35 degrés, sous lequel doit se faire l'écoulement du charbon, le dernier contrepoids fait entrer en charge un poids qui serre un frein. Le wagon est ainsi maintenu immobile pendant toute la durée du versage. Les contrepoids ne peuvent descendre qu'en desserrant ce frein. Pour assurer la douceur du mouvement, malgré le poids variable des wagons et de leur chargement, on a ajouté à l'appareil un frein hydraulique comme modérateur de chute ; le liquide employé dans ce frein est de l'huile pour éviter la congélation. Le charbon est reçu dans une trémie terminée par un bec mobile qui se manœuvre à l'aide d'un treuil placé sur le couronnement du mur de quai. Ce mur a une hauteur de 8 m. 86 au-dessus du plan d'eau.

Un heureux complément de cette installation est le système de touage automatique qui sert aux déplacements du bateau en chargement. Une chaîne sans fin, soutenue contre le mur de quai par des galets, reçoit d'une locomobile un mouvement de translation continu. Cette chaîne passe sur la roue médiane d'un touret de commande situé sous la trémie. Cette roue est à empreintes et reçoit de la chaîne un mouvement de rotation. On peut embrayer avec cette roue l'une ou l'autre de deux poulies latérales folles, sur lesquelles sont enroulés des câbles attachés respectivement à chaque extrémité du bateau. Suivant que l'une ou l'autre de ces poulies est embrayée, le bateau se déplace dans un sens ou dans l'autre. L'embrayage est commandé du haut du mur de quai par l'homme qui manœuvre le bec mobile de la trémie. Les embrayages se faisant par friction, le bateau est entraîné sans choc.

Les culbuteurs du rivage de Violaines sont au nombre de deux. Ils permettent chacun d'embarquer 1,200 tonnes par dix heures, au prix de 0 fr. 02 de main-d'œuvre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La maison Taza-Villain exposait le basculeur qu'elle vient de construire pour la *Société de Marles*. Ce basculeur diffère du précédent en ce que la plate-forme porte en dessous d'elle un contrepoids placé à l'extrémité d'un bras rigide assez long. Ce contrepoids, oscillant autour de l'axe de plate-forme pendant le versage, exerce une résistance croissante par l'augmentation de son bras de levier. Il ramène la plate-forme en place après le versage. Un frein hydraulique complète l'installation.

Les wagons sont munis de portes à ouverture automatique au moyen de verrous qui viennent butter contre un obstacle et font tourner une tringle à mentonnets, lorsque le fonds du wagon a atteint l'inclinaison de 35 degrés. Le charbon est versé dans une trémie calquée sur celles de Lens. Cette trémie emmagasine 10 tonnes; pendant que l'on remonte le wagon vide et qu'on le remplace par un wagon plein, on distribue dans le bateau le charbon emmagasiné dans la trémie.

Le mur de quai a également dans ce système une hauteur de 8 mètres environ au-dessus du plan d'eau.

Les déplacements du bateau s'effectuent au moyen d'un câble métallique sans fin mû par un treuil; le bateau s'attache sur le câble dont il suit tous les mouvements.

En résumé, il ne se dégageait pas de l'Exposition un enseignement définitif en ce qui concerne le chargement des charbons dans les bateaux. On pouvait au contraire y constater que les opinions restent très partagées dans le Nord et le Pas-de-Calais entre les wagons à caisses et les basculeurs. La question se complique d'ailleurs des modifications qui dans l'un et l'autre cas doivent être apportées au matériel ordinaire des chemins de fer et des différents usages auxquels les wagons modifiés doivent servir. Tout au plus peut-on signaler comme perfectionnement la plus grande rapidité des manœuvres obtenue par les fermetures automatiques des portes, par les manœuvres des wagons au moyen de câbles et par le déplacement des bateaux au moyen d'appareils de touage.

Les chargements de minerais étaient représentés par le modèle d'un des embarcadères de la *Société franco-belge des mines de Somorrostro* sur le Nervion. Ce modèle reproduit les dispositions de la plupart des embarcadères situés en aval de Bilbao. C'est le *spout* des ports anglais avec wagons à fond mobile se déchargeant dans des couloirs dont l'inclinaison peut être réglée suivant le niveau de la marée.

Les manœuvres des wagons se font automatiquement au moyen de pentes qui amènent les wagons pleins au-dessus des couloirs et de contrepentes qui ramènent les wagons vides sur une voie latérale.

La Société possède trois embarcadères semblables qui ont chacun une puissance d'embarquement de 2,000 tonnes par jour. Cette puissance est beaucoup plus grande que celle des appareils du Pas-de-Calais; cette différence s'explique parce que le minerai de fer permet d'opérer les chargements avec une brutalité qui serait très nuisible à la conservation du charbon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XII. ÉPUISEMENT.

Il est rare que, dans l'art des mines, on puisse prendre des mesures préventives contre l'envahissement des travaux par les eaux superficielles. L'Exposition en montrait cependant un bel exemple : l'épuisement de la *Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy* a été réduit de 5 mètres cubes d'eau par tonne de charbon extrait à 3 mètres cubes, par la déviation de l'Ondaine et la canalisation de l'Échapre et du Pêchier. L'Ondaine passait au-dessus de la *Grande couche du ban*, à une faible distance de l'affleurement qui a dans cet endroit une puissance de 20 à 30 mètres. On avait en conséquence ménagé dans cette couche un massif de protection de 100 mètres, qui à la longue s'était montré insuffisant pour empêcher les infiltrations. Pour réduire la venue d'eau et permettre l'exploitation de l'amont pendage, on prit le parti de dévier l'Ondaine, en rejetant cette rivière autant que possible au mur de l'affleurement. Cette dérivation a été exécutée sur 700 mètres avec une largeur de 10 mètres au plafond. On a fait à la rivière un lit aussi imperméable que possible, sur une couche d'argile comme fond, avec des corrois d'argile latéraux maintenus par des perrés.

Entre autres travaux d'art nécessités par cette dérivation, il a fallu construire un pont sous un remblai de chemin de fer de 15 mètres de hauteur; ce qui s'est fait en traversant ce remblai par des galeries souterraines boisées dans lesquelles on a construit les culées et les piles au nombre de trois. On a ensuite déblayé les travées et posé sur les pieds-droits des poutres double T avec garnissage de béton.

On a également canalisé l'Échapre et le Pêchier, deux ruisseaux qui passaient sur les affleurements de plusieurs couches. L'Échapre y disparaissait entièrement. On lui a fait un lit artificiel imperméable sur 1,120 mètres, au moyen d'une couche de béton revêtue extérieurement d'argile pilonnée entre deux murs.

Le Pêchier a été canalisé sur 900 mètres. Ce sont là de grands travaux, mais le résultat obtenu les justifie entièrement.

Depuis l'Exposition de 1878, les machines d'épuisement souterraines à volant ont pris une place de plus en plus marquée dans le matériel des mines. Employées depuis longtemps en Angleterre pour des profondeurs moyennes et de petites quantités d'eau, elles n'ont pas tardé à s'implanter sur le continent; à la suite d'expériences faites d'abord avec timidité, elles remplacent aujourd'hui les moteurs d'épuisement établis à la surface, même pour les grandes profondeurs et les grands épuisements. L'exposition de la *Compagnie des mines d'Anzin* exprimait ce fait en mettant en parallèle la machine de Newcomen qu'elle employait en 1789 et la machine compound souterraine qu'elle considère comme le type du progrès en 1889.

La vogue de la machine à maîtresse tige et à rotation, qui était le type préféré en 1878, n'a pas été longue. On n'a pas tardé à s'apercevoir des inconvénients que ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machines présentent, dès que l'on est obligé de dépasser une certaine vitesse, indépendamment de leur prix très élevé, quand elles s'appliquent à des épuisements considérables.

Les fréquentes ruptures des maîtresses tiges de ces machines peuvent être attribuées à l'influence de l'élasticité du métal qui engendre des mouvements vibratoires et des tensions exagérées, influence qui ne pourrait être combattue qu'en augmentant le poids de ces maîtresses tiges, ce qui conduirait à une nouvelle élévation du prix de ces machines [1].

On ne doit donc pas s'étonner si dans de nombreuses circonstances les exploitants renoncent à installer des machines rotatives à maîtresse tige pour adopter les machines souterraines ou pour compléter d'anciennes machines à traction directe par des organes qui permettent de leur faire exécuter un plus grand travail.

C'est ce qu'exprime dans les termes suivants la *Compagnie de Montrambert et de la Béraudière*, dans une brochure publiée à l'occasion de l'Exposition, en parlant de la transformation de la machine d'épuisement du puits de l'Ondaine, nécessitée par un approfondissement de 100 mètres : « Remplacer la machine actuelle par le système plus rationnel de machine à double effet, à volant et à grande détente, était une dépense d'environ un demi-million. Ce changement a paru prématuré d'autant plus que la machine d'épuisement était en bon état. »

C'était une machine à balancier du système dit *de Cornouailles*. Les conditions de marche de cette machine ont été améliorées par l'application du balancier de contrepoids proposé en 1878 par M. Rossigneux [2], dont un modèle était exposé par la Société de Montrambert.

Au lieu de tourner sur un tourillon, ce balancier roule sur une table par une courbe, de telle sorte que le rapport des bras de leviers de la maîtresse tige et du contrepoids varie à chaque instant. Il en est de même du moment du poids libre de la maîtresse tige. On obtient ainsi les mêmes effets que par l'emploi des appareils dits *régénérateurs de force*. Ces appareils avaient été imaginés, dans le principe, dans le but de vaincre une prétendue surpression des soupapes de refoulement dont les expériences faites sur les pompes du puits de l'Ondaine ont une fois de plus démontré l'absence complète. Leur rôle est aujourd'hui bien défini : il consiste simplement à augmenter la vitesse de la maîtresse tige sans augmenter l'excès de poids de celle-ci, ni obliger à détruire le travail de cet excédent par l'étranglement de la soupape d'émission. Le balancier de M. Rossigneux réalise ces conditions de la manière la plus simple.

Le type le plus parfait de la machine rotative à maîtresse tige est la machine Guinotte, dont le modèle du siège n° 5 de Bascoup montrait l'application. Ce type date

[1] Voir *Influence de l'élasticité du métal sur la fatigue de la maîtresse tige dans les machines d'épuisement à rotation*, par MM. H. Dechamps et J. Henrotte, dans la *Revue universelle des mines*, 3e série, t. V.

[2] *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 2e série, t. VII.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déjà de 1873, époque où M. L. Guinotte, administrateur-directeur général des Sociétés de Mariemont et de Bascoup, présentait à l'Exposition de Vienne une étude démontrant les avantages de la machine rotative à un seul cylindre sur le moteur de Woolf, appliqué dans le principe aux machines à rotation, à l'exemple des machines à traction directe et à grande détente [1]. M. Guinotte est arrivé à poser ce principe : « La meilleure machine est celle qui, toutes choses égales d'ailleurs et pour une même vitesse moyenne, assure la plus faible vitesse aux points morts », ce qui conduit à cette conclusion en apparence paradoxale, que la meilleure machine d'épuisement est la plus irrégulière.

Ce principe a été reconnu parfaitement correct et l'on n'a plus construit de machines rotatives Woolf ou compound, à maîtresse tige, que pour des épuisements très considérables où il y a intérêt de réduire les masses et la membrure de la machine à leur strict minimum.

La disposition verticale a généralement prévalu en Belgique.

Dans l'exposition de la *Société de Marcinelle et Couillet* figuraient cependant les plans d'une machine horizontale à maîtresse tige et à rotation, installée en 1883 aux *charbonnages de Noël-Sart-Culpart*, à Gilly (Belgique). Cette machine est à un cylindre. Elle se trouve placée à plus de 10 mètres du puits, ce qui la met à l'abri, dans une certaine mesure, des mouvements éventuels du sol. C'est en général la principale raison qui milite en faveur de l'établissement des machines d'épuisement horizontales.

La *Société des houillères de Saint-Étienne* exposait les plans de la machine d'épuisement horizontale du puits du Chêne, moteur à deux cylindres égaux actionnant par engrenages deux maîtresses tiges en fer double T avec pompes foulantes à plongeur renversé.

Ces pompes refoulent l'eau dans une même colonne ascensionnelle avec réservoirs d'air sur chaque jet.

Cette machine, établie en 1874, a donné des résultats tellement satisfaisants que la Société a résolu de reproduire ses dispositions dans la nouvelle machine d'épuisement qu'elle va installer au puits *Verpilleux*. Cette machine est destinée à remplacer une machine souterraine qui refoulait d'un seul jet de 175 mètres après une aspiration de 25 mètres. Cette machine souterraine aurait donné de mauvais résultats au point de vue du prix de revient.

C'est la seule note défavorable aux machines souterraines que nous ayons recueillie à l'Exposition. Comme nous l'avons dit, Anzin donne aujourd'hui la préférence aux machines souterraines compound, construites par MM. Dubois, à Anzin, ou Maillet, à Lille, pour des refoulements de 400 à 500 mètres; Bruay les emploie à la profondeur de 360 mètres; Salles et Montalet (Compagnie de Mokta) à 300 mètres. En Belgique, il en existe à la Louvière qui refoulent d'un jet à 576 mètres. Les détails de

[1] Voir notre Rapport sur l'exposition de Vienne de 1873, *Revue universelle des mines*, 2e série, t. III.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

construction de ces machines souterraines ne présentent pas grande particularité : à Anzin, le réservoir d'air, destiné à amortir les coups de bélier qui peuvent se produire à la fin de la course, est remplacé par des ressorts qui dispensent de l'alimentation du réservoir. A Salles et Montalet, les soupapes de la machine construite par la Société Cockerill, à Seraing, sont *gouvernées* (système Riedler). Ces machines souterraines font de 30 à 50 tours par minute.

Pour les petits épuisements, on emploie fréquemment les pompes sans volant, dont le type le plus perfectionné est aujourd'hui le système Worthington, puisqu'il permet l'emploi de la détente. A Liévin et à Dourges, des pompes sans volant sont employées avec de petits moteurs à air comprimé. Lens emploie de même des pompes à air comprimé avec injection d'eau prise sur la colonne de refoulement pour éviter la congélation. La pompe Tangye continue également à jouir d'une vogue déjà ancienne que les heureuses modifications introduites dans son système de distribution par la maison Pinette, de Chalon-sur-Saône, ne contribueront pas à amoindrir.

Parmi les pompes exposées, nous citerons quelques types qui présentent un intérêt spécial au point de vue des mines. Ce sont en premier lieu les pompes de M. Letestu, à Paris, dont les soupapes à ouvertures multiples sont spécialement appréciées dans les travaux d'avaleresse; ce sont encore les pulsomètres exposés par MM. Cuau aîné et Cie, à Paris, et par M. L. Baume, à Boulogne-sur-Seine, qui peuvent rendre de grands services dans les travaux d'approfondissement de puits. M. Cuau exposait de plus un éjecteur basé sur la théorie de M. de Romilly.

La *Société de Liévin* utilise dans des conditions analogues un élévateur Kœrting fonctionnant par l'eau sous pression pour refouler les eaux du puits n° 2, arrêté provisoirement aux puits n° 1 et n° 5 pourvus de moyens d'épuisement insuffisants. La force motrice provient des fuites du cuvelage recueillies dans un réservoir. On obtient ainsi un effet utile très faible, mais au moyen d'installations très simples, peu coûteuses et ne demandant pour ainsi dire pas d'entretien.

M. Hanarte, de Mons, exposait les dessins d'une pompe caractérisée par des accroissements de section en forme de tuyères paraboliques, en tous les points où la vitesse du liquide tend à augmenter brusquement, comme par exemple au passage des soupapes d'aspiration et de refoulement. De même à la crépine d'aspiration, M. Hanarte emploie une tuyère convergente dans laquelle l'eau à aspirer prend peu à peu sa vitesse normale. Des expériences faites au Grand-Hornu sur cette pompe ont permis de marcher sans choc ni coup de bélier à l'énorme vitesse de 300 tours par minute.

Parmi les pompes présentant des dispositions originales, il faut encore citer la pompe hélico-centrifuge de MM. Maginot et Pinette.

Cet instrument est destiné à remplacer les pompes centrifuges dans leurs principales applications.

Dans ce système un propulseur à noyau conique portant des lames directrices hélicoïdales remplace la roue à ailettes des pompes centrifuges. Ce noyau tourne dans une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

enveloppe conique et refoule l'eau dans une gorge annulaire en spirale qui conduit au tuyau ascenseur. L'action du propulseur s'ajoute à celle de la force centrifuge, de manière à arriver à des rendements plus élevés. C'est ce qui a fait adopter cette pompe dans la marine. Dans l'industrie charbonnière, elle est employée à Blanzy et à Épinac pour faire circuler l'eau des lavoirs à charbon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3E SECTION

PRÉPARATION ET AGGLOMÉRATION DES CHARBONS

RAPPORT

PAR

M. G. PETITJEAN

INGÉNIEUR CIVIL

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRÉPARATION ET AGGLOMÉRATION DES CHARBONS.

I. CRIBLAGE, TRIAGE ET LAVAGE.

Criblage et triage *de la fosse Lagrange de la Compagnie des mines d'Anzin.* — Le modèle en relief de la fosse Lagrange à l'échelle de 1/50 comprenait toutes les installations nécessaires au service de ce puissant orifice d'extraction.

Appelée à faire 1,000 tonnes par jour, il a fallu établir un criblage et un triage en rapport avec cette énorme production. C'est dans ce but que tous les appareils les plus perfectionnés y ont été réunis. C'est ainsi que, par exemple, des culbuteurs doubles ont été installés.

Deux berlines entrent par bout et ensemble dans le culbuteur à versement latéral. La partie mobile ou cage qui les reçoit est formée de trois disques circulaires en fonte reliés entre eux par des armatures. Elle repose sur six galets répartis par moitié sur deux arbres en fer. Trois galets, dits *à friction,* servent à l'entraînement et trois au guidage seulement. Leur joue porte une saillie qui, en pénétrant dans la rainure des disques au fond desquels ils sont placés, empêche tout mouvement longitudinal du système.

L'arbre qui réunit les galets porte à son extrémité une roue d'engrenage, laquelle engrène avec un pignon calé sur l'arbre moteur; ce dernier est lui-même commandé, à raison de 25 tours par minute, par une poulie à gorge qui reçoit son mouvement d'un arbre moteur qui fait 50 tours dans le même temps.

Un manchon de désembrayage est placé entre cette poulie à gorge et le pignon de commande.

Un levier vertical, combiné, placé à la portée de l'homme préposé à la manœuvre du culbuteur, commande le manchon de désembrayage.

Quand le culbuteur est au repos, le levier a son mentonnet latéral dégagé du logement correspondant ménagé dans la jante de l'un des disques de l'une des extrémités du châssis mobile. Pour faire la manœuvre, l'ouvrier, après avoir poussé les deux berlines dans le culbuteur, pousse le levier en avant dans le sens longitudinal. Ce mouvement, en même temps qu'il engage le mentonnet dans son logement, embraye le manchon, et le mouvement du culbuteur commence.

Après deux tours, le manchon est de nouveau désembrayé par le mouvement en arrière du levier, et par conséquent le culbuteur est revenu au repos.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette disposition, qui permet un très bon fonctionnement de l'appareil et qui est simple, nécessite la condition qu'il n'y ait jamais de charbon accumulé au-dessous des culbuteurs de manière à arrêter son mouvement de rotation.

Lavage. — Comme les charbons menus sont très poussiéreux, et qu'ils ne sont pas très sales, on a voulu éviter les pertes en schlamms dues au lavage. Il n'y a que les grains de 10 à 50 millimètres qui soient lavés ou non dans des bacs à piston du système Luhrig et Coppée. Tout ce qui est au-dessous de 10 millimètres n'est pas lavé et sert, avec des grains lavés à une très basse teneur en cendres, à faire telle ou telle composition de charbon pour coke ou agglomérés. Tel est le principe actuellement adopté.

Triage mécanique *de la Compagnie des mines d'Aniche aux fosses Saint-Louis et l'Archevêque*. — Les deux installations de triage mécanique de ces fosses sont identiques et caractérisées par le triage sur toiles sans fin.

Ce système a pour principal objectif la facilité dans le nettoyage du charbon par sa séparation en différentes grosseurs, en améliorant chacune d'elles par la disparition du poussier et rendant possible la reconstitution du tout-venant, ou certains mélanges, de telles ou telles grosseurs demandées par le commerce.

L'installation consiste en un crible à barreaux mobiles et une table à secousses à tôles perforées correspondant à chaque catégorie à produire. Cinq toiles sans fin reçoivent les différentes grosseurs. Une seule est perpendiculaire aux autres pour permettre la reconstitution du tout-venant.

Un culbuteur à rotation latérale arrête les berlines sortant du puits sur la grille mobile.

Un moteur à vapeur met en mouvement tout le système par des courroies et engrenages.

Culbuteur. — A un mouvement ralenti par un embrayage. La berline entre par un bout du culbuteur, construit très économiquement, et ressort par l'autre.

Grille Briart. — Des barreaux fixes et mobiles alternent entre eux. Ceux mobiles ont un mouvement ellipsoïdal, de telle sorte que ces barreaux soient au-dessus de la grille fixe dans leur mouvement en avant, et au-dessous pendant leur mouvement en arrière. Les translations sont fournies par des excentriques à mouvements combinés. L'écartement des barreaux est de 0 m. 018.

Table à secousses. — La table à secousses est au-dessous de la grille, et une trémie en tôle conduit les produits qui l'ont traversée sur cette table. Cette dernière divise les houilles en trois catégories, au moyen de deux tôles perforées : l'une à trous de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

30 millimètres de diamètre ; l'autre à trous de 10 millimètres. Elles sont superposées. Ces tôles ont 1 m. 25 × 2 mètres et 2 m. 60 de longueur. Quatre bielles supportées par deux excentriques les actionnent à raison de 120 révolutions par minute de leur arbre. La course des excentriques est de 0 m. 140 et l'inclinaison de la table est de 23 p. 100.

Toiles sans fin. — Elles sont composées de godets plats en tôle, avec bords légèrement relevés, assemblées sur des maillons en fer forgé. Les tambours sur lesquels elles s'enroulent sont hexagonaux et à empreintes pour le passage des boulons. C'est le tambour d'avant qui reçoit le mouvement; celui d'arrière a son montage sur glissière, ce qui permet de tendre ou de distendre la toile.

Après divers essais de toiles sans fin, en textiles, on a adopté définitivement les toiles métalliques, le coût par mètre n'étant pas plus élevé et leur durée beaucoup plus longue.

Le triage mécanique placé à 4 mètres au-dessus du sol est desservi par quatre voies ferrées parallèles, dont trois sont recouvertes par le plancher.

Tout le mouvement de ces wagons se fait par la gravité, les voies ayant une pente de 0 m. 008 par mètre.

Tous les produits classés et triés sont conduits dans les wagons d'expédition, avec tous les ménagements possibles pour éviter le bris, sauf pour le menu.

Les pierres sont triées sur la toile des gailletteries, sur celle des gaillettins et sur la toile de reconstitution dans le cas où l'on veut faire du tout-venant.

La puissance de l'atelier de criblage ci-dessus décrit est de 50 tonnes à l'heure.

Atelier de criblage et de triage *de la Compagnie des mines de l'Escarpelle* (Nord). — Chaque siège d'extraction de cette Compagnie a un atelier de criblage, et ils sont au nombre de cinq pour 500,000 tonnes.

Dans chaque atelier de criblage, tout ce qui est au-dessus de 25 millimètres de grosseur obtenu sur tôles à trous ronds, ou de 15 millimètres sur barreaux parallèles, constitue les qualités directement livrables au commerce.

Tout ce qui est au-dessous et qui forme 0.60 à 0.65 p. 100 de l'extraction totale va à un atelier central qui, situé sur le canal de la Deule, occupe le centre d'un triangle équilatéral formé par les fosses 2, 3 et 5.

Lavoir *de la Compagnie des mines de l'Escarpelle* (Nord). — Le charbon des fosses, criblé au-dessous de 25 millimètres de grosseur sur trous ronds, et de 15 millimètres sur barreaux parallèles, est amené à un atelier central situé sur le canal de la Deule.

Il se compose d'un lavoir Luhrig et Coppée, capable de laver 550 à 600 tonnes par jour.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au moyen d'une vis sans fin, on fait, avant le lavage, un mélange des charbons bruts demi-gras et maigres.

Dourges (Pas-de-Calais). — La Compagnie de Dourges a fait établir récemment près de ses fours à cokes un lavoir à menu du système Luhrig et Coppée, si souvent employé et décrit. Il alimente une batterie de 40 fours et reçoit le menu obtenu par le criblage fait sur chaque fosse.

Criblage *de la Société des mines de Liévin.* — De puissants moyens de criblages sont établis sur chaque siège d'extraction :

Séparation du gros d'abord et subdivision de tous les produits, de manière à pouvoir les nettoyer à la main avec la facilité de reconstituer à volonté le tout-venant ou de faire telle ou telle composition.

Sur certaines fosses, on sépare le gros et le poussier avant le nettoyage.

Le gros est séparé par une grille Briart, puis le charbon tombe sur des appareils de décomposition : table à secousse double formée d'une tôle supérieure à trous ronds de 50 millimètres de diamètre, une tôle inférieure à trous ronds de 18 millimètres. Le refus de la table supérieure forme la gailletterie; le refus de la seconde, le gaillettin. Les deux produits sont reçus sur des tables de nettoyage séparées; les fines ne sont pas nettoyées.

Ce système permet de faire cinq catégories et aussi d'obtenir différents tout-venants jusqu'à concurrence de dix produits différents comme composition.

Le culbuteur est latéral et les tables de nettoyage, dont la largeur varie de 0 m. 50 à 1 mètre, suivant le débit à atteindre, sont en aloès. Ces toiles, qui ont 0 m. 02 d'épaisseur et pèsent 14 kilogrammes le mètre carré, durent deux à trois années.

Les wagons sont pesés avant et après leur passage sous le criblage.

Criblage, triage et lavage *de la Société de Vicoigne et Nœux.* — Cette grande Compagnie a sur chaque puits des ateliers de criblage et de triage qui, dotés des moyens de classement les plus perfectionnés, lui permettent d'opérer toutes les classifications et compositions réclamées par le commerce.

Comme elle a à fabriquer du coke et des agglomérés en grande quantité, elle envoie tous les menus propres à ces deux transformations aux grands ateliers de lavage et de criblage 1 et 2. La puissance de ces ateliers est très considérable, puisqu'ils permettent de traiter 700,000 tonnes sur 1,200,000 extraites, soit à peu près les trois cinquièmes.

Cette quantité lavée se décompose à peu près comme suit :

Grains	500,000 tonnes
Menu transformé en briquettes	120,000
Menu transformé en coke	75,000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est 1,000 tonnes par jour que l'on peut élaborer dans chacun des ateliers 1 et 2. Ils sont du système Luhrig et Coppée, ont toute leur charpente en fer et sont parfaitement éclairés par les côtés latéraux et la toiture.

Toutes les manutentions de wagons se font par la gravité. Une seule locomotive amène les wagons sur le point culminant, et une série de voies, partant de là, permet, par des pentes bien ménagées, d'amener à la main les wagons où ils doivent recevoir leur chargement.

Chaque appareil peut être desservi par dix à douze hommes, suivant l'état des voies. On lave nuit et jour avec éclairage électrique la nuit.

Le coût du lavage par tonne de pareilles quantités est très bas.

A la suite des ateliers de lavage sont des fours à coke horizontaux et une fabrique d'agglomérés importante employant les machines Biérix.

Criblage et triage *de la Compagnie des mines de Bruay* (Pas-de-Calais). — Chaque puits d'extraction de cette concession est muni d'une installation de criblage et de triage mécanique très puissante et capable de passer 1,000 à 1,200 tonnes par jour.

Toutes les classifications demandées par le commerce y sont faites et mises en wagon avec le plus grand soin. A la suite de cet atelier se trouve un dépôt couvert pour permettre d'y entasser 20,000 tonnes de charbon, afin d'assurer sa conservation.

Une voie centrale relie l'atelier de criblage à ce dépôt. Elle est placée sur des chevalets en fer. A sa droite et à sa gauche sont 2 grands ponts roulants de 20 mètres de longueur, portant chacun des culbuteurs. La disposition est nouvelle et permet de faire ces grands dépôts avec le minimum de frais.

Atelier central. — En plus de ces ateliers placés près de l'orifice de chaque fosse d'extraction, il existe un atelier central relié à toutes les fosses d'une part, au rivage de l'autre et aussi à la voie qui aboutit au chemin de fer du Nord. Il ne traite que les charbons inférieurs à 0 m. 04. Il a été installé en 1886 et produit des têtes de moineaux, du grain et du poussier. Ce dernier est transporté automatiquement à une fabrique d'agglomérés. Des machines du système Dupuy y produisent d'une manière satisfaisante 35 à 40 tonnes par jour de briquettes de 5 kilogrammes, pleines, pour l'industrie, ou de 1 kilogramme et demi, perforées, pour le chauffage domestique.

Cet atelier central qui peut traiter 250 tonnes par jour, et où les grands wagons arrivent des fosses, est desservi par un culbuteur hydraulique du système de M. Fougerat, ingénieur en chef des travaux du jour de la Compagnie. Il permet de décharger, dans la fosse de la noria, 25 à 30 wagons par jour presque sans main-d'œuvre (deux gamins seulement).

Compagnie de Portes et Sénéchas. — Cette Compagnie sépare les pérats ou mottes dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la mine ; puis les ateliers de criblage opèrent la séparation et divisent les produits en cinq classes.

Deux ateliers de lavage achèvent la préparation des charbons, dont les menus vont en forte proportion à l'agglomération.

Compagnie de Rochebelle. — Cette Compagnie, ayant affaire à des charbons de pureté très variable et donnant beaucoup de menus, prend des soins très soutenus pour effectuer un classement dans la mine, en charbon propre et en charbon sale. Elle crible ce dernier à un atelier central situé sur le chemin de fer de Paris à Nîmes, à Tamaris, et lave ces menus dans des bacs à feldspath, pour les transformer en grande partie en agglomérés.

Ateliers de triage *de la Société des charbonnages de Bascoup et Mariemont.* — L'exposition des modèles des installations du siège de la fosse n° 5, à Trazegnies, comprend un atelier de triage dont une grille à cinq classements fonctionnant.

Décrire ce modèle, c'est décrire à peu près tous les ateliers établis par la Compagnie. Ils ne diffèrent entre eux que par quelques particularités.

Un vaste bâtiment rectangulaire avec charpente en fer abrite les appareils. Il comprend trois niveaux : le sol ou niveau du chemin de fer et des bascules; le niveau moyen ou niveau des appareils de triage et du chargement ; enfin le niveau supérieur où arrivent les berlines à culbuter. Tout est symétrique par rapport à l'axe longitudinal du bâtiment et les appareils de classement sont établis à droite et à gauche de cet axe.

Le traînage mécanique amène les wagons de la mine sur une grande plate-forme dite *de réception*. Là, ils sont dirigés sur un faisceau de voies parallèles occupant le centre du bâtiment. A chacune d'elles correspond un culbuteur à renversement latéral. Ce dernier appareil a été décrit à propos des installations de triage de la fosse Lagrange, d'Anzin.

Les charbons, ainsi culbutés, tombent sur des grilles à table tournante sur lesquelles le charbon subit un premier nettoyage. Elles donnent : l'une le menu gaillettin destiné aux chaudières, et l'autre, celui destiné à la vente.

Le gros glisse sur une trémie à pente douce qui le conduit au quai ou dans le wagon d'expédition.

Au-dessous de ces tables sont deux appareils à cinq classements qui ne sont autres que des grilles A. Briart, superposées, à barreaux parallèles, les uns fixes et les autres mobiles, dont l'écartement est variable à volonté. Il suffit pour obtenir ce résultat de tourner à la main une manivelle sans arrêter l'appareil. C'est donc comme si l'on avait des grilles multiples pour satisfaire à toutes les exigences du commerce. Des expériences ont amené à conclure que les grilles mécaniques donnaient 4.75 p. 100 de plus que les grilles à la main, en gaillettes et gailletteries.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les menus à laver sont relevés par une chaîne à godets qui les emmagasine dans une tour.

Tous les produits classés et triés destinés au commerce sont dirigés avec ménagements dans les grands wagons qui reposent eux-mêmes sur des ponts-bascules; on peut donc avoir, sans manœuvrage, le poids avant et après le chargement.

Chacun de ces appareils peut classer 1,200 tonnes en dix heures.

Lavage. — Le lavoir employé est du système Luhrig et Coppée, au feldspath.

On a vu que les menus destinés au lavage étaient relevés par une chaîne à godets dans une tour servant de dépôt. Ils sont retirés de là pour tomber sur une grille à secousses en tôle perforée ou déversés directement par une chaîne sur cette même grille.

Cette grille à secousses subdivise le charbon en poussier de 0 à 5 millimètres, en grains de 5 à 11, de 11 à 16 et de 16 à 25 millimètres. Chacune de ces grosseurs est lavée séparément; les deux premières dans les bacs au feldspath, les deux dernières dans les bacs ordinaires dits *à grenailles*.

Les grains de 5 à 11 millimètres et tous ceux qui sont au-dessus peuvent être réunis au besoin après lavage.

La puissance de cette installation est naturellement en harmonie avec celle de l'atelier de criblage; aussi est-elle de 400 tonnes en dix heures.

Société des agglomérés de Châtelineau. — Cette Société fondée en 1874 a pour but :

1° La fabrication et la vente des briquettes de charbons de terre;

2° La distillation des goudrons de houille et produits dérivés;

3° Le commerce du charbon.

L'usine comprend tous les appareils de distillation des goudrons et du traitement de ses sous-produits. Cette dernière est inactive actuellement.

Elle possède un atelier de criblage et de triage des charbons, et trois fabrications d'agglomérés de houille.

Les charbons destinés à cette fabrication sont criblés avant l'agglomération; on obtient :

Le poussier de 0 à 7 millimètres;

Les grains de 7 à 18, de 18 à 30 et de 30 à 43 millimètres.

La poussière de 0 à 7 est ensuite décomposée en une partie de 0 à 1 qui n'est pas lavée.

Le reste, de 1 à 7, est classé sur des tamis à secousses avec un courant d'eau : en grains de 2 à 3, de 3 à 5 et de 5 à 7. Ces divisions sont lavées au lavoir à feldspath. Enfin, les grains de 7 à 18, de 18 à 30 et de 30 à 43 sont lavés dans des lavoirs à courant d'eau, puis emmagasinés séparément.

Neuf échantillons classés avec leur teneur en cendres variant de 2.10 à 5.60 étaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exposés. A côté de ces produits étaient les schistes à 71 p. 100 de cendres provenant du lavage des grosseurs ci-dessus.

Criblage de MM. Seibel et Bernard, àCransac (Aveyron). — Ces Messieurs ont exposé un crible à charbon à double mouvement horizontal et vertical destiné à augmenter la puissance de criblage de ce genre d'appareils. Il passe de 150 à 500 tonnes en dix heures suivant les dimensions et le nombre de catégories à produire. Cet appareil fonctionne déjà dans plusieurs mines de France et à l'étranger.

Les inventeurs prétendent que :

1° Les chocs sont supprimés;

2° Les différents classements sont faits d'une manière parfaite;

3° L'appareil demande peu de place en surface horizontale et peu de force.

Transporteur-cribleur. — Leur exposition comportait aussi un transporteur-cribleur.

C'est un crible à barreaux interrompus par des arbres animés d'un mouvement de rotation par l'intermédiaires d'engrenages coniques.

Il semblerait présenter les avantages suivants pour la séparation de la gailletterie et de la grosse houille :

1° De supprimer la main-d'œuvre;

2° De supprimer le bris;

3° De classer d'une façon parfaite;

4° De demander très peu de hauteur pour son emplacement.

LAVOIRS À CHARBON.

M. Pinette. Lavoir Lemierre. — Il est appelé « lavoir à valve de fond et par entraînement ». Il convient surtout pour les charbons très sales.

Son caractère principal est constitué par des barrages en tôle placés à différentes hauteurs sur toute la largeur de la toile et décroissantes au fur et à mesure qu'on s'éloigne des points d'arrivée du charbon. Le nombre de ces barrages est égal au nombre des classifications qu'on veut obtenir. — En arrière d'eux se trouve un vide d'environ 0 m. 25 de largeur existant aussi sur toute la longueur transversale de la toile. Ce vide est recouvert par une toile de même maille que celle qui constitue la table de lavage, mais elle est articulée sur toute la largeur.

Chaque coup de piston soulève donc cette toile qui est abaissée dans le mouvement descendant du piston et qui s'ouvre au contraire dans le mouvement ascendant; c'est alors que peuvent passer dans les compartiments, à partir de l'arrivée des charbons bruts :

1° Le schiste; 2° le charbon très barré; 3° le charbon moins barré; 4° le charbon lavé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chacun de ces produits se rend dans des compartiments séparés et est enlevé à la manière ordinaire.

Ce lavoir semble être d'une très grande simplicité, peut laver des charbons moins bien classés, tient peu de place et a une grande puissance.

Lavoir à palettes de M. Max Évrard. — Cet inventeur a exposé un petit modèle au dixième de son lavoir à charbon, dit *lavoir à palettes*. Il consiste :

1° Dans l'entraînement mécanique sur toute la longueur de la table de la couche de la matière traitée;

2° Dans la division de la table de lavage en autant de compartiments que l'on veut obtenir de qualités différentes;

3° Dans une action graduée du pistonnage, différente pour chacun des compartiments, en l'appropriant à la densité des grains qu'ils comprennent.

Le passage de l'eau à travers la grille, percée de trous à des diamètres différents, est obtenu par un piston agissant sur la nappe liquide par l'intermédiaire d'un matelas d'air.

Le piston est équilibré par un contrepoids. Il agit sur toute la surface de l'eau du compartiment par la compression de l'air qui s'y trouve renfermé. Il a une course qu'on peut rendre variable pour chaque nature de charbon. Une pression de 1 à 0.02 d'atmosphère est nécessaire pour produire 0 m. 10 à 0 m. 20 de différence de niveau de l'eau dans les deux compartiments. Un distributeur à palettes règle l'arrivée du charbon à laver sur la table, divisée en deux compartiments lorsqu'il s'agit seulement de séparer le charbon pur du charbon barré et des pierres. — Les schistes et les pierres sont extraits latéralement à la table à la manière ordinaire.

Les boues sont rassemblées à la partie inférieure de la bâche conique placée au-dessous de la grille ou table de lavage.

Le charbon pur est poussé sur un plan incliné par les palettes les plus élevées. Elles ont deux mouvements: l'un vertical et l'autre de translation horizontale de 0 m. 50. On voit donc que pour faire parcourir au charbon 3 mètres, longueur de la table, il faut qu'il soit repris six fois. — Pendant ce parcours il reçoit de 45 à 50 coups de piston à la minute suivant la nature du charbon. Dans ces conditions et avec une table de 1 mètre de largeur la production de l'appareil est de 9 tonnes par heure.

D'après l'inventeur, ce lavoir aurait le grand avantage de pouvoir laver des charbons criblés jusqu'à 0 m. 050, et toute autre matière, comme des alluvions aurifères par exemple. Il est d'un agencement simple, tenant peu de place et d'un prix relativement peu élevé.

Société des forges de Châtillon-Commentry. Lavoir J. Guilhaumat. — M. J. Guilhaumat a exposé un modèle au dixième de son lavoir continu automatique à grilles filtrantes, imaginé par lui en 1880, et qu'il a fait fonctionner sous les yeux du jury. C'est un lavoir à piston qui présente les particularités suivantes :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Piston très lourd, bien ajusté dans sa bâche et mû par une came dont le profil est tel que la levée est lente et la retombée rapide avec un petit temps d'arrêt entre les deux mouvements. Le fond du bac est formé par une grille à barreaux parallèles au lieu d'une toile métallique comme d'ordinaire; elle est inclinée légèrement d'avant à l'arrière. La grille dite *filtrante* est la couche de schistes constituée avant la première opération de lavage et un peu plus grosse que l'écartement de 0 m. 025 des barreaux. Cette épaisseur de schistes formant grille est maintenue constante par l'arrivée intermittente du charbon brut dans le bac et la sortie constante aussi du schiste.

Trois vannes disposées sur un des côtés du lavoir servent à la sortie des boues, des schistes et des charbons barrés.

Le charbon brut amené dans une trémie arrive dans le bac par une vanne qui s'ouvre et se ferme automatiquement. Les schistes sortant sur le côté du lavoir se meuvent transversalement; les barres qui constituent la deuxième couche au-dessus de la couche filtrante marchent ainsi que le charbon dans le même sens, c'est-à-dire de l'arrière à l'avant.

Le charbon s'écoule sur un petit plan incliné dans la bâche d'avant où puise une chaîne à godets, pendant que les barrés passant au-dessous se rendent dans une trémie spéciale.

Le piston se meut avec une vitesse de 50 à 55 coups par minute; sa course est de 0 m. 22.

Le charbon à laver est classé de 0 à 25 millimètres et de 25 millimètres à 30 millimètres, grosseurs qu'on lave séparément.

Dans ces conditions, un bac ayant 1 m. 30 × 1 m. 30 de surface, le charbon brut de 0 à 25 millimètres, les cendres de 20 à 30 p. 100 et la chute du piston 0 m. 08, on peut laver 40,000 à 50,000 kilogrammes par dix heures, et 80 à 90 tonnes dans le même temps avec deux bacs, nombre qui constitue un appareil.

Avec une chute de piston de 0 m. 12, on peut laver, d'après l'auteur, 140,000 à 150,000 kilogrammes en dix heures avec deux bacs.

L'inventeur prétend qu'on enlève 50 p. 100 de la teneur en cendres du brut avec 17 p. 100 de déchets en schistes et en sable; il ne perd pas de schlamms et économise ainsi 7 à 12 p. 100 de poussières charbonneuses qu'on perd ordinairement; c'est là, dit-il, un grand avantage quand on a affaire à des charbons très menus.

Appareil de criblage de M. Sottiaux (A.-J.) ou épurateur à sec. — M. Sottiaux a exposé dans la section belge un petit modèle d'un intéressant épurateur des charbons à sec.

Cet appareil réalise l'épuration en mettant en jeu la différence de friabilité des charbons et des pierres. La matière est versée par une trémie dans un cylindre horizontal fixe, à paroi intérieure cannelée, suivi d'un cylindre classeur en tôle perforée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur l'axe de ces cylindres sont montées sur croisillons six lames de forme hélicoïdales qui, tournant avec une vitesse d'environ 260 tours par minute, frappent violemment la matière, la projettent sur la paroi cannelée et pulvérisent le charbon, tout en brisant moins complètement les pierres qui l'accompagnent. Il suffit dès lors de bluter le tout pour séparer le charbon des pierres. Déjà le cylindre cannelé peut présenter, entre les nervures, des perforations par lesquelles une partie du charbon s'évacuera; mais c'est surtout par le blutoir en tôle perforée fixe que se fera l'évacuation du charbon à la faveur de l'agitation de l'air déterminée par les lames broyeuses en mouvement.

Enfin, l'évacuation des parties fines ou charbonneuses sera complétée par un dernier cylindre classeur monté sur un manchon qui entoure l'axe central et qui tourne en sens inverse des lames broyeuses.

Toutes les parties charbonneuses ainsi expulsées se réuniront dans une enveloppe en tôle qui garnit l'appareil et qui se termine à la partie inférieure par une trémie munie d'un tiroir horizontal, que l'on ouvre pour retirer le produit fini, si on ne l'envoie directement dans les réservoirs.

Quant aux pierres qui ont marché dans le tambour par le mouvement que leur donne les palettes, et aussi par suite de l'évasement des parois, elles sont évacuées à l'extrémité par une paroi en hélice qui, après les avoir maintenues pendant un certain temps en contact du dernier classeur, les dirige vers un canal dégorgeoir.

La vitesse de rotation et la quantité traitée varient nécessairement avec la nature du charbon et le résultat qu'on veut atteindre.

M. Sottiaux prétend que cet appareil, qui demande environ 15 chevaux de force, peut passer moyennement 35 tonnes à l'heure et que, dans des circonstances favorables, cette quantité peut s'élever à 50 tonnes. La quantité de pierres est réduite de 12 à 8 p. 100 et la quantité de charbon entraînée par les pierres peut être estimée à 0 kilogr. 250 par 100 kilogrammes de matières traitées.

Les avantages de cet appareil, qui coûte 5,000 francs, comparé aux lavoirs communément employés, seraient donc un matériel plus simple, une élaboration rapide et peu coûteuse pour du charbon sortant assez sec d'un premier classement, donnant un produit sec en meilleures conditions pour passer aux fours à coke ou à l'agglomération.

II. AGGLOMÉRATION.

Divers types de machines à agglomérer les charbons menus ont été exposés, et, parmi les plus importants, on remarquait ceux de MM. Biétrix et Cie, de la Chaléassière, à Saint-Étienne (système Couffinhal);

La machine de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée;

Celles de MM. Dupuy et fils, et de M. A. Robert, de l'Horme, pour la France.

IMPRIMERIE NATIONALE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La machine de M. Fouquemberg, de Belgique, pour agglomérer sous la forme de boulets ovoïdes, exposée par M. Pinette.

Enfin, divers dessins représentant la disposition des presses adoptées pour agglomérer le lignite sans agglutinant d'aucune sorte.

Plusieurs mines ont indiqué aussi, en fournissant au jury des explications sur l'ensemble de leur industrie, diverses modifications intéressantes, faites par elles, aux machines à agglomérer dont elles se servent.

Escarpelle. — L'agglomération des charbons y est pratiquée au moyen de la presse continue du système Bouriez.

C'est une véritable filière à la sortie de laquelle le pain de charbon aggloméré est sectionné en différents types, transportés au dehors de l'usine par des toiles sans fin, horizontales ou inclinées suivant les hauteurs des points où le chargement doit s'effectuer.

Les agglomérés fabriqués à l'Escarpelle et qui ont 8 à 8.5 p. 100 de cendres conviennent bien aux chemins de fer; aussi cette industrie prend-elle à l'Escarpelle 65,000 à 75,000 tonnes, soit environ 75 p. 100 de la quantité fabriquée.

Société des mines de Meurchin. — Cette Société trie très soigneusement ses produits et les classe en différentes catégories pour pouvoir obtenir aussi toutes les recompositions au besoin. Elle en lave une partie, les têtes de moineaux, par exemple, de 0 m. 03 à 0 m. 055, et en agglomère aussi une certaine proportion.

La machine à agglomérer qu'elle emploie est du système Couillard, bien connu déjà. Deux presses fabriquent les produits avec 10 p. 100 de brai et à 9 1/2 p. 100 de cendres, en obtenant une cohésion qui descend rarement au-dessous de 60 p. 100.

Compagnie de Mokta el Hadid. Houillères de Cessous et de Salles-de-Gagnères. — Cette Compagnie, propriétaire aussi des mines de houille de Cessous et de Salles-de-Gagnères, a établi des lavoirs du système Luhrig et Coppée, ou lavoirs à feldspath, pour épurer les charbons dont elle livre une grande partie à l'agglomération. Elle a adopté comme machine à comprimer celle du système Veillon à double compression et à deux malaxeurs. La haute température qui règne dans le premier met le mélange dans de bonnes conditions pour l'agglomération.

La pression est de 150 kilogrammes par centimètre carré au-dessus et au-dessous de la briquette et la machine peut faire pratiquement 70 tonnes par dix heures en briquettes de 8 kilogrammes.

La Grand'Combe. — La fabrication d'agglomérés a pris à la Grand'Combe un très grand développement qui a suivi, d'ailleurs, celui de la production; celle-ci est passée en moyenne de 466,700 tonnes, de 1859 à 1868, à 716,500 tonnes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1879 à 1888, et pourra bientôt atteindre 900,000 tonnes. Depuis 1878, la Compagnie a établi une seconde fabrique d'agglomérés à Marseille, avec une machine Biétrix, et une troisième est en construction à Port-Louis-du-Rhône. Elle est destinée à alimenter les chemins de fer algériens. Pour cette dernière fabrique on a adopté la machine Dupuy qui fera 30,000 à 35,000 tonnes par an.

La Grand'Combe fabrique, de plus, des boulets ovoïdes avec la machine du système Robert et des briquettes perforées.

Elle se sert de boulets ovoïdes pour reconstituer le tout-venant, la production des fines étant trop considérable.

A partir de 1890, la Grand'Combe pourra produire 300,000 tonnes de briquettes, dont 180,000 tonnes à la Grand'Combe, 90,000 tonnes à Marseille et 30,000 tonnes à Port-Louis.

Compagnie de Portes et Sénéchas. — M. Cornuault, directeur de cette Compagnie, se sert, pour agglomérer les 40,000 tonnes de menus qu'il livre sous forme de briquettes au commerce, d'une ancienne presse Révoller-Biétrix.

Un grand nombre d'expériences faites sur la cohésion obtenue en maintenant la pression fixe et la proportion de brai variable, ou inversement la proportion de brai fixe avec des pressions variables, lui ont permis de produire des courbes dites *de cohésion*, très intéressantes, pour une même nature de charbon aggloméré.

L'une des deux courbes correspond à une proportion de 0 à 10 p. 100 et à une pression uniforme de 175 kilogrammes par centimètre carré de briquette; l'autre, à une proportion uniforme de brai de 8.70 p. 100 avec une pression variable de 0 à 175 kilogrammes par centimètre carré. On voit clairement qu'avec 8.70 p. 100 de brai et 120 kilogrammes de pression l'on obtient une cohésion presque double de celle avec 6 p. 100 de brai et la même pression, et qu'avec 8.70 p. 100 de brai et 175 kilogrammes de pression, au lieu de 9, les cohésions sont égales. A partir de cette quantité de brai et de cette pression de 175 kilogrammes, les cohésions marchent parallèlement et restent sensiblement les mêmes.

La conclusion pratique est que pour le charbon aggloméré à Portes et Sénéchas, lorsqu'on a 8.70 de brai dans le mélange et une pression de 160 kilogrammes, la cohésion n'augmente presque plus, quelles que soient la quantité de brai et la pression.

C'est évidemment ce point culminant que chaque fabricant d'agglomérés a intérêt à connaître.

Compagnie des forges d'Alais. — Houillères de Trélys et du Martinet. — Comme les houillères de Bessèges, de Salles-de-Gagnères (Gard) et de Campagnac (Aveyron), la houillère de Trélys a établi, à la suite de ses lavoirs à feldspath Luhrig et Coppée, une fabrique d'agglomérés avec une machine du système Roux-Veillon, d'Alais, à double compression simultanée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au-dessus de la presse se trouvent deux malaxeurs qui préparent la matière, et on obtient 70 à 75 tonnes de briquettes par jour, d'un poids de 10 kilogrammes. Ces agglomérés ont 55 à 70 p. 100 de cohésion, suivant la proportion de brai, soit 7.5 à 8.5 pour une même pression. En briquettes de 5 kilogrammes elle peut faire 45 à 50 tonnes en dix heures.

Cette machine donnerait pleinement satisfaction aux exploitants et semble bien réaliser le grand desideratum de la pression simultanée sur les deux faces de la briquette.

Deux constructeurs avaient cherché déjà à réaliser cette condition : M. Amelin, qui avait une machine à l'Exposition de 1867 ; plus tard, MM. Biétrix et Révollier ; enfin, M. Roux, chef de fabrication aux ateliers d'agglomération de Port-de-Bouc. De ces trois constructeurs, il n'y avait que MM. Biétrix et Cie qui, dans la machine Couffinhal, étaient arrivés à donner l'élasticité nécessaire à la marche des presses pour n'avoir pas de ruptures.

M. Veillon, apercevant certaines qualités dans la machine Roux, qui avait fait l'objet d'un brevet, proposa à son inventeur de reprendre l'idée en remplaçant les cames de compression par une presse hydraulique à deux corps de pompes à pistons égaux, dans le but de réaliser mathématiquement la double compression simultanée, déjà obtenue en partie par M. Couffinhal dans la machine de MM. Biétrix et Cie.

Cette presse porte à ses extrémités opposées et inférieures deux orifices munis l'un d'une soupape d'aspiration, l'autre d'une soupape de décharge, maintenue sur son siège par un ressort à boudin. Un arbre coudé conduit, par l'intermédiaire d'une bielle, le premier piston bien guidé entre des glissières. C'est celui qui est lié au moteur. L'autre tête du second piston est solidaire avec le balancier-levier supérieur qui porte le piston de compression. Son guidage est absolu. La bielle, étant à son point de passage inférieur, a refoulé en le faisant remonter à son maximum de hauteur le piston solidaire du balancier supérieur. Tous ces balanciers-leviers sont à flasques, et, par conséquent, doubles. Si l'on voulait avoir la pression sur la face supérieure de la briquette seulement, elle serait aussi obtenue ; mais il faut la comprimer simultanément sur la face inférieure aussi. Pour cela, le piston hydraulique commande de même, en un point de sa hauteur, un levier-balancier, dont le point fixe est à l'extrémité opposée. Le piston compresseur qui, lui, doit se mouvoir de bas en haut, a son articulation ou appui entre le point fixe et l'extrémité qui est commandée. Son mouvement est donc inverse de celui du levier supérieur. Les bras du levier sont dans le rapport de 1 à 2, et ceux du balancier inférieur de 1 à 3, de manière à avoir pour chacun d'eux une course ou enfoncement différents. En effet, la résistance, à cause de l'évasement du moule de haut en bas, nécessaire au démoulage, est plus grande que pour le piston supérieur.

On voit donc que tout mouvement descendant du piston lié au moteur sera simultanément transmis au piston hydraulique moteur des deux leviers commandant les pistons compresseurs.

Une bielle attelée au bouton de la manivelle de l'arbre moteur ramène, pour tout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouvement ascendant de sa part, la tête du levier inférieur au moyen d'une autre bielle jumelle liée à la première par un joug ou levier à bras égaux. C'est par le mouvement de cette seconde bielle que le piston inférieur sort du moule.

Le bras du levier supérieur étant prolongé fait fonctionner un ou deux pistons, selon qu'il y a à démouler une ou deux briquettes à la fois.

Le plateau qui comprend les moules est manœuvré par un rochet solidaire par une bielle avec la manivelle calée à l'extrémité de l'arbre. C'est sur cette manivelle que se trouve un bouton qui vient toucher un petit levier destiné à ramener toujours le piston inférieur hors du moule. Cela est très important. Trois joints en cuir sont nécessaires pour la presse hydraulique double, et ils sont faits de telle façon que leur durée serai de plus de six mois.

Quand il y a effort de compression plus grand que celui que la cohésion de la briquette exige, la soupape à ressort se lève et laisse écouler immédiatement une certaine quantité d'eau remplacée de suite par celle qui arrive par la soupape d'aspiration.

Cette machine est tout entière au-dessus du sol.

Le nombre des pressées est de 15 à 18 par minute.

Rochebelle. — Les exposants de Rochebelle fournissent de nombreuses explications sur l'agglomération de leurs charbons.

Dans leur mode de fabrication ils pratiquent un mélange d'une petite proportion de goudron liquide (1 p. 100) et de brai fondu à part: cela, dans le but d'éviter le broyage du brai dans un pays très chaud.

Des modifications ont été apportées à la partie de la plaque de la machine Biétrix à simple compression sur laquelle celle-ci s'effectue dans le but d'éviter son usure et, par conséquent, son remplacement fréquent. A cet effet, les ingénieurs de la Compagnie ont rapporté une plaque d'acier amovible sur le point où le disque s'use le plus. Cette plaque est surélevée de 0 m. 001 à 0 m. 002 au-dessus du plateau. Pendant la rotation les briquettes comprimées ne frottent plus sur lui.

Une autre modification importante consiste à faire, avec un même plateau, des briquettes de différents poids. On fait varier, pour cela, la hauteur des alvéoles en faisant enlever tout autour d'elles et à leur partie supérieure une épaisseur de fonte suffisante pour que la surface de l'alvéole, multipliée par sa hauteur nouvelle et par la densité de la briquette, donne le poids voulu. On peut l'avoir ainsi au poids maximum, 7 kilogrammes par exemple, au poids minimum de 5 kilogrammes et à un intermédiaire de 6 kilogrammes. Quand on veut revenir à la briquette de poids moyen ou au poids maximum, on remplit le vide produit par un disque en trois ou quatre parties et de l'épaisseur correspondante.

Briquettes perforées. — Pour arriver à fabriquer des briquettes perforées avec le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même piston que celui qui sert à la fabrication des pleines, mais à une machine spéciale, le directeur de la Compagnie de Rochebelle a fait diminuer la hauteur du râteau niveleur, en conservant la même course.

La partie inférieure du piston est munie de dents ou broches fixes qui font leurs trous dans la pâte lorsque la compression a lieu; mais il fallait empêcher l'arrachement de cette pâte, quoique comprimée, dans le mouvement de relevée du piston par les broches. A cet effet, on a interposé entre le dessus du piston et la houille à comprimer une plaque mobile folle, percée de trous en même nombre et au même diamètre que ceux des broches fixées au piston.

Cette plaque mobile vient se placer sur la pâte à comprimer au commencement de la descente du piston. La plaque étant comprimée elle-même comprime aussi la pâte. Dans le mouvement de relevée du piston, il faut que la plaque reste encore quelques instants sur la briquette comprimée pour empêcher tout arrachement. Ce résultat est obtenu par des ressorts à boudins appuyant sur la plaque. Des taquets latéraux permettent ensuite à la plaque de se relever.

D'après le directeur de la Compagnie de Rochebelle, M. de Place, ce système donnerait de bons résultats.

Ces modifications semblent donner une grande élasticité à l'emploi de la machine Biétrix, à simple compression.

MACHINES À AGGLOMÉRER.

MM. V. Biétrix et C^e^. Forges et ateliers de la Chaléassière. — M. V. Biétrix a exposé trois types de machines à agglomérer à pression hydraulique (système Couffinhal), parmi lesquels domine un type à briquettes de 10 kilogrammes et à double compression.

C'est un appareil déjà trop connu pour qu'il soit utile d'en faire ici une description bien détaillée.

Ce constructeur a été amené à établir ses machines à pression hydraulique, à double compression, à la suite d'expériences faites sur la cohésion des différentes parties de la hauteur d'une briquette. Cette différence de cohésion varie avec l'épaisseur des briquettes et elle est, pour ainsi dire, en raison inverse de cette épaisseur.

La disposition qu'il a donnée, pour arriver autant que possible à l'uniformité de cohésion, est basée sur ce qui suit :

Lorsque la compression se produit par l'abaissement des balanciers et, par conséquent, du piston mouleur situé au-dessus du plateau, il arrive un moment où la partie supérieure de la briquette ne s'abaisse plus par suite de la résistance qu'oppose le piston inférieur, et aussi à cause du frottement qu'éprouve le charbon contre les parois du moule; à cet instant, la face inférieure étant moins pressée que la face supérieure, une réaction se produit; cette dernière face devient point fixe et le piston inférieur,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

solidaire du piston supérieur, agit à son tour par réaction jusqu'à ce que la pression au-dessus et au-dessous de la briquette soit égale.

La simplicité du mécanisme correspond à la simplicité de l'idée.

Comme dans la machine exposée en 1878, il fallait pouvoir arrêter l'effort de compression suivant la nature du charbon ou les exigences de cohésion. Pour cela, il a fallu rendre, en quelque sorte, les organes élastiques. Aussi, l'axe arrière du balancier supérieur a-t-il été disposé pour pouvoir se déplacer dans une coulisse pratiquée dans les deux flasques verticales dont il est formé. Cet axe est en relation avec le piston du pot de presse hydraulique. Par la tension du ressort que porte cet appareil, on règle avec facilité la pression que l'on veut obtenir sur les briquettes.

En résumé, la compression s'effectue en trois temps :

Premier temps, le piston compresseur agit seul ; deuxième temps, le piston inférieur monte jusqu'à ce que la pression soit égale sur les deux faces ; troisième temps, le piston du pot de presse rentre dans son cylindre hydraulique à partir du moment où la pression est atteinte et jusqu'à ce que le point mort soit franchi par les manivelles.

Pour que cette double compression puisse n'avoir pas d'inconvénients touchant au mouvement du plateau mouleur, il fallait que l'entraînement de ce dernier fût d'une précision mathématique. Cette condition semble avoir été réalisée par l'adjonction d'un tambour portant des rainures d'une forme particulière, hélicoïdale, et dans lesquelles s'engagent les galets d'entraînement, successivement. Le plateau s'arrête quand les galets s'engagent dans les parties normales des rainures. Ces galets sont au nombre de trois.

M. Biétrix peut obtenir, avec son gros type de machine, sur des briquettes pleines de 10 kilogrammes et de 0 m. 20 de hauteur, une pression de 300 kilogrammes par centimètre carré en réglant convenablement la soupape placée sur le fond du pot de presse et retenue par le ressort ou balance.

La soupape, bien réglée, peut permettre au piston du pot de presse de se mouvoir verticalement de 0 m. 015, et, dans ce cas, d'avoir un bon fonctionnement de la double compression.

M. Biétrix a présenté des briquettes pleines de 10 kilogr. 5 et 3 kilogrammes et des briquettes perforées de 1 kilogramme chacune.

Briquettes perforées. — Outre la double compression, qui est la modification principale apportée à ses machines à pression hydraulique depuis 1878, il les a appropriées à la fabrication des petites briquettes pleines ou perforées pour le chauffage domestique.

Petites briquettes pleines. — Le plateau mouleur est établi avec des alvéoles multiples, de façon que, à chaque coup de piston, on puisse obtenir plusieurs briquettes au lieu d'une seule.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est ainsi que des machines, qui faisaient des briquettes pleines de 5 kilogrammes, ont pu faire six briquettes de 0 kilogr. 700 chacune par coup de piston.

Briquettes perforées. — Cette fabrication est obtenue par le changement du plateau à alvéoles et des pistons mouleurs et démouleurs; mais la puissance des machines est réduite de deux cinquièmes environ, par suite de la réduction dans la même proportion de la hauteur de ces briquettes.

Le piston mouleur est composé de cinq tiges en fer de 0 m. 01 à 0 m. 015 de diamètre, si l'on veut obtenir cinq trous dans la briquette. Elles sont réunies verticalement par leur extrémité supérieure dans une plaque de fer assez épaisse afin qu'elles puissent, saisies ainsi, bien conserver leur parallélisme. Au-dessus de cette plaque, chaque tige a sa tête terminée comme un boulon avec son écrou. Elles traversent ensuite une pièce horizontale appelée *joug*, dont les deux extrémités sont reliées par deux bielles articulées, d'une part, à l'axe du joug et, de l'autre, à chaque flasque du levier de compression; elles descendent jusqu'au-dessous de la surface du piston.

Quand le levier descend, les tiges ou broches, entraînées par le joug, entrent dans le charbon non pressé et leurs extrémités inférieures viennent occuper le fond de l'alvéole, munie de trous correspondants.

La descente du levier continuant, le dessous du joug vient porter sur une plaque solidaire du piston de compression et celle-ci s'effectue sur le charbon.

Dans le mouvement ascendant, les broches sortent de la briquette, puis sont retirées complètement de son épaisseur. Pour éviter que les broches ne restent engagées dans le piston, une tige fixe, en forme de T, arrête la plaque en fer qui est solidaire avec lui.

Enfin, comme complément aux modifications mécaniques qui ont été faites, le constructeur considère comme utile à une bonne fabrication l'emploi du charbon séché convenablement dans un four de son système qui a reçu la sanction de la pratique, et le dosage du brai avec le charbon dans le malaxeur, c'est-à-dire après sa sortie du four et non avant son entrée, comme cela se pratiquait il y a quelques années.

Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. — Cette Compagnie avait exposé une machine à agglomérer les charbons en petites briquettes cylindriques de 250 grammes; construite dans les ateliers de la Compagnie, à Oullins, elle est due à M. Henry.

La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée a été amenée à construire cette machine pour supprimer le cassage des briquettes, ainsi que la perte de 10 à 15 p. 100 qui en résulte.

Le chauffage du mélange se fait au four rotatif de Biétrix, et la proportion de brai et goudron est descendue, de 7 à 8 p. 100 qu'elle était dans la machine Evrard, à 5 p. 100; la proportion d'eau, de 7 à 8 p. 100, à 3 p. 100.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette machine comporte quatre éléments semblables composés chacun d'une trémie, d'un tiroir distributeur et d'un moule fermé, d'une part, par un piston actionné par came, et, d'autre part, par un bouchon également mû par came pour laisser sortir la briquette, qui continue à être poussée par le piston compresseur.

Des lames de ressort Belleville, placées sur le bouchon, se déplacent dès que la pression de 300 kilogrammes par centimètre carré a été obtenue. Il y a de plus un doigt qui fait tomber la briquette si elle était retenue à l'orifice du moule.

Un élément fait 4 à 5 tonnes en dix heures et la machine consomme 15 à 20 chevaux pour 8 éléments semblables.

Les efforts sont répartis sur l'arbre central par le placement inverse des cames qui commandent les bouchons.

La force est transmise par engrenages de cet arbre aux pistons compresseurs situés de part et d'autre.

On peut fabriquer des briquettes perforées au moyen d'une broche fixée au bouchon.

La cohésion est de 80 p. 100.

Cette machine est établie à l'usine de Chasse.

Machines à agglomérer de MM. Dupuy et fils. — L'exposition de MM. Dupuy et fils se compose :

1° D'une machine à piston horizontal pour fabriquer des briquettes pleines ou perforées de toutes dimensions ;

2° D'une machine à fabriquer les agglomérés dits *boulets ovoïdes perforés*.

La première, très ancienne déjà, n'a reçu que des modifications. Les principales sont les suivantes :

Distributeur à trois palettes par trois arbres verticaux au lieu d'un, de là répartition plus uniforme de la matière dans le moule ; plaque en tôle interposée entre le distributeur et le moule pour régler l'ouverture par laquelle la matière arrive dans le moule et par suite l'épaisseur de la briquette ou aggloméré ; emploi de puissants ressorts Belleville interposés entre le piston compresseur et le moule et renfermés dans des boîtes ; ils sont bandés à raison de 80 kilogrammes par centimètre carré ; on peut aller jusqu'à 120 kilogrammes ; position des cames qui produisent le relèvement de la plaque sur laquelle se fait la compression ; remplacement du châssis en fonte sur lequel se trouve le piston compresseur par un châssis en fer ; grosse came qui effectue la compression construite maintenant en deux parties, dont l'une subit l'effort maximum.

Ces modifications, faites au fur et à mesure que la pratique en indiquait la nécessité, ont permis au système de recevoir en France et à l'étranger un certain nombre d'applications.

Il importe, pour la bonne marche, de ne lui fournir que du charbon à peu près sec.

Sa puissance de fabrication pratique est de 40 à 45 tonnes en briquettes de 6 kilogrammes en onze heures de marche ; mais ce poids est déjà considérable pour les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

organes de cette machine, et le mieux est de ne lui faire fabriquer que des briquettes de 2 à 3 kilogrammes.

Machine à boulets ovoïdes perforés. — Cette machine, à mouvement continu, entièrement nouvelle, n'avait pas encore reçu d'applications.

Elle consiste en deux lignes parallèles de pistons, portant à l'extrémité supérieure la demi-forme du boulet à obtenir et s'appuyant par l'autre sur des ressorts à boudins. Ces deux lignes de pistons reposent sur une roue horizontale à deux flasques, entraînée par un galet à frictions. La flasque inférieure porte les pistons, la supérieure, les trous occupés par la demi-forme du boulet. Dans leur mouvement, ces pistons viennent successivement se placer sous les demi-alvéoles creuses, mais fixées sur des supports en saillie sur la joue inférieure de la roue conique, lesquels supports viennent pénétrer dans les trous de la flasque supérieure de la roue horizontale. La roue, qui a son axe incliné à 44 degrés par rapport à celui du plateau horizontal, reçoit la compression qui a commencé à se produire par un léger mouvement des pistons en avant, pour augmenter successivement jusqu'à ce qu'ils soient arrivés à leur maximum de relevée. A ce moment, la roue conique et la roue horizontale ont leur tangente horizontale commune, et la forme de l'ovoïde est complète. Le débouchage du trou se fait par un orifice vertical qui rencontre un vide horizontal pratiqué dans la partie supérieure des pistons fixes de la roue conique; le démoulage a lieu lorsque chaque piston a dépassé le point de tangence des deux trous.

Chaque piston, portant une tige, opère la perforation des boulets.

La matière arrive dans les moules de la même manière que pour la machine horizontale.

L'inventeur se proposait, pour éviter la multiplicité des ressorts, de faire reposer les pistons successivement, à un moment donné, sur un levier articulé reposant lui-même sur un ressort.

Il espérait pouvoir obtenir 340 boulets perforés de 0 kilogr. 150 par minute avec une force relativement faible, puisqu'il ne se trouve jamais qu'un boulet sous pression.

La pratique corroborera-t-elle ces espérances? Cela est à désirer, mais n'est pas certain. Dans tous les cas, l'idée est neuve.

M. Pinette. Machine à agglomérer de M. Fouquemberg, à Wasmes, près Mons (Belgique). — M. Fouquemberg a fait figurer dans l'exposition de M. Pinette une machine de son système pour la fabrication d'agglomérés de forme ovoïdale.

Cet appareil se distingue par une grande simplicité, par le peu de place qu'il occupe pour un effet utile assez grand et par son prix relativement peu élevé.

Il se compose de deux rouleaux surmontés d'un malaxeur et tournant l'un contre l'autre, en sens inverse, et presque tangentiellement. Ils sont couverts symétriquement de demi-moules disposés comme des alvéoles; les vides de l'un viennent coïncider exac-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tement aux vides de l'autre, de manière que la matière soit enfermée et moulée. Les boulets ovoïdes formés s'échappent par la rotation des cylindres. Leur démoulage s'opère par l'action de la pesanteur.

Cette machine est commandée par deux poulies, l'une fixe et l'autre folle, dont l'arbre porte deux vis sans fin entraînant en sens inverse deux engrenages hélicoïdaux calés sur les arbres des cylindres qui tournent comme on l'a dit.

Les paliers des rouleaux sont à rattrapage d'usure. Les vis sans fin baignent constamment dans l'huile. Les cylindres sont creux et peuvent être chauffés ou refroidis intérieurement, suivant les cas, de manière que le boulet puisse toujours se détacher.

Le tout est monté sur un bâti-cage qui maintient tous les organes à leur place.

La puissance de ces presses est variable. On en construit de 3, 6, 9 et 12 tonnes à l'heure, suivant le poids des boulets ovoïdes. Celui du poids de 0 kilogr. 150 semble être le plus usité.

Les produits sont obtenus en se servant de la vapeur surchauffée avant son arrivée au malaxeur, afin que la pâte soit sèche.

Ils sont faciles à charger, et le petit appareil ci-dessus décrit semble être un complément utile à une grande fabrique d'agglomérés.

Compagnie des forges de l'Horme. — Cette Compagnie a exposé une presse à fabriquer les agglomérés de houille de la forme dite *boulets ovoïdes*.

Elle est du système A. Robert, directeur des ateliers de Gilly (Belgique), mais perfectionnée par la Compagnie de l'Horme.

La machine consiste principalement en deux paires de roues tangentielles en fonte dure, calées sur deux axes horizontaux. Sur leurs circonférences sont creusées des alvéoles qui doivent servir de moules. Elles sont disposées de telle sorte que chacune d'elles vient se présenter face à face avec sa symétrique sur la roue jumelle presque au point de contact des roues, dont l'écartement est d'ailleurs maintenu parfaitement constant.

La matière à agglomérer, mélangée avec une proportion de brai qui varie de 6.5 à 8 p. 100, selon les charbons, dans un malaxeur chauffé par la vapeur, tombe par une trémie supérieure entre les paires de roues. Entraînée, par leur mouvement convergent, vers l'intérieur, elle y est emprisonnée et se trouve soumise à une compression très énergique dans les alvéoles dans lesquelles elle se moule.

Le boulet, ainsi constitué, tombe de lui-même dans le trajet que la roue lui fait parcourir entre sa tangente verticale et celle horizontale.

Mais la régularité de l'arrivée de la matière en quantité convenable est très importante et constitue le point délicat de l'opération. En effet, si le mélange arrive en trop grande abondance entre les deux roues, les compressions deviennent excessives et peuvent amener le bris de certains organes de l'appareil ou son arrêt.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les ateliers de l'Horme ont trouvé le moyen d'arriver à cette régularité, et c'est ce qui a constitué les modifications apportées au système A. Robert.

Ils ont intercalé, entre le distributeur et le point où les roues sont presque tangentes, une caisse en fonte appelée *chambre de compression* dont la capacité est réglable à volonté, suivant la nature du charbon.

Les faces extérieures de cette chambre suivent exactement la circonférence des roues. Dans le plan vertical de la tangente aux roues se trouve l'axe d'une boîte rectangulaire placée à l'intérieur de la caisse en fonte. Les deux grands côtés de cette boîte sont fixes, les deux petits sont articulés par en haut et peuvent être poussés de l'extérieur à l'intérieur par deux vis dont l'une des têtes, arrondie, pénètre dans une cavité oblongue.

Ces deux plaques peuvent donc, en se mouvant en sens opposé, se rapprocher et diminuer le volume de la capacité de la boîte; mais quand on leur a fait subir ce mouvement, il faut encore que la matière soit conduite aussi près que possible du point où les roues sont presque tangentes. Pour cela, on fait glisser une plaque de tôle d'acier de haut en bas sur chacune des faces mobiles, en fonte, de la boîte jusqu'à ce qu'elles viennent presque toucher la surface des roues. Des vis de pression les maintiennent à la place que la pratique juge nécessaire.

On voit donc bien qu'en même temps que la chambre est rétrécie dans le sens horizontal, ses parois sont aussi allongées verticalement. La boîte a, en ce moment, deux de ses parois opposées obliques, par rapport à la verticale, passant par le point de tangence des roues.

Tout l'appareil est disposé sur un bâti en fonte qui permet sa mise en place facilement.

La machine peut fournir 40 à 50 tonnes de boulets ovoïdes de 0 kil. 12 à 0 kil. 14.

Un type fonctionne régulièrement à la mine de la Péronnière (Loire), où différents essais d'agglomération ont été faits avec succès sur des anthracites de La Mure et sur des poussiers de coke.

Société de Mariemont et de Bascoup. — Cette Compagnie a dû proportionner la puissance de ses moyens d'agglomération à celle de sa production, et l'usage qu'elle a fait des machines qu'elle employait l'a amenée à introduire des modifications dans ses presses du système Bouriez.

Elle a interposé deux cylindres hydrauliques qui communiquent entre eux entre les pistons compresseurs et les bielles qui les commandent. Il est nécessaire de maintenir la pression constante dans les cylindres hydrauliques, et pour cela on se sert d'un piston plongeur qui est chargé à volonté; alors les manivelles qui entraînent les bielles travaillent de manière que l'effort de compression se trouve partagé entre les deux courses. Dans les machines ordinaires, les manivelles supportent l'effort total pendant l'une des courses seulement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les briquettes produites par ces machines ont une grande cohésion.

Société des agglomérés de Châtelineau. — Cette Société a, à côté de son atelier de lavage, deux presses à agglomérer du système Bouriez.

Lorsque les poussiers lavés de 0 à 7 millimètres sont égouttés, ils passent à l'usine d'agglomération par un transporteur mécanique.

Les deux presses sont à moules ouverts et capables de produire 600 tonnes de briquettes par vingt-quatre heures, bien agglomérées, en 4 kilogr. 25 et 5 kilogr. 25 ou des multiples de ces quantités.

On pourrait produire 180,000 tonnes par an, mais la fabrication ne s'est élevée, en 1888, qu'à 90,000 tonnes.

Le densité des produits est généralement de 1.15 et la teneur en cendres de 5 p. 100.

A cette fabrication est jointe celle des boulets ovoïdes produisant par vingt-quatre heures 80 tonnes de boulets du poids de 0 kilogr. 180 chacun.

Sur 210,000 tonnes de charbon traité par an, il en est livré directement au commerce environ 100,000 à 110,000 tonnes.

Compagnie belge du lignite comprimé. — M. du Bus, administrateur-gérant de cette Compagnie, a exposé les dessins de l'usine qu'elle possède à Horrem, près Cologne, et qui a une puissance de production de 100 à 120 tonnes par jour.

Le lignite qu'elle agglomère provient d'un gisement sur la rive gauche du Rhin, entre Cologne et Aix-la-Chapelle.

Ce lignite contient 50 à 55 p. 100 d'eau.

Il doit arriver aux presses à l'état de poudre sèche, et, pour atteindre ce but, il est élevé aux étages supérieurs de l'usine d'où il redescend en passant par une série de cylindres cannelés qui le triture et le désagrège.

Au sortir des broyeurs, la matière est tamisée et conduite dans des appareils chauffés à la vapeur et ingénieusement disposés pour produire une dessiccation méthodique, tout en évitant le danger d'explosion toujours à redouter.

On sait que ce danger existe partout où les poussières carbonées sont en grande quantité et dans un état de ténuité très grand.

Dans de semblables conditions, il importe d'éviter tout échauffement exagéré et alors toute rentrée brusque d'air.

On a vu des exemples d'explosion de poudre de lignite produire de véritables coups de grisou avec toutes leurs conséquences.

Dans le but de les éviter, à l'usine de Horrem, les fours-séchoirs sont disposés en étages, divisés par onze grilles animées d'un mouvement lent et inverse avec racloirs.

Par cette disposition, le lignite parcourt lentement et régulièrement de haut en bas la distance comprise entre son point d'arrivée et son point de sortie. La durée totale

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'opération, qui est très délicate et qui exerce la plus grande influence sur le travail des presses, est de deux heures environ.

Chaque four, et ils sont au nombre de quatre, évapore en vingt-quatre heures 10,000 litres d'eau.

Le lignite sort des fours sec, pulvérulent et ne renfermant plus que 10 à 12 p. 100 d'eau.

Chaque four a donc séché suffisamment 25,000 kilogrammes de matière propre à être comprimée, soit 100,000 kilogrammes pour les quatre.

En fragment sec, la couleur du lignite est brun jaunâtre, la poussière sèche est brune et tache les doigts; elle ne reprend plus d'eau.

La poussière, en sortant des fours, est reprise par des transporteurs et livrée aux presses pour être soumise à une pression de 100,000 kilogrammes.

Presses. — Les presses sont horizontales et marchent à raison de 65 coups par minute, produisant une briquette du poids de 0 kilogr. 335; très sèche, le poids est réduit à 0 kilogr. 320, et la densité est alors de 1.231 à 1.300.

Les briquettes s'échappent dans un canal en gouttière pour être refoulées par le piston même dans des hangars situés à 150 mètres de distance.

L'opération du pressage est très importante, aussi chaque presse exige-t-elle une force de 50 chevaux, et il y en a cinq.

La filière, composée de quatre pièces ajustées, indépendantes et fortement reliées entre elles, a 0 m. 90 de longueur; elle est légèrement conique dans le sens de la poussée du piston.

Les deux faces latérales de la filière, étroites, sont fortement calées.

Pour commencer la pression, on met des tasseaux en chêne au fond de la filière pour recevoir la pression au début; au fur et à mesure que le moule se remplit la pression augmente, et, quelques instants après l'expulsion des tasseaux, la briquette sort à la pression voulue. Avant, elle est coupée à l'épaisseur fixée et la surface lisse produite reçoit une empreinte par le piston même.

Ce dernier porte cette empreinte en creux, de sorte que, sur le côté où il a touché la briquette, la marche est en saillie sur elle. La seconde briquette faite prendra, au contraire, par son contact avec la première, la marque en creux, et ainsi de suite.

Le travail de compression étant très considérable, la chaleur développée est suffisante pour ramollir la poussière de lignite et produire l'apparition des matières goudronneuses et notamment de la paraffine, qui sert d'agglomérant; mais il importe, pour que cette chaleur ne devienne pas une cause de détérioration du moule et de la matière même, de refroidir toutes les surfaces de ce moule par un courant d'eau.

Toutes ces précautions constituent donc une fabrication difficile et délicate qui demande beaucoup de soins et une grande surveillance.

Une usine de cette importance coûte environ 200,000 francs et le revient de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tonne de briquettes est d'environ 6 francs à 6 fr. 50 sur wagon à l'usine, quoiqu'il faille 3 tonnes de lignite pour produire 1 tonne de briquettes.

Le produit ainsi obtenu donne à la combustion 5 à 6 p. 100 de cendres utilisées pour l'agriculture. Il brûle sans odeur et sans suie, est très beau d'aspect, a sa surface extrêmement brillante et lisse, et ne tâche pas les doigts.

Quant au prix de vente, il serait, dit-on, à Paris, le même que celui des meilleurs combustibles similaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4ᵉ SECTION

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS

RAPPORT

PAR

M. A. GILLON

PROFESSEUR DE MÉTALLURGIE À L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

IMPRIMERIE NATIONALE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS.

Il semble que la préparation mécanique des minerais, munie des progrès réalisés dans une période déjà lointaine, satisfasse suffisamment l'industrie pour ne plus susciter bien activement l'esprit d'invention. A part quelques appareils procédant de principes nouveaux, tels que le cyclone pulvérisateur et l'épurateur à sec pour charbons de M. Sottiaux, dont il a été parlé précédemment, le matériel de la préparation mécanique à l'Exposition de 1889 ne présentait que des modifications, souvent ingénieuses du reste, à des appareils employés depuis longtemps, et, comme il arrive périodiquement, ce sont les broyeurs qui occupaient la plus large place.

I. CONCASSEURS ET PULVÉRISATEURS.

Le concasseur américain à mâchoires se présente avec deux variantes aux dispositions ordinaires et bien connues.

Dans le modèle de MM. Jacomety et Lenicque, ingénieurs à Paris, la trémie de chargement est formée d'une mâchoire fixe et d'une mâchoire mobile. Mais cette plaque mobile, au lieu de recevoir un mouvement de va-et-vient qui la rapproche et l'écarte successivement de la plaque fixe, selon les dispositions communément employées, prend un léger mouvement d'oscillation autour de l'axe horizontal qui la traverse à sa base, de sorte que pendant que les deux mâchoires effectuent un travail d'écrasement dans la partie supérieure de la trémie, elles réalisent un travail de trituration dans la partie inférieure. Par suite, celle-ci s'usera plus rapidement; aussi, quand il est nécessaire, retourne-t-on les mâchoires de bas en haut.

Lorsque des résistances trop grandes se présentent, on prévient les ruptures par un volet de sûreté formé de deux lames de fer qui plient pour laisser passer l'obstacle. Le volet, étant une articulation libre, est remplacé en quelques minutes.

MM. Jacomety et Lenicque construisent leurs appareils en pièces démontables de faible poids pour en faciliter le transport.

M. Théodore Blake, de New Haven (États-Unis), produisait un petit modèle de concasseur à mâchoires multiples. Elles sont au nombre de six dans le même bâti et forment ainsi trois broyeurs au lieu d'un. La mâchoire à l'une des extrémités de la série est fixe comme d'ordinaire; la mâchoire à l'autre extrémité est mobile autour d'un axe placé à sa partie inférieure et ayant ses points d'appui sur le bâti; elle est mue par une disposition semblable à celles qui sont communément adoptées. Quant aux mâchoires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intermédiaires, elles sont à deux faces et oscillent aussi autour d'axes à leur partie inférieure. Elles portent à leur partie supérieure des bagues qui s'enfilent sur deux tiges longitudinales en fer où elles se trouvent séparées l'une de l'autre par des rondelles en caoutchouc ou par tout autre ressort. On a ainsi dans un même bâti trois broyeurs à mâchoires au lieu d'un. On alimente tous ces broyeurs à la fois de la matière à concasser et s'il arrive qu'un corps trop dur s'engage entre deux mâchoires, il réagit sur toutes les mâchoires mobiles, qui glissent sur leurs bagues en comprimant les ressorts et l'on évite ainsi les bris.

Cet appareil est employé en Amérique au broyage des pyrites et des mattes cuivreuses très ferrifères. A égalité de force et de dimension, il réalise un travail sensiblement plus grand que l'appareil à deux mâchoires.

MM. Durand et Chapitel ont imaginé un système de concassage réalisant mécaniquement le travail à la main du casseur de pierres. Seulement au lieu de casser les matières sur le sol comme le fait celui-ci, l'appareil les frappe à la volée par des massettes. Ce système supprime l'effet d'écrasement qui se rencontre dans beaucoup de broyeurs, il réduit donc au minimum la quantité de poussier produite et convient au concassage du coke ou d'autres matières que l'on cherche à diviser en morceaux présentant une certaine égalité de volume.

M. F. Weidknecht, constructeur à Paris, exposait des casse-cokes où se retrouve ce principe, réalisé dans les meilleures conditions de construction.

L'appareil se compose d'un arbre horizontal avec manchon formé de rondelles normales à l'axe, entre lesquelles se trouvent fixés des axes portant chacun une massette montée folle. Ces massettes, au nombre de deux à huit par appareil, sont en acier trempé dans leur partie frappante. Le broyeur est recouvert d'une enveloppe en tôle qui porte à sa partie supérieure une trémie de chargement; au-dessous et latéralement est un classeur fait de tôle perforée ou de barreaux par lequel s'évacuent les morceaux suffisamment concassés.

L'axe étant mis en rotation avec une vitesse en rapport avec la dureté de la matière à diviser, les massettes sont constamment tendues en vertu de la force centrifuge. Si donc on verse dans la trémie la matière à broyer, celle-ci, frappée vivement par les marteaux en mouvement, se brise et les morceaux tombent sur le classeur. Les refus de celui-ci sont repris par les massettes qui font office de pelles et lancés de nouveau à la rencontre des matières neuves contre lesquelles ils se broient en les broyant elles-mêmes.

Pour éviter que les morceaux venant de la trémie et projetés par les marteaux ne soient entraînés, un parachoc ou cloison transversale, au haut de l'enveloppe, les arrête et les renvoie dans la zone de concassage. On ouvre l'enveloppe pour changer les massettes ou pour enlever les matières trop dures, telles que du fer, qui, fortuitement, s'y seraient introduites.

S'il arrivait qu'une résistance trop grande, un morceau de fer, ou toute autre cause,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vînt s'opposer au mouvement des massettes, celles-ci céderaient et se déverseraient en arrière sans qu'il en résulte aucun bris; elles reprendraient ensuite leur position normale lorsque l'incident aurait disparu.

La maison Weidknecht construit les quatre types de casse-cokes suivants :

N° 1. Casse-cokes en fonte à deux massettes, avec manivelle double pour fonctionner à bras;

N° 2. Casse-cokes en fonte à trois massettes, pouvant fournir de 10 à 15 tonnes par jour, avec une force de 1 cheval;

N° 3. Casse-cokes en fonte à quatre massettes, pouvant fournir de 15 à 40 tonnes par jour, avec une force de 2 chevaux;

N° 4. Casse-cokes en fonte à huit massettes, pouvant fournir jusqu'à 100 tonnes par jour, avec une force de 5 chevaux.

Ces appareils peuvent être munis, comme accessoires, d'une chaîne à godets pour l'alimentation de la trémie, et d'un cribleur à plusieurs divisions pour le classement suivant grosseurs du produit du broyage. La quantité de poussier est de 6 à 8 p. 100.

La vitesse de rotation variera avec la dureté de la matière: elle sera de 320 à 350 tours par minute pour briser le charbon en morceaux de 0 m. 04 à 0 m. 05, de 400 à 420 tours pour le coke d'usine à gaz et de 750 à 800 tours pour le coke de four.

Plusieurs usines à gaz et charbonnages emploient ce concasseur.

En remplaçant les massettes par des marteaux d'un certain poids et en augmentant la vitesse de rotation, on peut appliquer le cassage à la volée à des matières plus dures. C'est ainsi qu'on établit :

1° Le concasseur à huit marteaux en acier de 1 kil. 500, ayant pour dimensions 0 m. 93×1 m. 15×0 m. 80, pesant 850 kilogrammes et marchant avec une force de 2 à 3 chevaux, pour travailler les phosphates, verres, laitiers, ciments, pierres diverses. Il peut fournir par jour 6 à 12 mètres cubes de sable granulé pour maçonnerie, en marchant à 1,500 tours;

2° Le concasseur à huit marteaux de 10 kilogrammes ayant pour dimensions 1 m. 90×2 m. 65×1 m. 70, pesant 4,500 kilogrammes, demandant 7 à 8 chevaux de force, et produisant 25 à 60 mètres cubes de sable granulé par journée de travail, suivant la dureté des matières, en marchant à 1,000 tours;

3° Enfin, des granulateurs à 12 et à 16 marteaux.

Les marteaux ayant deux faces de frappe peuvent être retournés dès qu'ils sont usés d'un côté. S'ils sont usés des deux côtés, on les remplace ou on les répare à la forge.

Si l'on n'emploie pas cet appareil comme broyeur de fin, encore peut-on l'utiliser au concassage préalable des matières à passer ensuite aux meules ou aux bocards; on augmentera ainsi la production de ceux-ci en retardant leur usure.

Les meules broyeuses étaient fort bien représentées dans l'exposition de M. Jannot, constructeur à Triel (Seine-et-Oise). Les dispositions ingénieuses apportées dans quel-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ques détails des appareils de cette année montrent le souci constant de ce constructeur à perfectionner la spécialité dans laquelle il s'est acquis une excellente réputation.

Son étalage comprenait deux types de meules. Le premier convient à des matières qui se pulvérisent sous une charge de 2,500 kilogrammes, telles que les ciments, les plâtres, la barytine, les os, les phosphates, etc. Les meules verticales, en fonte dure ou en fonte d'acier comme la piste et les palettes ramasseuses, sont montées sur des axes différents et peuvent être de diamètres inégaux. Chacun de ces axes est articulé dans une douille en fonte fixée sur l'arbre vertical central, de sorte que les meules peuvent se soulever lorsqu'elles rencontrent sur le plateau un corps trop dur ou trop volumineux.

Il importe, pour obtenir de ces appareils le maximum de travail, d'évacuer complètement et immédiatement la matière, dès qu'elle est broyée à suffisance. A cet effet, entre les meules se trouve disposée une chaîne à godets qui tourne comme elles autour de l'axe central, qui ramasse sans cesse la broyée sur la piste et la relève pour la verser sur un classeur placé de l'autre côté entre les meules. Ce classeur, qui marche avec tout le système, présente un ensemble de dispositions très étudiées et qui assure son parfait fonctionnement. D'abord, il est formé de deux toiles métalliques superposées pour donner plus d'efficacité au blutage : en effet, le tamis supérieur étant en n° 6 et le tamis inférieur en n° 70, par exemple, ce dernier ne recevra que peu de matière et par suite fonctionnera au mieux tout en s'usant peu. Dans ce même but, on a donné à ces tamis toute la largeur que comporte l'écartement des meules, et comme les godets verseurs qui l'alimentent sont moins larges, on a assuré la répartition uniforme de la matière sur toute leur surface en leur donnant une forme bombée avec un léger relèvement vers le bord opposé au sens du mouvement de rotation, afin de compenser l'action de la force centrifuge qui tendrait à diriger les grains en trop grande quantité vers ce bord. Enfin, ce classeur reçoit des secousses verticales par un arbre à cames et un mouvement de trépidation par le roulement saccadé des galets qui le supportent sur un guide circulaire denté. Dans ces conditions multiples ingénieusement imaginées, la matière s'étale et se blute parfaitement et les meules, qui n'ont plus à broyer que des matières en fragments et les refus du classeur, entièrement débarrassés du fin menu, sorte de matelas de poussière dont la présence sur le plateau diminuerait l'effet d'écrasement, fourniront leur maximum de travail.

Avec une vitesse de rotation de 12 à 14 tours par minute, elles peuvent broyer à l'heure de 800 à 1,200 kilogrammes de phosphate au tamis n° 60.

Le second type convient à des matières qui se broient sous une charge de 3,500 kilogrammes et plus. Ici la chaîne à godets verse la matière sur un tamis conique disposé autour de l'axe vertical et qui reçoit des secousses.

Dans les deux systèmes, une disposition par levier permet de désembrayer la chaîne à godets, lorsqu'il se trouve sur le plateau des matières trop dures.

Le *cyclone pulvérisateur*, qui excitait une très vive curiosité dans le compartiment

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

américain, procède évidemment de l'idée originale et hardie de réaliser par des moyens mécaniques les effets destructeurs des ouragans tournoyants qui dévastent parfois les régions équatoriales.

On y parvient en créant, au moyen de deux moulinets à ailettes hélicoïdales roulant à grande vitesse et logés dans une chambre de broyage, deux violents tourbillons d'air qui marchent en sens inverse. Si dans l'intervalle entre les moulinets on projette la matière à broyer, les fragments, violemment entraînés dans les deux sens, s'entrechoquent et se broient les uns contre les autres sans user notablement l'appareil. Dès que la matière ainsi désagrégée a atteint le degré de ténuité voulue, elle est enlevée par un ventilateur aspirant dont la force d'aspiration est réglée selon le degré de pulvérisation que l'on cherche.

L'appareil, qui était exposé dans la Galerie des machines, présentait des moulinets à six ailettes montés sur des axes légèrement inclinés et mis en rotation rapide par deux courroies, l'une droite, l'autre croisée, passant sur des poulies à gorge et marchant ainsi en sens contraires; mais on construit de préférence des moulinets à deux ailettes sur axes horizontaux. On trouve que ces derniers mettent en mouvement un plus grand volume d'air et donnent un rendement plus considérable en absorbant moins de force; d'autre part, l'horizontalité des axes rend la construction plus simple et le graissage plus facile, ce qui n'est pas à dédaigner avec des vitesses de 1,000 à 3,000 tours.

Les moulinets se composent de deux parties : un moyeu et les plaques qui s'y fixent. Le moyeu est en acier coulé et bien recuit afin de pouvoir le travailler à l'outil. Son alésage est légèrement conique et le montage sur l'arbre se fait sans clavetage au moyen d'un pas de vis formé au bout de l'arbre et d'un écrou. Les ailettes, qui pendant le travail viendront en contact avec la matière, sont en fonte coulée en coquille, de telle sorte que la partie extérieure se trouve être d'une grande dureté, tandis que l'autre partie qui s'applique sur le moyeu est en fonte ordinaire. Ce moulage spécial a pour but de leur donner une grande résistance à l'usure tout en leur conservant une souplesse suffisante pour écarter toute chance de rupture. Ces plaques sont fixées sur les ailes du moyeu par trois boulons à tête fraisée, noyée dans l'épaisseur.

De même que les hélices sont à plaques changeables, la paroi intérieure de la chambre de broyage est garnie de plaques de fonte amovibles fixées par un boulon et que l'on peut aisément remplacer lorsque le choc des matières les a détériorées.

L'appareil s'alimente automatiquement. La matière à pulvériser est préalablement concassée en masses assez faibles pour permettre leur entraînement par les tourbillons d'air. Un ouvrier chargeur, monté sur un plancher supérieur, l'envoie à la pelle par chenal incliné à deux trémies de chargement placées latéralement ou plus simplement à une seule trémie placée au milieu. Dans les trémies se trouve logé un cylindre distributeur à cannelures, dont la rotation est réglée par poulie, tige, levier, roue à rochet et cliquet. En attachant les tiges en différents points des leviers, on fera varier la quantité de matière amenée dans la chambre de broyage par le cylindre d'alimenta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion. Une palette de retenue, qui s'applique, par l'action de contrepoids, contre les augets du cylindre distributeur, garantit le versage dans l'appareil du contenu des augets seulement. La matière, en quantité ainsi mesurée, tombe, dirigée par des plans inclinés, entre les deux moulinets animés d'une vitesse de 1,000 à 3,000 tours par minute; les fragments saisis par les deux tourbillons d'air sont violemment projetés les uns contre les autres et contre les parois, et se réduisent en poussière.

Arrivée au degré voulu de pulvérisation, la matière est enlevée par un ventilateur aspirant, marchant à environ 3,000 tours par minute et dont la force d'entraînement doit être naturellement d'autant plus grande que la matière est plus dense et qu'on la veut en grains plus gros. On pourrait garder au ventilateur une vitesse constante dans tous les cas, et faire varier sa force d'aspiration en augmentant ou diminuant la quantité d'air admise dans la chambre de broyage, par le jeu de vannes placées sur les conduites d'adduction. En réalité, la force absorbée par le ventilateur étant faible, sa grande vitesse n'offre guère d'inconvénient et l'arbre ne s'échauffe pas. Cependant, pour un même volume débité, la force absorbée est d'autant moindre que le ventilateur a des dimensions plus grandes, dans de certaines limites du moins, et il serait préférable d'user d'un ventilateur marchant à une vitesse moyenne de 1,500 tours, n'était la question de prix.

Par le fait de l'aspiration du ventilateur, la broyée quitte la chambre des moulinets et se rend dans des chambres de dépôt, munies de cloisons formant chicanes, où elle se précipite par des conduits verticaux sur des soupapes équilibrées; celles-ci cèdent sous leur poids et le sable tombe dans une vis d'Archimède qui le mène mécaniquement jusqu'à un réservoir, dans lequel une noria le reprend pour l'élever à un étage supérieur, où se fait la mise en sacs.

Après avoir traversé les chambres de dépôt, l'air entraînant la folle farine entre dans le ventilateur qui le chasse ensuite dans une grande caisse en bois, surmontée d'une série de chambres étroites dont les longs côtés sont formés d'étoffe de laine. La vitesse du courant s'y trouve sensiblement ralentie et les cloisons de laine par leur rugosité retiennent les poussières. De temps à autre on bat les cloisons, la poussière s'en détache et tombe par des parois inclinées dans la vis d'Archimède qui se trouve au-dessous. L'air sort de cette caisse par une conduite qui se bifurque, pour le ramener dans la chambre de broyage au-dessus des deux moulinets à hélices.

Tel était l'appareil exposé dans la section américaine. Comme on le voit, il est entièrement fermé; rien ne se perd au dehors, aucune poussière n'incommode l'ouvrier. Cette disposition sera toujours recommandable lors du broyage de matières ayant une certaine valeur ou qui peuvent nuire à la santé des travailleurs.

Lorsqu'il n'est pas nécessaire de clore l'appareil, on se dispensera de renvoyer l'air chassé par le ventilateur dans la chambre de broyage. Celle-ci recevra l'air qui lui est nécessaire par deux tuyaux dont l'ouverture libre sera garnie d'une maille afin d'éviter que des corps durs, tels qu'un boulon, un marteau, n'y tombent accidentellement. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quantité d'air sera réglée par des vannes à papillon placées sur ces conduites. Dans ce cas, l'air lancé par le ventilateur gagnera, avant de s'échapper définitivement, des chambres plus ou moins vastes, où des chicanes multiples, des parois de laine, des pluies d'eau ou tous autres moyens aideront à abattre l'impalpable, dont une faible partie se répandra au dehors.

D'autres variantes sont encore possibles. Ainsi, comme nous l'avons déjà dit, au lieu de deux trémies d'alimentation à la chambre de broyage, on peut n'employer qu'une trémie unique, adaptée sur la paroi du fond qui alors sera verticale. Au contraire, la matière broyée pourra être enlevée par deux tuyaux placés sur les côtés de cette chambre, lorsque la pulvérisation sera facile.

Lorsqu'il s'agira du broyage en impalpable, des dispositions spéciales seront prises. Dès leur sortie du broyeur, les matières entreront dans une boîte à chicanes, combinées de telle sorte que les grains qui ne pourront franchir ces obstacles redescendront dans la chambre de broyage pour y subir une pulvérisation complémentaire. Les caisses de dépôt seront agrandies pour diminuer la vitesse du courant et la chambre qui suit le ventilateur offrira un développement suffisant et un ensemble de chicanes ou d'autres moyens de retenue, pour arrêter presque en totalité les plus fines poussières. Pour faire du granulé, le dépôt étant plus facile, toutes ces dispositions seront simplifiées.

La vitesse des moulinets variera avec le poids et la dureté des fragments à pulvériser. Pour des minerais assez durs, le concassage préalable devra amener les morceaux au volume approximatif d'une grosse noix. Si la matière à broyer tenait incorporés des grains très durs, comme c'est le cas pour les scories des cornues Thomas qui renferment des grains d'acier, il serait bon de disposer au bas de la chambre de broyage, en dessous des moulinets, un réservoir où se réuniraient ces grenailles que l'on pourrait enlever de temps à autre.

La quantité broyée en un temps donné dépendra du volume des fragments chargés, de la dureté de la matière, du degré de ténuité à obtenir et de la vitesse des moulinets. D'autre part, le degré de ténuité sera réglé par la section et le volume des chambres de dépôt et par le mouvement du ventilateur aspirant, soit que l'on modifie la vitesse de celui-ci, soit, plus simplement, qu'on modifie la quantité d'air par le jeu des vannes à papillon.

Cet intéressant appareil fonctionne depuis cinq ans en Amérique, il commence à se répandre en Europe. On en construit de trois modèles dans les conditions suivantes :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Diamètre des hélices	0^{m} 305	0^{m} 570	0^{m} 820
Poids d'une hélice montée	8^{k} 500	30^{k}	55^{k}
Poids d'une plaque de rechange	1^{k} 300	6^{k}	10^{k}
Force motrice	6 à 15 chevaux.	20 à 30 chevaux.	35 à 50 chevaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moyeu en acier coulé revient à 80 francs et les plaques de rechange à 35 francs les 100 kilogrammes. Les dépenses d'entretien ne sont pas élevées et le remplacement des hélices peut se faire en moins de vingt minutes. Le remplacement des plaques de fonte qui garnissent le chambre de broyage se fait aussi sans difficulté.

Le cyclone a été appliqué au broyage de nombreuses substances : chaux, ciments, grappiers, phosphates, os, divers minerais, houille, coke, plombagine, mica, talc, borax, épices, maïs, etc.

Le tableau suivant donne les résultats industriels obtenus avec l'appareil n° 2 :

MATIÈRES.	RENDEMENT À L'HEURE.	DEGRÉ DE BROYAGE.
	kilogr.	
Scories de fer pour la peinture	425	Impalpable.
Ciment Portland	900	10 p. 100 de refus au tamis 80.
Grappiers de ciment	1,000	3 p. 100 — 100.
Feldspath	960	2 p. 100 — 110.
Charbon de corne	130	Impalpable.
Phosphates	1,000	10 p. 100 de refus au tamis 80.
Colle	250	5 p. 100 — 80.
Chaux pour concentration	1,000	5 p. 100 — 100.

On assure qu'on y peut passer sans inconvénient des matières contenant 20 p. 100 d'humidité et qui s'y dessèchent sous l'influence de l'air en mouvement.

L'originalité du principe du cyclone en a fait une des curiosités de l'Exposition; les résultats qu'il a donnés dans de nombreuses applications le signalent et le recommandent pour les broyages pulvérisants.

II. CLASSEURS.

Un peu tardivement a été déposé dans la halle des machines un modèle de crible giratoire dû à MM. Eckley B. Coxe et Samuel Salmon, de Drifton (Pennsylvanie), et qui présente des détails nouveaux et intéressants. Nous chercherons d'abord à dégager l'idée fondamentale qui semble avoir ramené les auteurs à l'emploi des classeurs plans.

Dans les trommels classeurs, la matière qui s'éboule sans cesse sur la paroi courbe et tournante ne se trouve jamais en réalité en contact qu'avec une portion restreinte de la paroi perforée, c'est-à-dire avec la partie inférieure que l'on peut estimer tout au plus au cinquième de la surface totale; les quatre cinquièmes du classeur circulaire sont, à tout instant, inactifs. De là résulte qu'il faut ne charger que modérément le trommel si l'on tient à un classement nettement fait. Il n'en serait pas de même et l'on pourrait passer de bien plus grandes quantités de matières, si, au lieu d'employer un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

crible circulaire comme le trommel, on faisait le classement sur une surface plane perforée, fonctionnant comme crible dans toute son étendue et sur laquelle la matière serait vivement promenée par un mouvement rotatoire que l'on imprimerait à l'appareil. C'est en fait ce qu'on réalise au tamis à main ou lorsqu'on sasse du sable dans les fonderies.

D'autre part, lorsqu'on doit faire un assez grand nombre de catégories différentes, un trommel à une seule paroi, s'il est simple de construction, doit nécessairement être allongé proportionnellement au nombre de ces classes et si, pour diminuer la longueur, pour diminuer l'usure et, par suite, les réparations tout en perfectionnant le classement, on adopte les trommels à parois concentriques, on rencontre des difficultés de montage lorsqu'il faut placer et remplacer les tôles intermédiaires.

Ce sont sans doute ces circonstances qui ont conduit MM. Coxe et Salmon à rechercher des perfectionnements à l'ancien système des cribles plans superposés. Ceux-ci, comme on se le rappellera, recevaient des secousses incessantes dans le sens de la marche des matières ou dans le sens transversal; les cribles de MM. Coxe et Salmon reçoivent un mouvement giratoire continu et rapide au moyen d'une disposition tout à fait nouvelle et qui ne manque pas d'originalité.

L'appareil exposé est formé de deux caisses indépendantes, contenant chacune quatre tôles perforées, planes et superposées, légèrement inclinées. Chacune de ces caisses repose sur une taque d'assise par l'intermédiaire de doubles cônes placés aux angles. Ces doubles cônes sont faits de parties égales accolées par leur base. C'est ce mode spécial d'appui qui permettra le mouvement giratoire des deux caisses. Ces cônes libres sont guidés dans leur piste de roulement, soit par un ergot circulaire que porte la taque d'assise et le fond des caisses et qui s'emboîte dans des creux ménagés dans les cônes, soit, ce qui revient au même, par une rainure circulaire que portent ces mêmes taques et dans laquelle s'engage une saillie que portent les cônes, soit encore par des boutons au sommet des cônes qui se logent dans des alvéoles préparées dans les taques. Les cônes et leur siège sont en fonte trempée et bien dressés.

Le mouvement est donné aux deux caisses par deux excentriques placés entre elles et qui les font rouler, à droite et à gauche, sur leurs supports coniques; de sorte que chaque point des tamis décrit une circonférence dont le rayon dépendra de la forme et des dimensions des cônes. Exactement, ce rayon est égal à la distance des sommets des cônes multipliée par le cosinus de l'angle que fait cet axe avec les génératrices. Pour les charbons, il est de 0 m. 05 à 0 m. 10. On peut donc modifier l'amplitude du mouvement giratoire en modifiant les cônes et il convient qu'elle varie avec le poids des morceaux à classer. Les tamis font de 110 à 160 révolutions par minute. Plus les morceaux seront petits, plus l'amplitude sera petite et plus le nombre des révolutions sera grand.

L'appareil étant en marche, si l'on charge la matière à classer au chevet du crible supérieur, le mouvement giratoire la promènera vivement sur le crible et fera travailler

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

activement celui-ci dans toute son étendue. Les refus suivront la pente de chacun des classeurs et seront évacués à la chute de chaque plan. Le bord inférieur de chaque tôle perforée est recourbé de manière à former rigole dirigée vers la droite pour les tôles 1 et 3 et dirigée vers la gauche pour les tôles 2 et 4; de cette manière les refus sont facilement recueillis séparément.

On pourrait objecter, comme pour les trommels concentriques, que les derniers tamis ne fonctionneront que sur leur partie inférieure; mais on peut remédier à cela, comme pour les trommels, en plaçant au-dessus de chaque crible une tôle inclinée qui dirige tout ce qui a traversé un crible supérieur au sommet du crible immédiatement au-dessous. Ainsi chaque crible fonctionnera par toute sa surface et le classement sera aussi complet qu'il est possible.

Au lieu d'employer un appareil à deux caisses symétriquement placées par rapport au moteur, on peut n'employer qu'une caisse : alors la transmission par excentrique l'attaquera en dessous.

On a construit de ces caisses ayant 1 m. 50 de largeur, 1 m. 80 à 2 mètres de longueur et 0 m. 60 à 0 m. 90 de hauteur, selon le nombre de tamis qu'elles contiennent. Ceux-ci sont faits en fonte lorsque les trous sont grands, en tôle d'acier ou de cuivre lorsque les trous sont petits.

Nous n'avons pas de renseignements sur les diverses matières qui ont été ainsi classées, ni sur les quantités passées.

Ces appareils sont d'une construction simple et d'un entretien facile; ils permettent de faire un grand nombre de classes en occupant peu d'espace; ils doivent passer beaucoup de matière puisqu'ils utilisent constamment la totalité de la surface tamisante.

MM. Jacomety et Lenicque exposaient un trommel classeur conique, à tôles concentriques, et dans lequel on a supprimé l'axe central afin de faciliter le chargement. Ce trommel est porté à l'extrémité de chargement par une bague dans laquelle il roule, et à l'autre extrémité par l'axe d'un croisillon. Le classement par tôles concentriques est toujours recommandable en vue de la netteté du classement et de la conservation de l'appareil.

La même maison avait une caisse continue de classification en fonte, à courants verticaux, bien connue dans ses dispositions générales et qui se recommandait par une belle exécution. Il en est de même pour leur crible continu à grilles filtrantes en fonte, destiné au traitement des grenailles depuis 0 m. 016 jusqu'à 0 m. 0005, et dont tous les détails sont bien entendus et bien exécutés.

III. PROCÉDÉS DIVERS.

Le laveur exposé par M. Em. Bazin, ingénieur à Levallois-Perret, se compose d'une cuvette montée sur un axe vertical qui reçoit un mouvement de rotation par engrenages. On introduit dans cette cuvette les matières à séparer, broyées et en suspension

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans l'eau; elles y prennent un mouvement giratoire; les plus légères montent par l'effet de la force centrifuge le long des parois et se déversent avec une partie de l'eau par-dessus les bords, tandis que les parties les plus lourdes se concentrent au fond. M. Bazin a séparé ainsi en quelques instants sous les yeux du jury un grain d'or d'une fraction de millimètre noyé dans une poignée de sable. Il estime qu'on peut passer à son appareil 3 à 4 tonnes de sables aurifères par jour.

Le même appareil, en fer, peut servir d'amalgamateur. Le mercure qu'on y introduit monte par l'effet de la force centrifuge sur la paroi du vase qu'il garnit ainsi, sur la plus grande partie de sa hauteur, d'une couche liquide de plusieurs centimètres d'épaisseur. Des sables aurifères broyés, versés ensuite, suivront la paroi, l'or se dissoudra dans le mercure et les pierres passeront par-dessus bord. Le mouvement sera réglé de manière à prolonger suffisamment le contact de l'or et du mercure. Selon M. Bazin, on pourrait traiter ainsi 3,000 kilogrammes de sables aurifères par jour dans une cuvette de 0 m. 70 de diamètre mue à bras et 1,000 kilogrammes par heure dans une cuvette de 1 mètre mue mécaniquement.

Le pavillon des diamants du Cap présentait, grandement installés, des modèles de l'exploitation de ces gisements spéciaux et de la préparation mécanique de leurs produits. Il a été parlé ailleurs de ce qui concerne l'exploitation, nous dirons quelques mots de la préparation.

Les terres et la roche diamantifères venant de la mine sont portées par des wagonnets à de vastes aires de dépôt où elles se délitent en peu de temps sous l'influence de l'air et de l'eau. En temps de pluie et de soleil, quinze jours suffisent; d'autres fois, il faut plusieurs mois. Si le temps n'est pas favorable, c'est-à-dire si une période de sécheresse se prolonge ou s'il y a urgence de produire pour des raisons administratives, on y supplée en travaillant le minerai au pic et en l'arrosant d'eau. Ce travail au pic met quelquefois des diamants à nu.

Le minerai étant ainsi désagrégé est en bon état pour passer à la préparation mécanique. On le charge dans des wagonnets qu'un ascenseur élève à une plate-forme au-dessus de la laverie. La matière est versée sur une grande grille tamisante dont les barreaux sont espacés de 0 m. 04. Ce qui reste sur cette grille est poussé dans un chenal en pente qui l'évacue sur une table, où il est trié à la main : le stérile est rejeté et le bon minerai est renvoyé aux aires de désagrégation. Le menu qui a traversé la grille descend dans un trommel par un chenal où des noirs munis de râbles le délaient dans de l'eau qui a déjà servi à la laverie comme nous le verrons plus loin. Ce trommel est cylindrique, faiblement incliné, formé d'une tôle perforée à trous de 0 m. 03 et d'une toile métallique; il tourne avec lenteur et est arrosé d'eau extérieurement. Dans de telles conditions, il fait à la fois fonction de débourbeur et de classeur. Ses dimensions sont approximativement de 2 m. 60 pour la longueur et de 0 m. 75 pour le diamètre. Les refus descendent sur une table où un triage à la main écarte les stériles et recueille les matières diamantifères qui rentrent au travail.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quant à la matière qui a passé avec l'eau par la maille du trommel, elle court par un chenal incliné à la table de lavage. Celle-ci est un grand bassin circulaire en tôle, légèrement concave, de 3 m. 50 à 5 mètres de diamètre, ayant en son centre un arbre vertical rotatif qui porte douze rayons ou bras horizontaux armés de dents en fer, dont l'extrémité affleure le fond du bassin Cet équipage, étant mis en rotation, promène et fait barboter dans l'eau les grains, les fragments de roches et les diamants, et les débarrasse de la boue, qui s'écoule vers le centre dans des canaux sous la table. Dans l'appareil Paxman et Allen la matière arrive en plusieurs points de la circonférence; dans l'appareil de Beit, la matière arrive en un seul point et fait le tour de la table pour sortir par une ouverture à la circonférence intérieure et placée presque en regard du point d'arrivée.

En abaissant une palette on fait tomber du fond de la cuve sur le sol le dépôt nettoyé, on le lave une dernière fois à grande eau s'il en est besoin, on l'étale sur une table et, à la main, on en retire les diamants.

Quant aux eaux boueuses qui ont quitté la table de lavage en entraînant des sables, elles se rendent dans un réservoir où elles sont reprises par une chaîne à godets qui les verse dans un trommel à maille très serrée; les sables qui en forment le refus sont rejetés et les eaux qui traversent la maille se rendent de nouveau au premier trommel débourbeur pour recommencer le travail.

Selon la nature de la matière, un appareil peut passer par jour de 70 à 100 mètres cubes de minerai brut. Une machine de 12 à 15 chevaux fait mouvoir deux tables de lavage et tous leurs accessoires mécaniques. On ne perd guère que l'eau que retiennent les produits et les derniers sables abandonnés; cette perte est estimée à 300 litres par mètre cube de matière entrée. La richesse du minerai de Kimberley est d'environ 5 carats ou 1 gr. 025 par mètre cube; de sorte que, à Kimberley, le rapport approximatif du poids du diamant à celui de la matière brute est comme 1 : 2,500,000. La perte dans les sables abandonnés est évaluée à 1 ou 2 p. 100 du poids total du diamant.

Comme on le voit, cette préparation est très simple et ne présente pas de difficulté technique; elle n'est, du commencement à la fin, qu'un débourbage et un triage à la main. Les difficultés réelles sont d'une autre nature : la nécessité d'épargner l'eau qui coûte cher et fait parfois défaut, et la nécessité d'une incessante surveillance.

Le spectacle d'une préparation en marche, cette reproduction fidèle de ce qui se passe dans un pays lointain, avait le privilège d'exciter vivement la curiosité des visiteurs.

Les mines de Berezowski et Miousk, de la Société Astacheff et Cie (Russie), et les mines de Ballaarat (Victoria), exposaient de fort beaux modèles de préparation de minerais d'or, comprenant broyage, lavage et amalgamation; il en a été parlé précédemment. Pour cette même raison, nous nous bornerons à mentionner la préparation mécanique des minerais de plomb et de zinc de Sakamody (Algérie), qui est habilement entendue et munie des appareils les plus perfectionnés, ainsi que l'intéressante préparation des mines d'or de Grenade.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5e SECTION

MATÉRIEL DE LA MÉTALLURGIE

RAPPORT

PAR

M. A. GILLON

PROFESSEUR DE MÉTALLURGIE À L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MATÉRIEL DE LA MÉTALLURGIE.

L'état présent de la métallurgie est particulièrement caractérisé par les grandes productions et la variété des produits. C'est peut-être de ce dernier côté qu'est le plus vif intérêt, et la division que l'on a faite de l'ensemble métallurgique, en attribuant les produits à la classe 41 et les procédés à la classe 48, n'est pas sans laisser quelque regret.

Limité comme il l'est, le champ de la classe 48 est néanmoins très intéressant et l'on y rencontre l'expression des progrès accomplis depuis 1878.

A cette époque, l'important problème du traitement des fontes phosphoreuses pour acier était posé et l'on en attendait avec impatience la solution. On la possède aujourd'hui sous toutes les formes : procédé Thomas et Gilchrist, procédé Martin basique, procédé Valton et Rémaury.

Mais des installations puissantes comme le Bessemer demandent une immobilisation d'importants capitaux ; il était désirable que de tels moyens expéditifs fussent mis à la disposition de plus modestes industries. Bien des essais ont été dirigés dans cette voie et les tentatives suivent heureusement leur cours, comme en témoigne le procédé Robert.

D'autre part, les allures rapides et économiques des convertisseurs soufflés se sont épanchées dans le traitement d'autres métaux. M. Manhès s'en est saisi, pour en doter le travail des mattes cuivreuses. Il ne serait pas étonnant que d'autres opérations oxydantes, telles que la fabrication du blanc de zinc ou du minium, y eussent un jour recours.

La production des hauts fourneaux n'a cessé de s'accroître. Les machines soufflantes renforcées, les appareils à air chaud perfectionnés, les charbons épurés rendent communes aujourd'hui des productions de 100 tonnes de fonte et au delà par vingt-quatre heures.

Les grandes productions ont abaissé les prix, et, par les procédés nouveaux, ceux du fer et de l'acier se trouvent pour ainsi dire nivelés.

L'économie des charbons, l'utilisation de toute espèce de matières combustibles et jusqu'aux plus dédaignées, sont des questions permanentes et d'intérêt général, toujours en progrès, toujours ouvertes. Les satisfactions qui leur sont acquises revêtent les formes les plus diverses : emploi des gaz perdus au chauffage des chaudières et à l'éclairage, cubilots perfectionnés et appareils à air chaud, puits Gjers, foyers Godillot et autres.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les commandes militaires ont nécessité la création d'outillages formidables ; on en pourra juger par le laminoir à blindages de Châtillon-Commentry.

La fabrication des produits industriels courants s'est armée aussi de moyens d'action en même temps plus puissants et plus souples ; le laminoir de Valenciennes en donnera un exemple.

Sans présenter un développement bien considérable dans sa partie métallurgique, on peut dire que la classe 48 offrait un inventaire satisfaisant des nouvelles ressources dont dispose actuellement l'industrie.

I. PRODUITS RÉFRACTAIRES.

La céramique industrielle se sépare naturellement dans un classement de la céramique artistique, qui s'étalait avec tant d'éclat dans les constructions du Champ de Mars. Des deux parts, MM. Em. Muller et Cie, à Ivry-Port, occupaient une place brillante. Ils présentaient dans la classe 48 une remarquable variété de produits réfractaires.

C'étaient d'abord des creusets en plombagine pour la refonte de l'acier, du cuivre et d'autres métaux. Cette maison emploie exclusivement le graphite de Ceylan et a livré des creusets qui ont résisté à dix-huit fusions d'acier dur. En cette même matière, elle fabrique des coffrets pour le recuit des coins et étampes en acier employés à l'Hôtel des monnaies. Le prix des creusets de première qualité est de 80 francs les 100 kilogrammes.

Elle présente aussi des creusets en magnésie d'Eubée pour la refonte du platine et des briques en magnésie pure dépourvue d'agglutinant et contenant 98 à 99 p. 100 de magnésie, dont le prix est de 60 à 80 francs les 100 kilogrammes. C'est le lieu de rappeler que M. Em. Muller, en 1868, avait proposé l'emploi de la magnésie pour le revêtement des cornues Bessemer; on sait le chemin qu'ont fait depuis les garnissages basiques et quelle puissante industrie ils ont permis de créer.

La même usine produit des briques siliceuses, en mélangeant de la silice impalpable avec de la silice en grains, ou en y ajoutant 2 p. 100 de chaux; le mélange est comprimé à la machine Biétrix et subit ensuite une cuisson à température élevée. Ces briques renferment jusqu'à 98 p. 100 de silice; elles se vendent au prix de 160 francs les 1,000 briques, soit 2,500 kilogrammes. Dans la fabrication des briques en fer chromé pour fours Martin-Siemens et autres, selon le procédé de MM. Valton et Rémaury, elle estime que l'emploi de l'argile comme agglutinant diminue la valeur du produit et ne se sert que de la chaux. La belle exposition de cet établissement était complétée par des briques réfractaires ordinaires, des briques pour récupérateurs, des cornues à gaz et du coton minéral calorifuge qui vaut 32 francs le mètre cube ou les 100 kilogrammes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. A. Valabrègue, à Bollène (Vaucluse), montre une coupe géologique du bassin de Noyères, une coupe d'un puits d'extraction de 45 mètres, un cadre des terrains traversés et des échantillons des argiles réfractaires de son exploitation. Son procédé de fabrication des briques siliceuses à 96 p. 100 de silice consiste à faire cuire le quartz en morceaux, à le concasser, à le broyer entre des meules horizontales et à l'additionner ensuite de 4 p. 100 d'argile ou de 3 p. 100 de chaux. Il produit aussi des briques alumineuses à 30 ou 32 p. 100 d'alumine qui sont demandées par les hauts fourneaux qui traitent des lits de fusion fortement manganésifères. En y ajoutant de la bauxite, on peut obtenir des briques à 57 p. 100 d'alumine. La renommée de cette maison est faite depuis longtemps.

La série de creusets réfractaires de toutes dimensions fabriqués au tour par M. Desmarquet-Leblond, à Saint-Samson (Oise), se faisait remarquer, entre autres qualités, par une parfaite égalité d'épaisseur.

L'importante fabrique de MM. J. Grayson-Lowood and C°, à Sheffield, a pour spécialité les fournitures aux usines Bessemer et Siemens-Martin. Les produits qui doivent résister à de très hautes températures sont faits en ganister ou grès houiller de la localité et ceux qui ont à résister à des chaleurs moins intenses sont en argile schisteuse du même terrain.

M. H. de la Gardette, à Bollène, donne la composition moyenne suivante des argiles réfractaires qu'il exploite :

	SILICE.	ALUMINE.	OXYDE DE FER.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	EAU.
Bollène blanche...	52.00	29.00	1.80	Traces.	Traces.	14.00
Bollène rose.....	56.35	27.00	2 65	—	—	13.00
Bollène grise.....	54.60	27.45	3.45	—	—	14.00

Son exposition comprend des briques de haut fourneau à 42 francs la tonne; des briques alumineuses et des briques siliceuses à 95 p. 100 de silice agglutinée par l'argile, au prix de 50 francs la tonne; un haut fourneau en briques appareillées au cinquième de grandeur; un modèle de four à griller, un écran en briques réfractaires pour foyer de chaudière; des tuyaux de conduite durs et résistants. Il expose encore un foyer en terre réfractaire de construction simple et peu coûteuse, où le principe de la récupération se trouve appliqué. Le fond est une plaque réfractaire facile à remplacer lorsqu'elle est usée; le dessus est en forme de dôme pour réverbérer la chaleur vers l'appartement; derrière la plaque du fond, qui emmagasine une partie de la chaleur, se trouvent disposés des carneaux en chicane parcourus par de l'air froid qui s'y échauffe et se répand ensuite dans l'appartement; ce chauffage persiste pendant plusieurs heures après que le feu est éteint dans le foyer. L'importance et le mérite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des produits variés de cette maison se mesurent par une production annuelle de 6,000 tonnes.

C'est aussi de la fabrication des briques extra-siliceuses que s'occupe M. P. Sourdille, à Saint-Sébastien-lez-Nantes. Ce fabricant exploite des quartz roulés qu'il broie sous des meules verticales pour les transformer ensuite en briques extra-siliceuses en les agglomérant avec 2 ou 3 p. 100 de chaux grasse. Ce mélange est d'abord pilonné à la main dans des moules, puis comprimé à la presse à balancier. Les pièces ainsi façonnées sont cuites à la houille. Elles contiennent 97 à 98 p. 100 de silice et sont employées avec succès dans les fours Martin. La forme en est très régulière. La production annuelle de l'usine est de 600,000 à 700,000 briques représentant un tonnage d'environ 2,000 tonnes. Elles se vendent de 33 à 35 francs la tonne.

Il nous reste à mentionner honorablement les creusets en plombagine de M. H. Maag, à Schaffhouse.

Nous citons plus haut, pour des produits de même dénomination, des prix parfois fort différents; ce sont ceux que les exposants eux-mêmes ont donnés au jury.

II. FOURS À COKE.

Au point de vue de la calcination de la houille comme à celui de la récupération des sous-produits, le four exposé par MM. Seibel et Bernard, et celui qu'exposaient MM. Semet et Solvay, présentent de nombreux points communs et quelques différences.

Dans le premier système, les fours forment couple deux à deux; les pieds-droits sont communs à deux fours et ont trois carneaux horizontaux superposés pour le parcours des gaz; après les avoir parcourus, les gaz des deux fours d'un couple se réunissent sous la sole de l'un d'eux qu'ils chauffent, puis passent sous la sole de l'autre et descendent ensuite dans une galerie collectrice commune à tous les fours d'un massif et qui les mène à la cheminée.

Dans le système Semet et Solvay chaque four est isolé pour son chauffage; il a ses deux pieds-droits à trois carneaux horizontaux. Les gaz qui les ont chauffés se réunissent dans un canal sous la sole, le parcourent dans toute sa longueur, descendent à une galerie collectrice commune et courent ensuite à la cheminée.

La construction du système Semet-Solvay est nouvelle; elle est formée de deux parties distinctes et indépendantes. D'abord un solide massif permanent qui comprend la fondation avec les carneaux sous les soles, des pieds-droits pleins, de deux briques d'épaisseur, et les voûtes qui les recouvrent; ensuite le four proprement dit qui s'installe dans les cavités ainsi préparées. Les deux parois verticales de chaque four sont constituées par des cornues réfractaires, s'emboîtant l'une dans l'autre et qui n'ont que 0 m. 07 d'épaisseur. Elles sont d'une étanchéité parfaite, favorable à la récolte des sous-produits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En cas de réparation ou de reconstruction, les fours du premier système vont par deux, les fours du second vont par unité. Ce dernier avantage est compensé par une construction beaucoup plus coûteuse, mais aussi beaucoup plus robuste.

M. Seibel a fait construire de ses fours avec récupération, en 1879, à Cransac (Aveyron), pour la Compagnie de Campagnac; M. Bernard en a installé depuis sans récupération à la Compagnie des mines de Nœux (Pas-de-Calais), à la Société des charbonnages du Grand-Bouillon à Dour (Belgique), à la Société des aciéries de France à Isbergues, aux mines de Karwin (Autriche), etc.

M. Solvay a construit de ses fours avec récupérateur, en 1882, aux Charbonnages de l'Ouest de Mons, et aux charbonnages du Bois-du-Luc, à Havré, où l'on peut voir 4 batteries de 25 fours chacune.

Des deux parts on prend tous les soins ordinaires pour que la calcination ait lieu en vase clos.

Des deux parts aussi, dans les fours à récupération, les gaz provenant de la distillation de la houille sortent par un tuyau à la voûte de chaque four, se rendent dans un barillet et de là à l'atelier qui en extrait les produits ammoniacaux. Les gaz combustibles non condensés par ce travail sont ramenés aux fours à coke, où ils débouchent avec l'air qui doit les enflammer dans les carneaux supérieurs des pieds-droits qui deviennent ainsi des chambres de combustion.

Dans une communication qu'il a faite en 1882 à la Société de l'industrie minérale de Saint-Étienne, M. Seibel fait connaître qu'il a obtenu à Cransac une notable augmentation de rendement et il l'attribue à ce que, dans ses fours, la calcination marche de haut en bas, puisque les carneaux supérieurs où se fait la combustion des gaz sont évidemment les plus fortement chauffés. Dès lors, la partie supérieure de la masse de charbon enfournée est déjà en formation de coke, lorsque la partie inférieure commence à distiller. Les hydrocarbures dégagés de cette dernière, subissent la forte chaleur du haut de la masse, se dissocient, y laissent du carbone dans les pores du coke déjà formé et augmentent ainsi le rendement en donnant au produit un grain plus serré et plus de densité. Les hydrocarbures de la houille, en effet, dans de telles circonstances, peuvent abandonner du carbone. M. Solvay, dans son brevet de 1880, fait aussi état de ce chauffage *per descensum*.

Mais dans la plupart des fours, dans ceux à carneaux horizontaux surtout, le chauffage ne se fait-il pas, dans une certaine mesure, comme l'ont organisé les inventeurs, et n'est-il pas quelque peu difficile d'admettre que l'augmentation due à cette cause soit bien considérable? N'y aurait-il pas plutôt dans ce mode de chauffage une meilleure utilisation de la chaleur dont le parcours est ainsi allongé et aussi une plus grande facilité pour le dégagement des gaz que l'on veut recueillir et qui, se formant dans le bas, n'ont plus à traverser qu'une masse poreuse?

De part et d'autre encore, on trouve du gaz en excès sur ce qui est nécessaire à la calcination de la houille. A Cransac, où les charbons ont 33 à 35 p. 100 de matières

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

volatiles, on s'en sert pour l'éclairage des installations : puits d'extraction, criblages, lavages, etc ; à Havré, où les charbons n'ont que 17 à 18 p. 100 de gaz, on l'emploie à l'alimentation de trois grands compresseurs pour la mine : de part et d'autre, bien entendu, après avoir alimenté les chaudières qui activent l'outillage mécanique de l'usine à coke. De ces faits retirons cet utile enseignement, que nulle part on ne devrait perdre les gaz des fours à coke, comme on le fait trop fréquemment. Ils représentent une valeur calorifique qui est loin d'être une quantité négligeable. Comment justifier que transformant la houille en combustible sec par élimination du goudron et des gaz, on se décide à perdre ceux-ci, alors qu'on en a besoin pour la fabrication des agglomérés d'une part et pour tout usage calorifique de l'autre ? Le ménage industriel se trouverait mieux d'une plus soigneuse manière d'accommoder les restes.

L'extraction des sous-produits ammoniacaux, dans les deux systèmes, a lieu par des moyens semblables. Les gaz, soutirés des fours, d'un côté par l'extracteur Bourdon, de l'autre par l'extracteur Beale, passent d'abord dans des barillets où ils se refroidissent et déposent du goudron ; de là, ils vont à des laveurs où ils laissent les matières ammoniacales. Les gaz combustibles non condensés passent ensuite par les extracteurs qui les ont aspirés et qui les refoulent, partie vers les fours à coke où ils vont alimenter les brûleurs dont il est parlé plus haut, partie vers un gazomètre ou vers des chaudières.

Chaque batterie de fours a son extracteur dont la vitesse est réglée selon l'allure de la fabrication.

M. Solvay établit comme suit le compte des matières volatiles. Les charbons en donnent 17 à 18 p. 100, dont 6 p. 100 sont condensés ; il en reste 11 à 12 p. 100 dont la moitié suffit au chauffage des fours à coke. Une tonne de houille fournit 5 à 6 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque et 14 à 15 kilogrammes de goudron. Aux cours actuels, ces sous-produits valent 1 fr. 80 par tonne de coke fabriqué. Les frais de main-d'œuvre et d'entretien étant de 0 fr. 30, il en résulte, par tonne de coke, une valeur nette de 1 fr. 50 en sous-produits. On néglige la valeur de l'excès de gaz employé en dehors des besoins de la fabrication. Si l'on compare un four à coke ordinaire sans récupération, coûtant 2,000 francs et produisant 60 tonnes de coke par mois, et un four Semet-Solvay avec récupérateur, coûtant 6,500 francs, produisant 100 tonnes de coke par mois et des sous-produits valant 1 fr. 50 par tonne de coke, il est facile de voir qu'en deux ans les sous-produits auront payé la différence des frais d'installation rapportés à une même production de coke.

Cette conclusion est subordonnée, bien entendu, à la possibilité d'écouler constamment les sous-produits aux cours actuels.

En tout cas, il est remarquable qu'avec des charbons aussi peu riches en gaz, on puisse obtenir un coke dur et bien cuit et des produits secondaires, sans aucune consommation supplémentaire de combustible.

Comme accessoire des fours à coke, nous avons à mentionner la défourneuse de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Prosper Hanrez, constructeur, à Monceau-sur-Sambre. La machine à vapeur est fixe ainsi que sa chaudière, qui est chauffée par les flammes perdues des fours. La machine fait mouvoir un câble sans fin, installé sur toute la façade et sous le niveau du sol. Le treuil et la crémaillère sont sur chariot mobile; la crémaillère reçoit du câble sans fin le mouvement d'avancement et de recul, et le chariot en reçoit le mouvement de translation.

Les avantages de cette disposition sont que la machine, n'éprouvant plus de trépidations, a moins besoin d'entretien et de réparation, que les longs tuyaux de vapeur à joints articulés sont supprimés et que le chariot est plus léger. M. Hanrez construit des crémaillères à dentures croisées et à circulation d'eau.

III. FABRICATION DE LA FONTE.

Appareils à air chaud. — Les appareils à chauffer l'air, dont la transformation et les perfectionnements ont permis de pousser le vent des hauts fourneaux à des températures de 700 à 800 degrés, ont été l'âme des progrès de la fabrication de la fonte. Ils ont conduit à augmenter la production dans des proportions considérables, à réaliser d'importantes économies de combustible, en même temps qu'ils créaient les conditions favorables à la production des fontes spéciales que réclame aujourd'hui la puissante industrie des aciers

Deux appareils se sont partagé longtemps la faveur des industriels : le système Cowper qui date de 1857 et le système Whitwell qui date de 1865. Ils sont trop connus pour les décrire. Les avantages du premier consistent dans une surface de chauffe beaucoup plus grande, dans une faible vitesse de circulation des gaz et du vent, favorable à l'absorption de la chaleur; son désavantage est surtout dans la difficulté du nettoyage, qui ne peut se faire que lorsque l'appareil est refroidi. Les avantages du Whitwell résident dans l'emploi d'une moindre quantité de briques, dans une construction plus solide et dans la facilité du nettoyage qui peut se faire à la chaleur rouge; par contre, il donne lieu à une très notable perte de charge lorsqu'il est en chauffage, il nécessite des cheminées très élevées ou risque d'être mal alimenté lorsqu'une partie des gaz doit servir à chauffer des chaudières, ce qui est le cas fréquent.

De ce que le système Cowper possède une puissance calorifique incontestablement plus grande, le système concurrent devait naturellement chercher à s'en rapprocher, et c'est ainsi que le modèle Whitwell de 1878, composé de trois chambres de combustion que les gaz parcourent successivement et d'une série de compartiments entre lesquels se partagent simultanément les courants, revêtait un caractère mixte évident.

M. Guyenet, ingénieur à Paris, qui a été le collaborateur de Whitwell, rappelle, dans un tableau et des dessins comparatifs, ce qu'étaient les modèles de 1866 et de 1878, dont le succès s'exprime éloquemment par la construction d'environ 800 appareils, tant en Europe qu'en Amérique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	MODÈLE DE 1886.	MODÈLE DE 1878.
Diamètre	$6^{m}\,720$	$6^{m}\,720$
Hauteur	$8^{m}\,700$	$12^{m}\,000$
Section des carneaux	$0^{m2}\,60$ à $1^{m2}\,50$	$1^{m2}\,75$ à 6^{m2}
Périmètre	108^{m}	146^{m}
Surface de chauffe totale	800^{m2}	$1,450^{m2}$
Prix du four	$34,427^{f}$	$42,594^{f}$
Prix par mètre carré de surface de chauffe	46^{f}	29^{f}

Il y avait donc un progrès marqué dans le modèle Whitwel de 1878.

Mais quel qu'ait été le succès des Whitwell, le nombre des partisans des Cowper n'a cessé de croître. La raison en est que leur plus grande puissance calorifique, lorsqu'ils sont bien entretenus, répond mieux aux conditions techniques que l'on recherche, et, puisque leur défaut est dans la difficulté du nettoyage, c'est sur l'atténuation de cette difficulté qu'ont porté les efforts. Dans cette voie, il y a à mentionner d'abord l'emploi de moyens préventifs qui rendent les nettoyages moins fréquents et qui consistent à purifier mieux les gaz et à arrêter les poussières dans de larges chambres de dépôt. En second lieu, on a facilité le ramonage en renonçant aux alvéoles étroites, en leur donnant une section beaucoup plus large; on a même proposé de substituer à la section carrée la section hexagonale à angles arrondis. Mais ces modifications ont pour conséquence de diminuer la surface de chauffe totale. Pour retrouver la surface utile, on ne pouvait penser à accroître le diamètre de l'appareil, c'eût été ralentir le courant et provoquer le dépôt des poussières sur les parois, tout en rendant inégale la répartition des gaz dans les alvéoles; on s'est donc arrêté à exhausser ces constructions et c'est ainsi qu'on leur donne aujourd'hui des hauteurs de 16, 18 et 22 mètres.

C'est cette dernière hauteur qu'a donnée M. Guyenet à l'appareil dont il présentait le dessin. De plus, pour permettre le nettoyage à la chaleur rouge, il a muni la calotte supérieure de portes qui, étant ouvertes, démasquent toute la section des carneaux, dans lesquels il devient facile d'introduire des racloirs et des hérissons. Comme dans les autres modèles, on retire les poussières par des ouvreaux à la partie inférieure. L'ensemble de la disposition présente une chambre de combustion unique et une série de cheminées verticales reposant sur colonnes par l'intermédiaire d'un grillage en fonte comme dans la construction des Cowper.

Les éléments principaux de ce nouveau four sont les suivants :

Diamètre	$6^{m}\,720$
Hauteur	$22^{m}\,000$
Section des carneaux	11^{m2}
Périmètre	170^{m}
Surface de chauffe totale	$3,600^{m2}$
Prix du four	$66,912^{f}$
Prix par mètre carré de surface de chauffe	18^{f}

On ne peut douter de son efficacité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machine soufflante. — La Société John Cockerill, à Seraing, exposait, non sans quelque orgueil, le 152e exemplaire de son type bien connu de machine soufflante verticale à action directe. Ce chiffre dit haut combien les dispositions générales ont été heureusement conçues dès le début. Mais si une longue expérience n'a conseillé aucun changement à l'agencement caractéristique de la machine, ce n'est pas à dire qu'on se soit complu dans une immobilité absolue. Des détails ont été successivement améliorés. Si l'on compare la machine exposée à Paris en 1889 à celle qui figurait à l'Exposition de Vienne en 1873, on y trouve les modifications suivantes :

Dans la machine de 1873, les soupapes de distribution de vapeur étaient activées par des cames calées sur un arbre recevant son mouvement de l'arbre principal de la machine par l'intermédiaire d'un train d'engrenages; ce train d'engrenages a été supprimé dans les machines construites ultérieurement : la suppression des frottements nuisibles des roues dentées a influé favorablement sur le rendement et la marche silencieuse de la machine. Les engrenages avec leurs pignons, axes, coussinets, etc., ont été remplacés par un seul excentrique calé sur l'arbre moteur et commandant l'arbre à cames au moyen d'une petite manivelle.

La machine exposée cette année a des soupapes plus grandes et des passages de vapeur plus larges. Les pièces ont été renforcées pour offrir une résistance suffisante aux efforts plus grands développés par la vapeur. La traverse reliant les deux tiges de piston a été consolidée; les cylindres à vapeur sont attachés d'une manière plus solide au bâti et celui-ci a été rendu plus lourd pour obtenir une plus grande stabilité.

Les dimensions principales de la machine sont :

Diamètre du cylindre à vent	3m000
Diamètre du petit cylindre à vapeur	0 850
Diamètre du grand cylindre à vapeur	1 200
Course commune	2 440
Diamètre de la pompe à air	0 760
Course	1 220
Diamètre de la pompe alimentaire	0 140
Course	0 700
Diamètre des deux volants	7 240
Poids des deux volants	18,000k
Nombre de tours par minute	15
Cube d'air à la pression de 0 m. 25 de mercure	338m3
Force en chevaux-vapeur	260.

Tuyère. — M. Lambotte, à Jemeppe, expose une tuyère composée de deux parties, l'une en bronze, l'autre en fer. Le museau, en bronze phosphoreux d'une seule pièce, a une longueur de 0 m. 30 à 0 m. 40 et une épaisseur croissant de 0 m. 006 à 0 m. 015, la plus forte épaisseur étant vers le feu où elle est exposée à s'user. Le corps de la tuyère est en tôle; l'intervalle annulaire que laissent à la culasse les deux tôles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui le forment, et qui est de 0 m. 05 à 0 m. 06, est fermé par un anneau en fer découpé dans une tôle de 0 m. 03 d'épaisseur ou plus et fixé par des boulons placés alternativement sur l'enveloppe intérieure et sur l'enveloppe extérieure. Des rondelles de caoutchouc interposées rendent la tuyère étanche. Deux orifices pratiqués dans cet anneau servent à introduire, l'un le tuyau d'amenée de l'eau froide qui pénètre jusqu'au museau, et l'autre, fileté, le bout du tuyau de sortie de l'eau chaude.

M. Lambotte estime que cette tuyère aura une durée plus longue que la tuyère en cuivre par cette circonstance que le museau étant d'une pièce doit résister plus longtemps qu'une tuyère en cuivre, formée de parties soudées et rivées.

Usine de Denain. — La Société des hauts fourneaux, forges et aciéries de Denain et d'Anzin exposait un magnifique modèle comprenant quatre hauts fourneaux munis de tous leurs accessoires. Deux de ces fourneaux sont en marche; la construction des deux autres, suspendue lorsque est venue la crise métallurgique, est seulement commencée.

On trouve réunies dans cet ensemble les dispositions les meilleures pour la circulation économique des quantités considérables de matières pondéreuses qu'élaborent et que produisent les établissements de ce genre.

Le caractéristique de ce plan, c'est que les hauts fourneaux sont placés sur une même ligne droite et que les services successifs, depuis l'entrée des matières premières jusqu'à l'expédition des produits, sont établis sur des lignes parallèles à la ligne des fourneaux.

L'arrivée des matières se fait par deux voies ferrées, montées sur des estacades et placées à une distance de 20 mètres l'une de l'autre. Les wagons déversent dans de nombreuses loges, séparées par des murs qui servent de support aux voies ferrées, les minerais, le coke et la castine. C'est de ces loges qu'on reprend les matières, suivant les mélanges à fondre, pour les charger dans des wagonnets qui circulent sur de petites voies ferrées placées à environ 1 mètre en contre-bas. Ces wagonnets rencontrent sur leur chemin des plates-formes tournantes qui les envoient, par des voies perpendiculaires à la direction générale des installations, au pied des monte-charges. Pour y arriver, ils passent sous les estacades et traversent un tunnel ménagé dans l'énorme massif sur le dessus duquel sont établis les fourneaux.

Le monte-charges des deux premiers fourneaux est à balance d'eau simple; celui des deux fourneaux en construction est atmosphérique. Un appareil semblable fonctionne à l'usine d'Ékatérinoslaw, dans le midi de la Russie.

Le massif sur lequel sont établis les fourneaux, les appareils à air chaud et les halles de coulée est à 2 m. 75 au-dessus du sol de l'usine. Les appareils à air chaud sont du système Whitwell; il y en a cinq pour chaque groupe de deux fourneaux; leur cheminée a 52 mètres de hauteur. A leur sommet, les cinq appareils sont réunis par une plate-forme qui sert au nettoyage. On y accède par un escalier en spirale qui monte jusqu'aux gueulards.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'air est chauffé à la température de 700 à 750 degrés. Les machines soufflantes sont verticales et conjuguées; ces appareils ont été construits par la maison Cail, de Paris.

Nous arrivons à la ligne des fourneaux.

Les hauts fourneaux sont établis sur cadres-colonnes et ont pour dimensions :

Hauteur	$18^{m}00$
Hauteur du ventre	5 00
Diamètre du ventre	5 50
Diamètre du creuset	1 50
Diamètre du gueulard	2 75
Cube	180^{m3}

Ils sont soufflés par 5 tuyères à une pression qui varie de 0 m. 18 à 0 m. 22 de mercure.

L'appareil de chargement est du système Chadeffaud.

Destinés à produire de la fonte pour l'aciérie Bessemer, ils traitent presque exclusivement des minerais de Bilbao, exploités par la Société franco-belge dont fait partie la Société de Denain. Ces minerais rendent de 48 à 50 p. 100 au fourneau. La production journalière est de 70 tonnes avec une consommation de 1,100 kilogrammes d'un coke moyennement résistant et qui renferme une proportion 10 à 11.50 p. 100 de cendres.

La halle de coulée couverte vient à la suite. On y moule la fonte en gueuses, si on ne la reçoit par une rigole dans des poches pour l'envoyer directement aux convertisseurs Bessemer ou aux fours Martin-Siemens.

La fonte Bessemer a pour composition moyenne :

Carbone	3.50 à 3.80 p. 100.
Silicium	1.80 à 2.20
Soufre	0.06 à 0.08
Phosphore	0.06 à 0.07

Au delà de la halle de coulée et en contre-bas, se trouve la ligne de chemin de fer qui emmène la fonte en gueuses pour les expéditions au dehors.

Quant aux laitiers, ils coulent dans une fosse demi-circulaire, où un courant d'eau froide les étonne et les granule. Une grue Priesman les puise dans cette fosse, les égoutte et les charge dans les wagons d'expédition.

L'utilisation des laitiers n'a pas cessé d'être une question intéressante. Il paraît que les laitiers de Denain sont employés à la fabrication des briques. On additionne le laitier pulvérisé de 15 à 20 p. 100 de chaux grasse et on transforme le mélange en briques légères, prenant bien le mortier et de bel aspect. Elles reviennent à 11 ou 12 francs le mille.

Telle est cette installation modèle des fourneaux de Denain, dont les dispositions

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont été heureusement combinées pour éviter toute fausse manœuvre et réduire au minimum le facteur main-d'œuvre dans le prix de revient.

Société métallurgique dniéprovienne. Usine de Kamenskoï. — L'usine de Kamenskoï est un de ces grands établissements sidérurgiques que l'on rencontre aujourd'hui dans le Midi de la Russie. Cette région, favorisée par des minerais abondants, riches et purs, dont il a été parlé précédemment, et par les charbons de toutes qualités du bassin du Donetz, le plus vaste de l'Europe, se développe d'une manière merveilleuse et attire l'attention du monde industriel. L'usine de Kamenskoï nous sera l'occasion d'étudier ce mouvement.

En 1886, la Société de Praga dont le siège était à Varsovie et la société John Cockerill, de Seraing, ont constitué, au capital de 5 millions de roubles, la Société métallurgique dniéprovienne qui exposait des échantillons de minerai de ses concessions, des échantillons de coke et de fonte, une collection assez complète des minéraux de la région, des plans et des vues de son usine et de ses concessions de minerai de la Saksagan.

Cette usine est au village de Kamenskoï, situé sur la rive droite du Dniéper à 37 kilomètres en amont d'Ékatérinoslaw. Elle est raccordée par un embranchement de 7 kilomètres au chemin de fer Catherine qui court de l'Est à l'Ouest, à une certaine distance au nord de la mer Noire, franchit le Dniéper à Ékatérinoslaw et relie le riche bassin houiller du Donetz aux importants gisements de minerai de fer de la Saksagan ou de Krivoï-Rog.

La distance qui sépare les deux matières premières est d'environ 500 kilomètres. La Société dniéprovienne, de même que la Société de Briansk, a placé ses usines entre le charbon et le minerai, à cheval sur le chemin de fer Catherine et le Dniéper. Le fleuve est navigable en amont d'Ékaterinoslaw; dans le nord il est en communication avec la Vistule par un canal. En aval, des rapides empêchent la navigation vers la mer Noire. Il est à croire que, quelque jour, la dynamite effacera ces obstacles.

Presque tous les transports s'effectuent par le chemin de fer Catherine qui aboutit à l'Ouest à la grande ligne de Kharkof à Nicolaïeff, port de mer le plus rapproché, et à l'Est au chemin de fer du Donetz se raccordant aux grandes lignes dirigées de Moscou vers Sébastopol et les ports de la mer d'Azof.

Les charbons que consomme l'usine proviennent de la partie occidentale du bassin du Donetz et aussi de la vaste concession de Grischino qui appartient à la Compagnie. D'après les analyses qui figuraient à l'Exposition, ils contiennent :

	Charbon du Donetz.	Charbon de Grischino.
	—	—
Cendres	1.60	4.30
Soufre	0.20	3.25
Matières volatiles	24.50	43.00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce dernier est un charbon à gaz, assez sulfureux.

Jusqu'ici l'usine achète la plus forte part de sa consommation de charbon aux exploitants du Donetz et n'éprouve aucune difficulté à se procurer les quantités et les qualités de houille qui lui sont nécessaires. Ce bassin en fournit toutes les variétés, depuis l'anthracite jusqu'au charbon à gaz et au boghead. Parfois, cependant, ce charbon est un peu sulfureux dans certaines couches et l'on doit y veiller dans les achats et dans les réceptions.

Le charbon à coke tout venant, avec teneur garantie de matières volatiles, de cendres et de soufre, se paye, suivant les localités et la qualité, de 3 r. 50 à 5 r. 50 sur wagon à la mine, soit 8 roubles rendu à l'usine par tonne.

La Société dniéprovienne a construit à Kamenskoï des lavoirs à charbon et 150 fours à coke du système Coppée. Le coke qui en provient et dont des échantillons étaient exposés donne toute satisfaction au point de vue des qualités physiques et chimiques. Il est résistant et il ne renferme que 4 p. 100 de cendres et 0.74 p. 100 de soufre.

Le minerai de fer provient du gîte de la Saksagan ou du gîte de Krivoï-Rog, connu depuis longtemps, mais exploité activement depuis l'ouverture du chemin de fer Catherine, c'est-à-dire depuis six ans environ. Comme haute teneur et pureté, ces minerais sont comparables à ceux de Mokta-el-Hadid; comme facilité d'exploitation, ils sont comparables à ceux de Bilbao.

Le bassin ferrifère de Saksagan se compose de schistes cristallins, de phyllades alternant avec du quartzite et reposant sur le granite. On y distingue deux ou trois horisons de minerai, dont l'un est principalement exploité. Le minerai forme une série de lentilles, séparées par des étreintes, en général fortement inclinées, et dont la puissance atteint 80 à 90 mètres et l'étendue en direction jusqu'à 500 et 600 mètres. Ces amas sont exploités à ciel ouvert, après enlèvement de la terre végétale dont l'épaisseur atteint jusqu'à 20 mètres.

Le minerai coûte, suivant les mines, de 2 roubles à 3 r. 50 la tonne, mis sur wagon à Saksagan, soit 4 à 5 roubles à l'usine.

C'est de l'oligiste spéculaire, parfois légèrement magnétique et passant à l'hématite rouge; il rend environ 65 p. 100 au fourneau et est remarquablement pur de soufre et de phosphore, comme en témoignent les analyses exposées, transcrites ci-dessous :

	N° 1.	N° 2.
Matières volatiles	1.20	1.50
Silice et alumine	1.40	3.50
Fer	67.60	65.70
Soufre	0.01	0.086
Phosphore	0.033	0.033

La meilleure castine vient du terrain houiller des environs de Grischino; on en exploite aussi à Krivoï-Rog non loin des mines de fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En voici l'analyse :

Matières volatiles	43.00
Silice et alumine	0.50
Chaux	55.00
Fer	0.55
Soufre	Néant.
Phosphore	Néant.

Enfin la Société dniéprovienne possède des exploitations de terre réfractaire à Krasno-Ivanowka, à peu près à mi-chemin entre l'usine de Kamenskoï et les mines de fer de Saksagan.

La main-d'œuvre est d'environ 1 r. 10 pour les manœuvres payés à la journée et de 2 roubles pour les ouvriers spéciaux payés à la tâche. Le personnel, qui compte environ 2,500 ouvriers, se compose par moitié de ces deux catégories. L'ouvrier russe du Midi est laborieux et discipliné et se prête facilement aux travaux des mines et des usines.

L'usine de Kamenskoï comprend actuellement :

Une grande briqueterie réfractaire;

Deux lavoirs à charbons et 150 fours à coke du système Coppée;

Deux grands hauts fourneaux, servis chacun par quatre appareils Whitwell nouveau modèle; deux soufflantes Cockerill. Ils produisent chacun, par vingt-quatre heures, plus de 100 tonnes de fonte Bessemer ou de spiegel. Le minerai de manganèse vient du Caucase, mais on en a trouvé aussi dans le pays qui reviendra à la moitié du prix payé jusqu'ici. Les fontes qui figuraient à l'Exposition contenaient :

	Soufre.	Phosphore.
Fonte de moulage n° 1	0.04	0.06
— n° 2	0.07	0.07
— n° 3	0.09	0.07
— n° 4	0.12	0.11
Fonte truitée blanche	0.12	0.10
Fonte blanche	0.15	0.12

L'usine comprend en outre :

Un bassin Bessemer avec deux cornues de 8 tonnes, deux machines soufflantes horizontales; quatre fours Martin-Siemens de 15 tonnes, acides et basiques;

Six pilons dont deux de 15 tonnes;

Un train à rails trio activé par une machine Corliss-Van de Kerkhove;

Un gros train pour essieux et profilés;

Un train à bandages;

Un train à tôle forte, un train universel, deux trains à tôle fine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une fabrique de fer avec 10 fours à puddler doubles, deux pilons cingleurs, un train moyen, un petit train à verges;

Un grand atelier mécanique, une fonderie de fer et de cuivre et un vaste magasin d'approvisionnement;

Un château d'eau avec sa canalisation de plus de 2,000 mètres, portant l'eau partout à l'usine, aux habitations et aux bureaux;

Enfin, maisons d'employés, cité ouvrière, hôpital et infirmerie-lazaret; l'éclairage électrique et l'éclairage au gaz.

La production des deux fourneaux, qui peut s'évaluer à 75,000 tonnes par an, est transformée par les autres divisions en produits laminés divers: rails, bandages, poutrelles, tôles, barres, fils, etc.

L'industrie dans cette région ne cesse du reste de se développer. On y construit encore deux fourneaux à Jousovo, la principale usine du Donetz, deux à Ékatérinoslaw et un autre à Krivoï-Rog pour le compte de la Société française.

Les débouchés et le champ commercial de cette production sont uniquement dans la consommation de l'empire russe. Il y a à considérer à cet égard que les nouveaux laminoirs à fer et à acier du Midi ne font que prendre la place d'usines basées sur le traitement des fontes étrangères, telles que Praga, Briansk et Saint-Pétersbourg.

D'autre part, l'Oural produit encore 340,000 tonnes de fonte et 200,000 tonnes de fer au bois, dans des conditions économiques moins favorables que celles des nouvelles usines du Midi. L'élimination de ce travail au bois n'arrivera-t-elle pas peu à peu, ce qui est survenu dans tous les autres pays, au fur et à mesure que se développeront les moyens de communication?

Enfin, la qualité des produits de grande consommation obtenus des magnifiques minerais du pays est incontestablement excellente, on peut même dire que, pour beaucoup d'emplois, elle est fort au delà de ce qui est nécessaire; elle primera donc celle des produits importés de l'Europe occidentale qui, avant l'élévation des droits d'entrée, s'estimaient à 235,000 tonnes de fonte et à 90,000 tonnes de fers et tôles. Et quant à la question des prix, elle est résolue par la volonté du Gouvernement qui entend assurer la prospérité du puissant cercle sidérurgique du Midi par des droits protecteurs, des commandes et des primes de fabrication. Les droits protecteurs, payables en or, et qui sont garantis pour nombre d'années, équivalent à 61 francs par tonne de fonte, à 122 francs par tonne de rails ou de barres de fer ou d'acier et à 170 francs par tonne de tôles.

Les prix de vente des produits du Midi seront donc réglés par ces droits ajoutés aux prix des produits étrangers. Dans ces conditions, ils sont fort élevés et grandement rémunérateurs: la tonne de rails se paye plus de 90 roubles, et la tonne de fer en barres, plus de 100 roubles.

Ces circonstances et cette autre que la consommation de la Russie est encore dans l'enfance, si on la rapproche de la population et de l'étendue de l'immense empire,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

expliquent la très sérieuse attention dont étaient l'objet les produits de cette région et notamment l'exposition de la Société dniéprovienne.

IV. FONDERIES.

Les cubilots qui figuraient à l'Exposition poursuivent tous, par des moyens divers, l'économie du combustible. On peut ramener à quatre causes les pertes de chaleur dans ces appareils :

1° La déperdition par rayonnement des parois ; on la diminue par une fusion rapide obtenue par l'emploi d'un bon coke et d'une soufflerie suffisante ;

2° La chaleur entraînée par les gaz du gueulard ; elle est atténuée par la hauteur et le profil du four ;

3° La chaleur entraînée par les scories formées des cendres du combustible, du fer brûlé et des fondants ; elle dépend de la qualité plus ou moins cendreuse du coke et de la combustion des éléments de la fonte ;

4° Enfin, la combustion incomplète du charbon, qui laisse s'échapper dans les gaz du gueulard l'élément calorigène à l'état d'oxyde de carbone, constitue la perte la plus importante ; on y remédie en employant un coke convenablement dense et en brûlant l'oxyde de carbone qu'il donne par des introductions d'air supplémentaires.

M. Ed. Hamélius, ingénieur civil à Paris, a fait une très consciencieuse étude de ce problème. Il donne à ses cubilots des fonderies une hauteur de 5 m. 50 à 6 mètres de la sole au gueulard. La pression du vent est de 0 m. 50 à 0 m. 60 d'eau. L'ouvrage est rétréci et se relie à la cuve cylindrique par des étalages de 2 mètres de hauteur ; la cuve à son tour s'élargit vers le gueulard ; enfin, la cheminée porte un large tambour qui, en diminuant la vitesse du courant gazeux, prévient l'entraînement d'étincelles au dehors.

Le vent est introduit par deux systèmes de tuyères : une série inférieure alimentée par une boîte à vent dans les conditions ordinaires, et une autre série supplémentaire qui s'alimente à la même boîte par des tubes extérieurs dont les orifices placés suivant un plan oblique débouchent dans le fourneau à des hauteurs différentes.

Dans ces conditions, l'oxyde de carbone qui peut se trouver dans le courant gazeux ascendant, rencontrant ces jets d'air supplémentaires à différents niveaux dans la zone de fusion et au-dessus, sera transformé en acide carbonique en produisant toute la chaleur que peut donner le combustible. Entrant ensuite dans les étalages, le courant rencontrera la fonte en charges d'une hauteur capable de faire tomber la température des gaz assez rapidement pour prévenir une transformation ultérieure de l'acide carbonique en oxyde de carbone. Enfin l'élargissement de la cuve vers le gueulard continuera de refroidir les gaz, de manière à réduire sensiblement la chaleur qu'ils emportent au dehors.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme dans les cubilots américains, la taque de fond sur laquelle s'établit la sole en sable est montée sur quatre colonnes et porte au centre un clapet à charnière qui permet, à la fin de la journée, de vider rapidement le four dans un chariot qu'on amène entre les colonnes.

Quant à la quantité de combustible nécessaire, si l'on admet qu'avec un bon coke à 8 p. 100 de cendres et brûlé complètement, il faut théoriquement 4 kilogrammes de coke pour fondre 100 kilogrammes de fonte et si l'on tient compte de la quantité de chaleur perdue par rayonnement, de celle qu'entraînent les scories et les gaz du gueulard, on arrivera facilement à admettre qu'il n'est guère possible de descendre au-dessous de 5 kilogrammes de coke par 100 kilogrammes de fonte pour la fusion seule ou le roulement continu, c'est-à-dire sans le coke d'allumage et de remplissage. C'est vers cette limite extrême que tendent les efforts et plusieurs croient pouvoir l'atteindre.

Le même ingénieur avait plusieurs spécimens d'une soufflante rotative, l'un à simple étanchement pour cubilots, forges, etc., pouvant fournir une pression de vent de 0 m. 50 à 0 m. 75 d'eau avec un effet utile qu'on affirme être de 95 p. 100, et un autre à triple étanchement, pouvant donner une pression de 2 à 3 mètres d'eau avec un effet utile de 83 p. 100.

Cette dernière soufflerie peut être appliquée notamment aux machines à jet de sable qui figuraient dans la même exposition. Ces machines sont destinées à dessabler rapidement et économiquement les fontes d'art, les pièces à noyau, comme à décaper toute pièce de métal, fils, tôles, etc. Un jet de sable entraîné par le vent d'une tuyère vient frapper vivement la surface des pièces étalées sur une table fixe ou mobile, la travaille comme une râpe, la nettoie et donne en quelques instants à la fonte une patine graphiteuse et uniforme d'un bel aspect. Un aspirateur enlève la poussière que l'on précipite par un pulvérisateur d'eau dans une cuve. La largeur du jet varie de 0 m. 050 à 0 m. 5.

On se sert aussi d'une machine à jet de sable ascendant pour mater les feuilles de verre à vitres et pour graver des chiffres, des lettres et des décors sur le verre, l'os, l'ivoire, etc. La machine avec une largeur de jet de 0 m. 050 absorbe une force d'un cheval et donne 5 mètres carrés de surface mate à l'heure. On la simplifie en produisant le courant d'air par un jet de vapeur.

Enfin, cette intéressante exposition présentait deux spécimens d'une machine à mouler qui comprime le sable dans le châssis, ébranle le modèle et le démoule. D'une grande production, d'un maniement facile, cet appareil a été adopté dans un grand nombre de fonderies.

M. Herbertz, de Cologne, présentait un modèle de cubilot à jet de vapeur applicable à la fusion des métaux comme à la calcination et à la réduction de divers minerais. Cet appareil se distingue par certains détails caractéristiques. Le creuset est complètement détaché de la cuve; entre creuset et cuve se trouve ainsi un vide annulaire de quelques centimètres de hauteur par lequel l'air entrera uniformément dans le four-

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

neau. La machine soufflante est supprimée et l'air est appelé par l'aspiration que produit un jet de vapeur lancé dans une conduite en tôle garnie intérieurement de briques et qui débouche latéralement à la partie supérieure des charges. Le gueulard est fermé au moyen d'une cloche équilibrée par un contrepoids et qui vient se poser par ses bords sur une trémie de chargement. La taque de fond qui porte le creuset s'appuie sur quatre vérins à vis qu'il suffit de manœuvrer pour faire monter ou descendre le creuset et l'éloigner plus ou moins de la cuve qui est maintenue fixe par des supports latéraux. Cette mobilité du creuset rend très aisées les réparations. On peut même monter le creuset et ses vérins sur chariot et le voiturer loin de la cuve. Des regards à différentes hauteurs sur la paroi permettent de surveiller l'opération. On peut les ouvrir sans inconvénient puisqu'il y a aspiration.

L'idée de substituer l'aspiration par jet de vapeur à l'insufflation par machine est déjà ancienne et a été appliquée en Écosse il y a plus de vingt ans. La question économique se pose entre les frais d'installation d'une soufflerie, de ses réparations et de la vapeur qu'elle consomme et le prix d'un jet de vapeur continu agissant par entraînement. D'après M. Herbertz ce dernier peut être évalué à 2 kilogrammes de charbon par 100 kilogrammes de fonte mise en fusion. Il est certain que l'accès du comburant par un anneau déterminera une combustion plus uniforme que l'insufflation en quelques points par des tuyères. L'air entrera dans le fourneau avec moins de vitesse, la combustion du charbon en acide carbonique se fera sur une zone peu élevée et très chaude, la fonte entrera en fusion sans passer pour ainsi dire à l'état pâteux. On attribue à ces circonstances que le graphite de la fonte ne sera pas brûlé, que le déchet sera moindre et que le charbon sera utilisé de la manière la plus économique. Selon l'inventeur, on ne trouve pas ou presque pas d'oxyde de carbone dans les gaz qui sortent du four tandis qu'on y a trouvé jusqu'à 6 p. 100 d'oxygène en volume. M. Herbertz annonce une consommation de 5 à 6 kilogrammes de coke par 100 kilogrammes de fonte.

Le gueulard étant fermé ne donnera ni flamme, ni étincelles, ni cendres; elles seront évacuées dans une cheminée à laquelle aboutit la conduite où se trouve le jet de vapeur. Souvent, dans l'intérieur des villes, des voisins ont protesté contre l'installation des cubilots en alléguant le bruit désagréable que font les ventilateurs; M. Herbertz affirme que cet inconvénient n'existe pas avec le jet de vapeur.

Un grand nombre d'appareils de ce système fonctionnent en divers pays, notamment en Allemagne et en Angleterre.

Le cubilot Herbertz a été appliqué à la réduction des minerais de plomb. L'ouvrage dans ce cas est formé d'une caisse à circulation d'eau de 0 m. 80 de hauteur. Le jet de vapeur, à 4 atmosphères, entraîne les fumées et les gaz dans des carneaux de condensation. On a constaté, comparativement à un autre fourneau traitant le même lit de fusion, que la consommation de combustible avait diminué et que les scories ne contenaient que 1/2 p. 100 de plomb au lieu de 1 1/2 p. 100 dans un four ordinaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On explique ce résultat important par ce fait, que l'air aspiré ne produit pas l'agitation du bain comme le fait l'air insufflé par des tuyères et que dès lors le métal et la matte, y étant moins disséminés, se séparent plus nettement de la scorie. On estime enfin que ce système pourra diminuer la quantité de matte produite dans le fondage. Ici encore le creuset amovible présente un avantage sérieux pour la rapidité des réparations.

C'est aussi d'un cubilot dit *rapide et économique*, du système Stewart, que MM. Thwaites brothers, des Vulcan Iron Works à Bradford (Yorkshire), produisaient les dessins dans la section anglaise. Ici encore, on annonce une consommation de 5 kilogrammes de coke par 100 kilogrammes de fonte et de 6 kilogr. 5 en y comprenant l'allumage. La taque de fond est montée sur colonnes et au centre se trouve une porte pour la prompte vidange à la fin du travail. Ce cubilot a trois séries de tuyères superposées, alimentées par une boîte à vent. La fonte en fusion s'écoule dans un réservoir clos qui constitue un véritable creuset séparé du cubilot et où elle peut se garder chaude pendant longtemps. C'est à ce réservoir qu'on prend la fonte pour la porter aux moules. Les gaz chauds de cette chambre s'échappent par un tuyau qui les ramène dans le cubilot. MM. Thwaites recommandent de souffler l'appareil à la pression de 0 m. 50 ou 0 m. 55 d'eau.

Les mêmes industriels exposaient les dessins d'un ventilateur Root perfectionné qui se distingue par des coussinets coniques qu'on peut retourner après un an, un volant en fonte ajusté, des arbres en acier et une poulie motrice en fer forgé. Ils ont aussi un modèle de poche de coulée du système Goodwin et How. Cette poche porte près du bec de coulée un barrage réfractaire amovible qui, plongeant dans le métal, sert d'écumoir. La fonte pour s'écouler par le bec doit passer sous ce barrage, de sorte que la scorie qui flotte à la surface ne peut jamais s'introduire dans les moules. Dans sa disposition générale cette poche à siphon rappelle celles qui étaient employées, il y a plus de trente ans, dans plusieurs des fonderies françaises.

M. Venteclef-Lavallée, à Fontenay, montre les variétés de sables de moulage que fournissent ses carrières dont il expose une vue. Ces sables sont très estimés et s'exportent en Italie, en Espagne, en Suisse, en Angleterre, en Russie, etc. Deux pièces moulées en bronze sans retouche, d'une très fine exécution, permettent d'en apprécier la valeur.

M. Albert Piat, à Paris, expose un petit four oscillant à creuset de plombagine. Pour un autre modèle, considérant que le creuset de plombagine est lent à absorber la chaleur du coke qui l'entoure, il a pensé obtenir une économie de combustible et une fusion plus rapide, en ne se servant du creuset que comme réservoir, en le surmontant d'une rehausse métallique ayant la forme d'un creuset ouvert par le bas et dans lequel se ferait la fusion. Il a constitué ainsi un petit four à cuve non soufflé. Le métal à fondre est placé dans la rehausse et il se rend goutte à goutte dans le creuset-réservoir Pour couler le métal, on incline le four qui repose par son axe sur un châssis, en en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gageant un levier dans le carré de cet axe. M. Piat dit qu'il peut fondre dans cet appareil 100 kilogrammes de bronze en vingt minutes avec 15 kilogrammes de coke, tandis que dans le four ordinaire il lui fallait une heure et une dépense de coke de 33 à 35 kilogrammes. M. Piat emploie aussi des rehausses en terre réfractaire à dispositions semblables.

Il présente encore un four qui n'est autre chose qu'un cubilot en trois parties superposées. La rehausse supérieure est en tôle garnie intérieurement de briques réfractaires, elle pénètre dans la partie moyenne; la partie inférieure est le creuset. Une grue à fléau permet d'enlever la rehausse. Au moyen d'un treuil, de leviers et de contrepoids remplaçant une grue, le creuset est soulevé assez haut pour qu'en le basculant on puisse verser le métal dans une poche de coulée. Cet appareil sera utile à ceux qui ont à faire le moulage des petites pièces.

Les fourneaux exposés par M. Ferrari aîné, à Paris, se font remarquer par une belle exécution; ce sont des fours à fondre et à recuire l'or et l'argent chauffés au coke ou au gaz, des fours à moufles à cages superposées, des fours à fondre à l'air libre, des forges pour bijoutiers, des fours à flamme renversée pour recueillir, dans la suie et les cendres qui se déposent dans les carneaux, les métaux entraînés. La même maison fournit aussi des tables de chimie garnies de lave émaillée.

MM. Diot et Lierman, à Paris, sont les propriétaires d'une forge de grosses œuvres disposant d'un marteau-pilon de 8 tonnes, dans laquelle ils produisent des pièces de forge de toute nature. Depuis 1875, ils ont entrepris la fabrication de grands creusets en fer forgé, épais de 0 m. 05 environ, qu'ils vendent surtout au Mexique où ils ont remplacé les creusets en tôle venant d'Angleterre. Ces creusets sont obtenus par emboutissage, au pilon, d'une rondelle de 500 kilogrammes en fer de riblons qui est transformée par cinq opérations de réchauffage et de martelage en un creuset de 400 kilogrammes, d'une contenance de 100 litres.

Parmi les beaux produits de MM. Le Blanc, Georgi et Cie, à Marquise, à côté de tuyaux de toutes sections pour distribution d'eau, il faut signaler particulièrement un tronçon de cuvelage pour puits de mine de 4 mètres de diamètre, du modèle des mines de l'Escarpelle, un tuyau de 3 mètres de diamètre pour le canal de Panama, un autre large de 1 m. 20 et long de 5 m. 20, qui montrent que les usines de Marquise ne redoutent aucune difficulté de fonderie.

M. H. Curaudeau, fabricant d'outils de mouleur et de petit matériel de fonderie à Paris, a créé certaines formes d'outils destinés à rendre plus facile la confection des moules compliqués. L'exécution soignée de ses produits lui a ouvert les portes de plusieurs arsenaux français. M. L. Wagner-Schneider, à Stechborn (Thurgovie), et Mme Bouvais, à Bordeaux, fabriquent aussi des outils de fonderie recommandables. La spécialité de M. Boucaud, à Paris, comprend les outils divers pour le travail des métaux, tels qu'enclumes et tas de formes variées, marteaux, fers à souder, cisailles, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

V. FABRICATION DE L'ACIER.

Le plus important procédé métallurgique qui se soit produit depuis l'Exposition de 1878 est, sans contredit, le procédé basique de déphosphoration au convertisseur Bessemer, connu sous le nom de « procédé Thomas et Gilchrist ». M. Sydney Thomas est décédé. Le procédé était exposé par M. Percy Gilchrist, sous la forme d'un grand nombre d'échantillons d'aciers et de fer fondus, obtenus par l'affinage de fontes phosphoreuses : barres rondes, carrées et profilées, tordues, repliées et aplaties, tôles repliées, embouties, etc., destinés à montrer les qualités de résistance, de malléabilité et de douceur que peuvent posséder les produits du procédé basique. Un écriteau faisait connaître qu'en 1888 il a été produit près de 2 millions de tonnes par le procédé basique, et que depuis l'origine, c'est-à-dire depuis 1879, cette production a dépassé 8,500,000 tonnes.

Il faut se reporter à l'époque non lointaine où les fontes à acier ne pouvaient être obtenues qu'en traitant des minerais de choix, gisant dans quelques localités privilégiées, et aux hauts prix des produits d'alors, pour mesurer toute la valeur d'un procédé qui admet à cette fabrication les minerais les moins estimés et les plus répandus et qui nivelle les prix du fer et de l'acier.

Il est rare que des créations de cette importance sortent d'un jet du cerveau d'un seul ; les études et les travaux antérieurs, déposés au fonds commun de la science, ont généralement préparé les voies, semblables aux pilotes experts et désintéressés qui mettent le navire en bon chemin et ne vont pas avec lui jusqu'au bout du voyage où se recueillent les profits.

Il convient de faire leur juste part aux précurseurs, lorsqu'on rend hommage à ceux qui, méditant et comprenant la valeur de leurs travaux, ont donné à des progrès indiqués la sanction pratique.

Trois circonstances constituent le procédé Thomas et Gilchrist : le garnissage du convertisseur Bessemer en dolomie frittée, pour résister à la désagrégation et à l'attaque de la scorie basique ; une forte addition de chaux, pour assurer la basicité de la scorie, et le sursoufflage au delà du départ du carbone, pour éliminer le phosphore de la fonte.

Les deux premières conditions avaient été signalées, avec une remarquable netteté théorique, par feu M. L. Gruner, le savant et regretté professeur à l'École des mines de Paris, dans son *Traité de métallurgie,* publié en 1875. On y lit, en effet, t. I, p. 200 : « Lorsqu'une fonte de fer phosphoreuse est soumise à l'affinage, il se produit du phosphate de fer qui, sous l'influence combinée de la silice, du fer ou du charbon, est facile à ramener à l'état de phosphure, tandis qu'en présence de la chaux ou de la magnésie, il tend à se former des phosphates plus stables. Il faut donc surtout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se servir de ces deux bases dans les opérations où l'on se propose d'affiner les métaux bruts.

« Malheureusement, leur emploi offre certaines difficultés. Le carbonate de chaux est décomposé par la chaleur ; la chaux vive absorbe l'humidité et tombe en poudre. L'inconvénient est cependant peu grave, lorsque la marche du four est continue ; mais, le défaut que je viens de signaler peut devenir embarrassant lorsque les opérations sont intermittentes. La magnésie conviendrait mieux, parce qu'elle ne se délite pas à l'air; malheureusement, le carbonate de magnésie est une rareté minéralogique, dont il est à peine possible de se servir pour les creusets de laboratoire. Peut-être pourrait-on avoir recours à la *dolomie*, le carbonate double de chaux et de magnésie. La dolomie, cuite à haute température, surtout si elle contenait assez d'argile pour se fritter un peu, résisterait mieux que la chaux pure à l'action de l'air humide. On pourrait préparer ainsi des briques, qui seraient certainement appelées à rendre de grands services. Pour certaines opérations, il conviendrait également de mêler la chaux ou la dolomie à la bauxite. On aurait, à haute température, un aluminate basique de fer, de chaux et de magnésie qui, à part son infusibilité, aurait aussi l'avantage de retenir l'acide phosphorique et de favoriser l'affinage des fontes phosphoreuses. »

On trouve dans ces lignes, en termes précis et théoriquement expliqués, le revêtement en dolomie frittée et la basicité de la scorie comme conditions essentielles de la déphosphoration.

Déjà M. Ém. Muller, en 1869, proposait d'appliquer la brique de magnésie, qu'il fabriquait avec succès, à la construction des fours, annonçant que la déphosphoration découlerait de cet emploi. Dans un autre brevet, M. Muller indiquait les additions de chaux et de magnésie destinées à former une scorie basique sans détruire les garnissages. Ce qui faisait dire à l'éminent professeur de l'École centrale, M. Jordan, dans la séance du 4 juin 1886 de la Société des ingénieurs civils : « Il est certainement flatteur, pour la Société, de trouver le nom de son ancien président, M. Émile Müller, aussi honorablement attaché aux origines de cette question de la déphosphoration qui occupe tellement les métallurgistes. »

C'est de ce fonds commun de données précises, que MM. Thomas et Gilchrist ont pu disposer, pour poursuivre la solution pratique de la déphosphoration.

Le sursoufflage, indispensable à l'élimination des dernières parties de phosphore, a complété les moyens d'action et assuré le succès de l'entreprise.

Ce sursoufflage a aussi pour résultat d'éliminer plus complètement le silicium, ce qui assure généralement aux produits du procédé Thomas une douceur plus grande que celle des aciers du procédé Bessemer et les rend particulièrement propres à la fabrication des tôles, des fils, etc.

Les chiffres de production mentionnés par M. Gilchrist disent éloquemment l'ampleur des services qu'a rendus à l'industrie cette remarquable invention. Les conséquences de natures diverses qu'elle a amenées sont en proportion de cette importance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En plusieurs pays, la fabrication de l'acier s'est déplacée ; des régions des minerais purs et de celles qui pouvaient se les procurer aisément, elle a passé aux régions des minerais communs. En France, notamment, elle a émigré de la Loire et du centre vers les gisements du Nord-Est. Elle a eu cette autre conséquence d'enrayer la hausse des minerais spéciaux et d'abaisser le prix des aciers de grande production au prix du fer.

Le phosphore, se concentrant dans les scories à une richesse de 15 à 20 p. 100 d'acide phosphorique, permet de s'en débarrasser avantageusement en les livrant à l'agriculture et de transformer ainsi en un bénéfice ce qui était un embarras.

Procédé Robert. — Si la puissance et la rapidité de production du procédé Bessemer en sont les qualités les plus remarquables, il exige par cela même des installations extrêmement coûteuses et qui ne permettent pas aux fondeurs et aux lamineurs qui travaillent, les uns la fonte, les autres le fer, d'être par eux-mêmes les producteurs de la matière première lorsqu'ils veulent travailler l'acier. Les fonderies doivent renoncer à mouler ce métal, et les laminoirs, les tréfileries, sont forcément tributaires des grandes aciéries pour se pourvoir de lingots. C'est une sujétion, une dépendance dont ils désireraient naturellement s'affranchir, alors surtout que les aciers doux sont de plus en plus demandés pour les tôles, pour les fils et pour les pièces moulées. Diverses tentatives ont été faites dans cette voie et l'on connaît les dispositions proposées maintes fois pour établir, à prix modéré, des réductions satisfaisantes de l'outillage Bessemer. Une des difficultés que rencontre ce problème, c'est qu'en réduisant le volume du convertisseur et sa charge, on multiplie les causes de refroidissement par rayonnement ou, si l'on veut, on diminue l'efficacité des causes qui maintiennent le métal affiné au degré de fluidité nécessaire.

Après d'autres, M. Robert a repris, aux forges de Stenay, cette intéressante question et, faisant usage de certains expédients déjà connus, il en a présenté une solution satisfaisante, si l'on en juge par les produits qu'il avait exposés.

D'après la notice, l'opération réussit même sur des charges de 500 kilogrammes. Naturellement, en augmentant les dimensions de l'appareil, on pourra augmenter les charges jusqu'à plusieurs tonnes. La cornue d'opération, à garniture acide si les fontes sont siliceuses, à garniture basique si les fontes sont phosphoreuses, présente, à peu de chose près, la forme du convertisseur Bessemer. Toutefois, la boîte à vent inférieure est supprimée et l'air est introduit par une série de cinq à six tuyères, placées sur une même ligne horizontale dans une paroi plane, débouchant un peu au-dessous de la surface libre du métal, et disposées obliquement à cette paroi, de manière que leur obliquité s'accroît successivement de la première à la dernière. Cette disposition a pour but de déterminer un mouvement giratoire de la masse fondue et de soumettre ainsi la totalité de celle-ci à l'action affinante de l'air, comme le faisait Bessemer, dans le même but, lorsqu'il travaillait dans des cubilots. Comme les tuyères n'existent que d'un seul côté, elles se trouvent dégagées lorsqu'on renverse la cornue pour la coulée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'opération marche comme suit : on introduit la charge de fonte en relevant la cornue de manière que le métal affleure aux tuyères, puis on donne le vent. Sous la pression oblique des jets d'air, peu à peu la fonte tournoie, ce qui détermine au gueulard la sortie d'un jet d'étincelles en spirale. On relève alors progressivement la cornue et le vent refoule la fonte vers la paroi d'en face. L'affinage se poursuit par les mêmes réactions que dans le procédé ordinaire. Cependant on constate que, malgré le refroidissement qui doit résulter du faible volume de la charge, celle-ci conserve une chaleur qui la maintient en liquidité parfaite, quelle que soit la nature de l'acier. Cette circonstance doit être due à la manière dont le vent frappe le métal et les gaz qui en sortent. Dans la cornue Bessemer, l'acide carbonique ne pouvant exister en présence du fer fondu, il ne se dégage du bain que de l'oxyde de carbone, comme dans le four à puddler, du reste. Or la combustion du carbone à l'état d'oxyde ne fournit que 2,473 calories qui sont loin d'être utilisées en totalité pour l'échauffement du bain, puisque l'oxygène de l'air qui s'échappe dans l'oxyde de carbone en emporte environ 25 p. 100 et que l'azote qui l'accompagne en emporte de son côté environ 60 p. 100. Il n'en reste donc d'utile à la chaleur du bain qu'à peu près 15 p. 100, soit 300 à 400 calories. De là vient que, dans la cornue Bessemer, le carbone est un pauvre agent calorifique qui a besoin d'être secouru par le silicium ou le phosphore pour maintenir en fusion le métal après son affinage.

Les choses ne se passent pas tout à fait ainsi lorsqu'on fait arriver l'air à la surface du bain. Dans ce cas, le carbone émerge toujours au premier degré d'oxydation, mais, rencontrant l'air, il se transforme en acide carbonique en donnant au total 8,080 calories au lieu de 2,473. Sans doute, cette quantité de chaleur produite à la surface et qui se ramène à environ 6,000 calories, après les réductions précédemment mentionnées, n'est pas absorbée par le bain dans la même proportion que la chaleur produite par des combustions intermoléculaires; elle donne, néanmoins, une raison de surchauffage du bain résultant de ce mode de soufflage. S'il est vrai, d'autre part, que cette pratique occasionne un léger surcroît de déchet, la combustion du fer apporterait de son côté un appoint de chaleur. C'est un expédient du reste bien connu dans quelques aciéries Bessemer où, lorsqu'on a des opérations froides, on incline la cornue pour les réchauffer. Dans cette marche, le spectre de la flamme est complètement dépourvu de raies; on peut attribuer ce fait à la combustion du fer et aux fumées qu'elle occasionne. Il n'en résulte guère de difficulté pour préciser la fin de l'opération; avec un peu de pratique, on trouve, dans la chute de la flamme, un indice suffisant. Il serait donc acquis que, même en travaillant de faibles masses, on peut obtenir des bains très fluides et capables de donner de beaux moulages en métal malléable.

Selon M. Robert, avec un capital d'installation de 75,000 francs pour machinerie, broyeurs, grues, cubilots, cornues, sans y comprendre le terrain et la halle couverte, on peut installer une usine avec une machine de 50 chevaux et deux cornues d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tonne qui marchant continuellement par alternance, sur le pied de quatre coulées à l'heure, serait capable de produire, par an, 30,000 tonnes de lingots.

Cette question de la production de l'acier avec un outillage peu coûteux et sous des pressions considérablement réduites est si intéressante pour beaucoup, qu'on ne peut que souhaiter bon succès à ceux qui cherchent à lui donner la sanction pratique.

Puits Gjers. — Dans les grandes usines, le réchauffage des lingots d'acier, servi par de nombreux fours de systèmes variés, a trouvé, depuis la dernière Exposition, une ressource nouvelle dans les « puits de pénétration » (*soaking pits*), imaginés en 1882 par M. John Gjers, des Ayresome Iron Works, à Middlesbrough-on-Tees. On peut s'étonner qu'ils ne soient pas plus répandus ; ils procurent cependant aux aciéries qui les emploient de sérieux avantages.

Ils procèdent d'une réflexion d'une si grande simplicité, dès qu'on l'a faite, qu'on est tenté d'admettre que nous avons chaque jour sous les yeux toute une série de pratiques défectueuses qu'engourdis par l'habitude nous ne savons voir et corriger, faute d'une indépendance de jugement ou d'une contention d'esprit suffisantes.

Lorsqu'on coule l'acier dans une lingotière, l'extérieur se solidifie d'abord et si l'on procède promptement au démoulage, on obtiendra un lingot dont l'intérieur sera encore fluide. Cet état peut se maintenir alors que l'enveloppe sera refroidie au-dessous de la température nécessaire au laminage. On a donc un extérieur trop froid et un excès de chaleur au centre, car l'acier fondu possède outre la chaleur du métal, au moment de sa solidification, la chaleur latente de fusion et un excès de chaleur selon sa température. Il s'agit de faire en sorte que l'excès de chaleur centrale vienne réchauffer l'extérieur sans déperdition nouvelle pour celui-ci ; cela étant, la totalité du lingot se trouvera à une température uniforme et suffisante, qui permettra le laminage sans aucune dépense de combustible. Tel est le but des puits.

Ces puits sont en maçonnerie, verticaux et de section carrée, garnis intérieurement de briques réfractaires, établis dans le sol avec leur gueule au niveau de l'aire, de dimensions capables de recevoir les lingots et en nombre à peu près égal au nombre des lingots d'une coulée. Ils doivent être placés non loin de la fonderie et à proximité du blooming ou du marteau.

Si l'on suppose l'ensemble de ces puits porté à une haute chaleur, soit par un chauffage aux gaz, soit par des lingots qu'on y enfourne jusqu'à échauffement suffisant, le système sera prêt à fonctionner.

Les lingots, aussitôt leur démoulage à la fonderie, sont chargés verticalement un à un ou deux à deux, sur un truck qu'une trotteuse à vapeur voiture aux puits. Là, ils sont pris par une grue qui les descend dans les cellules que l'on ferme aussitôt par un couvercle. Ils y restent de 20 à 40 minutes, selon leur état et leurs dimensions. Pendant ce temps, le centre du lingot achève de se solidifier, livrant sa chaleur latente et l'excès de sa chaleur sensible à l'extérieur refroidi et mettant ainsi toutes les parties de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la masse à une température uniforme. La chaleur qui rayonne extérieurement du lingot est absorbée par les briques du puits qui fonctionnent ainsi comme récupérateurs de chaleur, elles rendront en partie cette chaleur au lingot qui suivra. Ces résultats obtenus, on ouvre le puits, on enlève le lingot à la grue et on l'envoie à l'appareil cingleur.

Les pits Gjers dispensent donc de fours à réchauffer ; ceux-ci ne serviront plus que pour les lingots trop peu chauds ou froids. De là, économie de charbon, de main-d'œuvre, de construction et de réparations. Ils diminuent en outre le déchet de 2 à 2 1/2 p. 100, car le gaz des puits est formé surtout d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'azote et est moins oxydant, par conséquent, que l'atmosphère des fours. Enfin, par ce procédé, il n'y a plus de lingots brûlés.

La bonne marche d'un groupe de puits comporte évidemment un enfournement régulier et continu de lingots. Dans quelques usines, on y a appliqué le chauffage aux gaz fournis par un générateur, pour les maintenir à température convenable pendant les arrêts et les suspensions plus ou moins prolongées de travail. La dimension des lingots n'est pas indifférente : il est clair que des lingots de faible section ne rempliraient pas la condition essentielle qui est la base du procédé.

Le pit Gjers est ingénieux et constitue un réel progrès.

Les usines d'Ayresome, en même temps qu'un spécimen de pits, exposaient un modèle en relief de leur installation de hauts fourneaux avec monte-charges pneumatique du système Gjers et un modèle d'aciérie Bessemer. Dans cet atelier les deux convertisseurs sont placés parallèlement; ils sont desservis par une même grue réceptrice qui, lorsque la poche est pleine, la transmet à une grue centrale de coulée qui distribue l'acier aux diverses lingotières disposées sur un chantier circulaire situé à un niveau un peu inférieur à celui de l'atelier. Quatre grues enlèvent les lingots, ce qui débarrasse promptement le chantier, et les déposent à proximité d'un autre grue qui les introduit dans les cellules Gjers. Une dernière grue placée symétriquement à la première, par rapport aux cellules, reprend les lingots des puits et les dépose sur les rouleaux alimentateurs du blooming. L'installation représentée par ce modèle permet une grande rapidité dans la production des lingots.

Les mêmes établissements produisent du ferro-silicium et du silico-spiegel, dont ils donnent les analyses suivantes :

	Ferro-silicium.	Silico-spiegel.
Fer	84.39	67.05
Carbone	1.40	1.39
Manganèse	2.10	19.25
Silicium	12.05	12.25
Soufre	0.01	trace.
Phosphore	0.04	0.05
Arsenic	trace	trace.
Cuivre	0.01	0.01
Total	100.00	100.00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A 10 p. 100 de teneur, le ferro-silicium se vend 105 francs la tonne et le silico-spiegel 185 francs, à bord, à Middlesbrough.

La théorie du rôle chimique de ces alliages est encore assez obscure. Quoi qu'il en soit, on sait que le silicium rend les aciers fondus plus fluides et qu'il prévient ou élimine les soufflures. Le ferro-silicium est employé pour la fabrication d'aciers spéciaux; on l'ajoute aussi à la fonte, dans le cubilot des fonderies, dans la proportion de 2 à 5 p. 100 pour obtenir des coulées bien fluides et des moulages doux et sains. Le silico-spiegel est préféré par les fondeurs d'acier; il donne des moulages exempts de soufflures. L'addition peut se faire dans le four Martin-Siemens ou dans la poche de coulée; dans le cas de l'acier Bessemer, l'addition a toujours lieu dans la poche.

Il n'est point possible, en parlant de ces alliages ferreux et de leur rôle dans la fabrication de l'acier, de passer sous silence les travaux de M. A. Pourcel, ancien ingénieur des forges et aciéries de Terrenoire, qui l'un des premiers a compris leur importance et réussi à les obtenir à des prix abordables pour la pratique. Mais nous ne pourrions nous étendre sur ce sujet sans empiéter sur le domaine de la classe 41.

Procédé Valton et Rémaury. — Il nous reste à parler des garnissages réfractaires; l'exposition de MM. Valton et Rémaury nous en fournit l'occasion.

L'infusibilité de la chromite est connue; les minéralogistes l'ont depuis longtemps signalée. Ce n'est cependant que vers 1867 qu'on pensa à l'employer dans les fourneaux métallurgiques. Son prix élevé à cette époque et la satisfaction que donnaient d'autres produits réfractaires moins chers et suffisants pour les opérations usitées alors expliquent qu'aucune suite n'ait été donnée à son emploi. M. Audouin, en reprenant ce projet en 1876, ne lui assura pas meilleure fortune, probablement par les mêmes causes et aussi parce que les moyens d'agglomérer ce minerai laissaient à désirer. C'est à MM. F. Valton et H. Rémaury que revient l'honneur d'avoir su mettre en usage, au moment favorable, cette matière éminemment réfractaire; en quoi ils ont rendu un signalé service aux industries qui pratiquent les hautes températures. Le garnissage en fer chromé, réalisé par ces ingénieurs distingués, est en usage aujourd'hui avec un plein succès dans un grand nombre de fours Martin-Siemens de France et de l'étranger.

MM. Valton et Rémaury ont parfaitement établi que le fer chromé naturel, sans qu'il soit besoin de lui faire subir aucune préparation, résiste non seulement à l'action de la silice libre sous les plus hautes températures des foyers métallurgiques et à celle des silicates riches en silice, mais aussi aux bases énergiques, telles que la chaux, la magnésie ou les scories basiques, riches en oxydes métalliques ou terreux. De plus, il ne se dilate ni ne se contracte.

Devant cette indifférence complète à la chaleur comme à l'attaque de corps de nature inverse, on a très justement qualifié de *neutre* une matière douée d'une passivité si précieuse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le fer chromé est donc infusible par lui-même et inattaquable par les matières qu'on forme dans les fours. Ce point fondamental établi, il s'agissait de trouver la manière de le cimenter pour établir des revêtements compacts et solides. Après bien des tâtonnements, les mêmes ingénieurs ont reconnu que la chaux à très faible dose atteint parfaitement le but, sans altérer en rien les qualités de résistance du fer chromé. Toute autre terre alcaline, la baryte, la strontiane, la magnésie, pourrait servir au même usage; mais la préférence appartient à la chaux en vertu de son prix peu élevé et de la facilité de se la procurer.

L'épreuve la plus redoutable que pouvait avoir à subir ce garnissage se rencontrait dans le travail de l'acier sur sole, à cause de la haute température, de la durée prolongée de l'opération et de la variété des matières que l'on y traite, fonte, ferrailles, minerais, fondants, réactifs divers, dans le *scraps process* et surtout dans l'*ore process*.

Cinq années de pratique dans de nombreuses usines et dans toutes les conditions imaginables, au four Martin, ont démontré l'excellence de ce revêtement. En effet, une sole en fer chromé ne cédant rien de sa matière ni au métal ni à la scorie, n'étant entamée par aucun agent, doit se conserver indéfiniment et, lorsqu'elle est bien exécutée, ne réclamer qu'un entretien insignifiant. Les réparations se font par un pisé au brai dont on estime la consommation à 8 kilogrammes par tonne. Bien agglomérée, la matière ne se fendille pas, et, son poids spécifique aidant (il est d'environ 4.5), on n'est pas exposé à voir la sole se détacher par plaques, comme il est arrivé dans quelques usines avec d'autres garnissages. Le fer chromé pour être mis en œuvre ne demande ni four de calcination, ni frittage, ni broyage, si ce n'est pour une très petite partie qu'on pulvérise pour former, en la mélangeant avec de l'eau, le ciment qui réunit les blocs. Ce garnissage a donc une grande analogie avec le creuset de platine des laboratoires, en ce sens que sa matière n'apporte aucune perturbation d'aucun genre aux réactions de la charge, qu'on peut ainsi régler avec une précision parfaite.

L'intéressante exposition de MM. Valton et Rémaury comprenait un dessin au vingtième montrant la disposition du garnissage en fer chromé d'un four de 12 tonnes destiné au traitement de la fonte phosphoreuse par le minerai. Dans ce cas particulier, on peut dire que le revêtement neutre est le seul convenable, tant les soles basiques sont attaquées par la silice et l'alumine du minerai ainsi que par le silicium de la fonte. Moins convenable encore serait dans ce cas un revêtement siliceux. Dans le four neutre, on absorbe la silice, d'où qu'elle vienne, par des additions basiques et l'on peut produire l'acier et le fer fondu en traitant toutes les fontes avec des minerais suffisamment riches.

Un autre dessin représentait un convertisseur Bessemer revêtu partiellement de fer chromé. Cette application n'a pas jusqu'ici passé dans la pratique; les promoteurs estiment néanmoins qu'il serait utile, dans les convertisseurs acides, de former les fonds en pisé de fer chromé et que, dans les convertisseurs basiques, il conviendrait d'employer cette matière non seulement pour le fond, mais encore pour toute la région

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

où se produit une vive agitation et où se forme la scorie. L'intervention du revêtement dans les réactions serait ainsi paralysée et l'on pourrait pratiquer des dosages rigoureusement déterminés.

Par extension, on pourrait appliquer avantageusement le fer chromé en blocs, en briques ou en pisé, aux cubilots, dans la zone de fusion et de formation des scories, comme aussi dans les fours affectés à la cuisson du ciment où, sous la haute température, les briques réfractaires sont vivement attaquées par les chaux contenant silice et alumine.

Enfin MM. Valton et Rémaury présentent des échantillons de tôles obtenues par leur procédé et dont la charge de rupture dans le sens du laminage est de 45 kilogrammes par millimètre carré, avec un allongement de 30 p. 100. Elles satisfont au cahier des charges de la marine espagnole.

Le succès du reste s'enregistre partout. M. V. Deshayes, ancien ingénieur de Tamaris, aujourd'hui à Denain, énonce ainsi son appréciation : « Les métaux obtenus sur la sole neutre, employée aux forges de Tamaris, donnent à la traction, pour une même charge de rupture, un allongement plus considérable que les métaux obtenus sur sole acide ou basique ; ils sont donc à ce point de vue plus doux et de qualité supérieure, puisqu'ils présentent par cela même une plus grande valeur de travail de résistance vive à la rupture. »

Le même ingénieur fait connaître que les aciers extra-doux exceptionnels ou fers fondus, obtenus sur sole neutre, lui ont donné comme résultats d'essais à la traction :

Résistance à la rupture par millimètre carré	35 à 40 kil.
Allongement	24 à 32 p. 100.

De tels produits semblent destinés à remplacer tôt ou tard les meilleures marques de fer au bois. Ils ne prennent pas la trempe et doivent être employés à l'état recuit.

Leur composition peut être représentée par :

Carbone inférieur ou égal à	0.100
Phosphore	0.035 à 0.045
Manganèse	0.150 à 0.300

Ils sont adoptés pour tôles de chaudières, pièces à emboutir, tôles minces etc., ce qui est, mieux que tout ce qu'on peut dire, la démonstration et la preuve de leur haute valeur.

Et ce qui précède est aussi un hommage rendu à M. P.-E. Martin qui, cette année, s'était borné à exposer un modèle de haut fourneau avec accessoires qu'on avait vu déjà en 1878, un modèle de valve distributrice tournante pour l'inversion des gaz dans les fours Siemens et des échantillons d'alliages fer et chrome, fer et tungstène, ainsi qu'un échantillon de fonte aluminée, obtenus dans des essais qui n'ont pas été poursuivis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'acier étant produit en lingots, nous arrivons à nous occuper des moyens de leur donner les formes définitives par le travail mécanique. Deux puissants laminoirs figuraient à l'Exposition : celui de la Société des forges de Châtillon et Commentry, capable de produire des plaques de 0 m. 60 d'épaisseur, de 3 m. 20 de longueur et d'un poids de 40 tonnes, et celui de la Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est, à Valenciennes, destiné à la fabrication des rails, profilés et billettes en acier à grande longueur.

Laminoir de Valenciennes. — Le laminoir réversible de Valenciennes, mis en marche dans le premier semestre de 1887, a été étudié dans les bureaux et exécuté en partie dans les ateliers de construction des Forges et aciéries du Nord et de l'Est, sous la savante direction de M. Arm. Résimont, administrateur-directeur de cette Société. Il était représenté par un plan à grande échelle, une photographie de la machine motrice et trois vues d'ensemble.

Le programme que l'on s'était donné consistait à laminer en une seule chaude des lingots sortant des pits Gjers, au moyen d'un seul train de laminoir, en rails, profilés divers et billettes à grande longueur. Le laminoir devait permettre un rapide changement de fabrication et il fallait combiner tous les moyens de réduire la main-d'œuvre et de donner de fortes productions en profils variés, de manière que, tout en satisfaisant à cette variété de produits et à des commandes peu importantes, on restât dans des conditions de prix de revient peu différentes de celles des rails en travail continu.

Une étude approfondie des efforts que supportent les bloomings réversibles à transmission par pignon et engrenage, dans le dégrossissage des lingots d'acier, conduisit à supprimer cette transmission et à actionner directement le blooming par la machine. Ce point résolu, le laminoir se divise en trois paires de cages : le blooming, l'ébaucheur et le finisseur.

C'est la première fois qu'un blooming réversible est attaqué directement et marche à la grande vitesse de 150 tours par minute.

En vue de diminuer et de soulager la main-d'œuvre, on a pris les dispositions suivantes : à l'avant et à l'arrière des trois paires de cylindres, on a muni le train de rouleaux engageurs cannelés, affleurant le sol et mis en mouvement par des machines à changement de marche ; un transbordeur hydraulique, avec poulies de transmission et câbles munis de tenons se mouvant devant les cages, peut placer le lingot ou le bloom successivement devant chaque cannelure et le faire passer d'une cage à la suivante ; enfin, à l'avant et à l'arrière des cylindres finisseurs, on a installé un chenal incliné à rouleaux libres, facilitant l'engagement des barres par leur propre poids dans les diverses cannelures. Ainsi la main-d'œuvre se trouve considérablement simplifiée.

Quelques mots sur le transbordeur sont nécessaires pour en faire comprendre le mécanisme.

Le transbordeur n'existe qu'à l'avant du train : il peut conduire une barre depuis la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

première cannelure du blooming jusqu'à la première cannelure des cylindres finisseurs. Il se compose d'un cylindre hydraulique vertical, dont le piston a sa tige terminée par une crémaillère ; celle-ci, par l'intermédiaire d'un pignon denté, attaque un arbre horizontal de 10 mètres de long et perpendiculaire à l'axe du train. Cet arbre porte de distance en distance quatre poulies à gorge ; cet ensemble est établi sous le niveau des taques de pavement et du côté des cylindres finisseurs. Du côté des cylindres du blooming, se trouve un second arbre avec quatre poulies, disposées comme les premières, mais munies de tendeurs. Quatre câbles en acier, parallèles au train, passent sur les quatre paires de poulies à gorge. Ils glissent dans des rainures ménagées dans le pavement ; ils sont distants l'un de l'autre de 2 mètres à 2 m. 50 ; les tendeurs de la seconde série de poulies les empêchent de flotter. Chacun de ces câbles porte, fixé en un point, un tenon qui fait saillie d'environ 0 m. 30 au-dessus du pavement. Quand on veut transporter une barre sortant du blooming à la deuxième paire de cages, on donne la pression d'eau dans le cylindre et les 4 tenons ou les 2 tenons, selon la longueur de la barre, prennent celle-ci et l'envoient où il faut. En pratique, ce transbordeur ne sert qu'à conduire le bloom ou la barre d'une cage à la suivante ; on ne s'en sert pas pour passer d'une cannelure à une autre, si ce n'est exceptionnellement et à la deuxième paire de cages seulement.

Ces préliminaires posés, nous pouvons aborder l'examen en détail de cette magnifique installation qu'abrite une halle couverte de 2,250 mètres carrés.

Les lingots, aussitôt démoulés à la fonderie Bessemer, c'est-à-dire encore rouges à l'extérieur et non complètement solidifiés à l'intérieur, sont placés deux à deux par la grue de démoulage sur un truck, qu'une petite locomotive d'usine mène sans délai à une batterie de 16 pits Gjers, dans lesquels ils sont enfournés au moyen d'une grue hydraulique. Ces pits sont munis d'un gazogène Siemens et de récupérateurs, pour les maintenir chauds pendant les longs arrêts, soit de nuit, soit de fin de semaine. Dès que la batterie est en roulement régulier, on peut arrêter le courant de gaz.

L'usine possède aussi un four à réchauffer à gaz de 4 mètres de largeur intérieure et muni de 7 portes de chaque côté. On y réchauffe les blooms qui, par suite d'un arrêt momentané du laminoir, ne peuvent continuer à passer aux cannelures. On y réchauffera également les lingots refroidis par suite de circonstances quelconques. Ce four est, comme les puits Gjers, servi par une grue hydraulique pour faciliter l'enfournement et le défournement des blooms à réchauffer.

Tous les appareils hydrauliques sont mis en mouvement par un accumulateur dans lequel des pompes refoulent l'eau à une pression de 25 atmosphères.

Repris des puits Gjers lorsque leur température s'est égalisée, les lingots sont déposés par la grue, dans une position à peu près verticale, sur un culbuteur hydraulique, appareil nouveau breveté en faveur des aciéries de Valenciennes, qui les couche horizontalement sur les rouleaux engageurs des cylindres du blooming, sans le moindre choc et dans la direction exacte de la première cannelure qu'ils doivent traverser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous voici arrivés au train et à son moteur. La machine, à mouvement réversible, a été étudiée, sur un programme tracé par la Société et indiquant les dimensions des principaux organes, par la Société John Cockerill, à Seraing, qui l'a construite. Sa marche jusqu'à ce jour, a donné la plus entière satisfaction.

Cette machine doit produire des efforts considérables et marcher à grande vitesse. On a obtenu la force nécessaire au dégrossissage des lingots en donnant aux deux cylindres à vapeur un diamètre de 1 m. 250 et aux pistons une course de 1 m. 400. La pression de la vapeur dans les conduites varie de 3 à 5 kilogrammes par centimètre carré et l'admission peut se faire jusqu'aux trois quarts de la course des pistons. En marchant à la vitesse de 150 tours par minute indiquée plus haut, elle réalise une force de 5,000 chevaux.

En vue de la vitesse nécessaire au laminage des barres de grande longueur, on a donné de larges surfaces de frottement à tous les organes en mouvement : c'est ainsi que les crosses des pistons s'appuient sur leurs guides, par des sabots qui ont 1 mètre de longueur sur 0 m. 300 de largeur. L'arbre coudé, dont les embases ont 0 m. 425 de diamètre, tourne dans quatre coussinets ayant chacun 0 m. 700 de longueur. Les coussinets des têtes de bielles ont le même diamètre que l'arbre moteur dans ses embases et 0 m. 520 de longueur.

La fondation en briques et en fonte représente un poids de près de 1,000 tonnes. Les bâtis, qui pèsent 64,000 kilogrammes, y sont reliés par 60 forts boulons pesant ensemble 11,000 kilogrammes et dont une grande partie sont inclinés dans le sens des efforts auxquels ils doivent résister. La moitié de ces boulons inclinés vont de l'avant du bâti des paliers de l'arbre moteur vers le milieu de la longueur de la fondation et viennent s'attacher, dans le fond de celle-ci, à une très forte poutre en fonte. Les autres boulons inclinés vont, des cylindres vers l'avant de la machine, se fixer à la même poutre.

Pour chaque cylindre à vapeur, le poids des pièces animées d'un mouvement alternatif, à une vitesse de 7 mètres par seconde lorsque la machine fait 150 tours par minute, est de 10,500 kilogrammes. La bielle motrice avec ses coussinets forme la moitié de ce poids et le piston avec sa tige, sa crosse et ses coulisseaux forme l'autre moitié.

L'arbre coudé est composé et tout en acier. Il a été construit comme le sont les arbres coudés des plus puissantes machines marines. Il est formé de parties d'arbres droits et de tourillons en acier forgé assemblés à quatre manivelles en acier, coulées d'une seule pièce avec les contrepoids équilibrant les bielles. Les parties d'arbres droits et les tourillons sont creux; le diamètre de la partie centrale forée est de 0 m. 200. Cet ensemble forme un arbre à double coude à 90 degrés, d'un poids de 28,500 kilogrammes.

La grande vitesse à laquelle doit marcher la machine a déterminé, dans la distribution, les dimensions des passages de vapeur. Les lumières d'admission ont une surface égale au sixième de celle du piston des cylindres à vapeur. Il n'a été possible

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'obtenir ces dimensions qu'en employant des tiroirs cylindriques, avec application du principe Trick, pour la distribution de la vapeur aux cylindres. Les tiroirs cylindriques ont en outre l'avantage d'être parfaitement équilibrés, de demander peu de force pour leurs mouvements et d'avoir une usure insignifiante.

Par suite du renversement de marche de la machine, les tiroirs distributeurs cylindriques sont commandés par deux excentriques ordinaires, avec coulisse droite Allen pouvant se fixer à n'importe quel point de sa hauteur, ce qui permet de marcher à détente à volonté.

Le changement de marche de la machine est exécuté instantanément au moyen d'un servo-moteur perfectionné qui est commandé par le mécanicien placé sur une plate-forme élevée, d'où sa vue embrasse tout le travail du laminoir et tous les organes en mouvement de la machine. Par les leviers à sa portée, le mécanicien commande sans effort et avec grande facilité l'arrivée de la vapeur, le renversement de marche, le levier de détente et le levier de manœuvre. Ce moteur est construit pour marcher soit à haute pression, soit à condensation. A Valenciennes, on estime qu'avec un reversing à grande vitesse, il est préférable de marcher à haute pression.

Cette puissante machine, dont le poids total est de 187,000 kilogrammes, roule avec une remarquable douceur; elle change de marche avec rapidité et est d'une complète docilité dans les mains du machiniste.

Ce moteur étant établi à une grande distance de la batterie générale des chaudières on fait dégorger la conduite de vapeur dans la partie supérieure d'une chaudière verticale du système Field contiguë à la machine; cette chaudière spéciale est reliée au modérateur de la machine qu'elle alimente de vapeur sèche. Le feu n'est maintenu sur la grille de la chaudière Field que pour vaporiser l'eau entraînée ou condensée dans la conduite générale de vapeur.

Le train de laminoir, comme nous l'avons dit, est à trois paires de cages. Chaque lingot est déposé sur les rouleaux engageurs du blooming qui l'entraînent à la première cannelure. Le serrage est donné au blooming par une transmission hydraulique installée au-dessus des cages. Le renversement de mouvement du train et le changement de marche du jeu de rouleaux ramènent, après un second passage, le lingot sur le premier tablier et la pièce passe ainsi dans les différentes cannelures sans que les lamineurs aient autre chose à faire qu'à la guider vers la cannelure où elle doit s'engager, ce qui se fait en exerçant une pression avec la pince. Quand on doit faire faire un quart de tour au lingot ou au bloom, le mouvement est donné par un crochet suspendu et manœuvré par un homme.

La barre, ayant passé par toutes les cannelures d'une même cage, est envoyée par le transbordeur hydraulique à la cage suivante où le travail se poursuit dans les mêmes conditions. Après que le transbordeur a amené la barre à la première cannelure des cylindres finisseurs, on renvoie à la première cannelure du blooming les tenons fixés aux câbles.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Arrivée à la cage finisseuse, elle est encore engagée dans les cannelures par les rouleaux; mais, de l'autre côté du train, elle remonte dans un chenal incliné, revient ensuite vers le train par son propre poids, traverse une nouvelle cannelure quand on a renversé le mouvement, monte dans le chenal opposé, et ainsi de suite jusqu'à ce que son profilage soit achevé. A sa sortie de la dernière cannelure, la barre finie est conduite d'abord à la scie pour la débiter en tronçons de longueur voulue, au refroidissoir ensuite, en glissant sur une série de rouleaux activés par une machine à vapeur à changement de marche.

Cinq hommes, trois à l'avant et deux à l'arrière, suffisent au service de ce train.

Divers accessoires sont encore à mentionner. De chaque côté du train de laminoir, deux grues à vapeur se commandant servent aux changements rapides des cylindres, ainsi qu'à l'enlèvement des pailles du laminage. Pour recueillir ces pailles, on a disposé dans les fondations de grands entonnoirs qui les envoient dans des wagonnets circulant sur rails. Ces wagonnets, lorsqu'ils sont remplis, sont enlevés par les grues.

Derrière les rouleaux du blooming est une cisaille hydraulique à chaud pour débiter les blooms, qui tombent ensuite sur un wagonnet placé sur un tablier articulé. Une grue hydraulique relève ce tablier et lui donne une inclinaison telle que le wagonnet qu'il porte se met en mouvement par son propre poids et se rend de lui-même sur une plaque tournante qui le dirige vers le parc à blooms.

Une scie à chaud à balancier reçoit son mouvement en avant sur la barre à scier d'un cylindre hydraulique. Cette disposition, brevetée en faveur des aciéries de Valenciennes, permet de donner au plateau de la scie un mouvement d'aller et de retour aussi rapide ou aussi lent qu'on le désire et de limiter sa course à ce qui est strictement nécessaire.

Les résultats de cette installation sont remarquables.

Par tonne de produits finis, la consommation de charbon est de 215 kilogrammes, se décomposant en 25 kilogrammes pour l'entretien de la chaleur des pits et 190 kilogrammes pour la machine réversible, les moteurs à changement de marche qui activent les rouleaux, les pompes foulantes pour l'accumulateur et la scie qui débite les barres.

Pour une production de 130 tonnes de billettes de 0 m. 050 en douze heures de travail, on n'emploie que 28 hommes et 4 gamins, comprenant le personnel des pits et du train, les machinistes, les hommes de la scie et du refroidissoir. Les rails, profilés et billettes peuvent avoir de 15 à 100 kilogrammes par mètre courant.

Le problème commercial que l'on avait en vue se trouve résolu.

Laminoir de la Compagnie anonyme des forges de Châtillon-Commentry. — Le cuirassement des navires de guerre qui comportait, il y a vingt-cinq ans, des plaques de blindage de 0 m. 10 à 0 m. 15 d'épaisseur et pesant 1,500 kilogrammes, a accru notablement ses exigences. La Compagnie de Châtillon-Commentry exposait une plaque de 0 m. 50 d'épaisseur pesant 35 tonnes. La fabrication de pièces aussi considérables a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nécessité la construction d'engins gigantesques dont le laminoir universel à blindages de l'usine Saint-Jacques, à Montluçon, offrait un imposant spécimen, représenté dans la classe 48 par des plans, élévations et profils, et dans la classe 41 par la partie essentielle de cet outil.

Les cylindres horizontaux de ce laminoir réversible ont 1 mètre de diamètre et 5 m. 80 de longueur totale; la largeur de la table est de 4 m. 20 et chacun d'eux pèse 30,000 kilogrammes. Ils sont montés dans des cages de 4 m. 70 de hauteur et distantes de 4 m. 30. Le cylindre inférieur affleure presque au niveau du sol; le cylindre supérieur est équilibré par des contrepoids placés sous la taque de fondation; il peut s'élever depuis 0 m. 15 jusqu'à 2 mètres au-dessus du cylindre inférieur, ce qui correspond dans ce dernier cas à un écartement d'axe en axe de 3 mètres. Les vis de pression qui déterminent la position du cylindre supérieur sont actionnées par deux vis sans fin horizontales, mises en mouvement par un moteur spécial.

Les cylindres verticaux ont 0 m. 50 de diamètre et 1 m. 30 de table. On les rapproche ou on les écarte au moyen de vis horizontales à la manière ordinaire. Leur rotation est déterminée par un train d'engrenages monté sur l'axe du cylindre inférieur.

Pour laminer les pièces dites *de diminution* employées dans la ceinture des cuirasses et qui présentent transversalement une section pentagonale, il est nécessaire que le cylindre supérieur puisse prendre une inclinaison par rapport au cylindre inférieur qui reste horizontal. Pour obtenir ce résultat, un ensemble de dispositions spéciales a dû être imaginé, qui forme une des caractéristiques du laminoir de Saint-Jacques : 1° les empoises du cylindre supérieur sont garnies de coussinets sphériques qui laissent aux tourillons la liberté de se mouvoir dans toutes les positions; 2° la transmission des vis de serrage est disposée de telle sorte qu'on peut abaisser ou élever les deux tourillons de la même quantité dans le même sens, ou bien mouvoir l'un d'eux indépendamment de l'autre, ou bien encore les mouvoir en sens inverse; une aiguille mobile sur un cadran indique à tout instant l'inclinaison précise du cylindre supérieur; 3° dans les différents écartements des cylindres, l'arbre d'accouplement du cylindre supérieur qui le relie à la cage à pignons prendrait des inclinaisons qui pourraient déterminer des ruptures; une ingénieuse disposition de la cage à pignons permet de maintenir le parallélisme des deux arbres d'accouplement dans toutes les positions que peut occuper le cylindre supérieur, qu'elles soient parallèles ou inclinées par rapport au cylindre inférieur. A cet effet, le pignon du cylindre inférieur engrène avec le pignon du cylindre supérieur, non pas directement, mais par l'intermédiaire de deux roues dentées auxiliaires, dont l'une est fixe, tandis que l'autre est mobile et engrène avec la première ainsi qu'avec le pignon du cylindre supérieur. Cette seconde roue est reliée à l'axe de ce dernier pignon par une bielle qui en fait comme un satellite de ce pignon. Si le cylindre supérieur du laminoir vient à s'élever ou à s'abaisser par le jeu de ses vis de pression, le pignon qui lui correspond peut faire de même dans les rainures de sa cage par le jeu d'une vis sans fin, sans cesser, dans toutes ses positions, d'être relié au pignon

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du cylindre inférieur par l'intermédiaire des deux roues dentées et en maintenant l'horizontalité de son arbre d'accouplement. L'ensemble de cette cage à pignons est en acier fondu et pèse 85,000 kilogrammes; elle était exposée comme spécimen de moulage d'acier.

L'appareil de renversement de marche est placé entre le moteur et la cage à pignons. Il se compose de deux cages, l'une à deux, l'autre à trois pignons, qui fonctionnent alternativement pour faire tourner les cylindres dans un sens ou dans l'autre, au moyen de griffes d'embrayage mises en mouvement par la tige du piston d'un cylindre hydraulique.

A l'avant et à l'arrière du train, se trouvent des tables d'entraînement à deux rangées de rouleaux sur lesquels repose la pièce à laminer. Celle-ci est entraînée par le mouvement d'une coulisse mue aussi par une pression hydraulique et qui présente une série de trous pour y loger des crochets à talon.

Cinq ouvriers et un gamin suffisent pour laminer un lingot de 50,000 kilogrammes.

A l'usine Saint-Jacques on fait couramment usage de la lunette pyrométrique de MM. Mesuré et Nouel, qui permet d'apprécier avec précision la température des fours et des lingots incandescents.

VI. OUTILLAGE ET PROCÉDÉS DIVERS.

Nous réunissons sous cette rubrique les expositions qui, par leur nature, ne trouvent pas leur place dans les autres chapitres.

Emploi des combustibles. — L'économie de la chaleur, l'utilisation des combustibles inférieurs et des déchets charbonneux de toutes sortes, question du plus vif intérêt, faisaient l'objet des expositions de MM. Godillot, Lencauchez et Millet.

M. G.-A. Godillot, ingénieur à Paris, s'occupe de l'emploi des mauvais combustibles, c'est-à-dire de ceux qui s'allument difficilement et qui, une fois allumés, cessent de brûler à la moindre perturbation.

Pour en venir à bout, M. Godillot a imaginé ce qu'il nomme une *grille-pavillon* et comme le volume de ces combustibles est souvent encombrant, qu'ils demandent une alimentation fréquente du foyer et, par suite de la main-d'œuvre, que cette ouverture incessante de la porte donne lieu à des entrées d'air froid, il a adopté un mode d'alimentation mécanique par une hélice à auget croissant, simple et d'un réglage facile.

La grille-pavillon est un demi-cône tronqué, formé d'une série de barreaux horizontaux demi-circulaires, superposés, formant cascade et laissant entre eux un intervalle pour le passage de l'air comburant. Cette étagère repose par des pieds sur une grille horizontale, faite aussi de barres demi-circulaires entre lesquelles passe également de l'air.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le combustible, chargé dans une trémie, est pris et poussé dans le foyer, au sommet du cône, par l'hélice d'alimentation. Il se dessèche d'abord et descend peu à peu sur la pente à mesure que le charbon se brûle à la partie inférieure. Il offre ainsi méthodiquement une surface de plus en plus grande à la combustion. Les cendres qui s'accumulent sur la grille horizontale sont très aisément retirées par un crochet introduit entre les pieds du pavillon.

Comme dans d'autres systèmes, on peut établir une circulation d'eau pour ces grilles, qui refroidira les barreaux et le mâchefer, et rendre mobile par moitié la grille horizontale, afin de faciliter le décrassage.

Les avantages de cet appareil sont : alimentation économique, combustion et chauffage réguliers sans coups de feu et fumivorité complète.

On y brûle toute espèce de combustibles, mais, jusqu'ici, ses applications les plus nombreuses ont porté sur des ligneux telle que tannée essorée, sciure et copeaux de bois secs et humides, déchets de teillage de matières textiles, bagasse et cossette de diffusion, résidus de fabrication du sucre de cannes, etc.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus avec des matières de cette nature, dans des essais surveillés avec soin :

INGÉNIEURS AYANT PROCÉDÉ À L'ESSAI.	NATURE DE LA MATIÈRE expérimentée.	QUANTITÉ D'EAU CONTENUE POUR 100 après séchage à 110°.	CHAUDIÈRE EXPÉRIMENTÉE			POIDS DE VAPEUR	
			TYPES.	SURFACE de chauffe totale.	PRESSION MOYENNE de marche.	produit par 1 kilogr. de combustible.	rapporté à 1 kilogr. de combustible sec.
M. Compère, ingénieur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.	Sciure et copeaux provenant des ateliers de menuiserie.	13.36 o/o	A bouilleurs. 2 réchauffeurs.	82^{m2}	5^{k}	3^{k} 200	3^{k} 610
Idem	Tannée essorée.....	55 o/o,	Semi-tubulaire	45^{m2}	5^{k}	1^{k} 786	3^{k} 970
M. Walther-Meunier, ingénieur de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur.	Copeaux humides d'une fabrique d'extraits.	62,3 o/o.	Semi-tubulaire.	100^{m2}	5^{k} 710	1^{k} 450	3^{k} 840
M. Compère, ingénieur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.	Déchets de paille de lin provenant du teillage.	29.5 o/o.	A bouilleurs. 2 réchauffeurs.	82^{m2}	5^{k}	2^{k} 700	3^{k} 829
M. Vincotte, ingénieur de l'Association belge des propriétaires d'appareils à vapeur. M. Dwelshauvers-Dery, professeur à l'Université de Liège.	Sciure de bois de sapin.	33.75 o/o	Multitubulaire.	213^{m2}	5^{k} 660	2^{k} 541	3^{k} 835
M. Compère, ingénieur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.	Déchets de paille de ramié provenant du teillage.	10.59 o/o	A bouilleurs. 2 réchauffeurs.	82^{m2}	4^{k} 420	3^{k} 300	3^{k} 690

On a étendu avec succès l'emploi de cette grille à des combustibles plus riches, tels que fines de houille, de coke et d'anthracite. C'est avec ces combustibles qu'étaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alimentés les 13 foyers qui fonctionnaient à l'Exposition pour les générateurs de la force motrice. Deux cents appareils sont employés en diverses industries et cinquante aux colonies. Le foyer de M. Godillot est un succès, il rendra de réels services à un grand nombre d'industries.

M. A. Lencauchez, ingénieur à Paris, expose des dessins représentant les gazogènes et les fours à gaz qu'il a installés dans les usines de la Société commerciale des métaux à Saint-Denis, à Deville-lez-Rouen, à Sérifontaine et à Livourne, et qui fonctionnent depuis quelques années. Ces fours sont employés à l'affinage du cuivre, au réchauffage et au recuit du laiton et sont munis de récupérateurs d'un type imaginé par M. Lencauchez. Les gazogènes sont soufflés, alimentés au coke de gaz et pourvus d'appareils d'introduction d'eau : ils fournissent du gaz de chauffage qui, d'après les analyses de M. Lhote, communiquées par M. Lencauchez, présente une grande puissance calorifique. Le nombre considérable des gazogènes construits sur les plans de M. Lencauchez à Saint-Denis, à Sérifontaine, à la Société d'Escaut et Meuse, à Anzin et dans diverses autres usines démontrent que ce type est apprécié par les industriels. M. Lencauchez expose aussi les dessins des gazogènes à air libre, alimentés au coke et à la houille, qu'il a construits dans quelques usines pour divers usages métallurgiques et autres.

Il expose encore les dessins d'un gazogène dit *gazogène distillateur,* destiné à fournir un gaz formé du mélange des éléments volatils de la houille avec l'oxyde de carbone provenant de la demi-combustion du coke produit. Ce gazogène est en construction dans une usine métallurgique.

Enfin M. Lencauchez montre des dessins relatifs à deux appareils non encore essayés dans la pratique, savoir : 1° un four à coke métallurgique et à gaz d'éclairage chauffé par le gaz d'un gazogène et muni de récupérateurs de chaleur; 2° un four de fusion d'acier sur sole tournante, avec brûleur chalumeau placé au sommet de la voûte.

On sait depuis longtemps que M. Lencauchez possède une grande pratique dans l'emploi des gaz et dans l'utilisation des combustibles; ses intéressants et incessants travaux montrent que l'idée de progrès ne l'abandonne jamais.

L'exposition de M. F. Millet, à Persan (Seine-et-Oise), se composait d'un album de dix planches, représentant les applications qu'il a imaginées de son gazogène et de son récupérateur à divers appareils. Il pense que les générateurs pourraient être appliqués même aux locomotives. Son système a été essayé à la forge de Persan et chez M. Deflassieux. M. Millet, s'est efforcé de grouper dans ses projets les principes de la combustion rationnelle. Son but, en produisant son travail, a été de le livrer à l'examen, en souhaitant qu'on trouve dans ses études quelque partie utilisable.

Recuit méthodique du fil de fer et d'acier. Procédé Bourry. — Les anciennes chaudières à recuire le fil de fer présentaient bien des défauts. Après que la matière y avait sé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

journé quelques heures pour le recuit, on était obligé de laisser refroidir la cuve avant de défourner, ce qui demandait un temps assez long pendant lequel on perdait toute la chaleur emmagasinée par le matériel. De plus le nombre des cuves à recuire devait être assez considérable. Plusieurs tentatives ont été faites pour remédier à ce mode défectueux de travail et notamment par MM. Meiser et Escherich. M. C.-E. Bourry, ingénieur à Paris, a repris de son côté la question et a organisé un travail méthodique en établissant entre un certain nombre de cuves, 5 ou 8, un roulement qui fait passer successivement chacune des unités du groupe par toutes les phases du chauffage et du refroidissement.

Ces chaudières ont, comme d'ordinaire, 0 m. 80 à 0 m. 90 de diamètre et 1 m. 20 à 2 mètres de hauteur; elles sont en tôle ou en fonte et placées dans des cuves en maçonnerie, laissant un carneau pour la circulation de l'air ou des flammes. Elles sont rangées circulairement autour d'un point central. Si l'on suppose un système de cinq chaudières, deux d'entre elles sont en refroidissement progressif, une en feu et deux en réchauffage, par l'action d'un courant continu d'air et de gaz combustible qui passe de la partie inférieure d'une cuve à la partie supérieure de la suivante, pour, après avoir atteint la cinquième cuve, s'en aller à la cheminée. Il suffit de déplacer un tuyau d'amenée d'air, un tuyau conduisant les gaz brûlés à la cheminée et d'établir une communication avec le gazogène, pour faire jouer successivement, à chaque chaudière, son rôle dans la série.

Ainsi l'air froid entourant la première chaudière achève le refroidissement de celle-ci; il passe ensuite à la deuxième chaudière qu'il commence à rafraîchir. Mais, pendant ce temps, il s'est chargé de la chaleur qu'il a enlevée à ces cuves; il porte cette chaleur à la troisième chaudière, où il rencontre les gaz d'un générateur qu'il allume: c'est dans cette troisième chaudière ainsi chauffée que s'achève le recuit. Les gaz brûlés ou encore en combustion partielle passent ensuite à la quatrième chaudière à laquelle ils abandonnent une partie de leur chaleur, puis à la cinquième cuve au contact de laquelle ils en perdent une nouvelle partie, pour s'échapper enfin par la cheminée.

Le recuit étant à point dans la troisième chaudière, on enlève la première chaudière contenant du fil recuit et refroidi méthodiquement et on la remplace par une chaudière contenant du fil à recuire; on déplace d'un rang les amenées de l'air et des gaz combustibles et le tuyau qui conduit à la cheminée les produits brûlés, et l'opération continue. La durée d'une rotation complète est de dix-huit à vingt-quatre heures. Un four peut recuire 300 tonnes par mois. Chaque chaudière va au feu une fois par vingt-quatre heures et peut supporter 500 opérations. Pour pouvoir vider facilement les chaudières, leur fond est amovible. Un homme suffit au service d'un four, indépendamment du service du générateur à gaz.

On consomme 150 kilogrammes de houille par tonne de fil d'acier et 100 kilogrammes par tonne de fil de fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bourry estime les économies que procure son four à 50 p. 100 sur le combustible, à 75 p. 100 sur l'entretien des chaudières et à 60 p. 100 sur la main-d'œuvre. La disposition en est méthodique et ingénieuse et les avantages pratiques semblent affirmés par ce fait que la tréfilerie de M. de Hennau, à Creil, en a construit successivement trois dans le cours d'une année.

Un four du système Bourry a été aussi récemment établi à la tréfilerie de MM. Marcellot et Cie à Eurville.

Décapage méthodique. Procédé Vlasto. — Dans les ateliers de décapage on perd souvent les eaux qui contiennent les métaux en dissolution, faute de moyens de les concentrer économiquement. Il y a là un abandon de matières utiles, en même temps que leur écoulement au dehors peut amener des réclamations légitimes et des procès.

M. E. Vlasto, ingénieur à Paris, qui s'est occupé de cette question, présente un projet de concentration méthodique des eaux de décapage dont il attend de bons résultats.

Son procédé consiste d'abord à maintenir les objets à décaper dans la même cuve pendant l'attaque de l'acide et pendant les lavages successifs à une, deux ou plusieurs eaux; il économise par là les frais de main-d'œuvre des objets passant d'une cuve à une autre. Ensuite, il procède à l'enrichissement méthodique des eaux de lavage en les reprenant isolément par une pompe, un aspirateur ou tout autre moyen analogue, pour les envoyer dans des réservoirs, d'où, ultérieurement, on les fera écouler dans les cuves pour servir à un nouveau lavage. Il est clair qu'ainsi manipulées elles se chargeront de plus en plus de dissolution métallique; que lorsqu'un bain de troisième lavage aura servi assez longtemps il deviendra bain de deuxième lavage; que de même, à la longue, un bain de deuxième lavage deviendra bain de premier lavage, et qu'enfin ce dernier, additionné d'acide, deviendra bain de décapage. Lorsque des eaux seront suffisamment riches, on les travaillera pour l'extraction des métaux qu'elles contiennent ou de leurs sels.

M. Vlasto a combiné une disposition de cuves et de réservoirs où cette méthode est mise en marche d'une manière très simple. Elle n'est évidemment applicable que dans des usines d'une certaine importance.

Fabrication mécanique des fers à cheval et à bœuf. — M. P. Thuillard, à Paris, expose un modèle de laminoir pour bandes de fer destinées à la fabrication mécanique des fers à cheval. La cannelure de ce laminoir présente cette particularité qu'elle exerce sur le métal, au moyen de renflements, deux pressions dont l'une donne à la bande une forme ondulée dans le sens de sa longueur et dont l'autre l'amincit entre les ondulations. On divise la bande ainsi façonnée en lopins et chacun de ces lopins donne la matière d'une ferrure. C'est sous cette forme que M. Thuillard livre ses produits à diverses entreprises de roulage. Le même système de laminage peut former au milieu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des ondulations des renflements qui serviront à faire la pince. Une presse pour cintrer les lopins à la forme voulue et un pilon pour faire l'étampure complètent l'outillage pour la fabrication mécanique de ces produits qu'on peut livrer à un prix sensiblement inférieur à celui des fers forgés.

Le même exposant montre aussi des fers préparés au laminoir pour être transformés en fourches par une faible main-d'œuvre.

C'est de la fabrication mécanique des fers à bœufs et à vaches que s'occupe de son côté M. Sibut aîné, d'Amiens. Le matériel qu'il expose comprend cinq machines : 1° un découpoir pourvu de doubles lames disposées de telle façon que chacun de leurs mouvements découpe tête-bêche et simultanément deux lopins avec un minimum de déchet; 2° une poinçonneuse qui imprime les étampures et les perce à jour du même coup; 3° une découpeuse pourvue de matrices conformées selon le fer à produire et qui le découpent dans sa forme définitive, y compris un appendice destiné à fournir la queue d'attache du fer à l'onglon de la bête; 4° une étampeuse pourvue de matrices convexes et concaves qui donnent au fer ses diverses épaisseurs, ses renflements et ses concavités; 5° une étireuse qui se compose d'un demi-cylindre présentant une fente longitudinale dans laquelle s'engage le fer avec son appendice de queue en avant et d'un cylindre formant laminoir avec ce demi-cylindre. Le mouvement étant donné, l'appendice est saisi par ces deux cylindres, et, entraînant le fer derrière lui, y est laminé selon la longueur et l'épaisseur à donner à la queue, laquelle y est en même temps recourbée et cintrée; après quoi, le fer complètement fini tombe de lui-même au-dessous de l'appareil qui revient à sa première position pour recommencer la même opération sur le fer suivant,

Chacun de ces appareils est muni d'un distributeur automatique qui amène avec précision et rapidité le lopin sous les matrices par lesquelles il doit être façonné. Dans le modèle exposé, les cinq machines sont commandées par un arbre et un mouvement communs. Elles sont à double face pour doubler la production. Elles peuvent produire à la minute, affirme M. Sibut, 20 fers sur chaque face, soit 24,000 fers en dix heures avec une quinzaine d'ouvriers, chauffeurs compris.

Plaques à souder. — Pour opérer le soudage de fer sur fer, d'acier sur acier, ou de fer sur acier, M. J.-L. Laffite, à Paris, prépare des plaques de fils de fer sur lesquelles il étend une couche de borax qu'il vitrifie. Lorsqu'il s'agit de souder des surfaces assez grandes, de section oblique ou irrégulière, il peut être malaisé de répartir uniformément la poudre soudante ou décapante; les plaques la remplacent avantageusement. Voici comment on opère. On chauffe les pièces à souder au rouge cerise; on pose sur l'une d'elles une plaque au borax un peu plus grande que la section des pièces; on pose par-dessus l'autre pièce et l'on bat légèrement pour rapprocher les parties. On remet ensuite la pièce au feu pour la chauffer au blanc s'il s'agit de fer, au rouge clair s'il s'agit d'acier, puis on achève le soudage sur l'enclume comme à l'ordinaire. On pourrait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

souder de même au laminoir. On obtient par ce procédé des soudures extrêmement résistantes.

On fabrique ainsi des chaînes pour la marine, avec des brins de 0 m. 07 de diamètre. On coupe obliquement les extrémités du brin à souder pour obtenir un chaînon, on interpose la toile, on chauffe au blanc et l'on étampe l'amorce. La soudure obtenue est parfaite.

M. Delmas, à Souillac (Lot) expose pour un but semblable une colle métallique en poudre et en feuilles.

Outillage des forges. — M. Jules Le Blanc, ingénieur-constructeur à Paris, exposait un nouveau marteau-pilon mécanique marchant par courroies, du système Hasse perfectionné par l'exposant, et deux fours à chauffer les rivets.

Dans le nouveau pilon, le marteau ou frappe est relié à une barre verticale en bois dur dont l'épaisseur augmente de bas en haut. A sa partie supérieure cette barre passe entre deux galets calés chacun sur l'arbre d'une des poulies motrices. Ces poulies, qui tournent à 120 tours par minute, sont actionnées par des courroies, l'une droite, l'autre croisée; les galets comme les poulies tournent donc en sens inverse. Pour que les galets serrent la barre et soulèvent le pilon, il faut qu'ils puissent se rapprocher de cette barre. Dans ce but les paliers sont munis de coussinets constitués par des douilles traversées excentriquement par les arbres sur lesquels les galets à friction et les poulies motrices sont calés. L'excentration est de 0 m. 005, écartement qu'on veut obtenir de chaque galet. Les douilles sont rendues solidaires deux à deux par des secteurs dentés qui sont clavetés sur ces douilles. Les deux secteurs d'arrière sont reliés par une barre horizontale présentant un œil dans lequel vient s'articuler la tige verticale de manœuvre que l'ouvrier peut soulever par un levier à main. Un ressort à boudin, enveloppant cette tige sur une certaine longueur, adoucit les mouvements et ramène le levier à sa position de repos.

Donc, lorsque l'ouvrier manœuvre le levier, les secteurs sont mis en mouvement et, par suite de l'excentration, les mouvements réciproques des douilles dans les paliers provoquent le rapprochement ou l'éloignement des arbres et par conséquent des galets. Tel est, autant qu'on peut le faire connaître sans figure, ce curieux mouvement.

Un pilon de 100 kilogrammes de frappe demande 1 cheval 1/4 et pèse 2,500 kilogrammes. Un pilon de 240 kilogrammes de frappe demande une force de 3 chevaux et pèse 5,500 kilogrammes.

La machine à frapper les rivets, boulons, crampons, tire-fonds, etc., est du système Vincent. Elle a figuré à l'Exposition de 1878, mais elle a été perfectionnée depuis en plusieurs détails par l'exposant.

Le four tournant à chauffer est spécialement employé pour chauffer les fers à boulons et à rivets de 0 m. 016 de diamètre. Il exige, par heure, 500 mètres cubes d'air à la pression de 0 m. 02 de mercure et 8 kilogrammes de coke. Le fer à rivets est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disposé dans des trous pratiqués dans la paroi réfractaire des quatre faces du four tournant. Le vent arrive d'un ventilateur par la colonne qui sert de support.

M. Le Blanc a aussi un four à six moufles ou cornues, dont trois de chaque côté pour chauffer les petits rivets de 0 m. 006 à 0 m. 008 et toute pièce de métal que l'on veut soustraire au contact du combustible.

Tout ce qu'expose M. Jules Le Blanc se fait remarquer par une irréprochable exécution.

MM. B. et S. Massey, constructeurs mécaniciens à Manchester, qui se sont fait une spécialité des pilons de dimensions moyennes, exposaient trois petits marteaux à vapeur à grande vitesse dont deux, montés en porte à faux sur bâti, ont respectivement des frappantes de 25 kilogrammes et de 75 kilogrammes. Le troisième, suspendu à un sommier horizontal, a une frappante de 25 kilogrammes et fonctionne automatiquement. Ces marteaux peuvent battre, au besoin, 300 à 400 coups par minute. Cette maison emploie beaucoup les bâtis en fer forgé ou en acier.

Les forges et soufflerie de forges étaient représentées par de nombreux spécimens exposés par MM. Enfer, Ch. Frémont, V. Lassus, Barbier-Vivez, P. Hébert, à Paris; A. David, à Charleville, et E. Montarlot, à Châtillon-sur-Seine.

Beaucoup de ces appareils se ressemblent; nous nous bornerons à signaler les nouveautés ou ce qui les distingue.

Dans ses soufflets à double vent, M. Enfer, au lieu de placer la prise d'air au-dessous, préfère la placer au milieu de la hauteur, pour éviter que l'humidité et les poussières ne pénètrent dans le soufflet et n'altèrent les cuirs.

Il expose un soufflet à quatre vents formé de deux soufflets à double vent superposés, avec une même tige faisant mouvoir les deux pistons. Toutes les soupapes de refoulement s'ouvrent dans un conduit qui mène l'air dans un réservoir latéral où se trouve un plateau suspendu par un ressort à la calotte supérieure et formant régulateur. Cet appareil fait le double du travail d'un soufflet à double vent. Le tuyau qui conduit l'air au foyer est muni d'un clapet de retenue pour empêcher les gaz d'entrer dans l'appareil.

Mentionnons encore une forge démontable en pièces peu lourdes; une autre forge démontable portant étau, perçoir et tiroir; une pompe à air aspirante et foulante à double effet et un four portatif et tournant à réchauffer les rivets. Ce four a pour support le bâti du soufflet avec tuyau spécial qui lui sert de pivot; la tuyère est mobile, pour en faciliter le nettoyage. Pour le transport, l'appareil se démonte en trois parties.

M. Frémont a des types de forges mobiles sur roulettes, avec bâti en acier; des tuyères à buses interchangeables; des forges avec hotte à panneaux mobiles sur charnière, pouvant s'ouvrir ou se démonter; des forges à quatre feux et quatre soufflets avec trou pour le mâchefer; une forge à pan coupé pour être placée dans un angle; une forge surmontée d'un four démontable à chauffer les rivets; des soufflerie con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duites par un levier articulé qui peut se déplacer selon la position que peut ou que veut occuper le forgeron; des tuyères sèches et d'autres à circulation d'eau.

L'intérêt de l'exposition de M. Lassus était surtout dans son système de ventilateur à pédale, à branloire ou à levier. Il parvient à transformer le mouvement alternatif de ces commandes en mouvement de rotation continue par des dispositions qui ne manquent pas d'originalité.

Un pignon monté sur l'axe d'un ventilateur est relié par une chaîne de Galle à une poulie motrice. Pour que le ventilateur prenne son mouvement, il faut donc communiquer à la poulie une rotation continue. A cet effet, la poulie roule sur une bague que traverse un arbre sur lequel sont calés un petit pignon et une roue à rochet. Un cliquet, fixé par une de ses extrémités à la poulie, tombe par l'autre extrémité dans les dents du rochet. Une chaîne de Galle passe sur le pignon, va s'attacher par un de ses bouts à la branloire ou à la pédale et par l'autre bout à un ressort fait d'un fil de fer ou d'acier de 0 m. 003 à 0 m. 004 de diamètre et fixé au bâti.

Si l'on met la branloire ou la pédale en mouvement, elle tire la chaîne de Galle, tend le ressort, fait tourner l'axe et la roue à rochet qui, pressant sur le cliquet, détermine la rotation de la poulie motrice. Lorsque ensuite, par l'effet du ressort, la branloire ou la pédale marche en sens inverse, la roue à rochet tourne aussi en sens contraire, mais sans action sur le cliquet qui ne fait que frotter sur les dents, et, par conséquent, sans action aussi sur la poulie motrice. Les faits se répétant dans le même ordre, cette poulie est toujours sollicitée à tourner dans le même sens, et il en est de même du ventilateur. La poulie et le ventilateur faisant volant, on obtient un mouvement parfaitement régulier.

Ce ventilateur est simple, léger et se prête à tous les déplacements.

La même transmission a été appliquée à une essoreuse.

L'enveloppe des ventilateurs de M. Lassus peut se déboulonner, ce qui permet de diriger le vent dans telle direction que l'on désire.

L'exposition de MM. Barbier-Vivez et C^ie^ présente diverses forges et soufflets, des appareils à gaz et soufflet pour soudage, un four circulaire rotatif pour le chauffage des rivets; ces Messieurs proposent une disposition pour faire servir les soufflets à l'aération des salles insalubres, en y envoyant une grande quantité d'air sous une faible pression.

M. David a un étalage très varié de matériel de forges exécuté dans les meilleures conditions. La position de son usine, dans un pays de fabriques de fer, lui permet de livrer ses produits à des prix très modérés.

Le ventilateur de M. Hébert se présente sous une forme spéciale. Une poignée, placée sur le volant, sert à le mettre en rotation. Ce volant transmet, par deux roues multiplicatrices de vitesse, reliées par des courroies, le mouvement à l'axe du ventilateur. Cet ensemble est enfermé dans une boîte en tôle montée sur quatre pieds en fer cornière. Deux portes servent au graissage. Des tuyaux coudés et tournants placés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous la caisse permettent d'envoyer le vent dans toutes les directions, au fond d'un puits, dans une galerie de mine, etc.

Cette soufflerie s'applique à toutes les forges. Dans les forges de campagne, on la démonte et on la place entre les pieds qui eux-mêmes peuvent se replier, de sorte que l'appareil occupe alors un très petit volume et est facile à transporter; sa hauteur, dans cet état, n'est que de 0 m. 46; son poids est de 26 kilogrammes. M. Hébert construit aussi de ces forges portatives avec boîte à charbon. Il fabrique aussi des fours à rivets alimentés par son ventilateur.

M. Montarlot avait une variété de forges bien construites, pour tout emploi, à tuyère centrale et à tuyère mobile.

Citons encore le matériel de forges de MM. Alldays et Onions, à Birmingham, et les ventilateurs Root de MM. Steinlen et Cie, à Mulhouse. Cette maison en construit de douze dimensions différentes pouvant fournir depuis 60 jusqu'à 20,000 mètres cubes d'air par heure avec une force motrice variant de 1/3 de cheval à 30 chevaux. Les petits appareils exposés ont le volant-piston en fonte et d'une forme autre que celle qui est généralement adoptée.

Une mention encore pour rappeler que M. d'Anthonay et M. Emm. Farcot, dont il a été parlé précédemment, fabriquent aussi, pour le service des forges, leurs appareils soufflants.

Enfin, M. A. Mauve, à Auxerre, a appliqué aux tuyères des forges à ventilation continue un obturateur spécial de forme conique, manœuvré par un levier, qui permet d'arrêter le vent partiellement ou totalement. Cette petite addition procurerait une économie de charbon.

VII. FABRICATION DU CUIVRE ET DU NICKEL.

L'extraction du cuivre de ses minerais par voie de fusion, quel que soit le procédé suivi, comporte généralement un grand nombre d'opérations et une forte dépense de combustible et de main-d'œuvre. Il faut des circonstances locales déterminées pour que cette industrie puisse s'établir avec quelque garantie de vitalité.

On s'accorde à attribuer à la quantité de charbon nécessaire et au prix de celui-ci ce fait que la France ne s'occupe guère de l'industrie du cuivre que par le raffinage des cuivres bruts de provenances étrangères.

Dès 1868 et à diverses reprises, des tentatives ont été faites pour appliquer au traitement des mattes cuivreuses le procédé d'affinage du convertisseur Bessemer. Elles n'eurent aucun succès.

En 1878, M. Pierre Manhès, ingénieur métallurgiste à Lyon, reprit cet intéressant problème, convaincu que sa solution écarterait sommairement l'obstacle qui s'oppose à la mise à fruit des gisements de cuivre que renferme le sol de la France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le problème est théoriquement complexe; mais les faits devaient fournir la démonstration directe de la possibilité d'une telle application. Par ses premiers essais sur des charges de 50 kilogrammes de mattes traités dans une petite cornue Bessemer, M. Manhès acquit la preuve que la combustion intermoléculaire du soufre et du fer développait une chaleur suffisante pour maintenir le cuivre en fusion, tout comme la combustion du silicium, du manganèse ou du phosphore maintient dans les aciéries le métal à l'état liquide. C'était là une constatation fondamentale.

Ce ne fut pas sans de nombreuses difficultés et des échecs partiels que se poursuivirent ces expériences. Une persévérance intelligente en eut pourtant raison; elle conduisit à une modification de la cornue Bessemer et à une détermination des conditions essentielles du travail qui assurent aujourd'hui la marche régulière du procédé nouveau.

Une usine fut établie par M. Manhès à Éguilles près Avignon; elle commença à fonctionner en octobre 1881. Elle comprend actuellement six demi-hauts fourneaux pour la fusion des minerais, deux cubilots pour fondre des mattes le cas échéant, six convertisseurs Manhès, quatre fours de raffinage, les appareils soufflants, des broyeurs, etc.; l'ensemble est mû par une force hydraulique de 200 chevaux et par une force vapeur aussi de 200 chevaux.

Les minerais sont fondus au demi-haut fourneau; on emploie à cet usage des fours du type *water jacket*, c'est-à-dire qui ont un revêtement en fonte à doubles parois dans lequel circule un courant d'eau pour le rafraîchir. La matte qu'ils donnent passe au convertisseur Manhès.

Deux modèles réduits de cet appareil figuraient à l'Exposition : l'un fixe, l'autre mobile. Ce dernier type peut être conduit à chaque opération sous le four de fusion pour y recevoir directement son chargement de matte fondue.

Le convertisseur Manhès est rotatif comme l'appareil Bessemer. Il en diffère en ce que la boîte à vent inférieure est supprimée; le fond de la cornue sert de réservoir au cuivre. Les tuyères sont placées latéralement et reçoivent le vent par un canal circulaire qui forme ceinture à l'appareil. La cornue étant chauffée au rouge, on y introduit 1,500 kilogrammes de matte en fusion, on donne le vent et l'on incline l'appareil au moyen d'une crémaillère, de telle sorte que le vent souffle à 0 m. 15 de la surface du bain et comme le bain a généralement 0 m. 60 à 0 m. 65 de hauteur, l'action oxydante s'exerce toujours sur la matte et non sur le cuivre réduit qui se rend au fond.

La pression du vent est de 0 m. 40 de mercure. Pour marcher économiquement les mattes doivent contenir de 20 à 25 p. 100 de cuivre. Si elles sont à une teneur inférieure, elles doivent être enrichies; si elles atteignent 75 p. 100 de cuivre, elles ne contiennent plus assez d'éléments combustibles pour fournir par la combustion de ceux-ci la température nécessaire à la fusion du cuivre.

A Éguilles, le garnissage du convertisseur est fait d'un mélange de sable quartzeux et de terre de Bollène. En Amérique on obtient de bons résultats en se servant comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

garnissage de la gangue des minerais. L'usure se produit surtout à la ligne de flottaison qu'il faut regarnir après chaque série de vingt opérations.

Les vapeurs sulfureuses qui se dégagent du convertisseur pourraient amener des réclamations du voisinage. M. Manhès estime que, dans un pays plat, une cheminée de 70 mètres de hauteur délaie ces produits dans un tel cube d'air que tout effet nuisible disparaît.

Comme spécimens du traitement par son procédé, M. Manhès présente les séries suivantes :

A. Minerai de cuivre pyriteux d'Aiguebelle, contenant 13 p. 100 de cuivre.

B. Matte cuivreuse produite par la fonte crue du minerai précédent; teneur : 38 p. 100 de cuivre.

C. Matte cuivreuse obtenue après vingt minutes de soufflage au convertisseur Manhès sur la précédente ; Cu = 75 p. 100.

D. Cuivre brut provenant de la matte B après trente-cinq minutes de soufflage : Cu = 98.3 p. 100.

E. Lingots de cuivre raffiné provenant du traitement du cuivre brut D.

F. Laitier de la fonte crue du four à manche : Cu = 0.015 p. 100.

G. Laitier du convertisseur pendant le traitement de la matte B : Cu = 1.5 p. 100.

La pauvreté du laitier de fonte crue qui tient de 0.015 à 0.025 de cuivre, alors que les laitiers de semblable opération en renferment ordinairement de 0.5 à 1 p. 100, paraîtra remarquable. Il faut attribuer que l'on n'y trouve que des traces de métal, à cette circonstance que l'on charge avec le minerai les scories du convertisseur qui renferment beaucoup de fer, dont l'action affinante expulse le cuivre du laitier. D'autre part, les laitiers sont très fluides et n'entraînent jamais de métal.

Le second tableau donne le cas d'un minerai contenant de l'antimoine à forte dose, de l'or et de l'argent :

A. Cuivre gris de Jérès Lanteira (Espagne), tenant : Cu = 12 p. 100; Sb = 9 p. 100.

B. Matte cuivreuse produite par la fusion du minerai : Cu = 29 p. 100.

C. Cuivre brut donné par la matte, après cinquante minutes de soufflage au convertisseur : Cu = 96.7; Sb = 0.05; Ag = 1,500 grammes et Au = 13 grammes à la tonne.

D. Laitier de la fonte crue du minerai au four à manche : Cu = 0.05 p. 100.

On voit ici que le convertisseur élimine presque intégralement l'antimoine (il en serait de même de l'arsenic) et que l'or et l'argent se concentrent dans le cuivre.

Troisième exemple :

A. Cuivre sulfuré de la mine de Parrot Butte-City, aux États-Unis : Cu = 10 p. 100.

B. Matte par fusion après grillage : Cu = 40 p. 100.

C. Laitier correspondant : Cu = 0.012.

D. Cuivre brut, après quarante minutes de soufflage au convertisseur : Cu = 99 p. 100; laitier correspondant : Cu = 1.5 p. 100.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Autre exemple :

A. Cuivre sulfuré de Roraas (Norvège) : Cu = 4.5 p. 100.

B. Matte par fusion après grillage : Cu = 34.5 ; laitier correspondant : Cu = 0.04.

C. Cuivre brut, après quarante-cinq minutes de soufflage : Cu = 98.7 p. 100; laitier correspondant : Cu = 2 p. 100.

Depuis quelques mois, M. P. Manhès a réussi à appliquer le même procédé légèrement modifié à l'extraction du nickel. Les réactions sont les mêmes que dans la métallurgie du cuivre : le fer, le soufre, l'arsenic, l'antimoine, impuretés habituelles du nickel comme du cuivre, sont rapidement oxydés dans le convertisseur et, après un soufflage de quelques minutes, on obtient, soit du traitement des mattes, soit du traitement des fontes de nickel, un nickel brut titrant de 90 à 96 p. 100 de nickel pur, dont le raffinage est facile par les procédés ordinaires.

L'Exposition montrait, relativement au travail de ce métal, les deux séries d'échantillons suivantes :

Première série :

I. — Hydrosilicate des États-Unis : Ni = 8 p. 100.

II. — Fonte de nickel par fusion au haut fourneau : Ni = 38 p. 100.

III. — Nickel brut, après quarante minutes de soufflage sur la fonte précédente : Ni = 97 p. 100.

IV. — Laitier du convertisseur Manhès : Ni = 2.5 p. 100. Il est retraité.

Deuxième série :

I. — Nickel sulfuré du Piémont : Ni = 14.5 p. 100.

II. — Matte de nickel par fusion après grillage : Ni = 28 p. 100.

III. — Nickel brut, après trente-cinq minutes de soufflage de cette matte : Ni = 95 p. 100.

IV. — Laitier de la fusion au four à manche : Ni = 0.05 p. 100.

M. Manhès fait connaître qu'à l'usine d'Éguilles la consommation de combustible par tonne de cuivre ne dépasse pas deux tonnes et que la main-d'œuvre est inférieure à 25 francs. Ce sont là de fort beaux résultats. Il nous paraît bien superflu, pour en apprécier la valeur, de les rapprocher de la consommation des 15 tonnes de charbon et des 65 francs de main-d'œuvre affectés au traitement au pays de Galles. Ces chiffres, du reste, ont un peu vieilli et les modifications qu'a subies le procédé gallois ont sensiblement réduit la dépense en charbon. N'en fût-il pas ainsi, qu'il faudrait tenir compte des avantages que présente le marché de minerais établi sur la place de Swansea. Mais là n'est pas la question, il ne peut s'agir nulle part de transporter le procédé gallois sur le continent. Il existe d'autres procédés avec lesquels la comparaison, pour être plus modeste, serait plus exacte et d'autant mieux que le travail à Éguilles emploie le demi-haut fourneau comme appareil de fusion du minerai.

Le procédé Manhès n'a pas besoin d'un excès d'arguments pour être considéré comme une création remarquable et de nature à rendre de réels services en bien des pays. Il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne comporte, en résumé, que deux opérations. On y retrouve les avantages du procédé Bessemer : installation peu coûteuse, comme constructions et comme terrain, relativement à la production; combustion des matières à éliminer au profit calorifique de l'opération même; purification extrêmement rapide et presque complète. Comme conséquences : dépenses de charbon et de main-d'œuvre considérablement réduites et, ce qui est non moins important, possibilité de disposer en un temps très court du métal que renferme le minerai.

Quoique assez récent encore, le procédé Manhès est établi : en Angleterre, aux usines Vivian and sons, à Swansea; en Italie, à la Société métallurgique italienne, à Livourne; en Espagne, à la Société minière de Jérès Lanteira; en Norvège, à la Compagnie des mines de Roraas et à la Société des fonderies de Bratsberg; aux États-Unis, à la Parrot Copper C°; au Chili, à la Compagnie des usines de Lota. Il marque une époque dans la métallurgie du cuivre.

IMPRIMERIE NATIONALE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES.

Pages

Composition du jury. 3

Matériel de l'exploitation des mines et de la métallurgie. 5

Mines et méthode d'exploitation — Rapport de M. Petitjean. 7

I. Description des houillères. 10

Houillères françaises. 10

Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. 11

Bassin de la Loire. 18

Bassin du Centre. 22

Bassin de Ronchamp. 27

Bassin du Gard. 28

Bassin du Tarn. 35

Houillères belges. 37

Bassin du Hainaut. 37

Bassin de Liège. 46

Statistique générale. 50

Production de la France. 51

Production de la Belgique. 51

Accidents. 52

Salaires. 53

Institutions humanitaires. 53

II. Méthodes d'exploitation. 53

Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. 53

Bassin de la Loire. 58

Bassin du Centre. 65

Bassin du Gard. 70

Bassin du Tarn. 71

III. Mines métalliques et diverses. 71

Mines de fer. 71

Mines de zinc et d'étain. 76

Mines de cuivre, plomb et argent. 78

Mines d'or. 82

Mines de diamants. 89

Mines de naphte. 93

Mines diverses. 102

Matériel de l'exploitation des mines. — Rapport de M. Habets. 107

Introduction. 109

I. Sondages. 116

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

II. Puits et galeries 127
Forage des puits à niveau plein 127
Creusement et approfondissement des puits 133
Soutènement des galeries 135
Façonneuse pour bois de mines 137
III. Air comprimé 137
IV. Perforatrices 143
V. Havage mécanique 149
VI. Explosifs 152
Procédés d'amorçage 156
VII. Aérage 159
Ventilateurs 159
VII. Éclairage 168
Lampe de sûreté 168
Fermeture des lampes 171
Éclairage électrique 174
IX. Transports 175
Matériel 175
Transports mécaniques 177
X. Extraction 183
Parachutes 184
Taquets et recettes 187
Châssis à molettes 189
Câbles 189
Machines d'extration 191
Signalisation 197
Appareils d'extraction souterrains. — Treuils 198
Descente des remblais 201
Translation des ouvriers dans les puits 202
XI. Chargement des bateaux 204
XII. Épuisement 208
PRÉPARATION ET AGGLOMÉRATION DES CHARBONS. — Rapport de M. Petitjean 213
I. Criblage, triage et lavage 215
Lavoirs à charbons 222
II. Agglomération 225
Machines à agglomérer 230
PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS. — Rapport de M. Gillon 241
I. Concasseurs et pulvérisateurs 243
Concasseur à mâchoires et ses variantes 243
Casse-cokes 244
Meules broyeuses 245
Cyclone pulvérisateur 247
II. Classeurs 250
Classeur plan rotatif 250
III. Procédés divers 252
Laveur Bazin 252
Laverie des diamants du Cap 253

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MATÉRIEL DE LA MÉTALLURGIE. — Rapport de M. Gillon. 255
I. Produits réfractaires 258
II. Fours à coke 260
Extraction des sous-produits 262
Défourneuse à vapeur 262
III. Fabrication de la fonte 263
Appareils à air chaud 263
Machine soufflante 265
Usine de Denain 266
Usine de Kamenskoï 268
IV. Fonderies 272
Cubilot Hamélius 272
Machine à jet de sable 273
Cubilot Herbetz à jet de vapeur 273
Cubilot Stewart à creuset latéral 275
Poche à siphon 275
Matériel et outillage divers 275
V. Fabrication de l'acier 277
Procédé Thomas-Gilchrist 277
Procédé Robert 279
Pits Gjers 281
Procédé Valton et Rémaury 283
Laminoir de Valenciennes 286
Laminoir de Châtillon-Commentry 290
VI. Outillage et procédés divers 292
Emploi des combustibles 292
Recuit méthodique des fils de fer et d'acier 294
Décapage méthodique 296
Fabrication des fers à cheval et à bœuf 296
Plaques à souder 297
Outillage des forges 298
VII. Fabrication du cuivre et du nickel 301
Procédé Manhès 302

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CLASSE 49

Matériel et procédés des exploitations rurales et forestières

---

RAPPORTS DU JURY INTERNATIONAL

PAR

MM. TRESCA, GRANDVOINNET, RINGELMANN, LEZÉ

A.-CH. GIRARD ET RISLER

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MATÉRIEL ET PROCÉDÉS

DES EXPLOITATIONS AGRICOLES ET FORESTIÈRES.

INTRODUCTION.

Depuis l'Exposition universelle de 1878, l'abaissement de la valeur des produits du sol, par suite de la concurrence de plus en plus grande de l'Amérique et des Indes orientales, a causé dans toute l'Europe une crise qui oblige plus que jamais nos agriculteurs à diminuer leurs frais de production par l'emploi des machines et à augmenter leurs récoltes par celui des engrais chimiques. De là un développement de plus en plus considérable des établissements qui construisent les machines; de là, cette brillante exposition qui couvrait le quai d'Orsay et une partie de l'esplanade des Invalides.

Malheureusement le rapporteur du jury de la classe 49 est mort au mois de juin 1890 sans avoir terminé sa tâche. M. Alfred Tresca, professeur à l'École centrale des arts et manufactures et à l'Institut national agronomique, membre suppléant du jury de la classe 49, a bien voulu se charger de faire le rapport pour la partie des machines [1], et M. Charles Girard, chef des travaux chimiques à l'Institut agronomique, pour celle des engrais, et j'y ai ajouté celle des irrigations et drainages.

A ces rapports sont joints ceux de M. Grandvoinnet, de M. Ringelmann (commissaire adjoint des concours de machines agricoles) et Lezé (membre associé aux travaux du Jury) sur divers concours.

Le Président du jury,

EUGÈNE RISLER.

[1] M. Debains, ingénieur de la classe 49, a eu l'obligeance de fournir à M. Tresca des notes sur une partie du matériel d'extérieur de ferme qui lui ont été très utiles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMPOSITION DU JURY.

MM. Risler, *Président*, directeur de l'Institut national agronomique, membre du jury des récompenses de l'Exposition de Paris en 1878	France.
Ward (W.-S.), *Vice-Président*	États-Unis.
Grandvoinnet, *Rapporteur*, professeur à l'Institut agronomique, membre du jury des récompenses à l'Exposition de Paris en 1878	France.
Liébaut, *Secrétaire*, administrateur de la Société centrale de construction de machines, membre du jury des récompenses à l'Exposition de Paris en 1878	France.
Lecq, professeur d'agriculture, chef du service phylloxérique d'Algérie	Algérie.
Alype (Pierre), député, membre de la commission d'organisation de l'Exposition coloniale	Colonies.
Pidgeon (D.), associé de l'Institut des ingénieurs civils de Londres	Grande-Bretagne.
Albaret, constructeur de machines agricoles, médaille d'or à l'Exposition de Paris en 1878	France.
Bruel, sénateur	France.
Chabrier (Ernest), ingénieur civil, membre du jury des récompenses à l'Exposition de Paris en 1878	France.
Gautreau, constructeur de machines agricoles, médaille d'or à l'Exposition de Paris en 1878	France.
Perrault (J.-X.), *suppléant*, vice-président de la chambre de commerce de Montréal	Grande-Bretagne.
Dior, *suppléant*, fabricant d'engrais, président du tribunal de commerce de Granville	France.
Tresca, *suppléant*, ingénieur civil, professeur à l'École centrale des arts et manufactures et à l'Institut national agronomique, membre du jury des récompenses à l'Exposition de Paris en 1878	France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MACHINES ET INSTRUMENTS D'AGRICULTURE

RAPPORT

PAR

M. ALFRED TRESCA

PROFESSEUR À L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES
ET À L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MACHINES ET INSTRUMENTS D'AGRICULTURE.

La mort de notre regretté collègue, M. Grandvoinnet, nous a laissé une lourde tâche à remplir, en continuant l'œuvre dont il avait été chargé par le jury de la classe 49, en ce qui concerne l'appréciation des nombreux appareils exposés dans cette classe, et aussi, en même temps, comme rapporteur des différents jurys spéciaux institués pour suivre les expériences sur le terrain.

Cette dernière partie de son travail était en grande partie terminée, lorsque la mort est venue le surprendre, et M. Ringelmann, professeur à Grignon et directeur de la station d'essai de machines agricoles, a été chargé par M. Tisserand de préparer le rapport sur les essais auxquels le jury s'est livré, en ce qui concerne les moissonneuses-lieuses, les moissonneuses ordinaires et les faucheuses.

En ce qui concerne le rapport général, nous n'avons trouvé, par contre, que des documents réunis soit par nos collègues, soit par les exposants, ainsi que quelques notes prises par notre regretté collègue, au cours de l'examen fait sur place d'une partie des instruments que le jury avait à apprécier.

En raison du nombre des exposants de la classe 49, et en raison surtout de la diversité des produits ou machines à apprécier, le jury s'est de suite divisé en trois sections distinctes pour procéder à un premier examen, les décisions étant ensuite prises dans des séances où tous les membres du jury étaient réunis. L'une de ces sections, composée de MM. Risler, Dior et Lecq, a eu spécialement à apprécier tout ce qui concernait les engrais, les procédés d'irrigations et de desséchements, les plans de fermes, etc., en un mot tout ce qui ne constitue pas le matériel agricole proprement dit.

Notre président, M. Risler, a bien voulu, avec M. Charles Girard, chef des travaux chimiques de l'Institut agronomique, se charger de cette partie du rapport, et nous n'avons plus à nous occuper ici que des machines agricoles.

Pour l'examen de ces machines, nous avons pris la division tout naturellement indiquée : le matériel d'extérieur de ferme, le matériel d'intérieur.

La première section était composée de MM. Bruel, Ernest Chabrier, Grandvoinnet, D. Pidgeon et Ward.

La seconde, de MM. Albaret, Gautreau, Liébaut, Perrault et A. Tresca.

Dans le présent rapport, nous avons cherché à résumer les appréciations du jury, relativement aux principales machines exposées. C'est surtout, en effet, en relatant les principaux progrès réalisés dans l'industrie des machines agricoles dans ces dernières années, que ce rapport peut présenter quelque intérêt. Quelques détails de construction intéressants ont dû être passés sous silence pour ne pas donner à ce travail un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trop grand développement; le jury en a toujours tenu un grand compte dans les récompenses qu'il a proposées.

C'est en effet par une suite de modifications de détails que le matériel agricole a acquis la perfection que nous lui reconnaissons aujourd'hui.

Quelquefois aussi, pour répondre aux exigences toujours croissantes de ceux qui emploient le matériel, les constructeurs ont dû compliquer les machines agricoles au delà de ce qui était réellement nécessaire. De là une multitude d'organes qui nuisent quelquefois au bon fonctionnement de la machine et qui augmentent, dans une grande proportion, son prix d'achat.

Avant de commencer l'étude du matériel agricole, tel qu'il nous était présenté à l'Exposition de 1889, nous devons nous arrêter un instant sur certaines expositions hors concours.

Le règlement concernant la formation des jurys des récompenses stipulant que les membres de ces jurys sont, par le fait de leur acceptation, et quel que soit le groupe auquel ils appartiennent, hors concours, le jury de la classe 49 avait le devoir de mentionner d'une manière toute spéciale, et au début de ce rapport, les expositions, toutes très importantes, qui se trouvaient ainsi exclues de toute récompense.

Ce sont celles de MM. Albaret, Bruel et Brunat, Gautreau, Hignette et Michel Perret, en ce qui concerne les machines.

La Compagnie de l'Oued Rirh, la Société des produits chimiques agricoles et la Société des usines de Saint-Nicolas seront mentionnées dans le rapport spécial dont MM. Risler et Charles Girard ont bien voulu se charger.

Notre collègue, M. Albaret, le digne successeur de la maison Duvoir, de Liancourt-Rantigny, qui a repris cette maison dès 1861, a présenté à l'Exposition de 1889 une collection très complète des instruments, tant d'intérieur que d'extérieur de ferme. A part les appareils de labour que la maison Albaret ne construit pas, son exposition renfermait un ou même plusieurs types des appareils les plus en usage.

Nous y avons trouvé, en effet:

Un semoir à grains de 10 rangs;

Un semoir à haricots;

Deux moissonneuses-lieuses;

Une moissonneuse formant la javelle;

Deux faucheuses;

Une presse à fourrages continue;

Quatre locomobiles de types différents dont quelques-uns étaient munis de la disposition très simple que M. Albaret a imaginée, il y a quelques années, pour changer instantanément le sens de la marche du moteur;

Des batteuses fixes ou mobiles à grand travail. Sur l'une d'elles, M. Albaret avait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placé un appareil-lieur à la ficelle à deux liens pour lier la paille à la sortie de la batteuse. Un engreneur mécanique était monté sur l'une des batteuses;

Un égrenoir à maïs;

Quatre hache-paille à bras ;

Trois coupe-racines mus également à bras ;

Un hache-maïs avec élévateur à force centrifuge;

Un dépulpeur de grandes dimensions muni aussi de son élévateur;

Un décrotteur à sec pour betteraves ;

Une presse à fromages ;

Un concasseur à meules en pierres ;

Enfin un appareil pour cuire les légumes et les grains.

Si l'on ajoute qu'à cette nomenclature doit venir se joindre celle des instruments exposés dans la classe des travaux publics, consistant en rouleaux à chevaux ou à vapeur, et en une locomotive routière, on doit reconnaître que l'exposition de M. Albaret est une des plus importantes et remarquable à tous égards.

Malgré sa mise hors concours, M. Albaret a tenu à participer aux essais sur le terrain, et nous avons pu voir fonctionner à Noisiel une faucheuse, une moissonneuse-lieuse et une presse à fourrages de sa construction.

MM. Bruel et Brunat, hors concours par suite de la présence de M. Bruel dans notre jury, avaient exposé une collection très importante d'appareils, principalement destinés au travail de la terre, pour lesquels ces constructeurs ont cherché constamment à abaisser leur prix de revient.

C'est ainsi que cet établissement, dont la création date de 1855, a progressé d'une manière constante depuis cette époque.

La construction à la main a été remplacée par une exécution plus mécanique, grâce à un outillage perfectionné, ce qui a permis de réduire les prix dans des proportions très notables.

Par exemple, les herses articulées, facturées à 112 francs les 100 kilogrammes en 1862, se vendent maintenant 35 francs les 100 kilogrammes, c'est-à-dire avec une réduction des deux tiers environ.

Les extirpateurs, au prix de 100 francs les 100 kilogrammes, sont facturés aux agents à 60 francs les 100 kilogrammes.

Il en est de même de certains instruments d'intérieur de ferme, tels que les tarares dont les prix ont baissé de 80 à 35 francs et même 25 francs, pour un petit modèle très employé dans le centre de la France.

L'exposition de MM. Bruel et Brunat comprenait en outre des bondes d'étangs, des pulvérisateurs à agitateur continu. Un de ces derniers instruments a été expérimenté à Marcil-Marly, lors du concours spécial du 3e groupe : pulvérisateurs pour insecticides.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Gautreau, également notre collègue, avait exposé une nombreuse collection d'instruments dont la plus grande partie était relative aux opérations de l'intérieur de la ferme.

Deux seuls faisaient exception : un semoir à toute graines et une locomotive routière.

Le semoir avec bâti en fer et fonte était formé d'alvéoles préparées à la circonférence de disques métalliques venant puiser la semence dans la trémie pour les amener à l'orifice des tubes semeurs. L'axe de ces disques peut être animé d'une vitesse très variable au moyen d'un appareil imaginé par M. Gautreau et remplaçant la disposition à tête de cheval des appareils similaires. Les différentes couronnes dentées étant toutes solidaires d'un même plateau, le semoir n'a pas besoin d'être muni des engrenages de rechange ordinaires.

La locomotive routière présente cette particularité que le châssis portant les roues est indépendant de la chaudière. La machine à vapeur est verticale et la commande des roues motrices est donnée par l'intermédiaire d'engrenages formant train différentiel.

Les autres instruments exposés par M. Gautreau sont 4 manèges, 2 locomobiles, 1 machine demi-fixe et 8 machines à battre. M. Gautreau s'est acquis une réputation bien méritée en construisant spécialement les batteuses et les moteurs qui les actionnent. C'est pour cette raison qu'il a cru devoir exposer un grand nombre de ces appareils, tous de types différents, les uns convenant pour la grande culture, les autres pour des exploitations de moyenne importance, enfin quelques-uns spécialement disposés pour les entreprises de battage.

Deux de ces machines convenaient pour des installations fixes, les autres étaient locomobiles.

Elles étaient toutes disposées pour battre la gerbe en travers, c'est-à-dire pour conserver à la paille toute sa valeur marchande.

Dans l'une de ces machines à grand travail, un deuxième auget, au lieu d'être placé à l'extérieur, est compris dans le corps de la machine à battre, ce qui n'augmente plus sa largeur lorsqu'on veut procéder ainsi à un second nettoyage. Dans un autre le triage est obtenu au moyen d'un crible rotatif expansible, système Penny.

Enfin dans l'une des batteuses fixes on a pu, pour simplifier autant que possible, commander les secoueurs par l'arbre du ventilateur. Cette machine ne comprend dès lors que deux arbres, l'un pour la mise en mouvement du batteur, l'autre pour la mise en action du ventilateur et des secoueurs.

Les locomobiles et machines demi-fixes sont toutes avec chaudières à foyer amovible. M. Gautreau y a apporté quelques modifications permettant une mise en pression plus rapide, ainsi que quelques perfectionnements aux appareils de sûreté dont toute chaudière doit être munie.

M. Hignette, membre du jury de la classe 50, avait exposé, dans cette classe, ses appareils de nettoyage et de mouture de blé dont nous n'avons pas à nous occuper ici,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et dans la classe qui nous concerne les appareils de laiterie. L'écrémeuse danoise de Burmeister et Wain faisait partie de son exposition qui comprenait, en outre, différents types de ces écrémeuses, une baratte danoise, un malaxeur à beurre de grandes dimensions.

Les écrémeuses, qui formaient la partie la plus importante de son exposition, sont mentionnées en détail dans le rapport de M. Lezé sur le concours spécial des appareils de laiterie.

M. Michel Perret, président du jury de la classe 51, bien connu par ses travaux sur la combustion des pyrites dans la fabrication de l'acide sulfurique, avait exposé un semoir à plusieurs rangs à écartement fixe de 0 m. 30, d'un prix peu élevé.

Il préconise beaucoup le semis des céréales à un écartement aussi considérable, rendant les soins de la culture beaucoup plus faciles.

A la suite d'expériences, M. Perret a reconnu, dans son domaine de Tullins, que cet écartement peu usité entre les différentes lignes conduisait à un rendement plus considérable à l'hectare.

Nous allons aborder maintenant l'étude des nombreuses expositions de matériel agricole en adoptant un ordre absolument méthodique, c'est-à-dire en suivant l'ordre des opérations sur le terrain.

Dans le matériel d'extérieur de ferme, nous trouvons tout d'abord les différents instruments de labour, puis les appareils terminant l'ameublissement du sol, les scarificateurs-extirpateurs, les cultivateurs, les herses, les rouleaux de diverses formes; puis les différents instruments servant à l'ensemencement des terres, soit à la volée, soit en lignes, et, comme annexe de cette série d'appareils, les répandeurs d'engrais, soit solides, soit pâteux ou liquides, appareils que l'on ne peut guère séparer des semoirs à graines pour les raisons que nous indiquerons plus loin.

Viennent ensuite des appareils servant aux soins de la culture avant la maturité des céréales : houes à cheval, bineuses et butteuses.

Enfin, les instruments de récoltes : tondeuses de gazon, faucheuses, moissonneuses, moissonneuses-lieuses.

Les instruments spéciaux à la récolte des fourrages : faneuses et râteaux.

Enfin, les appareils permettant d'augmenter le rayon d'approvisionnement des grandes villes : les botteleuses, presses à foin et à paille.

Dans un ordre plus restreint, mais présentant encore un réel intérêt, les arracheurs de racines se divisant en deux séries bien distinctes : arracheuses de betteraves, arracheuses de pommes de terre, en trouvant là des appareils spéciaux pouvant servir à faciliter le travail des hommes dans la récolte des racines pivotantes dont la betterave peut être considérée comme le type, et les tubercules complètement enfouis dans le sol, à racines chevelues, dont la pomme de terre en est un exemple.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous aurons encore à indiquer un certain nombre d'instruments ne rentrant pas dans des catégories bien distinctes : les régénérateurs de prairies, l'appareil pour échauder les échalas, les clôtures diverses, etc.

Comme ligne de démarcation entre les instruments d'intérieur et d'extérieur de ferme, nous trouvons les différents instruments ou appareils de transports.

L'industrie des transports joue un très grand rôle dans une exploitation agricole, et nous aurons encore à examiner et à apprécier les différents modes de transport : chariots et charrettes diverses, chemins de fer portatifs, etc.

Enfin, les instruments de pesage forment encore une partie importante de ce matériel agricole.

Les instruments d'intérieur de ferme comprennent tout d'abord les différents moteurs agricoles, manèges et locomobiles à vapeur.

Les moyens de séparer le grain de la tige ligneuse qui le porte constituent une partie importante de ce matériel d'intérieur, et nous aurons à examiner les différentes machines à battre exposées qui tendent à rentrer de plus en plus dans deux ou trois types connus en adoptant, sur une grande échelle, les perfectionnements signalés lors de précédentes Expositions universelles ou de concours régionaux agricoles.

A côté de ces types plus ou moins complets se trouvent les machines spéciales pour l'égrenage du trèfle, là où le ligneux occupe une bien plus grande place par rapport au produit principal à recueillir, la graine.

Les égrenoirs à maïs, petites machines portatives, rendront de grands services dans les pays où les conditions climatériques permettent de s'adonner à la culture du maïs.

Quelques précautions que l'on prenne pour rendre le blé marchand à la sortie de la machine à battre, il faut presque toujours le soumettre à de nouvelles opérations de criblage et de triage.

Nous aurons à passer en revue les différents genres de trieurs, décuscuteurs, tarares divers, nécessaires soit pour la préparation du blé de semence, soit pour la mise en vente du blé marchand parfaitement nettoyé.

Les coupe-racines, hache-paille, hache-maïs et broyeurs d'ajonc devront aussi nous occuper quelques instants, et leur examen terminera, avec celui des compresseurs, concasseurs, moulins agricoles, la série des appareils usités dans une ferme de quelque importance.

Un chapitre spécial devra comprendre encore les outils à main : fourches, râteaux et autres.

Il ne nous restera plus qu'à rendre compte des appareils employés dans certaines industries agricoles spéciales :

La fabrication des boissons fermentées, comprenant les appareils suivants : fouloirs, moulins à pommes, pressoirs et presses continues ;

Les instruments et appareils de laiterie, comprenant : les écrémeuses, les appareils servant à l'analyse physique du lait écrémé, les appareils divers servant à la fabrication

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du beurre : barattes, malaxeurs, turbines à essorer, presses à beurre ; instruments divers.

Certains de ces chapitres devant être traités à la fois dans le rapport général et dans les rapports des concours spéciaux, nous renverrons fréquemment de l'un à l'autre pour éviter tout double emploi. Ils doivent cependant figurer tous dans le rapport général pour qu'il soit possible de rendre compte, dans l'ordre méthodiqu adopté, de certains appareils qui, pour diverses raisons, n'ont pas été expérimentés sur le terrain.

INSTRUMENTS D'EXTÉRIEUR DE FERME.

INSTRUMENTS DE LABOUR.

Charrues.

Il n'y a guère qu'une cinquantaine d'années que la charrue a été construite d'une manière rationnelle. Un fait à signaler, c'est que les premières charrues confectionnées ont été des araires, tandis qu'aujourd'hui on construit surtout des charrues à avant-train. Cette évolution indique simplement que la difficulté de trouver des conducteurs habiles force les agriculteurs à choisir non pas les instruments qui offrent le moins de traction, mais ceux qui sont les plus faciles à manier.

Les socs en fonte sont beaucoup moins employés qu'autrefois, ils se cassent trop facilement, et une fois qu'ils sont un peu usés ils ne pénètrent plus dans la terre et doivent être abandonnés. D'ailleurs le fer et l'acier sont aujourd'hui à si bas prix que l'on préfère employer des matières qui permettent de recharger les socs à la forge lorsqu'ils commencent à s'user. Les socs en fer tendent aussi à disparaître pour être remplacés par des socs en fer avec mises en acier ou des socs tout en acier.

Pour obtenir un labour parfait, il faut donner au soc une largeur égale à la bande de terre que l'on veut labourer. Les charrues anglaises, cependant, celles d'Howard et de Ransomes, par exemple, avaient des socs dont la largeur n'atteignait que les trois quarts ou les quatre cinquièmes de la bande. Ces charrues demandaient moins d'effort de traction, mais elles laissaient un bourrelet non travaillé dans lequel les racines des plantes pénétraient plus difficilement. La culture exige aujourd'hui, avec juste raison, que les socs coupent toute la partie de terre comprise entre la pointe du coutre et la précédente raie. L'attache du soc au sep doit être solide. Généralement, deux boulons relient entre elles ces deux pièces; mais on ne peut assez prolonger l'avant du sep pour empêcher qu'il n'y ait une trop grande distance entre la pointe du soc et son attache sur le corps de la charrue. Aussi est-il préférable, dans les sols où on est exposé à rencontrer des pierres ou des souches et racines, d'employer des socs à pointe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mobile, c'est-à-dire terminés par une barre à section carrée ou rectangulaire faisant supporter tout l'effort à une pièce que l'on peut facilement changer ou allonger à mesure que l'extrémité s'use. MM. Élie Froger et Durand ont exposé de bons types de ces socs.

La plupart des socs sont en forme de trapèze. M. Fondeur, de Viry (Aisne), leur donne une forme triangulaire qui, selon lui, favorise beaucoup la pénétration dans le sol; mais si cette disposition diminue l'effort de traction, elle entraîne à éloigner encore la pointe du soc du point d'attache.

Le versoir est la partie de la charrue dont la forme a le plus d'influence sur la qualité du travail exécuté et la force dépensée. Il a été étudié avec le plus grand soin par les constructeurs, qui, pour la plupart, ont fait dériver leur versoir des formes indiquées par Jefferson et Ridolfi. M. Fondeur seul établit son versoir sur un principe tout à fait différent. On peut toujours placer sur la surface de ce versoir une droite horizontale. Dans ce système, la terre n'est pas sollicitée à se retourner, elle est plutôt poussée et ne retombe que lorsque le centre de gravité de la bande de terre soulevée a dépassé la verticale; il semblerait que ce versoir ne devrait donner de bons résultats que dans les terres compactes qui se déversent sous la forme d'un prisme continu. En pratique, il fonctionne bien aussi dans les terres légères, surtout si l'attelage marche d'un bon pas.

La plupart des versoirs exposés étaient en tôle d'acier, à peine quelques types de versoirs en fonte ou en bois, ces derniers pour les terres argileuses (charrue Voirin).

Les charrues à age en bois tendent à disparaître; aujourd'hui les ages sont en fer ou en acier. Celui d'Élie Froger, composé d'un fer en U rempli de bois, fermé par une plaque en fer, nous paraît devoir bien résister aux efforts de torsion qui faussent si souvent cette partie de la charrue.

Les régulateurs de traction ont une influence considérable sur la bonne marche d'une charrue; ces régulateurs avaient déjà subi de nombreux perfectionnements dans les types exposés en 1878, mais, s'ils répondaient à tous les besoins, leur règlement était long et incommode. Certaines charrues présentées en 1889 réalisent, au point de vue de la facilité du règlement, de sérieux progrès. Le régulateur de la grande défonceuse Durand permet, à l'aide de deux vis à filets carrés et de deux manivelles, de modifier, avec la plus grande facilité et en marche, la profondeur et la largeur du labour.

Le régulateur à tête refoulante de M. Bajac force la charrue à talonner dans les terrains durs.

Une bonne disposition d'attache du coutre à l'age est encore à trouver; il est pourtant indispensable de pouvoir modifier facilement l'inclinaison du coutre et la position de la pointe. Il serait à désirer que ce problème puisse être l'objet de nouvelles études de la part de nos principaux constructeurs pour qu'ils puissent arriver à résoudre cette question d'une manière plus complète.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les charrues peuvent se disposer en différentes catégories, savoir : *a* charrues araires ; *b* charrues à support ou à avant-train ; *c* charrues tourne-oreilles ; *d* charrues multiples ; *e* charrues défonceuses.

a. Parmi les araires exposés, il faut signaler l'araire de M. Garnier, de Redon, avec age en bois et corps en fonte qui, par sa légèreté et son bas prix, peut rivaliser avec l'araire Dombasle. L'araire Tritschler se fait remarquer par la hauteur de l'age au-dessus de la pointe du soc qui empêche l'instrument de bourrer lorsqu'on laboure des champs herbus ou que l'on rompt des prairies.

b. On adapte souvent des roues d'inégales grandeurs à l'age. Ces charrues, dites *à supports*, étaient très usitées en Angleterre (charrues Howard et Ransomes), et, en France, la charrue Didelot a eu son moment de vogue. On se sert moins aujourd'hui de ces outils. Cependant la charrue dite « la Française », de M. Bajac, toute en fer et acier, très dégagée, est encore assez employée.

Parmi les charrues à avant-train, les instruments provenant des ateliers de M. Meix-moron de Dombasle, occupent toujours un fort bon rang, mais ils ne présentent aucun dispositif nouveau. Les outils exposés par M. Élie Froger se font remarquer, au contraire, par des moyens simples de règlement. L'age est rendu mobile dans tous les sens. On le déplace horizontalement sur l'essieu des roues à l'aide d'un levier, et il est possible de diminuer considérablement la largeur du labour lorsqu'on veut approcher d'un mur ou d'une haie. L'inclinaison à droite ou à gauche de la charrue s'obtient facilement, à la main, à l'aide d'une manivelle et d'une vis, et l'on peut, en marche, rectifier la position de la charrue de manière à la maintenir d'aplomb, quelle que soit l'inclinaison du terrain. Une petite roue, placée à l'arrière de la charrue dont le support est à crémaillère, permet d'élever toute la charrue très rapidement au-dessus du sol pour le transport.

c. Le drainage a permis de supprimer les sillons dans les terres humides, et partout l'emploi des faucheuses-moissonneuses exige la suppression des dérayeurs. La méthode de labour à plat se répandant de plus en plus, c'est parmi les charrues tourne-oreilles ou brabants doubles que l'Exposition de 1889 présentait le plus de types perfectionnés.

Ces charrues sont à age double ou à age simple. Dans ces premières charrues l'age est double, c'est-à-dire en deux parties, dont l'une est fixe et l'autre mobile. Les types exposés par MM. Amiot-Lemaire, Candelier et Henry ne diffèrent que par des détails ; tous ces types sont à mancherons. Les brabants doubles de la maison Bajac ne portent, au contraire, pas de mancherons ; suivant ce constructeur, en maintenant les mancherons on invite les charretiers à s'appuyer dessus, ce qui augmente beaucoup l'effort de traction en faisant talonner la charrue outre mesure. C'est d'ailleurs M. Béjac

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui a exposé les brabants doubles les mieux construits et les plus pratiques. Toutes les parties en sont minutieusement étudiées, et les matières employées de telle qualité que l'usure normale seule met en général les pièces hors de service.

La charrue double universelle Fondeur est aussi fort appréciée; les étançons sont verticaux, ce qui permet de mieux reconnaître la déformation de l'outil sous un choc que dans les étançons courbes.

Un type spécial de charrue pour labours à plat a été exposé par M. Durand sous le nom de *charrue de l'avenir*. Le corps en fonte porte-soc de cet outil peut tourner autour d'un pivot se trouvant sur l'age à égale distance des pointes de socs placées dos à dos. En soulevant la charrue, tout le système pivote et peut présenter en avant soit le soc de gauche, soit celui de droite, et les versoirs gauche ou droit, oscillant aussi autour d'un axe, viennent se placer d'eux-mêmes dans la position convenable pour le côté où la charrue laboure. Cet instrument se transforme en araire et en butteur. C'est peut-être trop demander au même instrument.

d. Le prix élevé de la main-d'œuvre et la difficulté de trouver de bons charretiers ont forcé les cultivateurs à chercher les moyens de faire, avec un seul conducteur, un travail plus considérable. Les constructeurs ont alors présenté des types de charrues qui font deux, trois et quatre raies à la fois, en économisant ainsi la main-d'œuvre en hommes et en chevaux. A l'Exposition de 1878, les Anglais (Howard et Ransomes surtout) avaient pris l'initiative de la construction de ces outils. Dans les trisocs et les quatrisocs ils avaient adopté, pour les bâtis, la forme triangulaire, qui se déformait facilement. Les types exposés en 1889 sont mieux compris, et les bâtis sont presque indéformables. M. Bajac a exposé un trisoc du type de la charrue française qui est un tour de force de forge; il donne d'excellents résultats.

Enfin on ne s'est plus contenté de faire des polysocs pour labours ordinaires, on a voulu en faire pour les labours à plat, et, abandonnant la solution de la charrue à bascule, la seule usitée pour le labourage à vapeur, les constructeurs ont fait des polysocs du type des doubles brabants. Ces outils sont-ils bien pratiques et leur maniement n'est-il pas trop lourd et difficile pour le personnel des charretiers qu'on a maintenant dans les fermes? Quoi qu'il en soit, les constructeurs ont fait preuve de grande habileté dans la construction de ces outils, et des types bien compris ont été exposés par MM. Amiot-Lemaire, Bajac, Candelier, Durand et Fondeur.

e. La question du défoncement à grande profondeur a pris une grande importance depuis que l'on s'est mis à planter de la vigne dans les sols neufs d'Algérie et de Tunisie et à replanter des cépages américains dans les parties du midi de la France où le phylloxéra avait forcé à arracher la vigne. C'est surtout sur les outils destinés à ces travaux que j'appellerai l'attention, car les simples fouilleuses pour approfondir le sol sans le retourner n'ont pas présenté en 1889 de types nouveaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces grands travaux, ces labours à 0m.50, 0m.60 et même 0m.70 de profondeur, ne peuvent économiquement être faits qu'avec la vapeur. C'est ce qu'on a compris en Algérie, où de nombreux défrichements ont été exécutés par des entrepreneurs de labourage à vapeur. Mais en France, on reste opposé à l'emploi de ces puissants moteurs, et l'on a cherché les moyens d'y substituer la force des animaux. Dans ce but on a construit, dans le midi, des treuils mus par des bœufs ou des chevaux. MM. Grué et de Beauquesne devaient en exposer, ils ne les ont pas envoyés et l'on n'a vu que les charrues très intéressantes qui devaient être actionnées par ces treuils.

A l'exception de la grande défonceuse à bascule exposée par M. Bajac, ces charrues ne sont faites que pour travailler d'un seul côté, ce qui nécessite le retour de l'instrument à vide après chaque raie labourée. La grande difficulté, avec ces énormes engins, est de les sortir de terre. Presque tous les systèmes proposés laissent à désirer. M. Durand a seul présenté un dispositif pratique. Il suffit, pour permettre à la charrue de sortir de la raie, d'atteler un cheval ou des bœufs sur le crochet qui termine le levier placé à l'arrière de l'instrument. Ce levier agit sur une petite roue embrassée par un support à fourche faisant corps avec le levier; ce support porte à la partie supérieure, du côté de la charrue, un œil dans lequel passe un boulon maintenant en même temps une autre pièce à fourche fixée sur une entretoise en fer reliant un des étançons au versoir. Le cheval, en tirant sur le levier, fait porter la roue sur le fond de la raie et soulève la charrue en la sortant du labour où elle était prise.

Scarificateurs-extirpateurs. — Cultivateurs.

La construction des extirpateurs ou scarificateurs a certainement fait de grands progrès depuis 1878. Le relèvement des socs s'exécute bien plus facilement que dans les anciens outils. Dans ces appareils aussi, l'acier a remplacé la fonte pour les socs. Les maisons Amiot-Lemaire, Bajac, Durand, Defosse-Delambre, Henry, Émile Puzenat, sont celles qui ont apporté le plus de perfectionnements dans ces instruments, surtout pour la fixation des tiges porte-socs aux bâtis.

Rouleaux.

Les rouleaux unis ou à dents étaient déjà bien perfectionnés en 1878. Leur fabrication n'a pas fait de notables progrès depuis cette époque. La maison Demarly et Foucart est encore celle qui fait les rouleaux Crosskill les plus pratiques. Il y a cependant lieu de signaler, parmi les instruments nouveaux, le rouleau tranche-mottes de M. Petillat. Il se compose d'une série de disques tranchants supportés par un bâti de forme triangulaire, sur lequel sont placés les axes des supports indépendants de chaque disque. Ce rouleau, qui suit les sinuosités du terrain, fend très bien les mottes, et surtout, quand le terrain est un peu sec, désagrège la terre et la pulvérise.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces instruments, charrues, herses, rouleaux, étaient, sauf quelques exceptions, présentés par les mêmes constructeurs, et c'est l'ensemble de son exposition qui a valu à M. Bajac un grand prix. Son exposition occupait une place très importante tant comme étendue que comme fini de fabrication, et comme nombre des instruments présentés. La supériorité des pièces de forge a aussi particulièrement attiré l'attention du jury.

La maison Candelier soutenait sa vieille réputation, et se distinguait surtout par le soin apporté dans la fabrication de ses charrues tourne-oreilles ou doubles brabants.

MM. Henry et Fondeur présentaient un ensemble d'instruments qui méritaient d'être étudiés en détail, et le jury a été heureux de pouvoir proposer pour ces deux maisons importantes des médailles d'or.

Herses.

En ce qui concerne les herses, les progrès réalisés consistent surtout dans une meilleure attache des dents au bâti. Dans les premiers types, l'attache se faisait par une tige taraudée, boulonnée sur des traverses, amincie pour passer dans les trous; c'était un vice grave de construction, et les dents cassaient toujours à la naissance du taraudage. Ces inconvénients ont été évités dans la plupart des instruments exposés, principalement dans les herses de MM. E. Puzenat et Aussenard et Popelin.

En ce qui concerne le travail de la terre, les expositions étrangères n'ont offert à l'examen du jury que quelques types de charrues ne présentant rien de bien particulier à signaler. C'est surtout dans les expositions belges et suisses que nous avons pu récompenser les efforts des constructeurs pour ce genre de fabrication.

L'exposition américaine nous a présenté un appareil désigné par les constructeurs, MM. Johnston Harvester and C°, sous le nom de *pulvériseur,* destiné à remplacer à la fois la charrue et le scarificateur pour les seconds labours et en même temps se substituer au rouleau Crosskill et même à la herse, pour la préparation de la terre. Cet appareil qui commence à se répandre, mais dont l'avenir indiquera seulement l'importance, se compose de disques légèrement concaves au nombre de 12 à 20, montés sur deux axes horizontaux pouvant faire entre eux un angle, pouvant varier dans de certaines limites. Cet appareil est traîné par deux ou quatre chevaux, et muni d'un siège pour le conducteur qui a à sa disposition les leviers servant à la manœuvre des décrotteurs des disques, ainsi qu'un levier spécial permettant de modifier facilement l'inclinaison des deux moitiés de l'appareil, l'une par rapport à l'autre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SEMOIRS.

Semoirs à grains. — Semoirs à engrais.

Substituer au semis à la volée un bon semis en lignes parfaitement régulières, bien également espacées et recevant toutes, pour la même longueur, la même quantité de semences, tel est le problème posé aux constructeurs de semoirs auxquels on a demandé en même temps des appareils pouvant semer indifféremment de grosses ou de petites graines, depuis le grain de maïs, par exemple, jusqu'aux graines de trèfle ou de navette.

Le problème a été résolu par un certain nombre d'appareils basés sur des principes tout différents les uns des autres et qui peuvent se classer en trois groupes distincts : distributeurs à trémies, distributeurs à alvéoles, distributeurs à cuillers.

Le rapport très détaillé sur les essais du concours spécial de semoirs, préparé par M. Grandvoinnet, va faciliter beaucoup notre tâche, en ce sens qu'il nous suffira de mentionner seulement ici les appareils ayant concouru, sans entrer dans de grands détails sur leur disposition, pour nous occuper seulement de ceux qui n'ont pas cru devoir se soumettre aux épreuves de ce concours spécial, mais facultatif.

L'attribution des récompenses peut être cependant toute différente pour la maison de construction et pour un instrument en particulier. Le jury, dans l'examen fait sur place de chaque exposition individuelle, doit tenir compte de la valeur de l'ensemble des appareils présentés, doit tenir compte en même temps de l'importance de la maison comme chiffres d'affaires, des services qu'elle a pu rendre dans sa région, et la récompense, grand prix, médaille d'or, d'argent ou de bronze, doit être le résumé de ces différents mérites.

La récompense obtenue à la suite des concours spéciaux est relative à un instrument en particulier, celui qui a été expérimenté; il n'y a donc, dès lors, aucune impossibilité à ce qu'un constructeur reçoive deux ou plusieurs récompenses d'ordres très différents suivant qu'il s'agira de récompenser la maison de construction, prise dans son ensemble, ou un instrument en particulier.

Le rapport du concours spécial ne peut donc nous dispenser, pour toutes ces raisons, de passer sous silence cette question si importante des semoirs mécaniques.

Parmi les constructeurs français s'adonnant à la construction des semoirs à grains, nous devons citer en première ligne MM. Albaret, Gautreau et Michel Perret qui, en qualité de membres du jury, n'ont pas pu être compris parmi les récompensés. M. Michel Perret a tenu cependant à expérimenter son semoir à quatre pieds distants de 0 m. 30, lors des essais de Noisiel.

Parmi les exposants français construisant leurs appareils sur des types analogues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux meilleurs semoirs anglais, nous citerons, parmi ceux qui ont adopté le système à cuillers :

M. Hurtu, de Nangis (Seine-et-Marne), avait exposé un type de semoir pour petite culture, dans lequel la construction est entièrement métallique, à l'exception de la trémie; un avant-train à une seule roue muni d'un double gouvernail ordinaire permet de diriger le semoir avec une grande facilité.

Un autre type pour grande culture était exposé par le même constructeur et a été expérimenté également à Noisiel.

Ces instruments bien construits ont parfaitement fonctionné lors de ces essais. Nous retrouverons d'ailleurs le nom de M. Hurtu dans plusieurs parties du rapport et nous n'aurons chaque fois qu'à louer les efforts faits par ce constructeur pour lutter avec les instruments similaires de construction étrangère.

La maison Liot et ses fils, de Boisguillaume-Rouen, a présenté aussi des semoirs à cuillers pour petites et grandes cultures. Un dispositif très ingénieux permet, à un moment donné, de dégager les trémies et de retirer l'arbre des distributeurs. Une disposition analogue se trouve dans les semoirs de M. Hurtu.

MM. Japy avaient, au milieu de leur belle collection de machines agricoles, plusieurs types de semoirs avec distributeurs à hélices, inventés par M. de Lapparent, inspecteur général de l'agriculture. Les expériences de Noisiel, et d'autres plus anciennes, ont prouvé que ce distributeur permet de répandre les semences dans le sol avec une grande régularité.

Enfin, parmi les semoirs exposés, nous pouvons encore citer ceux de MM. Magnier, Mahot, Maréchal, Pellot-Schung et Robillard (Eugène), rentrant dans la catégorie des semoirs à vannettes.

Les exposants étrangers faisaient à peu près défaut en ce qui concerne cette catégorie d'instruments agricoles; mais, la maison James Smyth et fils avait tenu à présenter ses différents types pour petite, moyenne et grande culture.

Quelques instruments spéciaux pour les semis des graines de betteraves et pour les divers semis en poquets étaient présentés par un certain nombre des exposants cités plus haut. En ce qui concerne les semoirs à poquets, les essais sur le terrain ont montré que ce problème difficile n'est pas encore résolu d'une manière convenable. On remarque, en effet, au moment de la levée des graines, que les lignes semées sont bien interrompues de places en places, mais constituent encore des traînées ne ressemblant en rien au semis en poquets pratiqué par procédés manuels.

La distribution des engrais, bien que constituant une opération spéciale indépendante le plus ordinairement de la distribution des graines dans le sol, présente assez d'analogies avec cette dernière pour qu'il soit nécessaire de placer ici ce qui est relatif à cette opération.

Ces appareils ont été expérimentés à Noisiel en même temps que les semoirs à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

graines et presque tous les exposants ont tenu à faire essayer leurs appareils devant le jury.

Les principes sur lesquels ils reposent varient beaucoup d'un instrument à l'autre, et nous donnons ci dessous leur nomenclature avec l'indication de leur mode de fonctionnement.

MM. Hurtu et Faul : Semoir «le hérisson» avec caisse s'élevant pendant la marche de l'appareil et se vidant ainsi par sa partie supérieure par suite de la rotation du hérisson.
Caramija-Maugé : Semoir à chaînes entraîneuses.
Fortin frères : Semoirs à lamelles avec fond de trémie ascendant.
Belly : Semoir à malaxeurs.
Mahot : Semoir à palettes et chevilles.
Smyth : Semoir à cylindres cannelés indépendants.
Magnier : Semoir à cylindres cannelés indépendants.

Des essais de Noisiel il paraît résulter que le principe sur lequel se trouve basée la construction du semoir «le hérisson» est rationnel et conduit à un bon répandage de l'engrais sur le sol.

Un autre appareil inventé par M. Strawson, et exposé dans la section anglaise, n'a pas pu être expérimenté en même temps que les autres. Il a fait l'objet d'essais spéciaux, en septembre 1889, sur l'esplanade des Invalides, et le jury lui a décerné une médaille d'or, en regrettant que cet instrument n'ait pas pu concourir avec les autres répandeurs d'engrais et être classé au moment des essais.

Cet appareil est monté sur deux roues ; à la partie supérieure se trouve une trémie destinée à recevoir la matière à répandre, graines, insecticides ou engrais. Au-dessous se trouve un ventilateur très énergique qui projette les parcelles sur une table d'épandage ou qui les entraîne au moyen d'un courant d'air produit dans des tuyaux en tôle galvanisée, suivant que l'on a affaire à des matières solides ou liquides.

Parmi les répandeurs d'engrais liquides nous devons citer les appareils de M. Lalis, de Liancourt, qui se faisaient remarquer par une excellente construction.

Houes à cheval. — Bineuses. — Butteuses.

L'outil complémentaire indispensable de toute culture sarclée est la houe à cheval, dont la classe 49 présentait des types nouveaux et perfectionnés. Une bonne houe à cheval doit obéir facilement à tous les mouvements qu'on veut lui imprimer dans le sens horizontal et dans le sens vertical, et permettre un règlement rapide de l'écartement des pieds. Elle se compose généralement d'un bâti supporté par deux roues portant des socs munis de couteaux ; ce bâti est muni d'un brancard ou d'un avant-train et traîné par un ou deux chevaux ou par des bœufs ; mais les houes à un cheval sont plus faciles à manier et détériorent moins les récoltes, que les pieds des animaux en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dommagent toujours un peu. M. Durand, de Montereau, a exposé une houe articulée dite *à expansion*, qui permet de modifier presque instantanément les écartements par un mécanisme très simple.

La forme et la qualité de la matière première des socs influent beaucoup sur le bon fonctionnement de ces outils. Les socs des houes à cheval sont aujourd'hui en acier et leur forme varie avec la nature des cultures et des plantes parasites que renferment ces cultures. Les maisons Candelier, Souchu-Pinet, Amiot-Lemaire, Puzenat, en fournissent d'excellents avec leurs houes pour plantes sarclées et pour céréales qui sont depuis longtemps appréciés par les cultivateurs. La maison Bajac a exposé des houes légères pour la culture de la betterave qui sont très bien construites ; on peut y adapter une série de pieds, qui ont tous leur emploi, suivant les phases de la végétation et l'état de la terre. Il y a des couteaux tranchant de côté en forme de coûtre avec une partie coupante horizontale, des couteaux à taillant renversé, des socs triangulaires pour le milieu des interlignes, des pics pour décroûter la terre, de petits socs butteurs pour rechausser les betteraves qui tendent à sortir de terre, tous outils justement appréciés par les cultivateurs qui livrent des betteraves à l'industrie.

INSTRUMENTS DE RÉCOLTE.

Tondeuse de gazon. — Faucheuses.

L'industrie des tondeuses de gazon était représentée dans l'exposition des États-Unis d'Amérique par les deux expositions importantes de la Chartborn and Coldwell manufacturing C° et de la Lloyd and Supplee Hardware C°.

En France, la maison Louet, de Châteaudun, en avait exposé divers types.

Quant aux faucheuses, le nombre des exposants en était considérable, et un grand nombre de constructeurs français se sont mis à les construire dans de très bonnes conditions.

Pour ne citer que ces derniers : MM. Albaret, Hurtu, Japy frères, Pécard frères, Rigault et Tritschler, qui n'ont pas craint d'affronter la lutte avec les constructeurs étrangers lors des essais de Noisiel.

Ceux-ci étaient aussi en grand nombre, et il nous a été donné de voir fonctionner sur le terrain :

Pour les machines anglaises : celles de MM. Bamlett, la Harrisson Mac Gregor C°, Samuelson et Massey (Canada).

Pour les machines américaines : celles de MM. Bradley, Harris sons and C°; la Johnston Harvester C°, Mac Cormick, W. A. Wood.

Quelques maisons, telles que MM. Cumming, d'Orléans; Champenois-Raimbeaux, etc., ont dû être jugées au repos, avec les autres instruments qu'ils avaient exposés en très grand nombre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut dire d'une manière générale que la construction des faucheuses ne présente plus maintenant de difficultés, et qu'il devient de plus en plus difficile d'établir un classement quelconque entre des instruments pouvant tous rendre de réels services.

L'exposition de la Harrisson Mac Gregor C° était très remarquable. Les machines exposées étaient toutes étudiées avec grand soin et elles se signalaient par des détails de construction qui en rendent la marche sûre; un réservoir d'huile attenant à la tête de bielle, du côté de la scie, assure le fonctionnement de cet organe important, par exemple. Dans les expériences de Noisiel, la faucheuse de la Harrisson Mac Gregor C° a obtenu, ainsi que la faucheuse A. W. Wood, une médaille d'or.

Nous renvoyons au rapport très complet, de M. Ringelmann, pour tous les détails relatifs à cette classe de machines.

Moissonneuses.

La même rapport de M. Ringelmann donne tous les détails sur les essais de moissonneuses-javeleuses, et là encore, les constructeurs français ont tenu à se mettre en concurrence avec les constructeurs étrangers.

C'est ainsi qu'à Noisiel, nous avons eu à essayer neuf moissonneuses-javeleuses, dont quatre françaises.

MM. Albaret et Hurtu en avaient envoyé chacun une.

M. Rigault a fait fonctionner une moissonneuse ordinaire et une moissonneuse combinée.

La construction américaine était représentée par les machines de MM. Bradley, Wood et la Johnston Harvester C° qui avait envoyé deux machines : une moissonneuse ordinaire et une moissonneuse combinée.

Les exposants anglais étaient représentés par la Harrisson Mac Gregor C°.

Toutes ces machines ont également bien fonctionné et le jugement a dû porter sur quelques petits détails; la forme de la javelle, par exemple, et la manière dont elle était déposée sur le sol.

Il est bien évident que si les différents exposants de nos galeries des instruments agricoles avaient pris tous part au concours, les résultats auraient été aussi satisfaisants pour la presque totalité des appareils présentés.

On peut dire qu'à l'égal des faucheuses, les moissonneuses-javeleuses sont maintenant bien construites par les divers constructeurs français et étrangers et qu'elles ne diffèrent plus entre elles que par des points de détail d'un intérêt secondaire.

Moissonneuses-lieuses.

Si l'on compare l'état de la question des moissonneuses-lieuses en 1889 à ce qu'elle était en 1878, nous voyons que tous les constructeurs ont abandonné le liage au fil de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fer, à un ou à deux fils, qui se pratiquait alors, pour entrer tous résolument dans le liage à la corde.

L'un d'eux, M. A. W. Wood, a même cherché à remplacer la corde par un liage à la paille, et bien que cette machine, très ingénieuse, n'ait pas pu concourir avec les autres machines pour un travail continu, on peut dire que cet essai a été très remarqué lors des expériences sur le terrain.

Le problème que M. A. W. Wood a cherché à résoudre est : 1° la constitution, sur la machine même, d'un lien continu en paille formé des brins choisis, coupés de longueur et conservés humides; 2° d'enrouler la gerbe et de lier avec ce lien, comme on le ferait avec une ficelle ordinaire.

Cette solution très ingénieuse ne laisse pas que d'être compliquée, et l'on se demande, à première vue, s'il n'y aurait pas plus d'avantages à fabriquer le lien sur une machine à poste fixe, puis en avoir en magasin sur la machine même pour effectuer le liage des différentes gerbes.

C'est pour s'affranchir des exigences des fabricants ou entrepositaires de la ficelle en manille, spécialement employée pour cette opération du liage des récoltes, que M. Wood a combiné cette machine, et on peut dire qu'il y a parfaitement réussi.

Tous les exposants de moissonneuses-lieuses ont participé aux essais sur le terrain. 12 machines ont fonctionné en même temps, et les résultats de ces essais sont contenus dans le rapport de M. Ringelmann, auquel nous devons nous reporter pour éviter tout double emploi.

Disons seulement que les machines actuelles sont moins encombrantes et surtout moins lourdes que celles de l'Exposition universelle précédente; que le liage à la corde constitue un perfectionnement des plus importants, en ce sens que les désordres que l'on redoutait pour l'alimentation des animaux ne sont plus à craindre, et qu'en même temps les gerbes ne sont plus susceptibles de se délier par suite de l'altération du lien sous l'influence de l'humidité, par exemple.

Un autre perfectionnement, qui ne date que de quelques années et que l'on retrouve sur les différents types, est l'appareil porte-gerbes, qui permet de conserver sur la machine et rejeter en même temps sur le sol plusieurs gerbes à la fois, en nombre suffisant pour constituer la moyette.

Sur ces douze machines expérimentées, trois étaient de construction française : celles de MM. Albaret, Hurtu et Pécard frères; sept provenaient des États-Unis d'Amérique, dont trois de M. A.-W. Wood, une de la Johnston Harvester C°, une de M. Osborne, une de M. Mac Cormick et une de M. Samuel Johnston; une de la Compagnie Massey du Canada, et enfin une de construction anglaise : MM. Harris sons et C^ie^.

Elles ont fonctionné dans la matinée dans une pièce de blé, dont une partie était fortement versée, et dans l'après-midi dans une pièce d'avoine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Faneuses. — Râteaux.

Les Anglais et les Américains, qui tenaient en 1878 le premier rang pour ce genre d'instruments, n'avaient présenté aucun type nouveau. Les faneuses françaises étaient établies sur le principe des machines Howard et Nicholson. Les constructeurs s'étaient surtout appliqués à protéger le mécanisme contre les herbes longues qui tendent à s'y entortiller, et à empêcher une trop grande projection du foin.

Parmi les râteaux à cheval, il faut citer celui de M. Émile Puzenat, qui porte un système nouveau pour empêcher les dents de râteau de se soulever trop facilement. La rigidité des dents est obtenue par une série de ressorts en acier que l'on peut régler à la main.

Botteleuses. — Presses à foin et à paille.

L'industrie des fourrages s'est modifiée depuis plusieurs années en ce sens que l'on a cherché, par une compression modérée, à en diminuer le volume et à rendre, par cela même, leur transport facile à de plus grandes distances. Le rayon d'approvisionnement des grandes villes a été ainsi augmenté considérablement au profit du producteur, en facilitant la vente de ses produits, et en même temps du consommateur.

Les premiers essais de ce genre ont été tentés par l'Administration de la guerre; puis plusieurs constructeurs se sont occupés de la question en cherchant à amener sous une densité de 450 kilogrammes au mètre cube le foin et même la paille et en réduisant ainsi le volume dans la proportion de 1 à 5. Les premiers essais ont consisté à tasser dans une caisse à parois démontables une masse de foin ou de paille plus ou moins considérable, de manière à en diminuer le volume; mais l'on s'est heurté et l'on se heurte encore tous les jours à une difficulté insurmontable : la matière compressible se refuse à transmettre la pression sur une grande distance et il faut, dans tous les appareils basés sur ce principe, exercer une pression très considérable sur les éléments de la surface, pour amener toute la masse à un état moyen de compression suffisant.

C'est au moment de l'Exposition universelle de 1878 que sont apparus deux types différents de machines permettant de comprimer le fourrage par parties.

Le premier, présenté par M. Pilter qui, cette année encore, en exposait plusieurs types, est basé sur une torsion préalable du foin et son enroulement sous forme de cylindre que l'on vient comprimer pour en réduire la hauteur.

Le second représenté par la presse la *Dederick*, de construction américaine et exposée en 1878, par M. Albaret, constituait une presse continue au moyen de laquelle on entassait dans un couloir prismatique, et à l'aide d'un plieur de foin, cette matière sous la forme de plaquettes que l'on comprimait sur la masse emprisonnée

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le couloir, au fur et à mesure de son introduction dans l'appareil. La séparation en bottes de plus ou moins grande longueur se faisait au moyen de planchettes et le liage s'effectuait pendant le cheminement très lent de la masse comprimée dans le couloir horizontal.

Les presses présentées en 1889 peuvent donc se ranger en trois groupes bien distincts :

Nous trouvons dans le premier les appareils de MM. Guitton, Lacoux et Laurent-Vidal, dans lesquels la compression s'effectue dans des coffres à parois amovibles, pour effectuer le liage et retirer la botte comprimée.

M. Guitton avait aussi exposé ses botteleuses simples et ses botteleuses peseuses qui sont bien connues maintenant.

Dans le second groupe :

La presse à bottes cylindriques présentée par M. Th. Pilter.

Enfin, dans le troisième groupe, les appareils basés tous sur le principe de la presse la *Dederick*.

M. Albaret avait exposé la presse la *Dederick* mise en mouvement par une machine à vapeur, et un autre type basé sur les mêmes principes, mais dans lequel le piston presseur était actionné par une sorte de manège à mouvement alternatif.

M. Tritschler avait présenté aussi une presse continue à fourrages, dans laquelle la pression était obtenue par l'action des animaux de trait à l'extrémité d'un levier de grande longueur formant flèche de manège.

Enfin la *Whitman agricultural C°*, des États-Unis, avait exposé des presses continues de Whitman, basées sur les mêmes principes.

Ces différents exposants, y compris M. Albaret, malgré sa position de hors concours, ont participé aux essais de presses de Noisiel, et le rapport très complet de notre regretté collègue, M. Grandvoinnet, rend compte des résultats qui ont été obtenus.

Dans ce rapport, M. Grandvoinnet a tenu à établir une distinction entre les grands appareils mus à la vapeur ou par des animaux, et ne convenant que pour de grandes exploitations, et les appareils mus à bras pour de petites exploitations; les récompenses suivantes ont été proposées :

Objet d'art, la *Whitman agricultural C°*, pour sa presse à fourrage à vapeur;

Premier prix, M. Guitton, pour sa presse à bras;

Deuxième prix, M. Tritschler, pour sa presse mise en action par des animaux;

Troisième prix, MM. Lacoux et Laurent-Vidal.

De son côté, le jury de la classe 49 avait décerné :

A M. Pilter, une médaille d'or pour l'ensemble de ses expositions;

A la *Whitman agricultural C°*, une médaille d'or;

A M. Tritschler, une médaille d'argent;

A M. Laurent-Vidal, une médaille de bronze;

A M. Lacoux, une mention honorable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Arracheurs de racines.

Parmi les industries qui contribuent à augmenter les débouchés de l'agriculture, il faut placer en première ligne, dans une partie de l'Europe, la fabrication du sucre de betteraves. En France, l'application du système allemand pour la perception de l'impôt, qui se fait maintenant sur le poids de la betterave elle-même, a forcé le cultivateur de devenir, pour ainsi dire, fabricant de sucre lui-même, puisqu'il a un immense intérêt à développer dans la plante la plus grande quantité possible de matières sucrées. Cette nécessité a contribué à propager les modèles les plus perfectionnés pour les façons préparatoires du sol, a engagé le cultivateur à ne se servir que d'engrais choisis, et, comme complément, amène à n'employer que les procédés d'arrachage les plus parfaits, pour ne rien perdre de cette précieuse racine.

Cette question importante a été particulièrement étudiée par les constructeurs français, et le jury est heureux de constater les progrès considérables réalisés par eux depuis 1878 dans la construction des arracheuses de betteraves.

Deux maisons françaises livrent aujourd'hui à l'agriculture d'excellents instruments pour la récolte de la betterave : ce sont les maisons Bajac et Candelier. Les machines de ces constructeurs sont établies sur des principes différents et ont chacune leurs partisans et leurs adversaires.

Les types ont d'ailleurs varié depuis dix ans par suite de la modification qu'a subie la culture de la betterave. Non seulement, les arracheuses doivent pénétrer profondément dans la terre pour aller chercher les racines pivotantes, mais encore elles ne doivent pas blesser la betterave. On a constaté, en effet, que chaque piqûre entraîne un suintement suivi de pourriture qui fait perdre en moyenne à chaque pied de betterave 15 à 20 grammes, ce qui, lorsqu'on emploie des outils blessant un peu chaque racine, correspond à une perte de 1,500 kilogrammes environ à l'hectare, soit, à 30 francs les 1,000 kilogrammes, une différence en moins-value de 45 francs.

Quel que soit l'outil employé, il doit toujours travailler dans la terre dure, et s'enfoncer d'autant plus profondément que le sol supérieur est plus humide. En effet, si la machine travaillait dans le sol ameubli par les pluies, les betteraves se casseraient presque toutes à la limite de la terre trempée, toute la partie de la racine se trouvant dans la partie sèche restant dans le sol.

L'arracheuse Candelier se compose d'un âge de charrue ordinaire, sur lequel se trouve fixée une forte lame de tôle verticale de 0 m. 50 de hauteur environ, terminée à sa partie inférieure par un soc pointu en acier, portant sur le côté une tige courte se relevant obliquement. Cet outil passe aussi près que possible des rangées de betteraves et pénètre profondément dans le sol pour soulever la terre, de telle sorte que les racines puissent être, après son passage, facilement enlevées à la main par des femmes ou des enfants. On reproche à cet instrument, qui a pour avantage de ne pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

léser du tout la betterave, d'exiger un trop grand effort de traction, par suite de l'obligation où il est de pénétrer presque jusqu'à la profondeur où se trouvent les racines, pour permettre un soulèvement du sol suffisant pour l'enlèvement à la main. En outre, les cultivateurs se plaignent que les raies tracées par cet outil, permettant la pénétration de l'eau de pluie très profondément, amènent un détrempage du sol qui rend difficile le charriage et laisse dans les champs des traces et des inégalités défavorables aux semis de blé dans les terres ainsi remuées.

L'arracheuse de M. Bajac porte, sur un corps de charrue renforcé, deux montants verticaux terminés à leur partie inférieure par deux tiges pointues laissant entre elles un écartement horizontal correspondant à la grosseur moyenne des betteraves à 0 m. 15 ou 0 m. 20 du sol. M. Bajac construit des instruments de ce type, non seulement pour un rang de betteraves, mais encore pour l'arrachage simultané de deux ou trois rangs. Mais ces appareils exigent de très bons conducteurs; il faut en outre que le nombre de rangs arrachés soit un sous-multiple des rangs semés par le semoir; car, quel que soit le soin apporté dans la conduite d'un semoir, les lignes de reprises ne sont jamais à des distances exactement semblables à celles de l'écartement entre les pieds du semoir lui-même. On peut cependant se servir d'un arracheur à trois rangs dans les champs où l'on a employé le semoir à cinq rangs en procédant de la manière suivante: on commence par arracher trois rangs sur le côté de chaque train du semoir, puis on enlève un soc à l'arracheuse, et avec cet outil ainsi transformé, on arrache les deux rangs qui restent dans le train du semoir. De toutes façons, les arracheuses à plusieurs lignes ne peuvent fonctionner que dans les champs parfaitement semés avec des instruments perfectionnés.

Quant au prix de l'arrachage mécanique de la betterave, il n'est peut-être pas très inférieur au prix de l'arrachage à la main, mais un bon instrument permet d'exécuter le travail bien plus rapidement et est payé en une campagne par le poids de betteraves que l'on obtient en plus en cassant moins de queues et en faisant moins de blessures aux corps des racines.

Instruments divers concernant le matériel d'extérieur de ferme. — Régénérateurs des prairies. Appareil portatif pour l'ébouillantage des échalas. — Outils divers.

Nous avons à mentionner ici différents appareils ne rentrant dans aucune des catégories précédentes.

Le premier de ces appareils que nous avons eu à apprécier est le régénérateur de prairies de M. Bajac.

Cet appareil se compose d'un certain nombre de lames tranchantes de forme courbe et disposées verticalement dans un châssis analogue à ceux des scarificateurs. Les mêmes moyens de réglage et de déterrage y sont employés.

On peut découper ainsi la prairie en bandes étroites, les couteaux pénétrant à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

o m. 06 ou o m. 08 dans le sol. On détruit ainsi la mousse en évitant l'emploi de la herse à chaîne et la prairie est transformée sans emploi de nouvelles graines.

M. Mariolle-Pinguet avait exposé un appareil pour la préparation à la vapeur des échalas de vignes pour détruire ainsi le ver de vendange.

Cet appareil, fort bien étudié et construit, est double de manière à pouvoir opérer d'une manière continue, le chauffage à la vapeur s'effectuant dans un des appareils pendant que l'autre est en déchargement ou en chargement. L'appareil est monté sur roues et peut ainsi se transporter facilement d'un point à un autre.

Des expériences faites dans le département de la Marne ont permis de constater que cette préparation des échalas permet la destruction des chrysalides de cochylis.

MM. Arbey et fils avaient exposé dans la classe 49 leurs appareils pour le débitage des bois et, entre autres, une scie à plusieurs lames dont les dentures permettaient un travail utile dans la montée du cadre comme dans la descente.

Les appareils portatifs de ces mêmes constructeurs pour le débitage des bois en forêts étaient réunis dans le pavillon spécial élevé par les soins de l'Administration des forêts dans le parc du Trocadéro. Ces machines ne présentaient qu'une faible partie des appareils exposés par MM. Arbey en 1889. Dans la classe des machines-outils on trouvait en effet les appareils divers employés pour le corroyage des bois.

M. Thoulieux a créé à Saint-Chamond (Loire) une véritable usine pour la fabrication de fourches en acier qui s'est développée depuis 1878, en passant d'une production de 6 à 7 douzaines de fourches par jour à une fabrication de 2,000 à 2,200 outils par jour en se servant d'un fort outillage et en occupant 70 ouvriers.

Cette production pourra atteindre bientôt 3,000 fourches par jour. Cette fabrication, dont M. Thoulieux a pu nous montrer les différentes phases, a intéressé beaucoup le jury de la classe 49 qui a décerné à M. Thoulieux une médaille d'or.

Dans le même ordre d'idées, la maison Batchellor sons and C° (États-Unis), qui peut produire de 20,000 à 22,000 douzaines d'outils par an, dont la réputation est universelle, a été désignée par le jury comme devant mériter la même récompense.

Transports agricoles. — Chariots et charrettes. — Chemins de fer portatifs.

Les appareils destinés à l'engrangement des récoltes et en général aux transports agricoles au moyen de la traction directe des animaux n'ont guère présenté de types nouveaux. Cependant la maison Renaud et la Carrosserie industrielle se recommandaient par la simplicité et la solidité des produits exposés.

C'est dans la construction des rais que de sérieux progrès sont à signaler. M. Champenois-Rambeaux présentait des roues en bois et métal dignes d'être remarquées. Ces roues sont formées par un moyeu en fonte dans lequel sont scellés par la coulée des rais en acier, à sections ovales, renforcés à leur base. La partie enserrée dans le moyeu est aplatie en forme de queue de poisson et percée d'un trou pour que le scellement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit plus solide. L'autre extrémité, qui a été refoulée, est terminée par un téton qui traverse un cercle en fer U, sur lequel il est fortement rivé à l'intérieur. Le cercle reçoit des jantes en bois injecté, emmanchées à feuillures et recouvertes par un bandage appliqué à chaud comme sur les roues ordinaires. Les jantes en bois sont ainsi pressées très fortement entre deux fers qui en assurent la solidité, et les préservent de l'humidité sur une grande surface. M. Champenois-Rambeaux construit aussi d'excellentes roues fonte et fer pour charrues à vapeur.

On peut signaler aussi le système de roues armées exposées par M. Chambard. Les rais sont emmanchés ou enrayés dans le moyeu comme d'habitude; cet enrayage est seulement complété et consolidé par l'application de deux armatures ou collerettes en fer, ajustées devant et derrière les rais, et destinées à les maintenir solidaires du moyeu et à les relier entre elles. Par ce système, les rais travaillent tous également en se soutenant mutuellement, aussi bien dans les efforts verticaux que dans les efforts latéraux; car entre chaque rais passent des boulons réunissant les deux collerettes que l'on peut resserrer, ce qui permet de rattraper le jeu qui pourrait se produire dans l'enrayage. Il est en outre facile dans ce système de roues de remplacer un rais cassé, sans enlever le cercle ni démonter la roue.

Mais la grande transformation dans les systèmes de transports agricoles apparaît dans l'emploi des petits chemins de fer dont l'idée première revient à un ancien élève de l'École centrale, M. Corbin. C'est ce système qu'a perfectionné M. Decauville qui commencait à fabriquer ces utiles instruments en 1878. Depuis, leur fabrication a pris un immense développement.

La plupart des exploitations importantes exécutent les transports dans l'intérieur de la ferme avec ces outils, et beaucoup les emploient pour la rentrée de leurs récoltes. Aussi un grand nombre de constructeurs avaient-ils exposé des types de ces petits chemins de fer, tant dans leurs applications à l'agriculture qu'à l'industrie. Le jury de la classe 49 a récompensé par un grand prix l'exposition de M. Decauville. Les rails de ce constructeur se distinguent toujours par leur légèreté et leur facilité de pose. Les petits trucs ont été perfectionnés par l'emploi d'essieux mobiles en acier; les civières, à claire-voie pour betteraves, en tôle pour marnage, ont été construites plus légèrement et sont d'un maniement plus facile. Les wagonnets pour transports de fourrages sont munis de ridelles bien disposées. Un type spécial de wagon avec caisse à bascule, dont la partie inférieure est en tôle et la partie supérieure en grillage, est très bien imaginé pour le chargement des matières légères et encombrantes comme la bagasse; en outre, le grillage supérieur peut être démonté et la caisse à bascule servir pour les transports ordinaires. Enfin, pour la rentrée des betteraves, la maison Decauville présentait un wagon avec fond et côtés à claire-voie qui est léger et maniable.

M. Béliard exposait dans la classe 49 des wagonnets pour transports agricoles justement appréciés des cultivateurs des environs de Paris et de la Beauce. La maison Paupier a heureusement transformé et renforcé l'ancien chemin de fer de Corbin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Plusieurs maisons de Belgique avaient envoyé des voies et wagonnets bien construits; nous citerons entre autres la maison Groulard frères. Il résulte de ce grand mouvement vers la construction de petits chemins de fer agricoles que les cultivateurs emploieront bientôt d'une manière courante un mode de transport que son bas prix met à la portée de tous.

Instruments de pesage.

Le jury de la classe 49 a été heureux de pouvoir récompenser par deux médailles d'or et une médaille d'argent trois exposants d'instruments de pesage.

M. Paupier avait tenu à exposer ses principaux types de balances et de bascules; ses deux expositions de la galerie des machines agricoles et de l'esplanade des Invalides étaient très remarquables, et nous avons pu y rencontrer les différents types d'instruments dont l'introduction dans toute ferme de quelque importance serait bien à désirer.

Les instruments de pesage, bascules et ponts-bascules, sont absolument nécessaires à tout cultivateur pour qu'il puisse se rendre compte de ses dépenses et de ses recettes, pour qu'il puisse apprécier quelle est l'importance d'un perfectionnement quelconque introduit dans son exploitation.

Malheureusement l'on rencontre encore beaucoup de cultivateurs, à la tête d'exploitations de quelque importance, qui hésitent encore à faire l'acquisition d'un pont-bascule qui leur est absolument nécessaire.

Tout perfectionnement de fabrication qui amènera un abaissement sensible du prix de revient de ces appareils peut être considéré comme ayant une grande importance, en permettant de vaincre les hésitations bien peu justifiées d'un grand nombre de cultivateurs.

La maison Trayvou et C^ie^, de La Mulatière, près Lyon, avait aussi une exposition très complète dans laquelle elle n'avait en vue de montrer que des types réellement agricoles.

Les appareils de contrôle de M. Chameroy, permettant de laisser une trace durable des opérations faites, ont aussi une réelle importance; le nombre des usines qui en font usage s'est accru dans une grande proportion depuis la dernière Exposition universelle de 1878, époque à laquelle cette invention a été récompensée d'une médaille d'or.

Le jury de la classe 49 a cru devoir consacrer ces nombreuses applications en décernant à M. Chameroy une médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

INSTRUMENTS D'INTÉRIEUR DE FERME.

Moteurs agricoles. — Manèges. — Locomobiles à vapeur.

L'emploi de plus en plus répandu des machines à battre dans les fermes, même de faible importance, et surtout l'industrie du battage à façon qui a rendu en agriculture de si réels services, ont fait remplacer de plus en plus le manège ordinaire par les locomobiles à vapeur.

L'entrepreneur de battage arrive avec son personnel et son matériel, locomobile et machine à battre, et en peu de temps termine son travail, en débarrassant le fermier de ce matériel encombrant qui ne sert que pendant peu de jours chaque année et qui est susceptible de se détériorer pendant les longs jours d'arrêt.

Dans les fermes importantes, un moteur un peu puissant devient, au contraire, un outil d'un emploi journalier, servant soit à la marche des instruments de battage, soit à celle des appareils employés pour la préparation des aliments des animaux, etc.

Le manège a encore cependant son utilité pour des travaux de moindre importance, exigeant peu de travail et pour lesquels on peut avec avantage utiliser les journées de mauvais temps.

Le nombre des appareils de ce genre que l'on trouvait à l'Exposition était assez restreint. Ils ne présentaient d'ailleurs rien de bien particulier et nous ne mettrons en évidence qu'un manège exposé par MM. Simon et fils.

Ce manège, du genre de ceux avec arbre au niveau du sol, permettait à cet arbre de prendre différentes positions par rapport aux parties fixes du manège. Le palier par lequel il était maintenu faisait corps avec une sorte de couronne tournant autour du bâti et permettant de disposer l'arbre de couche successivement, suivant différents rayons, de manière à obtenir avec cet appareil l'inverse de ce qu'on réalise actuellement, les différentes machines opératoires pouvant occuper une position fixe dans les granges et l'arbre de couche venant se brancher successivement sur chacune d'elles.

Les manèges à arbre vertical ont tous l'inconvénient de ne fournir qu'une vitesse réduite, à moins d'employer des appareils accélérateurs de mouvement.

C'est pour cette raison que l'on a créé, à côté de ces manèges, d'autres appareils, connus sous le nom de *manèges à plan incliné*.

Ceux-ci ont certainement l'avantage de fournir sur l'arbre moteur un mouvement beaucoup plus rapide, tout en n'exigeant pas du cheval une allure plus vive pendant que le tablier mobile se dérobe au-dessous de lui ; mais il est difficile d'admettre que le cheval ne fatigue pas beaucoup plus dans ces conditions.

Des expériences récentes semblent démontrer que le rendement en travail méca-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nique est analogue à celui des manèges à axe vertical. Mais elles indiquent en même temps que si le travail utilisable paraît supérieur à celui que l'on obtient du cheval circulant sur la piste d'un manège, c'est évidemment en raison d'une fatigue beaucoup plus grande de l'animal qui doit se traduire inévitablement par une ration alimentaire plus élevée.

L'appareil est moins encombrant et convient certainement mieux pour la marche de machines rapides, comme les machines à battre par exemple.

Cette rapidité du mouvement peut conduire à certains accidents auxquels plusieurs constructeurs ont remédié en appliquant sur leur appareil un régulateur à force centrifuge actionnant le collier d'un frein ordinaire. Il peut se faire, en effet, qu'en employant ce manège pour la mise en marche d'une machine à battre, l'engreneur de cette dernière machine suspende son travail, soit pour délier les gerbes, soit que l'insuffisance des manœuvres ne permette pas une alimentation continue de la machine. La résistance opposée à la marche du manège cessant, au moins pour la plus grande partie, le cheval continuant à agir par son poids sur le tablier, celui-ci aurait une vitesse allant en s'accélérant jusqu'à un point dangereux pour l'animal soumis à ce régime.

Le régulateur empêche ces écarts de vitesses, mais en faisant agir un frein qui absorbe inutilement une certaine quantité de travail produit et consommé en pure perte.

Les appareils de MM. Bertin, Fortin frères et Wurtenberger sont munis de ces appareils à force centrifuge agissant soit sur un frein appliqué à la batteuse, soit sur un double frein agissant sur la batteuse et sur le manège, soit enfin sur un frein spécial au manège.

Dans les appareils présentés par M. Gerardin et par M. Lecoq, le plan incliné, formé de bandes articulées, était remplacé par des échelons d'assez grande largeur pour que le pied du cheval pose bien à plat.

Les locomobiles à vapeur exposées étaient très nombreuses.

Pour ne parler que des appareils en mouvement installés dans la galerie des machines agricoles, 15 constructeurs avaient exposé un nombre considérable de ces machines locomobiles.

Parmi ces machines, nous citerons celles de M. Breloux qui se distinguaient par un assemblage particulier du gueulard avec la boîte à feu de la chaudière; celles de la *Société française de construction du matériel agricole*, dont l'une d'elles était munie d'un appareil imaginé par le regretté M. Head, de la maison Ransomes et Sims, et permettant de se servir de paille comme combustible. La seule modification apportée consiste dans l'addition de chicanes verticales en tôle dans l'intérieur du foyer pour éviter l'entraînement des matières siliceuses contenues dans ce combustible;

Les locomobiles de MM. Boulet et Cie, de MM. Brouhot et Cie et de M. Hidien, qui se distinguaient par leur excellente construction;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Celles de la maison Pécard frères, rappelant, par leur agencement, des types anglais bien connus, mais se faisant remarquer par une construction très soignée et par une exécution parfaite de pièces de chaudronnerie difficiles.

Enfin, quoique dans la plupart des cas l'eau fasse en partie défaut pour les applications agricoles, MM. Merlin et Cie ont cru devoir ajouter à leur machine un condenseur que l'on peut supprimer au besoin lorsqu'on veut marcher à échappement libre.

La locomobile agricole ne peut rendre de véritables services dans les fermes qu'à la condition d'être robuste, simple de construction et facile de conduite; tous les systèmes compliqués de détente par le régulateur, les appareils de condensation qui permettent d'utiliser la pression de la vapeur, dans des limites plus étendues, et qui rendent de signalés services dans les machines fixes de nos grands ateliers, ne sont certainement pas à leur place dans des appareils transportables, souvent mal conduits et mal entretenus, et pour lesquels la simplicité est, par-dessus tout, le principal mérite.

La maison Lotz, de Nantes, avait exposé, à côté d'une locomobile ordinaire, une locomobile à deux cylindres de diamètres différents, genre Compound, bien construite, mais qui a paru à plusieurs d'entre nous un peu compliquée pour être mise entre les mains de gens peu expérimentés : c'est plutôt une bonne machine de l'industrie qu'une véritable machine agricole.

Machines à battre les grains.

La machine à battre est devenue depuis longtemps un des instruments les plus répandus dans la pratique agricole. Si l'exploitation a quelque importance, le matériel de la ferme se compose d'une machine à battre installée à poste fixe et permettant de battre en grange lorsque les besoins de la culture n'amènent pas le personnel de la ferme au dehors ou par les mauvais temps.

Le plus souvent maintenant, l'appareil est locomobile et vient se placer à côté des meules faites immédiatement après la récolte en attendant l'opération du battage.

Les machines à battre locomobiles sont aussi indispensables lorsqu'on veut se livrer à l'industrie assez fructueuse du battage à façon. Il n'en est pas de même, en effet, pour le battage comme de certaines opérations sur le terrain; la préparation des terres doit s'effectuer dans toute une région à peu près à la même époque, en tenant compte des conditions climatériques favorables. Il en est de même des opérations de la moisson que l'on ne peut retarder lorsque la maturité des céréales est considérée comme assez avancée. Le battage au contraire peut se faire attendre, et la même machine, conduite par le même personnel, peut desservir un assez grand nombre d'exploitations réparties sur une grande étendue. Aussi voit-on, encore trop rarement suivant nous, les cultivateurs se syndiquer pour obtenir, à frais communs, le matériel nécessaire dont ils se serviront à tour de rôle, et, à défaut de cette organisation économique, l'entrepreneur de battage venant faire à façon le travail de ferme en ferme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La machine à battre étant maintenant d'un emploi général, le battage au fléau et le dépiquage au rouleau ne se rencontrent plus que dans quelques exploitations du midi de la France, les constructeurs de ces machines sont devenus très nombreux, et l'Exposition dernière ne comptait pas moins de 26 exposants qui, pour la plupart, avaient exposé plusieurs types de leur fabrication.

Sur ce nombre, 25 étaient français; un seul, MM. Charles Burrell and sons, a ses ateliers à Thetford. Il exposait une machine à battre à grand travail munie d'un crible à expansion variable de Penny.

Trois exposants seulement MM. Garnier, Japy et Jannel, avaient exposé des machines à battre en bout. Ces machines sont d'un bon emploi dans des exploitations de faible importance situées loin des grandes villes et par conséquent dans lesquelles la paille est consommée sur place sans qu'elle puisse être l'objet d'un certain commerce.

Ces machines, généralement peu encombrantes, ne sont munies d'aucun appareil de nettoyage. La paille est froissée et brisée par l'action du batteur et du contre-batteur, mais peut parfaitement être employée pour la préparation des litières, ainsi que pour être passée au hache-paille.

Lorsque, au contraire, on veut conserver à la paille toute sa valeur, on est obligé d'avoir recours aux machines à battre en travers.

Leur largeur est beaucoup plus grande puisque le batteur doit entraîner la paille en la maintenant parallèlement à son axe. La machine doit être munie de secoueurs pour entraîner la paille et dégager les grains battus qui s'y trouvent d'abord mélangés, puis on complique le plus souvent la machine pour nettoyer le blé, le classer en plusieurs qualités de manière à pouvoir l'ensacher à la sortie même de la machine. Les constructeurs ont même la prétention de pouvoir livrer à la sortie de leur machine du blé absolument marchand. En pratique on est le plus souvent obligé de lui faire subir un nettoyage supplémentaire.

Quelques-unes des machines sont disposées pour battre soit des céréales, soit des graines fourragères, telles que le trèfle, par exemple; nous reviendrons sur ces machines spéciales dans le chapitre suivant.

L'Exposition universelle de 1878 avait mis en lumière un appareil excessivement curieux dû à M. Breloux, qui avait pour effet, par le jeu même des organes employés ordinairement, de repasser dans le batteur les otons de manière à en dégager une certaine quantité de grains de blé non encore séparés de leur enveloppe, opération nécessitant ce repassage.

M. Breloux avait eu l'idée, à cette époque, de profiter de l'aspiration produite par le mouvement rapide du batteur pour en faire un véritable ventilateur aspirant, relevant les otons de toute la hauteur de la machine et les faisant ainsi repasser une seconde fois entre le batteur et le contre-batteur. Cette idée mise en pratique par M. Breloux lui a valu en 1878 une médaille d'or, et nous avons été heureux de voir que cette invention, tombée maintenant dans le domaine public, avait servi à modifier la construc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion des machines similaires. Presque toutes les machines exposées possédaient un moyen d'aspiration des otons par le batteur, ou employaient l'aspirateur tangentiel qui n'est qu'une forme un peu différente du même principe; dans cette dernière disposition ce n'est plus le batteur seul qui produit l'aspiration nécessaire, mais un véritable ventilateur monté sur le même axe.

Le liage de la paille à sa sortie de la batteuse s'effectue automatiquement, non plus maintenant avec du fil de fer comme cela se passait lors de la dernière Exposition universelle de 1878. C'est avec une ficelle qu'à l'aide d'un appareil dérivé de la disposition Appleby l'on entoure la botte de paille fortement serrée par des griffes robustes, soit par deux liens comme dans la disposition Albaret, soit avec un seul lien dans la disposition de MM. Pécard frères.

Il nous paraît impossible de donner dans ce rapport une description plus ou moins sommaire des machines exposées; nous chercherons seulement à caractériser par un mot les principales de ces dispositions.

MM. Breloux et Cie. — Ces batteuses sont munies de l'aspirateur décrit plus haut, elles sont construites avec panneaux en tôle. Un batteur à trèfle est annexé à l'une d'elles.

MM. Pécard frères. — Dans leurs batteuses, MM. Pécard emploient l'aspirateur tangentiel et un trieur extensible, système Penny, à fil triangulaire.

L'emploi de coussinets sphériques et l'emmanchement à coins des poulies constituent de petits détails de construction qui ont leur importance.

M. Cumming nous a présenté une machine à battre fixe avec aspirateur mis en mouvement par le batteur. Un trieur à alvéoles est appliqué à cette machine; il est à inclinaison variable, la levée de l'une des extrémités est de 0 m. 15 pour une longueur de trieur de 3 mètres. Le même constructeur exposait deux machines à battre locomobiles et une batteuse de trèfle.

La Société française de construction de matériel agricole expose aussi des machines à battre à grand travail; ces machines sont du type dit *anglais* avec un nettoyage spécial. Un aspirateur énergique permet le relèvement facile des otons.

MM. Brouhot et Cie exposent quatre machines à battre à grand travail, de construction soignée.

M. Hidien expose une machine à deux fins: batteuse à blé et batteuse à trèfle. Par l'enlèvement du batteur spécial et son remplacement par des cribles, il constitue ainsi une machine à grand travail pour le battage et le nettoyage complet du blé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Merlin et Cie. — Dans les machines de ces constructeurs l'aspiration des otons se fait par le batteur; de bonne construction, elles ne présentent aucun caractère particulier.

M. Lotz fils de l'aîné. — Dans son modèle de machine à battre à grand travail M. Lotz fait usage d'un double ventilateur; un ébarbeur est employé pour compléter le battage; il est desservi par une chaîne à godets qu'il suffit de supprimer lorsque le blé n'a pas besoin de ce second passage.

M. Caramija-Maugé expose un ensemble de batteuse fixe avec nettoyage occupant trois étages différents. Un tarare se trouve au-dessous du plancher et un trieur Josse est placé au second étage.

M. Protte avait appliqué à une batteuse son tarare à hélice.

M. Gérardin emploie dans ses batteuses l'aspirateur tangentiel; il constitue l'arbre des secoueurs d'une pièce en fonte malléable.

M. Paradis constitue les bâtis de ses machines de pièces de fonte; ce cadre était fermé par des panneaux en tôle. Les pièces de fonte employées sont très bien fondues. M. Paradis emploie pour les constituer de la fonte additionnée de 15 p. 100 d'acier.

MM. Filoque père et fils emploient des suspensions de cribleurs à couteau et comme supports des tubes creux.

Enfin, M. Froger nous a présenté une machine à battre avec secoueur rotatif au sujet duquel il est nécessaire que l'expérience ait prononcé avant de pouvoir porter un jugement sur ce perfectionnement.

Parmi les accessoires de ces machines il convient de citer ici les appareils lieurs dont étaient munies les machines à battre de MM. Albaret et Pécard frères.

La lieuse de M. Albaret appliquée aux machines à battre présentait cette particularité qu'elle constituait un outil spécial monté sur deux roues que l'on pouvait ainsi détacher de la machine à battre ou l'y fixer suivant les besoins. L'une des machines à battre de M. Albaret était aussi munie d'un appareil engreneur déjà connu.

M. Demoncy-Minelle, qui s'occupe depuis longtemps de cette question des engreneurs pour machine à battre, en avait exposé un nouveau modèle dans lequel il a pu imiter, par le déplacement de râteaux animés de mouvements circulaires de faible amplitude, les mouvements de la main de l'homme, fournissant à la machine les gerbes devant l'alimenter.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Égrenage du trèfle.

Les mérites relatifs des différents appareils proposés pour l'égrenage des plantes fourragères n'auraient pu être décélés que par expériences directes; aussi avons-nous cherché, après avoir examiné sur place les différents appareils présentés, s'il ne serait pas possible d'instituer des expériences spéciales, avant la date fixée pour la distribution des récompenses.

Les exposants eux-mêmes ont cherché à se procurer les matières premières nécessaires; mais on a reconnu bien vite qu'il était impossible de les obtenir dans le délai fixé; nous avons donc dû renoncer à ce moyen d'investigation et nous borner à l'examen fait sur place des machines.

M. Breloux a conservé le tambour tronconique ordinaire; il en a perfectionné seulement son mode de fabrication par un procédé de moulage à la trousse.

M. Cumming, qui s'était occupé, dès 1862, de la construction de ces égreneuses à tambour conique, présentait une batteuse complète composée de deux parties distinctes superposées l'une à l'autre. Le premier appareil, opérant la séparation des bourres des tiges et commençant le décortiquage, se compose d'un batteur cylindrique muni de huit battes en fer cornière, roulant dans un contre-batteur cylindrique en fer et à jour, de quatre secoueurs amenant à l'extérieur les pailles et les bourres, et enfin d'un auget recevant les bourres ayant passé à travers le contre-batteur et les vides des secoueurs.

Ces matières débarrassées des tiges sont amenées dans un projecteur qui les remonte au batteur-égreneur. Ce second appareil est composé d'un batteur conique, muni de battes en fer en U disposées en hélices et roulant dans un contre-batteur plein, en fonte cannelée, dont les rainures hélicoïdales se contrarient avec les lames du batteur. L'appareil est muni d'organes de nettoyage composés de quatre grilles superposées dont chacune reçoit l'action d'un ventilateur.

M. Hidien a employé aussi des battes cylindriques suivies d'un batteur-finisseur tronconique.

M. Lotz exposait un appareil dû à M. Chenel. Dans cet appareil, pour éviter le bourrage que l'on remarque souvent en employant d'autres appareils, M. Chenel emploie un batteur cylindrique tournant horizontalement dans un contre-batteur perforé et excentrique par rapport à l'axe du batteur. Les bourres que l'on veut soumettre à l'action de la machine sont versées dans une trémie, tombent dans le batteur qui les entraîne en les soumettant aux chocs répétés des battes; les grains passent à travers la tôle perforée du contre-batteur et sont soumis à l'action d'un ventilateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'égreneuse de M. Ribotteau-Grangé était à batteur cylindrique, le contre-batteur était fait avec de la toile métallique et de la tôle perforée.

M. Dumont avait exposé, parmi les machines de la Société française de matériel agricole et industriel, de Vierzon, une machine mixte permettant, à volonté, le battage des céréales ou celui des plantes fourragères. Elle se composait d'abord de tous les organes ordinaires d'une machine à battre les grains : batteur, contre-batteur, secoueurs et appareils de nettoyage, puis d'un batteur égreneur avec contre-batteur conique muni de lames hélicoïdales, employé spécialement lorsque la machine devait servir pour le battage du trèfle, par exemple. Ce second batteur, placé au-dessous de la machine, était commandé par une longue courroie inclinée, entourant une poulie spéciale calée sur l'arbre du premier batteur. L'appareil était, en outre, muni de deux ventilateurs.

En ce qui concerne le battage des plantes fourragères, un premier débourrage était effectué par le passage des matières à traiter entre le premier batteur et le contre-batteur correspondant; puis la séparation plus complète de la graine et de la bourre était obtenue par l'action du second batteur conique.

Égrenoirs à maïs.

Ces appareils sont basés à peu près sur le même principe qui consiste à placer la tête de maïs dans une sorte d'entonnoir et à le laisser rouler entre deux plateaux animés de vitesses inégales. Il se produit une sorte de glissement qui oblige les différents grains à se dégager et à tomber en dessous de l'appareil.

La maison Japy, qui, depuis quelques années, s'adonne à la construction de machines agricoles et qui avec ses puissants moyens de production peut, plus que tout autre, faire bon et à bon marché, a présenté plusieurs appareils de ce genre. L'un d'eux est vendu 4 fr. 20.

M. Mailhe a exposé un égrenoir à maïs à batteur rendant le grain nettoyé.

Trieurs. — Décuscuteurs. — Tarares.

Les trieurs de grains ont été représentés en grand nombre lors de l'Exposition dernière.

La maison Marot, de Niort, bien connue pour ses trieurs à alvéoles, nous a présenté deux perfectionnements qui sont les suivants :

1° L'extraction des graines épineuses avait résisté à tous les modes de nettoyage connus, l'emploi de l'alvéole ordinaire ne permettant pas non plus de les extraire; il a suffi de préparer cette alvéole avec une sorte de lèvre pour retenir ces grains de nature particulière;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Avec les alvéoles perforées et les différents genres de tôles perforées, des graines restaient engagées dans la paroi extérieure du trieur.

Le successeur de M. Pernollet, M. Cabasson, a soumis à notre appréciation un grand trieur ne mesurant pas moins de 0 m. 80 de diamètre et 5 mètres de longueur, permettant d'y faire passer 40 hectolitres à l'heure s'il s'agit de blé et jusqu'à 60 hectolitres pour les orges et les avoines.

Dans cette même exposition nous avons remarqué un trieur à alvéoles avec ventilateur et émotteur réunissant en une seule opération le travail du tarare et du trieur.

M. Clert a exposé des trieurs à panneau démontable garnis d'alvéoles permettant le nettoyage facile du trieur.

M. Denis nous a présenté un tarare trieur pouvant, par le moyen d'un simple vannage, servir de tarare ou de trieur seulement. Il s'est fait aussi une spécialité dans la construction de tarares tout en fer d'un démontage facile et destinés aux pays chauds.

Enfin, M. Caramija-Maugé nous a présenté un trieur à deux régulateurs ainsi qu'un certain nombre de cribleurs-épierreurs du système Josse, mus à bras ou au moteur.

Il suffit de placer obliquement sur cette surface cylindrique une courroie tendue pour qu'elle fasse office de brosse et dégage les grains ainsi retenus par la paroi métallique.

La maison Dondey et C^ie^ s'occupe de la construction de décuscuteurs à tamis de soie qui paraissent bien construits pour le but à atteindre, mais qu'il faudrait voir à l'œuvre dans une grande exploitation pour en apprécier sûrement la valeur.

Les tarares nous ont été présentés par un grand nombre de constructeurs; ce sont généralement des appareils très simples qui, par cela même, ne peuvent pas être l'objet d'importants perfectionnements.

Nous ne saurions terminer ce chapitre sans dire un mot de la fabrication des tôles perforées de MM. Krieg et Zivy qui, par un outillage perfectionné, peuvent fournir des tôles perforées très régulièrement, quelle que soit la grosseur ou la finesse de ces perforations.

Coupe-racines. — Hache-paille. — Hache-maïs. — Broyeuses d'ajonc.

Les coupe-racines, les hache-paille et hache-maïs sont entrés maintenant d'une manière complète dans la pratique agricole, et l'Exposition de 1889 n'a signalé aucun perfectionnement bien notable dans ce genre d'appareils.

En ce qui concerne les appareils de petite culture, MM. Senet, Japy, Champenois-Raimbeaux présentaient des appareils de bonne construction. Pour la grande culture, et, en particulier, pour le hache-maïs de grande dimension, M. Albaret avait exposé ses grands appareils avec élévateur centrifuge, permettant de diviser et de mettre en silos d'énormes quantités de fourrages verts pour les consommations d'hiver.

M. Texier et M. Garnier présentaient tous deux des broyeurs d'ajoncs dont le fonc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tionnement paraissait très satisfaisant. C'est dans la Basse-Bretagne que ce produit est surtout employé pour l'alimentation des animaux, et, grâce à ces appareils perfectionnés, la transformation des jeunes pousses d'ajonc en une sorte de mousse bien découpée et écrasée peut s'effectuer maintenant sans exiger la main-d'œuvre considérable qui était nécessaire pour sa préparation par procédés purement manuels.

Compresseurs. — Aplatisseurs. — Moulins agricoles.

Parmi les instruments de cette catégorie nous devons citer un appareil exposé par M. MONTANDON, et qu'il surnomme *outil universel*. Un même bâti peut recevoir les organes nécessaires pour constituer un brise-tourteau, un aplatisseur, un concasseur et même un moulin agricole. Cette substitution se fait assez facilement, et bien que nous soyons très peu partisan d'instruments à plusieurs fins, nous devons cependant reconnaître que cet appareil peut rendre d'assez grands services dans de petites exploitations.

Dans la section anglaise nous devons signaler la maison WOOD-STOMMARKET pour ses aplatisseurs et concasseurs; ces mêmes constructeurs, pour les moulins agricoles, qui étaient exposés également par MM. LISTER et C^ie^.

Les moulins de petites dimensions étaient présentés en France par M. ALBARET, M. MONTANDON et M. TEXIER, pour ne citer que les principaux constructeurs de ces appareils au sujet desquels nous avons regretté qu'il n'ait pas été possible de les faire fonctionner concurremment pour juger des mérites relatifs qu'ils pouvaient présenter.

On ne peut pas, en effet, prétendre obtenir, avec ces appareils, des produits préparés et séparés comme dans les grands moulins à meules ou à cylindres; mais, à défaut de ceux-ci, des appareils portatifs à meules d'acier de petites dimensions peuvent rendre de réels services.

Outils et appareils divers.

Parmi les outils et appareils divers, nous devons comprendre une machine à faire les tuyaux de drainage pour une grande exploitation agricole, présentée par MM. JOLY et FOUCART, de Blois; les différents moyens d'élever l'eau ou de la conduire à distance, et la collection de tuyaux Chameroy, présentée par MM. P. DE SINGLY et C^ie^, méritent d'être signalés.

MM. NOËL, BEAUME, BROQUET ont présenté leurs types habituels de construction de pompes pour usages agricoles.

Dans cette même catégorie d'appareils divers nous devons signaler aussi deux dispositions relatives à la conservation des fourrages verts à l'air libre.

M. COCHARD, président de la Société d'agriculture de Montmédy, obtient une compression de la masse au moyen du rapprochement du plateau supérieur vers le plateau

IMPRIMERIE NATIONALE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inférieur avec des chaînes et des leviers à bras inégaux permettant, à l'aide d'un seul homme, de produire une compression énergique en agissant à l'extrémité d'un bras de levier de 3 mètres de longueur.

Le procédé Reynolds et Cie, présenté par MM. Carson et Toone, consiste en la construction d'un silo en béton et d'un mode de compression, analogue au précédent, dans lequel des chaînes fortement ancrées dans le sol passent au-dessus de traverses situées au-dessus du plateau supérieur. Au moyen d'un tendeur à vis disposé parallèlement à la traverse on donne une tension suffisante aux chaînes et, par suite, une compression suffisante à la matière enserrée entre les plateaux.

Instruments employés dans la fabrication des boissons fermentées. — Fouloirs. Moulins à pommes. — Pressoirs et presses continus.

La classe 49 comprenait encore les outils et appareils de deux industries essentiellement agricoles : la fabrication des boissons fermentées et la transformation des produits de laiterie.

En ce qui concerne la fabrication des boissons fermentées, la classe 49 ne renfermait qu'une partie des appareils; l'autre partie, traitant spécialement de la fabrication des vins, faisait tout naturellement partie de la classe 75.

Pour éviter tout double emploi nous passerons rapidement en revue les appareils rentrant dans cette catégorie.

MM. Mabille d'une part, M. Savary de l'autre, présentaient une grande variété de ces appareils consistant en fouloirs, fouloirs-égrappoirs et pressoirs.

En ce qui concerne ces derniers appareils, MM. Mabille ont substitué à quelques-uns de leurs appareils la maie en bois par une maie en tôle d'acier emboutie ayant le grand avantage de ne pas subir de détérioration et de rester parfaitement étanche malgré de grandes élévations de température.

MM. Texier, Marmonnier, Ollagnier, David, d'Orléans, avaient exposé leurs types ordinaires de pressoirs, ne présentant pas de modifications importantes aux dispositions connues précédemment.

C'est toujours le système à clavettes reversibles et à course variable qui prévaut maintenant, et par une simple modification du point d'attache des bielles de pression sur le levier principal on modifie facilement l'énergie de la pression.

Tous les pressoirs basés sur le principe de l'action d'un écrou descendant le long d'une vis fixe sur les pièces de pression, et par suite sur la matière maintenue dans la cage du pressoir, sont des appareils à production très limitée. La marche lente du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plateau-presseur, l'exagération de la pression sur la portion de la matière située à la surface supérieure de la masse pressée pour atteindre les parties situées plus au centre de la masse, les temps d'arrêts nécessaires pour amener l'écoulement du liquide, le temps passé tant au chargement qu'au déchargement sont autant de causes qui ont conduit les inventeurs à chercher à remplacer cette action discontinue par une action continue.

Deux appareils de ce genre étaient exposés classe 49. Ces appareils, quoique rentrant tous deux dans cette catégorie de pressoirs continus, sont basés sur des principes tout différents.

Le premier, imaginé par M. Gayon, ancien élève de l'Institut agronomique, se compose d'une toile sans fin en fibres végétales qui reçoit d'une trémie les grappes de raisin à pressurer. Un cylindre principal garni de caoutchouc agit au-dessus de la toile sur laquelle agit en même temps et au-dessous un cylindre écraseur ou égrappeur.

Un cylindre entraîneur recouvert par la toile sans fin se trouve d'un côté du cylindre principal et de l'autre côté un cylindre pressureur oblige le jus à s'écouler et à se rendre dans une rigole située au-dessous.

La toile recouvrant ce cylindre-presseur est nettoyée constamment par une brosse rotative en chiendent et est débarrassée des rafles qui tombent sur un plan incliné spécial.

Cet appareil joue donc à la fois le rôle de fouloir, d'égrappoir et de pressoir.

Le second appareil exposé par MM. Simon et fils, de Cherbourg, est basé sur un principe tout différent.

La matière que l'on veut traiter est dirigée par une trémie dans un réservoir annulaire formé par deux cylindres excentrés l'un par rapport à l'autre et animés d'un mouvement de rotation dans le même sens.

Le cylindre du plus grand diamètre est à claire-voie et garni à son pourtour d'une tôle perforée de trous de 4/10 de millimètre; l'autre est à paroi pleine, mais légèrement striée suivant les génératrices du cylindre.

La matière à comprimer est entraînée dans l'espace annulaire compris entre ces deux cylindres, et, à mesure que l'entraînement continue, l'espace réservé diminue de manière que la masse soumise à une pression allant ainsi en augmentant abandonne les parties liquides qu'elle contient qui s'échappent à l'extérieur et qui sont recueillies, tandis que la matière sèche suit son chemin, arrive à sa plus grande compression, pour être ramenée à l'extérieur par un petit élévateur.

Une expérience faite avec des pommes de l'année, ayant passé dans un grand broyeur, faisant partie de la même exposition, a donné les résultats suivants :

40 kilogrammes de pommes broyées ont été passées dans l'appareil en 19 minutes et l'on a recueilli 30 litres de cidre, soit un rendement de 75 p. 100.

La pulpe enlevée était suffisamment sèche, et il aurait été difficile d'en extraire même une faible quantité de liquide supplémentaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux appareils très intéressants n'ont pas encore pu recueillir la sanction de la pratique ; mais ils constituent certainement un progrès sérieux dans cette branche du matériel agricole.

Instruments et appareils de laiterie.

Ces appareils ont été l'objet d'une longue série d'essais dont M. Lezé a rendu compte dans le rapport ci-annexé.

Presque tous les exposants y ont pris part, et c'est ainsi que nous avons pu voir fonctionner :

Les écrémeuses de Laval et celles de Burmeister et Wain.

Les premières ont été présentées par M. Th. Pilter, les secondes, par les inventeurs ou par M. Hignette, pour des appareils de plus grandes dimensions construits en France.

M. Watt, représentant de la *London and Provincial Company,* a fait expérimenter une écrémeuse de son invention.

Enfin M. Chaussadent avait aussi présenté une écrémeuse mue à bras de son invention.

Les barattes danoises ont fonctionné dans l'installation de la laiterie suédoise dont l'exposant, M. de Laval, était représenté par M. Pilter, et aussi dans l'exposition de M. Hignette.

Une baratte, système Baquet, de forme tronconique et à axe incliné à 45 degrés, a fonctionné également dans l'installation de Laval-Pilter.

Enfin M. Chapellier a fait fonctionner sa baratte polygonale à régulateur de température.

MM. Simon et fils, qui avaient exposé des barattes normandes de très belle construction, n'ont pas concouru pour cette partie du programme. Ils n'ont présenté aux essais qu'un malaxeur de beurres qui doit être considéré plutôt comme un appareil mélangeur pour le commerce que comme un malaxeur de laiterie.

Dans la laiterie suédoise de Laval-Pilter et celle de la *London and Provincial Company* ont été expérimentés différents appareils servant soit au barattage, soit aux opérations annexes de la fabrication du beurre, et les résultats obtenus sont tous consignés avec grands détails dans le rapport spécial cité plus haut.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DE SEMOIRS

RAPPORT

PAR

M. GRANDVOINNET

PROFESSEUR À L'INSTITUT AGRONOMIQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DE SEMOIRS.

La plus complète préparation du sol peut être aujourd'hui obtenue rapidement et économiquement avec les bons modèles de *charrues*, de *scarificateurs*, de *herses* et de *rouleaux* que les mécaniciens français et étrangers offrent aux cultivateurs.

Les progrès de l'outillage de cultivation du sol sont faciles à constater dans les galeries de l'Exposition; mais ce progrès en appelle un autre. A quoi servirait en effet de dépenser une masse de travail pour préparer parfaitement la terre, si la semence y doit être irrégulièrement répandue et si l'enfouissement doit varier en profondeur?

De la préparation complète du sol dépend tout d'abord la réussite du semis; mais il faut en outre que l'ensemencement soit fait avec une régularité mathématique comme *répartition uniforme* en *surface* et comme enfouissement à une seule et même *profondeur* de toutes les graines. On peut, pour fixer les idées, prendre un cas particulier, et dire que le problème du semis parfait peut se poser ainsi pour le froment, dans une terre bien préparée :

Déposer un grain de blé tous les 0 m. 025 sur des lignes parallèles espacées de 0 m. 167 en les enfouissant tous exactement à 0 m. 050. Une opération d'une si grande précision, devant remplacer le semis traditionnel à la volée, peut-elle être faite à la main? Économiquement non, même par la main-d'œuvre la moins coûteuse. L'ensemencement en lignes, qui permet les binages et les sarclages indispensables pour toutes les plantes cultivées, est donc une opération exigeant forcément le secours du mécanicien.

Si, pour certaines plantes, la répartition des graines sur des lignes parallèles ne paraît pas indispensable, leur répartition uniforme en tous sens est en revanche absolument nécessaire. Il en est de même pour l'épandage de tous les engrais pulvérulents ou liquides. Le semis manuel à la volée des graines et des engrais pulvérulents peut-il satisfaire à cette condition de répartition absolument uniforme sur tout un champ? Personne n'oserait le soutenir. C'est à peine si l'on peut admettre qu'un homme, après une pratique de dix ou douze ans, arrive à répandre à la volée le blé à peu près bien dans la proportion traditionnellement admise pour chaque hectare, mais malheureusement les chiffres de notre problème ne sont pas invariables. La quantité d'une même graine à semer par hectare et, par suite, l'écartement des graines comme la profondeur d'enfouissement doivent varier, suivant l'époque du semis, la nature du sol, sa richesse. Bien plus, l'homme n'a pas toujours à épandre toujours la même graine : tantôt des fèves ou des pois; à une autre époque du froment, de l'orge ou de l'avoine; d'autres fois de la graine de luzerne, de raves, de pavots, etc. Il y a donc dans les graines à répandre et dans les quantités par hectare une telle variété depuis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la féverolle jusqu'à la graine de pavot-œillette, depuis 15 jusqu'à 300 litres, qu'il n'est pas possible de dire qu'un homme pourra, même après une vingtaine d'années d'apprentissage, arriver à semer toutes les graines, dans toutes les circonstances avec une précision suffisante. Quelques vieux laboureurs arrivent à semer passablement les blés, mais ils sont forcés de répandre beaucoup plus de graines qu'il ne serait nécessaire si la répartition pouvait être parfaite. La *perte de graines* qui en résulte n'est que le moindre inconvénient d'un semis irrégulier et pourtant elle suffirait pour payer l'impôt du sol. Quant à l'enfouissement à la herse, il ne peut être parfait, car les graines plusieurs fois dérangées par les dents des herses sont ou trop enfoncées ou ramenées à la surface. Et si l'épandage a été à peu près régulier, les hersages peuvent détruire l'uniformité en quelques parties du champ, aux extrémités par exemple.

Du reste, pour démontrer la presque impossibilité de bien semer à bras, à la volée, il suffit de lire avec un peu d'attention le travail fait par C. Pichat pour l'instruction des semeurs. Nous nous bornerons à quelques extraits spécifiant ce qu'exige un bon semis. Pour arriver à opérer une répartition égale et uniforme de semence sur toutes les parties du champ... le semeur doit avoir acquis une certaine ADRESSE *de corps, une certaine* HABILETÉ *mécanique pour composer un jet de semence uniforme et aussi disséminée que possible,....* « qu'il sache combiner un arrangement de ces jets de semence, tel que le champ soit également semé partout, qu'il n'y ait pas plus de semences dans une place que dans une autre..... Pour arriver à semer sur une étendue donnée une quantité donnée de graines, il faut établir un certain rapport entre la quantité de semence à répandre par hectare, le PAS, la poignée et la longueur du jet du semeur. » Ainsi, on demande à un semeur une certaine *adresse du corps* et une *rare habileté mécanique;* il doit en outre combiner un arrangement de ses jets avec un certain rapport entre le volume à semer par hectare, la grandeur de son pas, la capacité de sa poignée et la longueur de son jet. C'est réellement demander au semeur à très peu près l'impossible, car il ne faut pas oublier qu'il n'a pas toujours la même graine à semer, ni la même quantité par hectare, ce qui multiplie les exigences énoncées. Mais ces citations ne comptent que les exigences d'ensemble. Si on les détaille, c'est effrayant. Voyons : « Il y a nécessité que la semence soit le plus possible disséminée dans la projection; on arrive à remplir ce but par beaucoup d'exercice manuel, *mais pour qu'il soit efficace il doit être éclairé par quelques règles et des démonstrations matérielles..... Le semeur ne peut projeter la semence que tous les 2 pas; car il lui faut du temps pour la puiser;* ..... *il importe pour la bonne répartition qu'il acquière une aussi grande habileté tant du bras gauche que du bras droit* .....; *le semeur doit donc alternativement semer une ligne de la main droite et une ligne de la main gauche; il doit effectuer son jet à mesure que le pied du côté qu'il sème s'avance et appuie sur le sol, pour porter le corps en avant..... habitude bien importante à acquérir....; bien accorder ses pas avec ses jets. La position de la main dans l'action de puiser de la semence n'est pas indifférente.....; les ongles doivent se tenir en*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'air.....pour que la graine ne retombe pas.....Pour que celle-ci soit le mieux disséminée, il faut que la poignée soit allongée de manière que la semence ne s'échappe de la main que successivement, par les intervalles laissés entre les doigts. L'index ne doit jamais être fermé, mais au contraire étendu : il coupe ainsi et disperse mieux la poignée de semence dans la projection qui en est faite.

« *Pour les graines fines, telles que le trèfle, la luzerne, etc., on les projette par pincées tantôt avec deux, tantôt avec trois et même quelquefois avec les quatre doigts, suivant la quantité de semence que l'on veut répandre par hectare. La semence doit décrire une parabole déterminée par le mouvement du bras qui doit frapper l'épaule opposée. Il ne faut lâcher la semence que lorsque la main se trouve en face du semeur; la graine se trouve ainsi lancée plus loin, éprouve un certain obstacle de la part des doigts, s'éparpille mieux et plus également.....Il importe que les jets de semence soient bien égaux.....que le bras ait toujours un égal développement dans son mouvement; les jets doivent être croisés.* »

Toutes ces conditions que le plus habile semeur a peine à satisfaire ne sont rien encore. Si nous pouvions présenter ici le détail des précautions à prendre pour la marche et l'ordonnancement des jets, que n'a pas même compris l'auteur qui voulait l'expliquer avec des figures, nous aurions de quoi remplir de nombreuses pages. Le semeur doit diviser son champ en bandes d'égales largeurs, dites *trains*, se porter tantôt à un demi-écartement, tantôt à deux, placer des jalons-repères, jeter à 6 mètres ou à 3 mètres, croiser les jets, avoir égard au vent, changer le sens du jet si le vent change. Quelque sommaire que soit l'examen que nous venons de faire des conditions exigées du semeur, il est évident que s'il est un travail agricole à confier à une machine, c'est bien le *dosage*, l'*épandage* et l'*enfouissement* des semences. Aussi, dès que la construction mécanique prend place dans l'industrie, c'est-à-dire à la première moitié du XVIII^e^ siècle, lorsque la machine à vapeur apparaît, les inventeurs font des semoirs mécaniques. Le nouveau système de culture proposé par Tull exigeait le semis en lignes. C'est à cet agronome que revient l'honneur d'avoir porté l'attention des cultivateurs sur les avantages des semoirs mécaniques. Qu'il y ait eu en Chine ou dans l'Inde, dans les temps anciens, quelque chose d'analogue au semoir mécanique, cela se peut. Que dans les XIV^e^, XV^e^ et XVI^e^ siècles quelque cultivateur ait fixé à sa charrue un distributeur de graines, c'est certain, et cette addition a depuis été proposée et réalisée nombre de fois; mais le *semoir mécanique*, au sens actuel de ce mot, date de Tull. Toutefois, vers 1647, l'essai d'un semoir mécanique porté par la charrue et inventé par Lucatello fut fait en présence du roi d'Espagne avec un succès qui dépassa toute espérance. Sur la portion du champ semé à la volée par un paysan, on récolta 5,125 mesures de grains, tandis que sur une même surface semée en lignes, le produit fut de 8,175 mesures ou presque 60 p. 100 de plus. Le semoir J. Lucatello avait un distributeur à cuillers prenant chacune un seul grain et le jetant par un étroit entonnoir dans le sillon ouvert par la charrue du pays (un pur araire romain), dite *de Castille*. Les oreilles de cet araire, de simples chevilles obliques, recouvraient les semences, ainsi régulièrement répandues et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

enfoncées à la même profondeur, à 5 ou 6 pouces, en terres fortes, et 7 à 8, dans les terres légères. Pour de telles profondeurs, le semis doit être avancé de huit jours; malgré cette précaution, ces profondeurs sont notablement trop grandes pour notre climat français. Le semoir Lucatello présente toutes les pièces essentielles des semoirs à cuillers modernes, c'est-à-dire : 1° un distributeur à cuillers fournissant la graine, en volumes égaux pour des parcours égaux; 2° une boîte alimentaire; 3° une boîte où puisent les cuillers; 4° un entonnoir ou tube conducteur de la semence; 5° un rayonneur ouvrant le sillon; 6° des chevilles racleuses recouvrant le grain. On peut donc reporter l'invention d'un semoir pratique, d'une disposition rationnelle, à 1647, et en accorder le mérite à l'Espagnol Joseph Lucatello. Cependant, en 1889, la proportion des cultivateurs employant généralement le semoir n'est pas en France aussi forte qu'elle le devrait être. Comment se fait-il qu'une amélioration si importante, applicable aussi bien à la petite qu'à la grande culture n'ait pas fait plus de progrès depuis plus de deux cent quarante ans? Cela tient à des causes très diverses, mais il faut rendre justice aux savants, aux agronomes et aux écrivains. Ils ont, dès les premiers jours, fait les plus grands efforts pour faire adopter la nouvelle méthode de culture, les semis en lignes en terre bien préparée, et suivis de nombreux binages et sarclages. Sans parler de ce qui se fit en Angleterre, à la fin du dernier siècle, voici notre savant *Duhamel du Monceau* qui, dès 1750, écrit six volumes sur la nouvelle méthode de culture. Il y décrit les procédés et les nouveaux appareils qu'ils exigent : charrues, bineurs et semoirs. Il invente lui-même un semoir propre à semer trois lignes de blé. Le distributeur était à *soupapes* à ressort qui ne s'ouvraient que par la pression des fuseaux de pignons à lanternes. Dès 1752, M. Lublin de Chateauvieux imagine un cultivateur, puis un semoir dont le distributeur est un cylindre à alvéoles d'une capacité et d'une forme d'accord avec la graine et la quantité à semer. Ce semoir n'est pas inférieur à nombre de nos modernes instruments. M. de Montesui améliore le semoir Duhamel de 1755 à 1761. Le nombre des inventeurs de semoirs se multiplie et les divers systèmes de distributeurs font leur apparition. Le mouvement en faveur du progrès agricole et surtout de l'outillage prend à cette époque, dans les hautes classes de la société et chez les agronomes, une intensité remarquable.

Qu'est-il résulté de tous ces efforts d'un grand nombre d'hommes intelligents? Très peu de choses. Il faut arriver jusqu'à 1831 pour revoir un mouvement en avant de l'outillage d'ensemencement en France. La culture en lignes des racines avait fait surgir quelques semoirs mécaniques, lorsque M. Hugues prit en main la généralisation de cette méthode de semis permettant le sarclage de toutes les plantes cultivées. Il imagina un appareil dit *sarclo-semoir*. Le distributeur était, comme celui du semoir de Lublin de Chateauvieux, un cylindre à alvéoles facilement réglable suivant les espèces de graines et les quantités à répandre. Dans ses mémoires au Gouvernement, l'inventeur Hugues avance que le moindre des résultats de l'adoption de la culture en lignes serait tout d'abord une économie de semences plus que suffisante pour acquitter les cultivateurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et au delà, de tous les impôts qu'ils payent à l'État. Il résume ensuite les avantages de l'emploi de son semoir par ces trois lignes :

« D'abord une économie de moitié sur la semence.

« Ensuite une économie notoire sur les frais de culture.

« Et enfin des récoltes plus abondantes, un cinquième, terme moyen. »

Une société en commandite, autorisée par le Gouvernement, fut organisée pour la propagation et la vente du semoir Hugues. Elle eut pour fondateurs-actionnaires des notabilités du temps, et il semble qu'elle eut un certain succès dans les premières années de son fonctionnement. Mais bientôt tout le bruit fait de 1831 à 1837 s'apaisa insensiblement, et les cultivateurs revinrent à leur mode traditionnel d'ensemencement. Dans l'intervalle de 1837 à 1855 quelques restes des anciens essais subsistèrent et la culture en lignes prit de plus en plus d'extension; de sorte que les semoirs en lignes se répandirent quelque peu dans le Nord de la France. Mais ce n'est guère qu'en 1856 qu'un nouveau mouvement se prononce en faveur de la généralisation des semis en lignes. On pouvait disposer, à cette époque, des semoirs français dits de « Jacquet-Robillard » et de ses imitateurs, à rayonneurs fixes ou solidaires du bâti, ou, de préférence, du semoir dit « de Norfolk », à cuillers et rayonneurs indépendants, que construisaient plusieurs mécaniciens en Angleterre, depuis le commencement du XIXe siècle, et plus spécialement MM. James Smyth et fils, de Peasenhall. Ce fut M. Piednue qui se fit, en Normandie, avec passion, le propagateur de l'excellent semoir Smyth. Depuis cette époque, les bons semoirs anglais se sont assez répandus en France pour que nombre de constructeurs les fabriquent aujourd'hui avec des perfectionnements divers. Mais, tout en constatant ce succès relatif, il est essentiel de remarquer qu'un appareil capable de produire d'énormes avantages aux cultivateurs, bien qu'inventé de toutes pièces, dès 1647, ne se trouve, en 1889, en France, que dans un assez petit nombre d'exploitations. Cependant il n'en est pas du semoir mécanique comme des moissonneuses qui ne semblent faites que pour de très grandes fermes. Un constructeur au courant des conditions du semis en lignes peut faire des semoirs pour les plus petites exploitations, pour le jardinier même.

En Angleterre, la culture des racines fourragères, plus répandue qu'en France, dès le XVIIIe siècle, a familiarisé au plus tôt les cultivateurs avec les semoirs en lignes, qui y ont toujours été plus nombreux que chez nous. Au point de vue de la construction, nous pouvons aujourd'hui marcher de pair avec l'Angleterre et toute autre nation; mais malheureusement la généralisation de la culture en lignes n'est admise en France que par un nombre trop restreint de cultivateurs.

L'utilité du concours des semoirs divers annexé à l'Exposition internationale de 1889 est donc parfaitement justifiée. Il était bon d'établir par de nouvelles expériences qu'en continuant à semer à la main comme dans l'antiquité on gaspille la semence, on restreint son rendement en laissant aux récoltes toutes les chances de verse, de gelée, de sécheresse, etc., qui font le désespoir des cultivateurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'économie de semence est réelle et d'autant plus grande que la préparation du sol avant l'ensemencement est plus complète et le semoir mécanique plus près de la perfection. Le raisonnement et l'expérience prouvent la réalité de cette économie. Lorsqu'un champ est ensemencé à la volée, à la main, et que la semence est enfouie par un labour ou par un hersage, il est facile de remarquer, par la suite, que, quelque bonne que soit la semence employée, la levée de ces graines et le développement des plantes se font très diversement d'une place à l'autre, même lorsque tout le champ a reçu la même fumure et les mêmes façons. Tandis qu'en certaines places les plantes, après quelques semaines, ont des racines qui se développent en tous sens, tout à côté on ne voit que des plantes chétives, à peine levées. Ici les plantes sont très espacées, fortes et rigides, là elles sont serrées, effilées et peu développées. Plus tard, avant la récolte, on voit, par places, de hautes et fortes tiges portant de forts et longs épis bien pleins de grains gros et ronds à côté de tiges courtes terminées par de courts épis n'ayant que des grains petits et ridés. En telles places, les épis sont absolument mûrs, tandis qu'en d'autres, les tiges sont encore vertes et le grain à l'état laiteux. Pourquoi ces inégalités qui produisent les effets les plus fâcheux sur la quantité et la qualité du grain et de la paille récoltés?

Ces inégalités proviennent de deux causes : l'inégale répartition des semences et la diversité des profondeurs d'enfouissement. Partout où les semences sont trop serrées, les tiges sont frêles et les plantes entières restent faibles jusqu'à leur maturation rapide, parce que chaque plant n'a pas une nourriture suffisante dans le sol et manque de place et d'air. Dans les places où les semences sont très écartées, chaque plante lève et végète vigoureusement; sa tige est forte et rigide, et si elle mûrit tard c'est qu'elle trouve assez d'aliments pour développer sa partie herbacée plus longtemps. Dans les places où la graine a été peu enfouie, elle lève trop tôt et peut souffrir des intempéries. Si elle a été trop enfouie en certaines places, la levée est très tardive ou ne peut même se faire.

Les diverses combinaisons de ces deux irrégularités de répartition et d'enfouissement donnent aux plantes les apparences les plus diverses. Les inégalités de l'ensemencement se traduisent :

1° Par une masse de graines perdues parce qu'elles restent à la surface ou sont trop enfouies;

2° Par une inégalité de végétation et par suite de maturation;

3° Par une inégalité de résistance des tiges aux vents qui tendent à les verser.

Quand toutes les tiges sont également fortes, aucune ne cède ou toutes s'inclinent sous le même effort en le partageant. Dans le cas contraire, les plus frêles cèdent et entraînent ensuite les plus fortes. Nous ajouterons sans crainte que toutes les récoltes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

racines, céréales, légumineuses à graines farineuses, fourrages légumineux et autres plantes sont avec avantage semées en lignes.

Le semoir en lignes, ou en poquets, est donc, dans la culture moderne, un instrument indispensable. En avançant que l'adoption de la culture en lignes du froment seulement accroîtrait notre production de 3 hectolitres de grains par hectare ou d'un cinquième au moins, nous sommes au-dessous de la vérité.

Pour avoir tous les avantages de la culture en lignes, il faut que le semoir satisfasse d'abord à deux conditions essentielles :

1° Répartir uniformément la graine sur chaque mètre parcouru et sur toute l'étendue du champ ensemencé en faisant varier, à volonté, la densité du semis ou le nombre des grains par mètre carré. C'est le rôle de la partie travaillante du semoir habituellement nommée *le distributeur;*

2° La seconde condition indispensable, c'est d'enfouir la graine partout à la même profondeur, avec la possibilité de faire varier à volonté cette entrure suivant les circonstances diverses qui peuvent se présenter, pour la saison, le sol, les semences, etc. Cette partie travaillante est *le rayonneur, contre-rayonneur, pied-rayonneur, soc-rayonneur,* etc. Il y en a autant que de lignes à ensemencer d'un coup, et ils doivent être indépendants l'un de l'autre.

Les diverses autres parties d'un semoir, travaillantes ou dirigeantes, sont :

3° Le conducteur de la semence depuis le distributeur jusqu'au fond des sillons ouverts par le rayonneur ou jusqu'à l'épandeur, si le semoir mécanique sème à la volée ; 4° le recouvreur, chargé de ramener la terre sur les graines enfouies dans les sillons. Cet appareil ne se trouve que dans quelques semoirs. En sols bien préparés avant l'époque du semis, bien friables, la terre retombe naturellement sur les graines, après le passage des rayonneurs; sinon, on passe, après le semoir, une herse très légère sur le champ ensemencé : elle ne dérange aucune graine. Lorsque le semoir comporte des recouvreurs, ce sont des fourches racleuses traînant des rouleaux ou même des traîneaux à poids variables, etc. Les parties dirigeantes sont, suivant l'importance des semoirs, des mancherons, des leviers de gouverne mus de l'arrière, des avant-trains-gouvernails, parfois des mécanismes de règlement pouvant porter d'un coup les rayonneurs plus ou moins à droite ou à gauche pour assurer le parallélisme et l'équidistance des lignes de deux trains contigus. Les pièces de conduite sont des limons, des flèches, des roues porteuses d'arrière et même d'avant.

Le jury ne s'est pas borné à faire ensemencer, dans des conditions données et égales pour les divers concurrents, une notable étendue de terrain, avec diverses graines ; il a, de plus, examiné soigneusement les dispositions permettant de varier : 1° la quantité à semer, 2° les écartements, 3° le degré d'enfouissement, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les tableaux suivants donnent les résultats des essais :

Le jury avait classé les semoirs à soumettre aux épreuves en quatre catégories :

1° Semoirs à toutes graines en lignes de huit rangs et au-dessus pour la grande culture;

2° Semoirs à toutes graines de 7 rangs au plus pour la moyenne et petite culture;

3° Semoirs à betteraves;
— Semoirs à poquets;

4° Distributeurs d'engrais.

Les semoirs à toutes graines devaient successivement semer :

1° Du blé, à raison de 150 litres par hectare, en lignes distantes de 0 m. 15 environ;

2° De l'orge, en lignes espacées de 0 m. 20, à raison de 150 litres par hectare;

3° Du maïs, à raison de 50 kilogrammes seulement (soit 67 lit. 567) à l'hectare, en lignes distantes de 0 m. 30;

4° Des graines de prairies artificielles à l'écartement de 0 m. 18 et à raison de 10 kilogrammes à l'hectare.

Les jurés assistaient aux épreuves et constataient les particularités de la marche du travail avec l'aide de commissaires spéciaux. Dans la première épreuve, les semoirs devaient ensemencer en lignes une surface donnée, ou plutôt faire un certain nombre d'allers et retours complets.

La deuxième épreuve, dite *des petits sacs,* avait pour but de constater la régularité de distribution de la graine sur toute la largeur du semoir. La troisième épreuve devait constater, par l'examen des plantes levées, la régularité du semis, comme rectitude des lignes d'un même passage, comme accord de la reprise entre passages successifs, l'uniformité d'enfouissement ou l'égalité de développement des plantes sur les diverses lignes, les interruptions de distribution prouvées par le manque de plants sur les lignes. En outre, comme nous l'avons déjà dit, le jury tenait compte des particularités de la construction en ce qui concerne la facilité de régler la quantité de graines distribuées, de changer les écartements, etc. L'ensemble des diverses notes sur les épreuves et les examens a seul décidé l'octroi des récompenses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU A

SEMOIRS DE GRANDE CULTURE.

Première épreuve. — Quantités réellement distribuées.

(Le jury demandait 150 litres pour le blé et l'orge et 67 lit. 567 pour le maïs ou en poids respectivement 117,96 et 50 kilogrammes.)

ESPÈCE de SEMENCES.	NOMS DES EXPOSANTS.	NOMBRE de SOCS ou coutres.	NOMBRE de LIGNES semées.	QUANTITÉS DE SEMENCES réellement répandues par hectare en litres.	QUANTITÉS DE SEMENCES réellement répandues par hectare en kilogrammes.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS DEMANDÉS et les poids distribués, absolues en trop.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS DEMANDÉS et les poids distribués, absolues en moins.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS DEMANDÉS et les poids distribués, relatives ou p. o/o en trop.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS DEMANDÉS et les poids distribués, relatives ou p. o/o en moins.	SURFACE ENSEMENCÉE en totalité en mètres.	SURFACE ENSEMENCÉE par chacun des coutres.	LARGEUR SEMÉE en total.	LARGEUR SEMÉE par rayon.	POIDS DES GRAINES restant en caisse.	POIDS DES GRAINES semées.	CLASSEMENT.
Froment.	Smyth (Angleterre)	10	40	190.5	148.580	31.580	//	26.992	//	908.6	90.86	6.53	0.16325	11.5	13.5	4e
	Liot (France)	14	56	220.3	171.746	54.746	//	46.791	//	1.135.4	81.10	8.10	0.14464	5.5	19.5	5e
	Hurtu (France)	12	48	170.2	132.784	15.784	//	13.491	//	1.092.0	91.00	7.82	0.16292	10.5	14.5	3e
	Robillard (France)	10	40	142.6	111.232	//	5.968	//	4.930	917.0	91.70	6.58	0.16450	14.8	10.2	2e
	Japy (France)	8	32	156.8	122.333	5.332	//	4.558	//	735.7	91.96	5.22	0.16312	16.0	9.0	1er
Orge	Smyth	7	28	162.81	104.198	8.198	//	8.540	//	868.8	123.40	6.14	0.21930	16.0	9.00	2e
	Liot	10	40	203.41	131.464	35.464	//	36.941	//	1.141.4	114.10	8.15	0.20375	10.0	15.00	5e
	Hurtu	10	32	128.61	82.312	//	13.688	//	14.258	1.192.0	109.30	7.81	0.19535	16.0	9.00	3e
	Robillard	8	28	140.65	90.020	//	5.980	//	6.230	922.0	115.25	7.30	0.22816	15.8	9.20	1er
	Japy	7	//	122.95	78.692	//	17.308	//	18.030	826.0	118.00	5.60	0.20000	18.5	6.50	4e
Maïs	Smyth	5	10	111.681	82.645	32.645	//	66.290	//	423.5	84.70	2.96	0.29600	21.5	3.5	2e
	Liot	7	14	172.566	127.700	77.700	//	155.400	//	587.3	83.90	4.20	0.30000	17.5	7.5	5e
	Hurtu	6	12	98.999	73.260	23.260	//	46.520	//	546.0	91.00	3.88	0.32300	21.0	4.0	1er
	Robillard	5	10	118.130	87.417	37.417	//	74.834	//	434.7	86.94	3.30	0.33000	21.2	3.8	3e
	Japy	4	8	127.006	93.985	43.985	//	87.970	//	372.4	93.10	2.43	0.30375	21.5	3.5	4e
Petites graines de prairie artificielle.	Smyth	8	16	//	6.360	//	3.640	//	36.40	267.30	33.412	2.970	0.186	4.830	0.170	4e
	Liot	12	24	//	9.145	//	6.855	//	8.55	366.30	30.525	4.070	0.170	4.665	0.335	1er
	Hurtu	10	20	//	7.145	//	2.855	//	28.55	356.85	35.685	3.965	0.198	4.765	0.235	2e
	Robillard	8	16	//	13.400	3.40	//	34.00	//	299.25	37.406	3.325	0.208	4.599	0.401	3e
	Japy	8	16	//	17.226	7.226	//	72.26	//	286.20	35.775	3.180	0.199	4.507	0.493	5e

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette première épreuve avait surtout pour but de mettre en terre la semence pour constater les particularités de cette opération et permettre l'examen des résultats de cet ensemencement.

Le règlement du distributeur dépend surtout de l'homme qui en est chargé; la plupart des semoirs ayant assez de moyens de varier la quantité de graines à semer par hectare pour que l'on puisse toujours approcher de la quantité demandée.

Si pour le blé, certains semoirs ont répandu en trop jusqu'à 46 p. 100 de la quantité demandée par le jury, cela ne dépend pas des semoirs, qui sont certainement bons, mais des conducteurs qui ont pu faire une erreur d'engrenage. Deux concurrents seulement ont répandu la quantité voulue, à 4.5 ou 4.9 p. 100 près.

Pour l'orge, le plus grand écart est de près de 37 p. 100 et pour le même semoir donnant le maximum de blé. Un seul concurrent a mis la quantité voulue à 6 p. 100 près. La quantité de maïs répandue par les cinq concurrents a été de beaucoup supérieure à la quantité demandée. Le concurrent qui s'est le moins éloigné du chiffre voulu a mis 46.5 p. 100 de trop; l'un des concurrents a fourni 155 p. 100 en trop. Le même semoir pour les trois espèces de graines a présenté les plus grands écarts. Il est hors de doute que le cultivateur doit lui-même faire, pour le semoir qu'il emploie, des essais propres à lui permettre d'établir un tableau de règlement précis. — Le constructeur doit, il est vrai, disposer les transmissions et les cuillers du distributeur de son semoir de façon à permettre un *très grand nombre* de changements de quantités. — Nombre de semoirs à toutes graines pèchent en ce point, sous le prétexte de simplification.

Bien que le classement, au point de vue de la quantité semée par rapport à celle demandée, n'ait qu'une importance très secondaire, il résulte du tableau précédent que l'on peut ranger ainsi les semoirs, *par ordre de mérite :* Robillard, Hurtu, Smyth, Japy et Liot.

Les résultats de la deuxième épreuve sont consignés dans le tableau B.

Cette épreuve a une certaine importance et par suite le classement des semoirs à ce point de vue doit être pris en grande considération.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU B.

GRANDS SEMOIRS, SEMIS DE FROMENT, ORGE ET MAÏS.

Deuxième épreuve dite *des petits sacs*.

ESPÈCES DE SEMENCE.	NOMS des EXPOSANTS.	POIDS DES SACS RECEVANT LE GRAIN DES TUBES. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	POIDS DES SACS pleins. TOTAL.	Moyenne.	TARE DES SACS. Ensemencés.	Moyenne.	POIDS DE SEMENCES. TOTAL.	Moyenne.	MAXIMA REÇUS. Bruts.	Nets.	MINIMA REÇUS. Bruts.	Nets.	DIFFÉRENCE PAR RAPPORT à la moyenne. En plus.	En moins.	SOMME des différences.	ORDRE DE RÉGULARITÉ.	SURFACE ENSEMENCÉE.	GRAIN SEMÉ.	PAR HECTARE.
Blé.	Smyth..	540	598	557	597	599	594	530	498	598	588	"	"	"	"	3'983	598.30	414	41.40	4'869	486.90	557	515.60	498	458.60	98.70	5.89	6.22	13.11	3e	463	105	135
	Liot.	689	690	727	657	675	690	699	668	615	637	672	634	671	594	9,318	665.57	570	40.71	8.748	624.86	797	686.29	594	538.29	61.43	9.83	11,45	21.28	4e	639	137	176
	Hurtu....	598	615	605	606	620	610	614	634	596	614	604	593	"	"	" 7,307	608.90	485	40.42	6.822	568.50	634	593.58	593	559.58	38.08	4.40	15.92	7.20	1er	537	127	163
	Robillard	620	600	592	534	602	600	490	610	550	568	"	"	"	"	" 5,766	576.60	405	40.50	5.361	536.00	670	629.50	490	449.50	93.40	17.40	16.10	33.50	5e	479	112	142
	Japy....	625	639	619	582	585	590	618	"	"	"	"	"	"	"	" 4,358	608.30	985	40.70	3.973	567.60	639	598.30	585	541.30	30.70	5.40	4.60	10.00	2e	540	98	130
Orge.	Smyth..	820	875	875	860	845	810	795	"	"	"	"	"	"	"	" 5,880	840.0	981	40.14	5.599	799.85	875	834.86	795	754.86	35.00	43.75	45.00	5.625	3e	293	250	330
	Liot.	830	865	874	872	870	870	852	"	"	"	"	"	"	"	" 6,033	861.9	978	39.70	5.575	822.10	874	834.30	830	790.30	18.10	1.47	31.90	3.880	1er	"	218	286
	Hurtu...	600	615	628	598	588	595	577	"	"	"	"	"	"	"	" 4,193	599.0	280	40.00	5.391	559.00	630	580.00	577	537.00	21.00	3.75	22.00	3.930	2e	"	175	230
	Robillard	728	738	725	780	820	810	792	"	"	"	"	"	"	"	" 5,443	777.6	280	"	5.173	787.60	820	780.00	728	688.00	42.40	5.78	49.60	6.700	5e	"	231	331
	Japy....	480	480	485	472	450	460	499	"	"	"	"	"	"	"	" 3,326	475.4	280	"	3.046	435.14	499	459.00	450	410.00	43.86	5.50	25.14	5.777	4e	"	137	180
Maïs.	Smyth..	570	568	580	577	580	"	"	"	"	"	"	"	"	"	" 2,875	575	204	40.8	2.671	534.20	580	539.2	568	527.20	5.00	0.936	7.0	1.31	1er	2.946	"	"	"
	Liot.	934	914	942	"	835	934	"	"	"	"	"	"	"	"	" 4,549	909.8	289	39.8	4.340	870.00	934	894.2	835	795.20	44.20	2.781	74.8	8.60	5e	11.381	"	"	"
	Hurtu...	573	603	592	603	580	550	"	"	"	"	"	"	"	"	" 3,501	583.5	285	39.16	3.066	544.83	603	563.84	550	510.86	19.51	3.58	33.49	6.15	3e	9.73	"	"	"
	Robillard	860	840	870	813	833	"	"	"	"	"	"	"	"	"	" 4,216	843.2	201	40.2	4.015	803.00	870	849.8	813	772.80	26.80	3.33	30.2	3.76	2e	7.09	"	"	"
	Japy....	553	559	578	595	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	" 2,215	553.75	160	40.0	2.055	513.75	578	538	595	485.00	44.25	4.70	98.75	5.60	4e	10.3	"	"	"

GROUPE VI. — 1.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU C.

SEMOIRS DE PETITE CULTURE.

Premières épreuves. — Ensemencement.

ESPÈCES de GRAINES.	NOMS DES EXPOSANTS.	NOMBRE de coutres rayonneurs	NOMBRE de figures semées	QUANTITÉS DE SEMENCES réellement répandues en litres.	QUANTITÉS DE SEMENCES réellement répandues en kilogr.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS DISTRIBUÉS et les poids demandés. Absolues. en trop.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS DISTRIBUÉS et les poids demandés. Absolues. en moins	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS DISTRIBUÉS et les poids demandés. Relatives. en trop.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS DISTRIBUÉS et les poids demandés. Relatives. en moins	SURFACE ENSEMENCÉE en tot. mètres.	SURFACE ENSEMENCÉE par coutre	LARGEUR SEMÉE TOTALE	LARGEUR SEMÉE par coutre	POIDS DES GRAINES. restant en caisse	POIDS DES GRAINES. semée	CLASSEMENT.	LONGUEUR DES MAÎTRES.	OBSERVATIONS.
Blé	Perret	4	8	101,650	78,270	"	37,230	"	39,384	772.80	193.20	2.40	0.300	"	64.050	5e	322	
	Pellot-Schung	7	14	44,450	34,226	"	81,274	"	70,367	672.00	96.00	2.10	0.150	"	2.300	8e	330	
	Magnier	7	14	38,652	29,762	"	83,738	"	74,934	672.00	96.00	2.10	0.150	"	2.000	9e	330	
	Japy	6	12	71,868	55,338	"	60,162	"	52,088	614.40	102.40	1.92	0.160	"	3.400	7e	320	
	Hurtu	6	12	106,089	82,145	"	33,355	"	28,879	572.16	95.36	1.92	0.160	"	4.700	4e	298	
	Robillard	7	14	170,309	131,138	15,638	"	13,539	"	716.80	102.40	2.24	0.160	"	9.400	1er	330	
	Maréchal	7	14	86,693	69,081	"	53,419	"	46,250	716.80	102.40	2.24	0.160	"	2.450	3e	330	
	Prat	4	8	107,849	82,813	"	34,687	"	30,300	640.00	160.00	2.00	0.250	"	5.300	2e	320	
	Lhermite	2	2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.200	"	"	
	Smyth	6	12	128,940	99,284	"	16,216	"	14,089	614.40	102.40	1.92	0.160	"	6.100	2e	320	
Orge	Perret	4	8	101,595	65,091	"	30,979	"	32,270	753.60	188.40	2.40	0.300	"	4.900	3e	314	
	Pellot-Schung	7	14	50,809	39,180	"	56,890	"	59,187	663.60	194.80	2.10	0.150	"	2.600	6e	316	
	Magnier	6	12	38,695	84,995	"	11,075	"	11,536	753.60	125.60	2.40	0.200	"	0.400	1er	314	
	Japy	5	10	64,663	41,346	"	54,654	"	56,931	604.00	120.80	2.00	0.200	"	2.580	5e	312	
	Hurtu	5	10	56,912	36,194	"	59,576	"	62,058	604.00	120.80	2.00	0.200	"	2.300	7e	302	
	Robillard	5	10	194,950	79,590	"	16,480	"	17,167	666.5	133.30	2.15	0.215	"	3.300	2e	310	
	Maréchal	9	10	86,741	55,514	"	40,486	"	42,173	666.5	133.30	2.15	0.215	"	3.700	4e	310	
	Prat	4	8	51,925	33,228	"	62,772	"	65,387	632.0	158.00	2.00	0.250	"	2.100	8e	316	
	Lhermite	2	2	"	"	"	"	"	"	"	"	0.30	0.150	"	1.400	"	316	
	Smyth	5	10	43,403	27,778	"	68,222	"	71,065	612.0	122.40	2.00	0.200	"	1.700	9e	306	
Maïs	Perret	4	8	80,168	59,326	9,326	"	18,055	"	784.8	"	2.40	0.300	"	4.300	2e	302	
	Pellot-Schung	4	8	144,566	106,908	56,908	"	113,816	"	789.60	"	2.40	0.300	"	7.800	8e	304	
	Magnier	5	10	202,939	164,458	114,458	"	228,916	"	906.00	"	3.00	0.300	"	11.900	9e	302	
	Japy	3	6	46,001	34,041	"	13,959	"	31,918	587.52	"	1.92	0.320	"	2.000	5e	306	
	Hurtu	3	6	52,611	38,906	"	11,034	"	22,068	597.96	"	1.98	0.330	"	2.330	3e	302	
	Robillard	4	8	108,476	80,273	30,273	"	60,546	"	797.28	"	2.64	0.330	"	6.400	6e	302	
	Maréchal	4	8	112,713	83,408	33,408	"	66,816	"	"	"	2.64	0.330	"	6.650	7e	302	
	Prat	4	8	87,749	64,935	14,935	"	29,870	"	616.00	"	2.00	0.250	"	4.000	4e	308	
	Lhermite	2	2	"	"	"	"	"	"	"	"	0.30	0.150	"	1.150	"	"	
	Smyth	3	6	55,759	41,262	"	8,738	"	17,476	605.88	"	1.98	0.330	"	2.300	1er	306	
Graines de prairies artificielles.	Perret	4	4	96,389	16,389	"	"	103,89	"	108	"	1.20	0.300	"	0.285	"	90	Assez bon travail.
	Pellot-Schung	7	7	19,577	9,577	"	"	90,77	"	94.5	"	1.05	0.150	"	0.185	"	90	Conducteur forcé d'appuyer sur les manches.
	Magnier	7	7	"	"	"	9,945	"	29,45	118.4	"	1.26	0.180	"	0.080	"	90	
	Japy	3	5	7,055	"	"	"	"	"	81.0	"	0.90	0.180	"	0.185	"	90	
	Hurtu	6	6	35,185	25,185	"	"	251,85	"	81.0	"	0.90	0.180	"	0.185	"	90	
	Robillard	7	7	24,306	14,306	"	"	143,06	"	86.4	"	0.96	0.600	"	0.210	"	90	Coutres parfois hors terre, roues trop petites.
	Maréchal	7	7	6,549	"	"	3,458	"	34,58	108.95	"	1.155	0.165	"	0.068	"	90	
	Prat	4	4	24,030	14,030	4,030	"	140,30	"	"	"	1.155	0.165	"	0.250	"	90	
	Lhermite	2	2	25,000	15,000	"	"	150,00	"	90.00	"	1.000	0.250	"	0.295	"	90	
	Smyth	6	6	17,140	7,140	"	"	71,40	"	108.00	"	1.200	0.150	"	0.185	"	90	
				5,787	"	"	4,213	"	42,13	86.40	"	0.960	0.160	"	0.050	"	90	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour la régularité de la distribution sur toute la largeur des semoirs, on peut les ranger ainsi :

1er, Hurtu; 2e, Smyth; 3e, Liot et Japy; 4e, Robillard. Les plus grands écarts ont été de 17.4 en plus et 16.1 en dessus et en dessous de la moyenne, et ce chiffre est si exceptionnel que l'on peut l'attribuer à un accident qui n'a pu être constaté. A part cette exception, les plus grands écarts pour les distributeurs à cuillers sont 9.83 au-dessus et 11.45 au-dessous de la moyenne.

L'examen des parcelles ensemencées de diverses graines par les cinq semoirs concurrents a fait reconnaître une réussite parfaite pour le blé, pour les cinq concurrents : les différences étaient à peine appréciables et pouvaient tenir à quelques inégalités dans la préparation du sol, labouré en planches. Un terrain labouré à plat eut mieux convenu à cette épreuve. La même observation peut être faite sur les parcelles d'orge. Les quelques petits espaces où manquent des plants se remarquent dans les parcelles ensemencées par un distributeur en vis d'Archimède. Ils sont, du reste, très peu importants.

Pour le maïs, 3 concurrents seulement ont un semis assez bien réussi. Les petites graines ont peu ou mal levé dans toutes les parcelles.

Enfin, on peut, pour la troisième épreuve, résultant des deux premières, ranger ainsi les semoirs :

1er, Hurtu; 2e, Smyth; 3e, Liot; 4e, Robillard; 5e, Japy; mais il faut reconnaître que les différences entre les deux premiers sont à peine sensibles; et que même les 2e et 3e ne diffèrent, dans les notes, que de 5 p. 100 au plus.

En tenant compte, en outre, des particularités de la construction des diverses parties, le jury conclut que, pour les semoirs de grande culture, il n'y a pas lieu d'accorder un objet d'art, les appareils concurrents ne présentant ni invention ni perfectionnement notable depuis 1878; il accorde les récompenses suivantes :

Médailles d'or.....	M. Smyth. M. Hurtu. M. Liot.
Médailles d'argent....	M. Robillard. M. Japy.

La grande culture peut, sans crainte, adopter ces semoirs.

Les résultats des essais des semoirs de petite ou moyenne culture sont résumés dans le tableau C.

D'après la précision avec laquelle les semoirs ont approché de la quantité demandée par hectare, les semoirs se rangent ainsi :

1er, Robillard; 2e, Perret, Smyth, Hurtu, Prat, Japy, Maréchal, Magnier et enfin Pellot-Schung. Ce classement d'une très faible importance donne lieu aux observations précédemment faites pour les grands semoirs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats de la seconde épreuve sont résumés dans le tableau D et permettent de classer ainsi les semoirs :

1er, Smyth; 2e, Hurtu; 3e, Japy; 4e, Prat; 5e, Maréchal et Robillard; 6e, Perret, et 7e, Magnier.

Les résultats de la troisième épreuve (levée des plants et aspect des semis) sont très incertains pour le maïs, dont beaucoup de lignes présentent des manquants dont la cause est difficile à déterminer. A un moindre degré, la même observation peut être aite pour le semis de froment.

Les parcelles d'orge sont en général très bien levées sans manques et plants réguliers.

La somme de cette troisième épreuve avantage sensiblement les semoirs de MM. Robillard, Maréchal et Perret. Cependant, MM. Smyth et Hurtu ont de bons semis et ne sont que très peu différents des précédents. Le semis de M. Japy approche beaucoup de ces derniers. En tenant compte de ces diverses épreuves et des dispositions de détail et d'ensemble des semoirs, le jury propose les récompenses suivantes :

SEMOIRS À TOUTES GRAINES :

Médailles d'or..... { M. Smyth, de Peasenhall (Angleterre).
M. Liot (France).
M. Hurtu, à Nangis (France).

Médaille d'argent : M. Maréchal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU D.

SEMOIRS DE MOYENNE ET PETITE CULTURE.

Deuxième épreuve dite *des petits sacs*.

(Longueur : 200 mètres.)

ESPÈCES de GRAINES.	NOMS des EXPOSANTS.	POIDS BRUTS DES SACS RECEVANT LA GRAINE DES TUBES. 1	2	3	4	5	6	7	TOTAL.	POIDS DES SACS PLEINS. Moyenne.	TOTAL.	POIDS NET DE LA SEMENCE. (40 gr. par sac.) Moyen.	Par hectare.	DIFFÉRENCES ENTRE LES QUANTITÉS À SEMER et les quantités semées. Absolues. En trop.	Absolues. En moins.	Relatives ou p. o/o. En trop.	Relatives ou p. o/o. En moins.	ÉCARTS ENTRE LE DÉBIT MOYEN et les extrêmes. Maximum.	Minimum.	TOTAL.	PRÉCISION.	RÉGULARITÉ.	DÉBIT.	VITESSE.	DÉFINITIF.
Blé à un minimum de 100 litres ou 77 kilogr. par hectare.	Smyth	287	285	285	300	289	302	"	1,748	291,333	1,506,586	251,098	78,468	1,468	"	1,906	"	3,661	2,174	5,835	1er	1er	1er	1er	1er
	Maréchal	202	195	188	195	191	200	232	1,403	200,430	1,121,351	160,193	50,060	"	26,940	"	34,987	15,751	6,202	21,953	4e	6e	2e	6e	4e
	Magnier	150	138	138	202	183	191	175	1,177	168,143	895,851	127,907	39,971	"	37,029	"	48,063	20,136	17,927	38,063	6e	7e	8e	8e	7e
	Hurtu	380	390	363	409	350	382	"	2,274	379,000	2,032,586	288,764	105,864	28,864	"	37,486	"	7,916	7,659	15,068	5e	4e	3e	4e	3e
	Robillard	450	462	443	405	489	440	433	3,122	446,000	2,840,351	405,000	126,801	49,801	"	64,677	"	9,641	9,193	18,834	8e	5e	6e	5e	5e
	Prat	280	305	270	315	"	"	"	1,170	292,500	1,009,058	252,264	78,832	1,832	"	2,379	"	7,692	7,692	15,384	3e	4e	3e	3e	3e
	Perret	330	310	325	420	"	"	"	1,385	346,250	1,224,058	306,014	95,629	18,629	"	24,193	"	21,300	10,469	31,769	3e	8e	7e	7e	6e
	Japy	443	390	437	410	435	"	"	2,115	423,000	1,918,822	382,614	119,614	42,614	"	55,343	"	4,728	7,801	12,529	7e	2e	5e	2e	3e
Blé à un maximum de 300 litres ou 231 kilogr. par hectare.	Smyth	812	800	790	812	780	812	"	4,806	801,000	4,564,586	760,764	237,738	6,738	"	2,917	"	1,373	2,621	3,994	1er	1er	1er	1er	1er
	Maréchal	580	593	690	690	661	638	562	4,414	630,571	4,132,351	590,336	184,480	"	46,520	"	20,138	9,424	10,874	20,298	4e	5e	6e	6e	4e
	Magnier	800	940	935	1,150	1,225	1,025	1,185	7,260	1,037,143	6,978,351	996,907	377,533	80,533	"	34,863	"	18,113	22,865	40,978	6e	8e	7e	8e	6e
	Hurtu	680	635	705	630	660	660	"	3,970	661,667	3,728,586	621,431	194,107	"	36,803	"	15,932	6,548	4,786	11,334	2e	2e	2e	2e	2e
	Robillard	615	648	650	670	702	710	590	4,585	665,000	4,308,351	614,764	192,114	"	38,886	"	16,834	8,397	9,924	18,321	3e	4e	5e	5e	3e
	Prat	615	400	605	568	"	"	"	2,188	547,000	2,027,058	506,764	158,364	"	72,636	"	31,444	12,468	26,874	39,342	5e	7e	8e	7e	5e
	Perret	1,500	1,682	1,438	1,502	"	"	"	6,122	1,530,500	5,961,058	1,490,264	465,707	234,707	"	101,605	"	9,898	6,043	15,941	8e	6e	3e	4e	4e
	Japy	485	475	500	450	525	"	"	2,435	487,000	2,274,058	454,811	142,128	"	88,872	"	38,473	7,803	7,597	15,400	7e	3e	4e	3e	3e

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU E.

SEMOIRS À POQUETS OU PLANTEURS.

(La quantité indiquée était de 70 litres à l'hectare, soit 55 kilogr. pour le froment, 100 kilogr. pour les fèves et 70 au plus ou 125 litres pour les pois.)

ESPÈCES DE GRAINES.	NOMS DES EXPOSANTS.	NOMBRE DE COUTRES.	NOMBRE DE GRAINS par poquet.	POIDS SEMÉ réel-lement.	DIFFÉRENCES ENTRE LE POIDS SEMÉ ET LE POIDS DEMANDÉ. Surface ensemencée (à l'ha.)	Poids semé par hectare.	Absolues. En trop.	Absolues. En moins.	Relatives ou p. o/o. En trop.	Relatives ou p. o/o. En moins.	CLASSEMENT.	OBSERVATIONS.
					m.							
Froment.	Smyth	4	16 à 18	1k700	432	39k352	//	15,648	//	28,450	2e	Poquets bien ramassés à 0 m. 27, 1/5 de grain casé, 88 au mètre carré de 17 grains.
	Brichard	1	8 à 17	0,460	60	76,667	21,667	//	39,394	//	3e	Poquets mal ramassés à 0 m. 20, 1/20 de grain casé.
	Robillard	3	6 à 12	1,050	216	48,611	6,389	6,389	//	11,616	1er	Poquets bien ramassés, à 0 m. 20, pas de cassage, 16 3/3 au mètre carré de 9 grains.
Féveroles.	Smyth	4	//	2,500	432	57,870	//	42,130	//	42,130	1er	L'épreuve un peu incomplète permettrait de classer ainsi les 3 semoirs : 1er Robillard, 2e Smyth, 3e Brichard.
	Brichard	1	//	1,300	60	216,667	116,667	//	116,667	//	2e	
	Robillard	3	//	4,700	216	117,592	117,592	//	117,592	//	3e	
Pois ou vesces.	Smyth	4	//	1,400	432	32,407	//	37,593	//	53,704	3e	
	Brichard	1	//	0,330	60	55,000	//	15,000	//	21,429	2e	
	Robillard	3	//	1,350	216	62,500	//	7,500	//	10,714	1er	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU F.

SEMOIRS À BETTERAVES.

(Les lignes doivent être à 0 m. 30 avec 25 kilogr. de grains à l'hectare. Longueur de lignes : 120 mètres. Poids de graines fourni 5 kil. 800.)

NOMS DES EXPOSANTS.	NOMBRE DE COUTRES.	ÉCARTEMENT.	LARGEUR PAR TRAIN.	ENSEMENCÉ EN TOTALITÉ.	SURFACE ENSEMENCÉE		POIDS DE GRAINS SEMÉ par hectare.		DIFFÉRENCES ENTRE LA QUANTITÉ SEMÉE ET CELLE INDIQUÉE.				CLASSEMENT.	OBSERVATIONS.
					en totalité.	par coutre.	En tout.	Par hectare.	Absolues en trop.	Absolues en moins	Relatives en trop.	Relatives en moins.		
Maréchal	4	0m33	1m32	3m96	475.2	118.8	0k850	17,887	//	7k113	//	28,452	3e	Distributeur à palettes et agitatrices.
Pellot-Schung	3	0m40	1m20	3m60	432.0	144.0	1k350	31,250	6,250	//	25,000	//	2e	*Idem.*
Robillard	4	0m33	1m32	3m96	475.2	118.8	1k150	24,200	//	0k800	//	3,200	1er	*Idem.*

NOTA. — Ce classement ne présente pas une grande importance, car les trois semoirs ont travaillé d'une façon presque identique.

TABLEAU G.

SEMOIRS À ENGRAIS AYANT PRIS PART AU CONCOURS.

(Le tableau G donne le signalement des semoirs concourants.)

Nos D'ORDRE.	NOMS DES EXPOSANTS.	VOIE des ROUES.	CAPACITÉ de la caisse.	LARGEUR d'épandage.	ÉPANDEUR.	POIDS D'ENGRAIS ÉPANDUS par hectare.		POIDS DU SEMOIR		PRIX	
						Maximum	Minimum	TOTAL.	par mètre de largeur.	TOTAL.	par mètre d'épandu.
			litres.			kilog.					
1	Caramija-Maugé	2,40	210	2,000	Chaîne racleuse	2,500	400	200	100,00	300	150 00
1 *bis*	Caramija-Maugé	2,40	210	2,000	Chaîne double	3,500	700	200	100,00	350	175 00
2	Hurtu	3,20	150	2,820	Hérisson et caisse ascend.	1,500	80	400	141,84	450	159 57
3	Faul	3,20	120	2,820	*Idem*	1,200	65	400	141,84	500	177 30
4	Fortin	2,90	150	2,500	A lamelles, fond ascendant	1,260	90	500	200,00	450	180 00
5	Billy	2,15	120	2,000	Malaxeurs	1,000	50	300	150,00	385	192 50
6	Mahot	3,25	150	3,000	Palettes et chevilles	1,200	100	300	100,00	350	116 66
7	Smyth	2,16	200	2,160	Cylindres cannelés indép.	1,200	125	420	194,40	550	254 60
8	Magnier	2,50	//	2,250	*Idem*	1,500	50	325	144,40	600	266 60

Les semoirs à engrais présentaient une grande variété de disposition. Il est regrettable que le système de M. Strawson n'ait pu arriver à temps pour ce concours. Il a été essayé plus tard et examiné par le jury de la classe 49.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU H.

ESSAIS DES SEMOIRS À ENGRAIS.

(Les concurrents devaient répandre par hectare 600 kilogr. de plâtre, 100 kilogr. de nitrate de soude et 1,000 kilogr. de superphosphate.)

ESPÈCE D'ENGRAIS.	N° D'ORDRE DES SEMOIRS.	NOMS DES EXPOSANTS.	LARGEUR D'ÉPANDAGE.	SURFACE SEMÉE pour 230m. 115m.460m. de long.	POIDS D'ENGRAIS FOURNI	POIDS D'ENGRAIS RENDU.	POIDS D'ENGRAIS SEMÉ réellement.	POIDS D'ENGRAIS SEMÉ par hectare.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS RÉPANDUS ET LE QUANTUM FIXÉ. Absolues en trop.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS RÉPANDUS ET LE QUANTUM FIXÉ. Absolues en moins.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS RÉPANDUS ET LE QUANTUM FIXÉ. Relatives en trop.	DIFFÉRENCES ENTRE LES POIDS RÉPANDUS ET LE QUANTUM FIXÉ. Relatives en moins.	CLASSEMENT.	OBSERVATIONS.
Plâtre. (600k.)	1	Caramija-Maugé	2.00	230.0	25	16.00	9.0	391,304	#	#	#	34,783	7e	
	1 bis	Caramija-Maugé	2.00	230.0	25	9.00	16.0	695,652	95,652	#	#	#	2e	
	2	Hurtu	2.82	324.3	50	35.00	15.0	462,534	#	137,466	15,942	22,911	5e	
	3	Faul	2.82	324.3	25	13.50	21.5	662,966	62,966	#	#	#	1er	
	4	Fortin frères	2.80	287.5	25	13.50	11.5	400,000	#	200,000	10,494	33,333	6e	
	5	Billy	2.00	230.0	25	13.50	11.5	500,000	#	100,000	#	16,678	3e	
	6	Mahot	3.00	345.0	50	33.50	16.5	478,261	#	121,739	#	20,290	4e	
	7	Smyth	2.16	248.4	50	42.50	7.5	301,932	#	298,068	#	49,678	8e	
	8	Magnier	2.25	258.75	50	26.00	24.0	927,536	54,589	#	#	#	9e	
Nitrate de soude. (100k.)	1	Caramija-Maugé	2.00	920.00	40	24.50	15.50	168,478	68,478	#	54,589	#	6e	A cessé de fonctionner après avoir parcouru 310 mètres.
	1 bis	Caramija-Maugé	2.00	620.00	40	8.25	31.75	512,097	412,097	#	64,478	#	8e	
	2	Hurtu	2.82	555.54	40	12.50	27.50	495,014	395,014	#	412,097	#	7e	
	3	Faul	2.82	1,297.20	20	11.00	9.00	69,380	#	30,620	395,014	#	4e	N'a pas fonctionné.
	4	Fortin frères	#	#	#	#	#	#	#	#	#	30,620	3e	
	5	Billy	2.00	920.00	20	8.50	11.50	125,000	25,000	#	#	#	5e	
	6	Mahot	3.00	1,380.00	40	30.50	9.50	68,840	#	31,160	25,000	#	2e	A cessé de fonctionner après avoir parcouru 197 mètres.
	7	Smyth	2.16	993.60	40	32.50	7.50	75,483	#	24,517	#	31,160	1er	
	8	Magnier	2.25	1,035.00	40	31.00	9.00	86,956	#	13,044	#	24,517	1er	
Superphosphate. (100k.)	1	Caramija-Maugé	2.00	460.0	110	99.00	11.00	239,130	#	760,870	#	13,044	8e	
	1 bis	Caramija-Maugé	2.00	460.0	110	88 00	22.00	478,260	#	521,740	#	76,087	5e	
	2	Hurtu	2.82	648.6	110	40.00	70	1,079,247	7,925	#	#	52,174	2e	
	3	Faul	2.82	648.6	110	38.50	71.5	1,102,374	112,374	#	7,925	#	3e	
	4	Fortin frères	#	#	110	#	#	#	#	#	10,237	#	3e	
	5	Billy	2.00	460.0	110	95.00	15.00	326,087	#	673,913	#	67,391	7e	
	6	Mahot	3.00	618.0	110	11.50	98.5	1,593,851	593,851	#	59,385	#	6e	N'a parcouru que 206 mètres.
	7	Smyth	2.16	496.8	110	67.50	42.5	855,475	#	144,525	#	11,452	4e	
	8	Magnier	2.25	517.5	110	57.50	52.5	1,014,493	14,493	#	1,449	#	1er	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'ensemble des trois essais permettrait donc de classer ainsi les semoirs à engrais au point de vue de la précision de la quantité semée sur demande.

1er, Faul; 2e, Magnier; 3e, Billy; 4e (*ex æquo*), Hurtu et Smyth; 5e (*ex æquo*), Caramija-Maugé et Mahot (double chaîne), et 6e, le même constructeur pour le semoir à simple chaîne.

Mais il convient de remarquer que le règlement dépend au moins autant du conducteur que de l'instrument qu'il est chargé de conduire.

Des notes données par les divers jurés sur la marche de l'appareil pendant l'épandage et en ayant égard à la précision de la quantité répandue, on conclut au classement suivant :

1er, Faul; 2e, Hurtu; 3e, Smyth; 4e, Magnier; 5e, Mahot; 6e, Billy; 7e, Caramija-Maugé, pour les deux semoirs.

Le semeur à engrais dit *le Hérisson*, importé en France par M. Faul, a montré, dans ces essais, une supériorité marquée sur les autres systèmes d'épandeurs.

Voici la liste des récompenses accordées par le jury :

SEMOIRS À ENGRAIS PULVÉRULENTS :

Médailles d'or..... { M. Faul, à Paris. / M. Hurtu, à Nangis.

Médaille d'argent : M. Smyth, de Peasenhall (Angleterre).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DE PRESSES À FOURRAGES

RAPPORT

PAR

M. GRANDVOINNET

PROFESSEUR À L'INSTITUT AGRONOMIQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DE PRESSES À FOURRAGES.

Le jugement d'ensemble d'une catégorie quelconque de machines présente toujours d'énormes difficultés que peut seule résoudre l'analyse de ses divers éléments mécaniques, appuyée sur des expériences bien faites.

Les presses à fourrages, malgré l'apparente simplicité du problème qu'elles doivent résoudre, ne font pas exception à cette règle. L'analyse doit même porter non seulement sur les divers organes de ces machines, mais aussi sur les conditions variables du problème à résoudre : *la compression des fourrages.*

Les avantages de la compression des fourrages varient, en effet, beaucoup avec les circonstances de leur production et de leur consommation. L'alimentation des animaux de ferme, des chevaux de troupe, de ceux des grandes entreprises de transport du commerce et des particuliers, a pour principale base le foin des prairies naturelles et artificielles. Bien que disséminées sur toute l'étendue du territoire, les prairies sont en partie localisées. Leurs groupements constituent les pays d'élevage et ceux d'embouches ou laitiers, suivant leurs richesses. La consommation principale se fait ainsi au lieu même de la production. Ce serait l'idéal, si la production était toujours au niveau de la consommation, et réciproquement. Malheureusement, l'herbe des prairies est peut-être de toutes les récoltes la plus dépendante des influences atmosphériques. Dans chaque localité, les années d'abondance alternent avec celles de disette de fourrages. Si le nombre d'animaux d'élevage ou d'engrais a été fixé pour la production moyenne, il y aura excès de nourriture en certaines années ; on sera porté à l'employer mal ou même à le gâcher. En d'autres années, la pénurie sera telle, que l'on sera forcé de restreindre le nombre de bouches à nourrir en vendant à perte, naturellement, une partie des jeunes animaux d'élevage ou des bêtes d'engrais encore maigres. Cependant, en un pays comme la France, si tels départements manquent de fourrages, d'autres simultanément sont dans l'abondance. Les inconvénients que nous venons de signaler pourraient donc être facilement évités si les départements qui récoltent plus de foin que ce qui leur est actuellement nécessaire pouvaient le vendre dans les départements où la disette se fait sentir. Cet échange, si avantageux, ne peut se faire, parce que le foin est une marchandise encombrante et d'une valeur relativement trop faible pour pouvoir supporter les frais de transport élevés. Aussi peut-on, dans le même moment, constater en France, du Nord au Midi et de l'Est à l'Ouest, des prix de fourrages très différents sur les marchés. Ces différences, qui se sont élevées parfois à 100 p. 100, sont souvent de 40 p. 100 au moins du prix le plus bas. Avant le développement des moyens de transport, il en était de même pour le blé, la principale

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

base de la nourriture de l'homme. Aujourd'hui, les disettes sont impossibles, parce que le blé a partout son approvisionnement assuré. Il a une grande valeur et n'est pas encombrant. Une tonne valant 236 francs n'occupe dans un wagon que 1,300 décimètres cubes d'espace, et, par suite, chaque wagon peut être chargé au maximum, c'est-à-dire de 10 à 12 tonnes. Le tarif par wagon est donc supporté par 10 à 12 tonnes de blé valant de 2,360 à 2,832 francs. Il en est tout autrement pour le foin en vrac ou bottelé à la main; chaque mètre cube de wagon n'en pourra guère contenir que 90 kilogrammes, et, par suite, le wagon ne portera que 3 tonnes de foin valant à peine 270 francs, soit huit à dix fois moins que le wagon de blé.

Le fourrage sec ne peut donc être transporté économiquement au loin que s'il est assez comprimé pour permettre d'en charger un wagon au maximum établi, 5 ou 10 tonnes suivant les compagnies de chemins de fer. Le premier avantage de la compression des fourrages, la réduction au tiers des frais de transport, est particulièrement important, mais il n'est pas le seul. Pour que le commerce d'échange ait ses coudées franches et que l'approvisionnement d'un pays soit assuré, il est nécessaire non seulement que le transport soit économique, mais il faut aussi que le fourrage puisse être emmagasiné et conservé pendant un ou deux ans. La compression seule permet de le faire économiquement, soit par les commerçants en fourrages, soit par les administrations de la guerre, des omnibus, des voitures de place, soit même par les particuliers. Le foin à consommer sur le lieu même de la production peut être mis en meules sans trop grand frais, et il ne subit là que le minimum de déchet. Lorsque le foin est bottelé à la main et emmagasiné dans les greniers, il supporte des frais notables et subit des déchets importants. Il se dessèche, devient cassant, poussiéreux, et, à chaque déplacement subit un nouveau déchet. La compression mécanique s'impose donc dès que le fourrage doit subir quelque transport et un long emmagasinage. On réduit ainsi au minimum les déchets de manipulation et de route, et les chances d'incendie ou de détérioration. Des balles de foin fortement comprimées sont à peu près incombustibles et supportent la sécheresse et l'humidité sans en souffrir sensiblement. Ce qui précède établit suffisamment les avantages de la compression des fourrages, pour que la nécessité des presses ne puisse être mise en doute dans la presque généralité des cas. On comprend toutefois que les frais de compression et la complication des machines croîtront avec l'intensité de cette compression. Il s'agit donc d'établir, comme base de l'appréciation des machines, le degré de compression convenable. Comprimer au delà du nécessaire, c'est pousser à la complication des mécanismes de compression et accroître la dépense de l'opération, et même détériorer le fourrage. Il faut donc limiter la compression au strict nécessaire imposé par les circonstances diverses. Pour le transport par le chemin de fer, il faut qu'un wagon d'une capacité d'environ 36 mètres cubes puisse recevoir de 5 à 6 tonnes de fourrage ou de 10 à 12 suivant les tarifs des compagnies. Dans le premier cas, il faut une densité de 0.138 à 0.167, et, dans le second cas, le volume du foin doit être réduit à la moitié, au tiers et même au quart

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de celui qu'il occupait avant la compression. Pour les transports par navires, le fret est, par mètre cube, sans limite de densité. Il faudrait donc réduire le volume de foin autant que possible. Nous ne croyons pas qu'il soit avantageux de dépasser 450 kilogrammes au mètre cube. C'est la densité pratique maxima.

Le Ministère de la guerre exige 170 kilogrammes au mètre cube.

Le transport à 200 kilomètres de 2,360 francs de blé ne coûtera que 60 francs ou 2 1/2 p. 100 de sa valeur, tandis que le foin non comprimé sur le même wagon payera le même prix pour une valeur de 324 francs; c'est presque 20 p. 100. En réduisant par la compression le volume du foin au tiers, on réduit le prix du transport dans la même proportion. Les frais de compression doivent naturellement être notablement moindres que le bénéfice à faire sur le transport. Cette condition doit engager à choisir des machines exigeant peu de main-d'œuvre et de force motrice par tonne de foin, construites assez rationnellement pour avoir une grande durée sans trop de frais d'entretien, ce qui implique le bas prix relatif de l'appareil. Ainsi, en résumé, les qualités à rechercher dans une presse à foin sont les suivantes :

1° *Possibilité de comprimer* le foin à la densité nécessaire : soit à 200, 250, 300 et même, en certains cas, à 450 kilogrammes au mètre cube ;

2° *Réduction de la main-d'œuvre* au minimum compatible avec l'importance de la production journalière ;

3° *Solidité, durabilité, facilité des réparations, économie d'entretien, bas prix.*

Les essais faits à Noisiel avaient donc pour but de constater :

1° Les dimensions des balles faites par les diverses presses, et leur poids, permettant de déterminer leur densité ; 2° le nombre d'hommes nécessaires pour le service de la machine ; 3° la force du moteur (vapeur ou manège) ; 4° le temps employé, ou la production par heure de travail ; 5° le poids et le prix de la machine ; 6° les chances de rupture, d'usure, etc.

Les résultats des essais permettent de déterminer approximativement le prix de revient de la mise en balles comprimées d'une tonne de foin. L'élément le plus incertain de ce prix de revient, c'est la part de frais à mettre aux comptes de l'intérêt du prix d'achat, de l'amortissement et de l'entretien. Cette part dépend en effet du nombre de jours pendant lesquels la presse à foin peut être utilisée chaque année. Le foin, on le comprend, ne doit être mis en balles comprimées que lorsqu'il est dans un état de siccité convenable, sans être cassant. La conservation du foin dépend en effet essentiellement de son état hygrométrique au moment de la mise en balles comprimées. La manipulation devra tenir compte des diverses espèces de foin et de leur état actuel. Si le foin vient de prairies mal soignées, il contient force mauvaises herbes venues à maturité avant les bonnes. Les premières ont donc cessé de végéter lorsque l'on coupe la prairie ; mortes, elles conservent de l'humidité que la *vie* seule peut évaporer. Si elles reçoivent la rosée, elles apportent dans la balle des germes de pourriture ou de moisissure qui se développeront. Il convient donc, avant de comprimer le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

foin, de constater avec soin son état et, au besoin, de lui faire subir quelques préparations. Si l'on est forcé de mettre en balles comprimées du foin trop jeune ou fraîchement coupé, il faut d'abord le mettre en tas de façon que la masse s'échauffe, ce qui se voit aux vapeurs se dégageant du tas. On surveille ce tas, et dès que la température intérieure atteint le degré voulu, on le défait rapidement. Avec deux ou trois de ces tas ouverts, on refait un meulon plus gros dans lequel l'échauffement se maintient ou continue sans danger. On peut alors procéder à la compression.

Lorsque cela est possible, on mélange au foin neuf partie égale de foin vieux. Pour avoir du foin dans l'état convenable pour être mis en balles comprimées, il faut, en France, n'employer les presses que du 1er juillet à la fin d'octobre, soit quatre mois de bon travail. Si l'on a des raisons de reprendre le foin des balles comprimées, soit pour assurer leur conservation, soit pour les presser à nouveau pour avoir une plus forte densité, on peut le faire à partir de mars, pendant deux mois environ; soit au maximum six mois de travail ou cinq en moyenne. Lorsque le foin est en meules bien faites ou dans des *fenils* parfaitement abrités, le travail de la presse à foin peut être continué pendant un ou deux mois de plus; soit 200 jours par année. Lorsque l'on met le foin nouveau en bottes devant peser, sèches, 5 kilogrammes, on prend 6 kilogrammes de foin, parfois un peu plus, jusqu'à 6 kilogr. 5. Un botteleur habile lie, à trois liens, de 250 à 350 bottes par jour lorsque, bien entendu, il travaille à tâche. C'est, par jour, de 1,800 à 2,100 kilogrammes de foin récemment coupé, ou 1,500 à 1,750 kilogrammes secs à la vente. Un homme à tâche devant actuellement gagner 4 fr. 50 en moyenne, le prix de revient de ce *bottelage* ressort à 3 francs la tonne. Le liage des balles de foin comprimé peut se faire avec de la ficelle, du fil de fer simple ou en câble et enfin en fer feuillard. Les liens doivent être préparés à l'avance en général. Dans les essais faits à Noisiel, le jury ne tenait compte que des dispositions prises dans la machine pour faciliter le liage, puisque la plupart des machines peuvent choisir entre les diverses espèces de liens connus. Une dernière observation préliminaire doit être faite ici. Elle a trait à la forme, aux dimensions et au volume des balles comprimées. En premier lieu, les balles d'un faible volume sont plus aisément amenées à la densité voulue que des balles de grandes dimensions. Si l'on adopte un trop petit volume, on accroît sensiblement la main-d'œuvre et le temps nécessaire par tonne de fourrage. Les balles de trop grand poids sont difficiles à manier. Il est donc probable qu'un poids modéré compris entre 10 et 60 kilogrammes est le plus convenable: le poids de 40 kilogrammes paraît le plus pratique pour le commerce. Un seul genre de presse fait des balles cylindriques. La forme parallélépipédique est généralement préférée, comme n'entraînant aucune perte de place dans les magasins et les wagons. Pour la stabilité des tas, il convient de donner aux balles l'apparence d'une brique dont les dimensions sont comme 1 à 2 et à 4 ou comme 1 à 1 et à 2. On peut ainsi monter les tas à la façon d'un mur en briques. S'il s'agit de pailles à comprimer, on doit les laisser dans toute leur longueur, ce qui détermine la plus grande dimension

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(1 m. 40) des balles et exclut de la compression de la paille certains systèmes. Par suite, si la presse doit comprimer la paille et le foin à volonté, la balle doit avoir, dans les deux cas, 1 m. 40 de long.

La plus forte balle aurait donc pour dimensions 1 m. 40 sur 0 m. 70 et 0 m. 35, soit un volume de 343 litres, et, pour la moyenne densité de 250 kilogrammes au mètre cube, un poids de 85 kilogr. 75 d'une manipulation difficile. On devrait donc, pour la paille et surtout le foin, réduire la seconde dimension et adopter par exemple 1 m. 40 sur 0 m. 35 et 0 m. 35, soit 171 lit. 5 et 42 kilogr. 875. Les plus petites balles faites par les presses à foin de petit modèle ont environ 0 m. 50 sur 0 m. 283 et 0 m. 283, soit 40 litres et un poids de 10 kilogrammes. Quelques commerçants croient nécessaire que chaque balle ait un poids multiple de 5 kilogrammes, poids de la botte courante, qui sert en quelque sorte d'unité de rationnement. Si l'on adopte cette idée, la plus petite balle pourrait être de 10 kilogrammes ou 0 m. 50 sur 0 m. 283 et 0 m. 283, et la plus forte de 40 kilogrammes. La première aurait comme dimensions: 0 m. 543 sur 0 m. 27 et 0 m. 27, soit un cube de 40 litres; la dernière 0 m. 862 sur 0 m. 431 et 0 m. 431, et un cube de 160 litres.

Ces préliminaires étaient nécessaires pour montrer que, dans les essais de Noisiel, le jury a dû tenir compte de tous les éléments capables d'influer sur le prix de revient réel de la mise du foin ou de la paille en balles comprimées, soit en causant une détérioration du fourrage, soit en élevant les diverses dépenses de main-d'œuvre, de force motrice et de frais généraux, par tonne de foin ou de paille, soit en donnant des balles de formes, de dimensions ou de poids peu en rapport avec les exigences du commerce ou du transport.

Le tableau de la page 386 renferme les résultats des essais faits sur les presses concourantes.

L'ensemble des classements permettrait donc de ranger ainsi les presses:

En masse :

1re, Whitman; 2e, Albaret; 3e, Pilter; 4e, Tritschler; 5e *ex æquo*, Vidal (verticale à treuil) et Guitton (horizontale); 6e, Guitton (n° 7); 7e, Vidal (horizontale centrale); 8e *ex æquo*, Guitton (n° 2) et Lacoux (n° 1).

Ou séparément:

Marchant à vapeur: 1er, Whitman; 2e, Albaret; 3e, Pilter, et 4e, Vidal.

Marchant avec 2 bœufs: 1er, Tritschler.

Marchant à bras: 1er *ex æquo*, Guitton et Vidal; 2e, Guitton (horizontale); 3e, Guitton (n° 7); 4e *ex æquo*, Guitton et Lacoux.

L'examen des presses, au point de vue de leur construction et de leur prix, change peu ce classement.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU DES RESULTATS DES ESSAIS DE PRESSES À FOURRAGES.

N° du catalogue de la classe 49.	GENRE ou NOMS DES PRESSES.	NOMS des CONSTRUCTEURS ou exposants.	MATIÈRE à comprimer.	MOTEUR employé.	TEMPS par balle (en minutes)	NOMBRE D'HOMMES employés				DIMENSIONS des balles.			POIDS		CARACTÈRES des presses.			CLASSEMENT au point de vue			PRIX DE REVIENT probable.	OBSERVATIONS.
						au moteur.	au chargement.	à la compression.	au liage.	en totalité.	Largeur ou diamètre.	Épaisseur.	Longueur.	Volume en litres.	d'une balle.	du mètre cube.	par heure de travail.	Poids.	Prix.	Nombre de vendues.	Maximum du chargement sur un wagon.	de la densité obtenue.	du temps employé.	du prix de revient probable.		
141	Presses à levier simple, système de M. Lacoux n° 1	Lacoux (Joseph), à Bessine (H.-V.)	Foin.	Homme.	8′	"	2	2 ou 1	2	4	0.45	0.53	0.93	226.6	41k5	183k163	311k85	600	900	"	8t	7e	8e	10e	3500	
				Homme.	8′		avec 6 hommes pour 2 presses.			3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4 915	
141	*Idem*, n° 2	*Idem*	Paille.	Homme.	11′	"	2	2	2	2	0.50	0.50	1.40	350.0	42k5	121k429	231k80	600	1,200	20	6	1er	3e	"	3 890	Paille.
124	Presse à levier du système Guitton, n° 2	Guitton, à Corbeil	Foin.	Homme.	5′	"	2	2	2	2	0.40	0.41	0.82	134.48	20k5	152k440	246k00	200	250	160	7.0	2e	1er	1re	3 350	
124	*Idem*, n° 7	*Idem*	Paille.	Homme.	7′	"	2	2	2	2	0.50	0.50	1.40	350.0	40k5	115k714	184k14	400	550	55	5.0	2e	1er	3e	2 037	Paille.
124	*Idem*, n° 7	*Idem*	Foin.	Homme.	7′	"	"	"	"	"	0.50	0.53	1.45	384.5	49k0	127k531	120k00	400	550	55	5.5	10e	6e	3e	2 450	
124	Presse horizontale (engrenages)	*Idem*	Foin.	Homme.	6′	"	2 ou 1	2	2 ou 3	2 ou 3	0.49	0.50	1.03	252.35	39k0	156k000	290k00 390k00	1,500	1,700	?	5.5	8e	8e	2e	2 400 2 280	
276 *bis*	Presse verticale à treuil et engrenages	Vidal (Laurent)	Foin.	Hommes	11′	"	2	2	2	2	0.60	0.60	1.10	396.0	89k96	227k100	331k35	3,000	3,500	?	9.5	5e	7e	6e	2 960	
Idem	Presse horizontale à pression centrale	*Idem*	Foin.	Vapeur.	7′	1	2	1	2	3	0.56	0.60	1.02	342.7	74k0	210k000	634k18	4,000	3,000	?	9.0	6e	5e	9e	4 046	L'essai n'a pu être fait.
Idem	*Idem*	*Idem*	Foin.	Homme.	3?′	"	1 ou 2	2	2	3	0.56	0.60	1.02	"	74k0	210k000	634k18	4,000	3,000	?	9.0	6e	"	10e	12 97	
218	Presse Piller, dite A	Piller, à Paris	Foin.	Vapeur.	8′	1	2	1	1	4	0.65	"	1.10	365.0	125k0	342k453	93k450	3,000	3,300	160	12.0	1er	2e	8e	3 430	
269	Genre Déderick, à pression directe	Tritschler, à Limoges	Foin.	Bœufs.	5′	1	"	"	1	2	0.50	0.50	0.78	195.0	50k5	258k974	608k00	1,400	1,800	93	10.0	4e	4e	5e	2 904	
4	Genre Déderick, continue	Albaret (Liancourt)	Foin.	Vapeur.	3′	1	1	"	1	2	0.36	0.47	0.91	154.4	43k0	278k500	860k00	2,600	2,300	60	11.5	3e	3e	4e	2 536	
27 États-Unis	Genre Déderick, continue perfectionnée	Whitman (Ét.-U.)	Foin.	Vapeur.	1′30″	1	1	"	1	2	0.35	0.46	1.00	161.0	45k0	279k500	1,800k	"	3,100	?	11.5	3e	1er	1re	1 593	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais, en définitive, le jury reconnaît qu'il y a lieu d'accorder à M. Whitman, un objet d'art; à MM. Tritschler, Pilter et Guitton, une médaille d'or; à MM. Vidal et Lacoux, une médaille de bronze.

Pour les presses à paille : 1er, Guitton, et 2e, Lacoux.

Les onze presses présentés au concours de Noisiel peuvent être rangées en deux grandes classes, très distinctes :

1° Les presses à chargement, pressage, liage et décharge intermittents;

2° Les presses dans lesquelles ces opérations sont continues et simultanées. Le fourrage est présenté à l'état divisé à l'un des bouts de la machine et sort à l'autre à l'état de balles liées.

La seconde classe ne compte pas de restriction. Une presse peut être à alimentation continue automatique et à pressage continu sans appartenir à cette seconde classe par cela seul que la balle ne peut être liée sans arrêter l'alimentation et le pressage. C'est le cas de la belle presse présentée par M. Pilter. On pourrait ainsi la ranger dans une classe intermédiaire.

La première classe comporte un grand nombre de genres :

1° Les presses devant être mues à bras par un simple levier par chaque homme nécessaire. On peut dire qu'elles sont simples ou à pression directe, puisqu'un seul organe est interposé entre le moteur et la résistance à vaincre;

2° Les presses devant être mues à bras par l'intermédiaire de manivelles ou de leviers agissant : *a.* sur un autre levier; *b.* sur un treuil; *c.* sur une vis, simplement ou après une ou deux paires d'engrenages. La pression se fait comme on voit par l'emploi d'organes multipliant l'effort en réduisant de plus en plus la vitesse de la compression.

PRESSES À LEVIER, SIMPLES.

Les cinq presses de M. Lacoux sont faites sur le même principe mécanique de compression. La caisse qui reçoit la matière à comprimer a sa plus grande dimension dans la direction verticale. Le foin y est mis en couches par un homme qui le piétine, ou, dans les petits modèles, le tasse à la main. Dès que la caisse est pleine, on recouvre le fourrage par un *piston* ou *tampon* entrant exactement. A pas égaux et à frottement doux dans cette caisse, le piston descend par intermittence; il est actionné par deux leviers s'appuyant sur les bords supérieurs horizontaux, plus ou moins inclinés ou même concaves, des crans de deux crémaillères fixées verticalement sur les petits côtés de ce piston. Un fort ressort en acier rond et en forme de très long maillon accroche les crans des crémaillères, pour retenir le piston après chaque descente de celui-ci. C'est une simplification par rapport à d'autres presses à levier plus anciennes. La presse à foin n° 1 de M. Lacoux est faite pour être servie par 4 hommes, tour à tour *chargeurs, presseurs* et *lieurs*. Les quatre ouvriers n'agissent ensemble par les quatre leviers que pour terminer la pression. Pendant le liage et même le chargement, un ou deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

hommes sont à peu près sans fonction. Six hommes pourraient aisément entretenir deux presses, en organisant bien leur travail. La caisse à compression recevant le fourrage par couches piétinées a 1m. 70 de hauteur, 0 m. 95 de longueur et 0 m. 45 de largeur. De 726 lit. 75 de capacité, elle peut recevoir de 48 à 50 kilogrammes de foin ayant alors une densité de 66 kilogrammes par mètre cube. Sur chaque face sont deux leviers, dont les axes de rotation sont dans des fourches terminant un long tourillon allant aboutir à la semelle en bois portant la caisse. On amène ces leviers contre les faces verticales et latérales de la caisse lorsqu'ils doivent fonctionner et faire descendre le tampon. On les ramène perpendiculairement à ces faces dès qu'il s'agit de lier, dégager la balle, soulever le tampon hors la caisse et remplir à nouveau celle-ci. Ces leviers sont du second genre et leur grand bras a 2 m. 80 de longueur extrême. Le petit bras est de 0 m. 075 pour l'un, celui d'arrière, dit *de la double force,* employé seulement pour terminer la pression. L'autre levier a 0 m. 090 de petit bras. A chaque coup de levier, on fait descendre les crémaillères du tampon, d'un seul cran de 0 m. 090 de hauteur verticale. Comme il y a 15 dents ou crans, on peut au maximum faire descendre le tampon de 1m. 35. Toutefois, pratiquement, on ne doit compter que sur 14 crans ou sur une descente totale de 1 m. 26.

Le foin qui, dans la caisse, occupait une hauteur de 1 m. 70, n'occupe donc à la fin de la pressée que 0 m. 44. Dans l'essai fait à Noisiel, on n'a fait descendre que 13 crans sur 15; ce qui a laissé une épaisseur de balle de 0 m. 53 sur 0 m. 95 de long et 0 m. 45 de largeur ou un cube de 226 lit. 75 pour un poids de 41 kilogr. 50, soit par mètre cube 183 kilogr. 163. En admettant que, dans le travail courant, la main de l'homme agisse sur le levier à une distance de l'axe de rotation égale à 2 m. 70, les deux leviers de premières pressions multiplient par 22 2/9 l'effort exercé par les deux ouvriers; si cet effort s'élève à 100 kilogrammes, c'est une pression de 2,222 kilogrammes. Les deux ouvriers, en agissant sur les leviers de seconde force, ont leur force multipliée par 26 kilogr. 2/3; c'est donc 2,666 kilogr. 2/3. Si les quatre hommes agissaient ensemble, on aurait l'énorme pression de 4,888 kil. 8/9 sur la surface du tampon de 0 m. 95 de long sur 0 m. 45 de large ou sur 4,275 centimètres carrés. C'est une pression de 1 kilogr. 1436 par centimètre carré. Si les hommes se suspendaient simultanément aux quatre leviers, leur effort étant égal à leur poids, ou au moins à 60 kilogrammes, la pression exercée serait de 10 p. 100 plus forte ou de 1 kilogr. 258. Si, au contraire, les quatre hommes se suspendent aux deux leviers dits *de double force,* ils peuvent exercer une pression de 6,400 kilogrammes, ou par centimètre carré près de 1 kilogr. 5.

Si, au lieu de s'arrêter à 13 crans, on avait enfoncé complètement le tampon, on aurait réduit l'épaisseur de la balle à 0 m. 35. Son cube, pour le même poids de 41 kilogr. 50, étant alors réduit à 150 litres au plus, la densité eût été de 276 kilo- 2/3. C'est le maximum possible, à la rigueur avec cette presse, comme la pression de 1 kilogr. 5 par centimètre carré.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce modèle n° 1, dans l'essai fait à Noisiel, a exigé 8 minutes au moins, dont près de 5 pour la compression, ou 13 coups de levier. C'est 23 secondes par coup de levier, la main parcourant en première force 22 fois 2/9 les 0 m. 090, et en seconde force, 26 fois 2/3, soit 2 mètres et 2 m. 40 de parcours en arc de cercle de 0.16 de la circonférence ou 57° 36′. La corde verticale de cet arc étant de 2 m. 601 pour un levier de 2 m. 70 ne peut être obtenue. On réduit forcément la longueur d'action du levier moteur à 2 mètres, soit une multiplication de 22 2/9 et 26 2/3, et un parcours vertical de la main égal à 1 m. 92, possible pour l'homme de moyenne taille.

Le prix de revient pourrait être établi ainsi, les liens non compris:

Frais d'outillage. — Intérêt du prix d'achat (5 p. o/o), entretien et petites réparations (5 p. o/o), réparations et amortissement (4 p. o/o), soit 14 p. 100 de 1,200 francs ou 168 francs pour 150 jours, soit par jour de travail.....	1f 12
Main-d'œuvre. — 4 hommes, à 0f 40 l'heure, pour 10 heures.....	16 00
TOTAL.....	17f 12

pour 75 balles de 41 kilogr. 60 ou 3,112 kilogr. 5, et par tonne 5 fr. 50, non compris les liens.

Six hommes serviraient parfaitement deux de ces presses mises côte à côte. On ferait alors, par journée et par presse, 3,112 kilogr. 5 avec trois hommes ou pour 13 fr. 12, soit par tonne, 4 fr. 215 seulement, liens non compris. Ces chiffres sont déduits des essais de Noisiel.

Avec des ouvriers habitués à ces machines, on pourrait, en chargeant avec soin la caisse, obtenir des balles de 48 à 50 kilogrammes dans le même temps, soit 75 balles de 49 kilogrammes en moyenne, ou 3,675 kilogrammes. Le prix de revient, par tonne, avec une presse et quatre hommes, s'abaisserait ainsi à 4 fr. 66 et à 3 fr. 57 même, si l'on travaille avec 2 presses et six hommes.

La presse n° 2, faite spécialement pour la paille, a été essayée avec cette matière. Il a fallu un peu plus de 11 minutes pour faire une balle de 42 kilogr. 5, d'un volume de 350 litres, et, par suite, de 121 kilogr. 429 seulement par mètre cube.

La capacité de la caisse est de 787 lit. 5; elle peut recevoir de 40 à 45 kilogrammes de paille tassée; c'est une densité initiale de 50 kilogr. 994 à 57 kilogr. 143.

Le prix de revient s'établirait ainsi:

Frais du matériel. — 14 p. o/o de 900 francs pour 150 jours ou par jour.	0f 84
Main-d'œuvre. — 2 hommes à 4 francs.....	8 00
TOTAL.....	8f 84

pour 54 balles de 42 kilogr. 5 ou 2,318 kilogr. 16, soit par tonne, 3 fr. 89.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les crémaillères ont dix crans de 0 m. 09 environ de hauteur; le bord supérieur est incliné sur l'horizon d'environ 16 degrés, afin que le ressort en maillon ne puisse échapper Il y a deux leviers sur chaque face : celui de première force saille en avant et son petit bras a 0 m. 072; le levier de seconde force est à l'opposé et a un petit bras de 0 m. 06. Pour les raisons indiquées précédemment, on ne peut guère compter, comme bras de levier moteur, que 2 mètres de distance pour la longueur totale de 2 m. 80. Le levier de première force multiplie donc par 27 7/9 et l'autre par 33 1/3.

L'effort, en première pression, par les 2 hommes, est donc égal à 2,777 kilogr. 7/9, et en deuxième force, de 3,333 kilogr. 1/3, sur un piston de 1 m. 40 de long et 0 m. 45 de large ou 6,300 centimètres carrés ; c'est, par centimètre carré, 0 kilogr. 4409 et 0 kilogr. 529 seulement. Si les 2 hommes se suspendent après les leviers de seconde force pour terminer la pressée, on peut obtenir 20 p. 100 de plus ou 0 kilogr. 529 et 0 kilogr. 6348 par centimètre carré ; aussi, la densité n'a-t-elle pas dépassé 121 kilogr. 429. Il est vrai que l'on n'a fait descendre le piston que de 8 crans de 0 m. 090 ou de 0 m. 72 sur la hauteur de caisse de 1 m. 25. La botte avait donc une épaisseur de 0 m. 53 environ (au mesurage 0 m. 50). On eût pu certainement abaisser un cran de plus ou réduire la balle à une épaisseur de 0 m. 41, et la densité se serait élevée à 148 kilogr. 08.

La presse n° 4, qui n'a pas été essayée, est faite pour 2 hommes. Sa caisse a une hauteur de 1 m. 15, une longueur horizontale de 0 m. 92 sur une largeur de 0 m. 31. Les crémaillères ont 7 crans de 0 m. 119 de hauteur chacun; ils sont en forme de crochet à bord supérieur creux pour maintenir énergiquement le ressort. Si l'on remplit exactement la caisse de foin et que par 7 coups de levier on descende le tampon, on réduit la balle à une épaisseur de 0 m. 317. La capacité de la caisse est de 327 lit 98, pour recevoir tassé 20 à 25 kilogrammes de foin; c'est une densité initiale de 61 à 76 kilogrammes par mètre cube. Il n'y a qu'un levier de chaque côté de 2 m. 80 de longueur extrême, dont le petit bras n'est que de 0 m. 04. Ce serait une multiplication de l'effort de l'homme par 70 si la main de l'homme pouvait parcourir l'arc de cercle trop développé pour l'extrémité d'un si long levier. En admettant que la main de l'homme puisse agir à 1 m. 60, ce qui nous paraît le maximum pratique, son effort sera multiplié par 40. Ce sera donc pour les deux hommes 4,000 kilogrammes sur un piston de 0 m. 92 de long sur 0 m. 31 de large ou sur 2,862 centimètres carrés; c'est par centimètre carré une pression possible et probable de 1 kilogr. 4. Et même si les deux hommes se suspendent après les leviers, on peut obtenir 20 p. 100 en plus ou 1 kilogr. 68 par centimètre carré. La balle réduite à 0 m. 317 de hauteur peut peser 20 à 25 kilogrammes, suivant l'énergie du tassement dans le remplissage.

Dans les presses de 1 m. 70 de profondeur, on peut tasser de façon à mettre 57 à 60 grammes de foin par litre. Dans les petites presses de 1 m. 15 seulement de hauteur, comme le n° 4, on peut tasser à raison de 68 gr. 5 par litre en moyenne. Dans ce cas,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les balles de la presse n° 4 pèseraient 22 kilogr. 5; c'est une densité de 0,254, très suffisante pour les plus forts chargements de wagon. On peut donc admettre que pour avoir 250 kilogrammes de foin au mètre cube, il faut une pression de 1 kilogr. 40 par centimètre carré au moins. Tassé sous les pieds, la densité du foin ne dépasse guère 62 kil. 5, bien que dans la petite caisse du n° 4 elle puisse atteindre 76 kilogrammes.

La densité des balles faites par les presses à bras dépend donc en grande partie des soins pris par le chargement serré dans la caisse. La presse n° 5 de M. Lacoux, la plus petite, est faite pour être servie par un seul homme. La capacité de la caisse est de 138 litres; elle peut recevoir de 10 à 12 kilogr. 5 de foin, à une densité initiale de 72 kilogr. 5 ou même 90 kilogr. 67, suivant le soin pris pendant le chargement et le tassement. On réduit le foin à chaque coup de levier d'une hauteur de 0 m. 090, et comme il y a 7 crans et même 8 à faire passer, on peut réduire la botte, à la rigueur, de 0 m. 28 d'épaisseur, soit une balle de 0 m. 46 sur 0 m. 30 et 0 m. 28, ou de 38 lit. 64 pour un poids de 10 à 12 kilogr. 5. C'est une densité de 258 kilogr. 8 à 323 kilogr. 5, qui ne pourrait être obtenue qu'avec un très grand soin dans le chargement et dans le tassement, et par un homme très fort agissant sur les deux leviers en s'y suspendant pour terminer la pression. On aurait alors un poids de 75 kilogrammes à l'extrémité d'un levier moteur de 1 m. 60, dont le petit bras n'a que 0 m. 045; c'est un effort théorique de 2,666 kilogr. 2/3 sur un piston, de 0 m. 46 de long et 0 m. 30 de largeur, c'est 1 kilogr. 932 par centimètre carré. Si la capacité, comme sur le modèle, est de 1 m. 00 × 0 m. 6 × 0 m. 25, ou 150 litres pour 10 à 12 kilogr. 5 de foin, c'est une densité initiale de 66 kilogr. 2/3 à 83 1/3. Si la balle est réduite à une épaisseur de 0 m. 28, elle cube 42 litres et a une densité de 238 à 297 kilogr. 6. Il est évident que ces chiffres de densité et de pression sont des chiffres théoriques qui doivent être corrigés à l'aide de ceux que nous ont donnés les essais de Noisiel, *c'est-à-dire réduits* de 25 p. 100 environ.

De l'essai de la grande presse n° 1, on peut conclure qu'avec quatre hommes forts aux leviers, on peut compter sur la pression réelle de 1 kilogr. 4 par centimètre carré de piston donnant une balle d'une densité de 200 kilogrammes. Dans l'essai, on n'a pu obtenir que 183 kilogrammes. Le chargement n'avait pas été fait avec tout le soin désirable et la compression n'avait pas été poussée à la limite qu'elle pourrait atteindre à la rigueur.

De l'essai de la presse n° 2, spécialement faite pour la compression de la paille, on peut conclure qu'avec de grands soins dans le chargement et avec des hommes forts aux leviers, on peut obtenir des balles de paille de 150 kilogrammes au mètre cube. Mais, dans l'essai, pour les causes indiquées ci-dessus, on n'a pas dépassé 121 kilogr. 4. La pression, par l'intermédiaire du piston, ne dépassant pas alors 0 kilogr. 6, on eût pu l'élever à 0 kilogr. 675 et approcher de la densité désirable de 150 kilogrammes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par mètre cube. En général, les commerçants tiennent à ce que la paille ne soit pas comprimée au point d'être aplatie; 125 kilogrammes au mètre cube peuvent en conséquence être adoptés. En résumé, les presses à levier et crémaillères de M. Lacoux sont capables de fournir des balles de foin comprimées à la densité exigée par le Ministère de la guerre (170 kilogrammes au mètre cube) et même, avec des ouvriers très forts et très exercés, elles peuvent faire des balles de 225 kilogrammes au mètre cube, densité permettant de charger des wagons à 9 tonnes au moins. Mais ces presses ne présentent ni principe nouveau, ni supériorité sur les autres presses à leviers. Elles exigent de la part des ouvriers beaucoup de soins et de grands efforts.

M. Guitton, constructeur à Corbeil (Seine-et-Oise), a une longue expérience des presses à fourrages à bras. Il présentait au concours de Noisiel trois appareils de deux systèmes différents. Les deux premiers sont des presses verticales à levier simple. Le constructeur fait sept modèles de ce système, numérotés de 1 à 7. Les quatre premiers sont expressément faits pour le foin seulement, et les trois derniers pour la paille; leurs caisses ont pour cela 1 m. 40 de longueur horizontale, afin de pouvoir recevoir la paille étalée dans toute sa longueur.

Les dimensions des caisses de ces sept numéros sont, respectivement :

Numéros des presses...	1	2	3	4	5	6	7
Longueurs horizontales.	0,7	0,8	0,9	1,0	1,4	1,4	1,4
Largeurs.....	0,35	0,4	0,45	0,5	0,4	0,45	0,5
Hauteurs	1,00	1,10	1,20	1,30	1,10	1,20	1,30
Surfaces de compression	2,450	3,200	4,050	5,000	5,600	6,300	7,000
Capacité de la caisse...	245 lit.	352	486	650	616	756	910
Cube de la balle.....	85,75	128	182,25	250	224	283,5	350
Poids des balles minimum....	15 kg.	25	30	35	//	//	//
Poids des balles maximum ...	20 kg.	30	35	40	//	//	//
Poids des balles moyen.....	17kg 5	27,5	32,5	37,5	30	40	50

ESSAI DE LA PRESSE N° 2.

Dès qu'une balle liée est enlevée, pour en faire une nouvelle on ferme la porte verticale qui clôt les deux tiers inférieurs de la hauteur de la caisse, le tiers supérieur restant toujours clos. On retire directement avec les mains le tampon supérieur et on le pose sur les supports horizontaux disposés à cet effet sur le haut de la caisse. On remplit la caisse en foulant le fourrage déposé par couches plus ou moins fortes, jusqu'à ce qu'il ne reste plus d'espace libre au-dessous des bords. On pose alors sur le fourrage le tampon qui, par son poids, exerce assez de pression pour descendre de quelques centimètres dans la caisse et la clore entièrement. Ce chargement fait, les deux ouvriers servant la presse saisissent chacun un levier et le soulèvent aussi haut que possible pour accrocher le premier ou le deuxième goujon des crémaillères en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

échelle aux saillies en fer du tampon. Cela fait, ils rabattent en même temps les leviers en entraînant le tampon, jusqu'à ce que les saillies de ce tampon soient venues se loger sous un des crans d'une crémaillère à dents de scie, librement suspendue à la partie supérieure de la caisse Cette crémaillère d'*arrêt* empêche ainsi le tampon de remonter. Les deux ouvriers soulèvent de nouveau les leviers, jusqu'à ce qu'ils puissent accrocher un nouveau goujon des crémaillères en échelle ; ils abaissent alors les leviers, jusqu'à ce qu'un nouveau cran de la crémaillère d'arrêt soit dépassé et retienne le tampon. On continue ainsi à faire descendre le tampon, cran par cran (60 millimètres environ chacun) jusqu'à ce qu'on atteigne le dernier goujon de la crémaillère échelle et le dernier cran d'arrêt. La compression possible est achevée, on rabat alors la porte, sur le sol, et l'on procède au liage. L'un des ouvriers, placé en avant, accroche, au bout d'une grande aiguille spéciale, un lien à deux boucles préparé à l'avance à la longueur convenable (un peu inférieure au contour de la balle) et le fait passer au travers de la caisse ; l'autre ouvrier, placé sur la face opposée, saisit le lien et le renvoie par-dessous la balle au premier qui alors, avec un levier spécial, saisit les deux boucles et agit pour les rapprocher jusqu'à ce qu'un S en acier pendu à l'une des boucles s'accroche à l'autre. On passe ordinairement les deux ou trois liens nécessaires au liage avant de les fermer. L'aiguille servant à passer les liens par-dessus et par-dessous la balle est une longue tige cylindrique aplatie à son extrémité et fendue par le sommet pour saisir le lien en fil de fer sous la boucle et le *pousser* de l'avant à l'arrière de la caisse; sur le côté, une fente en arc ou en retour d'équerre sert à accrocher le fil sous la boucle pour le tirer de l'arrière vers l'avant. Le levier qui sert à rapprocher les boucles l'une de l'autre est en acier en forme de long S très ouvert. Sa pointe arrondie est passée dans l'une des boucles et son sommet terminé en gorge qui se continue sur la partie concave avec une rentrée brusque accrochant l'un des bouts de l'S. Lorsque en appuyant le dos de ce levier sur la balle on la soulève avec force, on attire les boucles l'une contre l'autre et l'S s'y accroche juste au moment où, en abaissant davantage le levier, on voit l'S s'en dégager et saisir la seconde boucle. Cet accrochage se fait avec une précision et une simplicité merveilleuses. Un simple levier, portant à son bout aplati une fente comme un arrache-clou, permet de décrocher l'S lorsqu'on veut délier la botte, sans gâter les liens qui peuvent resservir. Le liage terminé, on exerce avec les leviers une légère pression pour dégager les saillies du tampon engagées sous les crans de la crémaillère de retenue ou d'arrêt. Le tampon enlevé, on retire la botte en la faisant basculer. — On recommence ensuite la même suite d'opérations pour faire une nouvelle balle.

Deux hommes suffisent au service de la presse : ils sont tour à tour *chargeurs*, *presseurs* et *lieurs*. En circonstances favorables, ils peuvent faire de 10 à 15 balles à l'heure; soit de six à quatre minutes pour la totalité des opérations exigées par une balle du poids de 20 kilogr. 5. Dans l'essai fait à Noisiel, il a fallu cinq minutes, soit 12 balles en une heure ou 246 kilogrammes, et en dix heures 2,460 kilogrammes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le prix de revient de la compression par tonne de fourrage peut s'établir comme suit :

Frais d'outillage : 14 p. 100 de 250 francs, ou 35 francs pour 150 jours, ou par jour	0f 233
Main-d'œuvre : 2 hommes à 4 francs	8 000
TOTAL	8f 233

pour 120 balles de 20 kilogr. 5 ou 2,460 kilogrammes, soit, par tonne, 3 fr. 3467.

La seconde presse verticale présentée par M. Guitton est le n° 7 de son catalogue. La caisse est assez longue horizontalement pour recevoir de la paille couchée entière. Essayée d'abord à Noisiel avec du foin, comme la précédente, elle a donné des balles de 0 m. 53, 0 m. 50, 1 m. 40 pesant 49 kilogrammes. C'est une densité de 127 kilogr. 521 par mètre cube. Avec plus de soin dans le chargement on eut facilement dépassé ce chiffre. Le système mécanique étant absolument le même que celui de la précédente presse, il est inutile de le décrire. Il a fallu sept minutes par balle. Le prix de revient de la compression peut s'établir comme suit, liens non compris :

Frais d'outillage : 14 p. 100 de 550 francs, ou 77 francs pour 150 jours, soit par jour	0f 5133
Main-d'œuvre : 2 hommes à 4 francs	8 0000
TOTAL	8f 5133

On n'a fait que 8 balles 57 à l'heure, soit, par journée de dix heures, 85,7 balles de 49 kilogrammes, ou 4,119 kilogrammes; c'est par tonne 2 fr. 027.

M. Guitton admet que l'on peut faire 100 balles par jour. Il suffit, en effet, pour cela que les deux hommes soient habitués à la presse. Le prix de revient s'abaisserait alors à 1 fr. 73 environ. La même presse essayée avec de la paille a exigé sept minutes pour une balle de 40 kilogr. 5 seulement, et un cube de 350 litres; c'est moins de 116 kilogrammes par mètre cube. Les frais d'outillage et de main-d'œuvre étant les mêmes que ci-dessus, et les balles moins lourdes (40 kilogr. 5 au lieu de 49 kilogrammes) on ne fait par jour que 3,470 kilogr. 85; c'est donc par tonne de paille 2 fr. 45.

Voici les caractères des presses verticales de M. Guitton pour le foin seul. Le n° 1 a un levier de 1 m. 40; le petit bras a 0 m. 09 ou au moins 0 m. 086. La caisse a 1 mètre de hauteur, 0 m. 70 de longueur horizontale et 0 m. 35 de largeur. C'est une capacité de 245 litres. Le foin remplissant la caisse est réduit par la pression à une épaisseur de 0 m. 35, soit 35 p. 100 de son volume initial. Ces bottes, suivant la qualité du foin et le mode de chargement, pèsent 15 à 20 kilogrammes. C'est une densité initiale de 61 kilogr. 224 à 81 kilogr. 632 (moyenne 71 kilogr. 428).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si pour terminer la pressée, les hommes, comme cela se pratique généralement, exercent un effort peu au-dessous de leur poids, soit 50 kilogrammes chacun au moins, c'est 100 kilogrammes sur un levier de 1 m. 40 quand la résistance n'agit que sur 0 m. 09. On peut donc vaincre une résistance s'élevant à 1,555 kilogr. 5/9 sur un tampon de 0 m. 70 de long sur 0 m. 35 de largeur ou 2,450 centimètres carrés de surface; c'est par centimètre carré 0 kilogr. 635. Même en admettant que chaque homme agisse avec tout son poids de 66 kilogr. 2/3, on n'arriverait qu'à une pression de 2,074 kilogrammes ou à 0 kilogr. 84656 par centimètre carré. La presse n° 7 pouvant mettre en balles le foin ou la paille a sa caisse de 1 m. 40 de longueur horizontale, sa hauteur de 1 m. 30 et sa largeur de 0 m. 50. La capacité est donc de 910 litres pour un poids de foin de 50 kilogrammes, c'est une densité initiale de 54 kilogr. 945, notablement plus faible que pour le n° 1, les leviers de 2 m. 07 de longueur totale avec un petit bras qui peut varier par le glissement des goujons de la crémaillère de 0 m. 045 à 0 m. 071. Admettant que, pour terminer la pressée, les hommes pèsent de presque tout leur poids à l'extrémité des leviers, on aurait une pression motrice de 120 kilogrammes avec un bras de levier de 2 mètres, lorsque la résistance n'agit qu'à une distance de 0 m. 045 à 0 m. 071 de l'axe de rotation. La résistance qui peut être ainsi équilibrée s'élève donc à 5,333 kilogr. 2/3 ou 3,380 kilogr. 28. La surface comprimante du tampon est celle d'un rectangle de 1 m. 40 de long sur 0 m. 50 de large et comprend 7,000 centimètres carrés : la pression par centimètre carré ne pourra donc pas dépasser 0 kilogr. 7619 et pourra même être réduite à 0 kilogr. 843. En admettant 66 kilogr. 2/3 pour chaque homme on atteindrait 5,926 à 3,756 ou par centimètre carré 0,84656 ou 0,53657. Cette presse ne pourra donc pas donner une densité plus grande que le n° 1 dans l'hypothèse la plus favorable. On voit que toutes les presses verticales de M. Guitton ont été faites pour obtenir des balles d'une densité de 187 kilogrammes au mètre cube. Les caisses ayant des tampons d'une surface croissante de 2,450, 3,200, 4,050 et 5,000 centimètres carrés, pour obtenir avec deux hommes la pression de 0 kilogr. 762 par centimètre carré, il a fallu adopter des leviers de longueurs croissantes: 1 m. 40, 1 m. 60, 1 m. 80 et 2 mètres avec des petits bras décroissants : 0 m. 09, 0 m. 08, 0 m. 07 et 0 m. 063.

Pour les trois presses à paille nos 5, 6 et 7, on aura la même pression avec des leviers de 1 m 60, 1 m. 80 et 2 mètres de long ayant pour petits bras 0 m. 045 uniformément. La densité de 187 kilogrammes permet de charger les wagons à 6,000 kilogrammes; sur certaines lignes, il n'y a pas d'avantages à charger au-dessus de 4,000 ou 5,000 kilogrammes. Dans ce cas, il ne faut pas chercher à obtenir une densité supérieure à 125 kilogrammes, puisque ce serait une dépense inutile de travail et de temps et plus de déchet de mise en balles sans nécessité.

Dans les localités où la main-d'œuvre rurale ne dépasse pas 0 fr. 40 l'heure de travail effectif, les presses à levier de M. Guitton rendraient de grands services. La mise en balles (le prix des liens non compris) pourrait être donnée à tâche aux ouvriers,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en leur fournissant les presses, au prix de 3 francs la tonne, avec les petites presses, et à 1 fr. 75 avec les grandes (n° 7). En donnant à tâche, il doit être entendu que le patron n'adoptera que les balles ayant la densité minima exigée par l'administration de la guerre, c'est-à-dire 170 kilogrammes, ou toute autre densité nécessaire. Lorsque la densité doit dépasser notablement 170 kilogrammes il est juste d'élever un peu le prix de la tâche.

PRESSE HORIZONTALE.

M. Guitton présentait au concours une troisième presse horizontale, qu'il appelle *continue*. C'est le n° 6. Elle peut à la rigueur être servie par deux hommes seulement. Sa caisse a deux compartiments égaux chacun à celui de la caisse verticale de la presse n° 4 à levier simple. La face extérieure verticale de chacune des caisses est une porte à charnières supérieures; elle tombe par son propre poids et est retenue par deux loquets automatiques. Lorsque la balle est expulsée, cette porte est ouverte et rabattue contre des supports fixés sur la caisse. On peut alors opérer le remplissage. Un des hommes lance le fourrage dans la caisse et le second l'enfonce, en le pilonnant ou le tassant à l'aide d'une espèce de longue massue en bois. Dès que la caisse est absolument pleine de foin un peu serré, on rabat la porte qui est maintenue par un double loquet à levier commun articulé, formant poignée et contrepoids en même temps. La seconde face verticale de la caisse est commune aux deux compartiments. C'est un piston solidaire de deux crémaillères, commandé par deux manivelles par l'intermédiaire de deux paires d'engrenages multipliant la force motrice. Les roues servant au transport de la presse d'une ferme à l'autre, ou de meule en meule, sont, pour le travail, relevées et servent de volants moteurs. Chacune d'elles porte sur un de ses rais une manivelle de 0 m. 286 de rayon. Sur l'arbre de ces roues porteuses est calé un pignon de 14 dents en chevrons, commandant une roue de 64 dents. Sur l'arbre de cette roue dentée, est calé un pignon de 14 fortes dents ordinaires conduisant une roue de 72 dents. Sur l'arbre de cette dernière sont deux pignons qui commandent les crémaillères solidaires du piston. Dès que l'un des compartiments de la caisse est rempli et sa porte fermée, deux ouvriers se placent aux manivelles et tournent aussi uniformément que possible. Le rayon de la manivelle étant d'environ 0 m. 286 le chemin parcouru par la main, dans un tour de roue, est de 1 m. 797. Or il faut 23 tours et demi de manivelle pour que le pignon commandant les crémaillères fasse un tour, ou fasse avancer la crémaillère de 14 dents, ou de 14 fois un pas de 0 m. 029, soit 0 m. 406. La force motrice de chaque manivelle peut s'élever à 20 kilogrammes facilement; le travail moteur des deux ouvriers ensemble est donc de 71 kilogrammètres 88 par tour et de 1,689 kilogrammètres 18 pour un parcours de 0 m. 406 de la pression P exercée par le piston sur le fourrage. On a donc l'équation 1,989 kilogr. 18 = 0 m. 406 × P; d'où P = 4,160.54. Cette pression théorique s'exerce sur une face ayant 1 mètre de long

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur 0 m. 50 de large ou sur 5,000 centimètres carrés; c'est par centimètre carré 0 kilogr. 8321086 seulement. Il est vrai que pour terminer la pressée les deux hommes aux mamanivelles peuvent accroître leur effort jusqu'à 30 kilogrammes et plus même. Avec 30 kilogrammes c'est 50 p. 100 de plus ou 1 kilogr. 248, pression brute paraissant suffisante pour donner au foin la densité obtenue dans l'essai (150 kilogrammes au mètre cube). Comme le rendement d'une presse à crémaillère à deux paires d'engrenages ne peut pas dépasser 80 p. 100 de la pression théorique, ce serait en réalité à peu près 1 kilogramme de pression par centimètre carré pour une densité de 150 kilogrammes.

Dès que la pression est terminée, on le reconnaît par un arrêt placé sur les longues faces verticales de la caisse. On cesse alors d'agir sur les manivelles. On procède immédiatement au liage qui se fait de la même façon que dans les presses verticales à levier.

On n'a plus alors qu'à ouvrir la porte en soulevant le levier des loquets. On la rabat sur la caisse et l'on peut recommencer une nouvelle balle de l'autre côté de la caisse.

Grâce à cette disposition de la caisse en deux compartiments on n'a pas à ramener le piston à vide.

Pour faire une balle, il faut que le piston parcoure environ 0 m. 80 ou que le pignon des crémaillères fasse deux tours. C'est donc 47 tours de manivelle, ou près de deux minutes de rotation pour la pressée. Le chargement exige tout autant; le liage, l'ouverture de la porte et le retrait de la balle autant; soit en tout six minutes, comme dans l'essai à Noisiel. La balle obtenue avait à très peu près les dimensions de la caisse ou 0 m. 5 sur 0 m. 5 et 1 mètre, soit un cube de 250 litres pour un poids de 39 kilogrammes, soit 156 kilogrammes. Ainsi, malgré la complication de cette presse, son travail n'est pas supérieur à celui des presses verticales à simple levier du même exposant, qui ont donné des densités de 127 à 152 kilogrammes dans les essais.

On peut, il est vrai, faire servir cette presse par trois hommes, comme l'indique l'exposant, de façon à charger d'un bout un des compartiments pendant que la pressée de l'autre s'effectue : le foin est alors poussé par le pilon à main contre le piston qui s'éloigne et le chargement peut être fait par un ouvrier pendant que les deux autres agissent sur les manivelles. On peut gagner ainsi deux minutes sur six et faire au lieu de 10 bottes de 39 kilogrammes à l'heure 15 bottes ou 585 kilogrammes.

Le prix de revient peut s'établir ainsi dans les deux hypothèses :

Frais d'outillage : intérêt du prix d'achat (5 p. o/o), petites réparations et entretien, graisse, etc. (3 p. o/o), grosses réparations et amortissement (4 p. o/o), soit 12 p. 100 de 1,700 francs, ou 204 francs pour 150 jours de travail, ou par jour	1f 36
Main-d'œuvre : 2 hommes à 4 francs	8 00
TOTAL	9f 36

pour un poids de 3,900 kilogrammes par journée, ou 2 fr. 40 par tonne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avec trois hommes on a :

Frais d'outillage, comme ci-dessus	1f 36
Main-d'œuvre : 3 hommes à 4 francs	12 00
TOTAL	13f 36

pour 5,850 kilogrammes, soit par tonne 2 fr. 283.

PRESSE VERTICALE À DOUBLE TREUIL DE M. LAURENT VIDAL, AU PONTET D'AVIGNON.

Cette presse se compose d'une caisse verticale dans laquelle un homme se tient debout pour recevoir le foin, le ranger par couches en le piétinant; on obtient ainsi un chargement sous une pression naturelle énergique. Dès que la caisse est remplie, on ramène le tampon sur le foin et on peut commencer la compression mécanique. Elle se fait par deux treuils coniques à deux paires d'engrenages, absolument identiques et symétriquement placés aux flancs de la caisse,

Le tampon est muni d'une poutre de fer en I qui est attirée à chaque bout par la chaîne d'un des deux treuils. Cette chaîne a un bout accroché à la caisse et passe sur une poulie à chape mobile, puis sur une seconde à chape fixe accrochée à la poutre. De là, la chaîne va s'enrouler sur le treuil. Ce treuil est commandé à volonté par une ou deux paires d'engrenages et même par un levier *déclic* commandant l'arbre de l'une des paires d'engrenages. On peut avoir ainsi des vitesses décroissantes de marche au fur et à mesure que la résistance à la compression augmente. C'est la seule marche rationnelle pour toutes les presses sans exception.

On peut exercer la pression avec 4 vitesses décroissantes :

1re *vitesse.* — Pour commencer, on embraye le grand pignon de 21 dents, qui conduit une roue de 40 dents; sur l'arbre de cette dernière, un pignon de 15 dents conduit une roue de 50 dents solidaire du corps du treuil. Pour que celui-ci fasse un tour, il faut donc que la manivelle fasse 6 tours 1/3, la chaîne de treuil étant à la grande base du cône de 0 m. 40 de diamètre. Lorsque la manivelle, qui n'a que 0 m. 36 de rayon, fait 6 tours 1/3, la main parcourt 14 m. 318 et la chaîne du treuil 1 m. 257 seulement. Donc, la traction de la chaîne hors du treuil est égale à l'effort de l'homme sur la manivelle, multiplié par le rapport entre les chemins parcourus ou par 11.4 sensiblement. La chaîne passe sur une poulie fixée à la poutre, puis sur une poulie à chape fixe, pour aller enfin s'accrocher à la caisse. Il en résulte que si la chaîne est tirée d'un mètre, par le treuil qui l'enroule, la poulie à chape mobile de la poutre ne des-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cend avec celle-ci que d'un demi-mètre. Donc, pour un tour de treuil, la poutre ne descend que de o m. 6285. L'effort sur la poutre à chaque extrémité est donc égal à 22.4 fois celui fait par l'homme sur la manivelle. Cet effort pouvant être estimé à 15 kilogrammes au moins, la poutre, par l'action des deux hommes, descend sous un effort total de 672 kilogrammes.

Le piston ayant 1 mètre de long sur o m. 60 de large présente 6,000 centimètres carrés; la pression dans cette première vitesse de descente n'est donc que de o kilogr. 112, en négligeant le poids du tampon et de la poutre.

2e *vitesse.* — Dès que les hommes aux manivelles éprouvent trop de résistance, on prend la seconde vitesse. Pour cela, on désengrène le grand pignon de 21 dents pour engrener celui de 15 qui conduit une roue de 60 dents. Pour faire un tour au treuil, il faut que la manivelle en fasse 7.6 : c'est un chemin de 17 m. 191 parcouru par la main. Or le corps du treuil conique n'a plus que o m. 333 de diamètre et, par suite, il n'enroule que 1 m, 0471. La descente de la poutre est la moitié ou o m. 52355. L'effort de 18 kilogrammes à la manivelle se traduit donc sur la poutre par 591 kilogr. 4 de chaque côté, soit en totalité 1,182 kilogr. 8 pour la même surface de piston de 6,000 centimètres carrés : c'est par centimètre carré o kilogr. 1971. Il est facile de comprendre qu'en conservant la même transmission, les hommes peuvent exercer sur les manivelles un effort croissant de 18 à 27 kilogrammes environ, accroître ainsi la pression jusqu'à près de o kilogr. 30, et élever l'effort sur le piston à 1,774 kilogrammes.

3e *vitesse.* — Dès que la résistance est devenue assez forte pour excéder la fatigue des ouvriers agissant sur les manivelles, ils abandonnent celles-ci et placent dans la douille à cliquet du rochet solidaire de l'arbre moteur un levier quatre fois plus grand environ que la manivelle. Par des oscillations successives de ce levier, on fait tourner le gros pignon que l'on vient d'embrayer. Quelque faibles que soient ces oscillations, il faut que la main de l'ouvrier parcoure, par fractions, un cercle quatre fois plus grand que celui de la manivelle, pour que le pignon fasse un tour. Le chemin moteur parcouru par la main étant quatre fois plus grand pour un tour de treuil, l'effort sur la chaîne sera quadruple et même un peu plus grand, parce que le diamètre du treuil a diminué pendant la deuxième vitesse. Il est de o m. 24 environ au lieu de o m. 36, soit les 2/3 ; on multiplie donc de ce fait par 1.5 et par suite en tout par 6, à nouveau. Comme la première vitesse donnait un effort total d'au moins 672 kilogrammes sur le piston, bien que chaque homme n'exerçât sur la manivelle que 15 kilogrammes, on a déjà 6 fois l'effort de 672 kilogrammes ou 4,032 kilogrammes, en admettant qu'au levier l'homme n'exerce que 15 kilogrammes. Or il est certain qu'il peut porter cet effort à son poids au besoin ; mais en supposant que cet effort ne dépasse pas en moyenne 45 kilogrammes dans la descente du levier, on multiplierait encore la pression par 3, soit donc 12,096 kilogrammes, ou par centimètre carré 2 kilogr. 016.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4e vitesse. — Si l'on embraye le petit pignon au lieu du grand, la main motrice doit faire, avec le levier, double chemin pour un tour du treuil. Ce serait donc sur le piston en totalité, et pour terminer la pressée, 4 kilogr. 032 par centimètre carré. Il convient de remarquer que ces pressions sont théoriques, c'est-à-dire ne tiennent pas compte des frottements des tourillons et de celui des engrenages.

Or on peut admettre qu'avec deux paires d'engrenages, un levier et un treuil avec poulie mouflée, interposés entre la force motrice et la résistance, on perd en frottements divers 30 p. 100 de la force motrice. Les pressions seraient donc réellement à peu près 0.7 des pressions calculées, soit, pour la quatrième vitesse, 2 kilogr. 822, et, pour la troisième vitesse, 1 kilogr. 411.

Dans l'essai, on a terminé la pressée par cette troisième vitesse ; c'est-à-dire que le piston n'a exercé qu'une pression de 1 kilogr. 4 environ par centimètre carré : la balle obtenue avait 1 m.10 de longueur sur 0 m. 60 de largeur et d'épaisseur, ou un volume de 396 litres pour 90 kilogrammes. C'est une densité de 227 kilogrammes par mètre cube. En employant la dernière vitesse, on eût certainement obtenu une densité de plus de 280 kilogrammes sans peine, mais en employant beaucoup plus de temps. Voici quelle est la marche d'une opération :

Une balle liée est renversée sur le sol.

On doit alors, d'abord, soulever le tampon à l'aide d'une chaîne spéciale, et le placer de côté, sur des supports ; il a fallu environ *une* minute. Le chargement, avec des bottes de foin du commerce en partie déliées, a duré six minutes, à 2 hommes.

Une minute a été employée pour amener le tampon sur le foin emplissant la caisse, et préparer les chaînes du treuil (des câbles pendant l'essai). A la première vitesse, on a consacré 1′ 30″ et autant pour chacune des deux suivantes, soit 4′ 30″. Le liage, faute de liens convenablement préparés, a exigé 3 minutes ; 1/2 minute a suffi pour dégager la botte et la verser au dehors de la caisse : soit en tout 16 minutes pour une balle de 89 kilogr. 960. En dix heures, on ferait donc 37.5 balles, ou 3,373 kilogr. 5. Le prix de revient de l'opération de la mise en balles peut alors s'établir comme suit :

Frais d'outillage : intérêt du prix d'achat (5 p. o/o), entretien et petites réparations, huile etc. (3 p. o/o) et amortissement (4 p. o/o) ; en tout 12 p. o/o de 2,500 francs ou 300 francs pour 150 jours, soit par jour	2f 00c
2 hommes à 4 francs	8 00
TOTAL	10f 00c

pour un poids de 3,373 kilogr. 5, ou par tonne 2 fr. 96, soit 3 francs.

Des hommes habitués au maniement de cette presse auraient employé beaucoup moins de temps dans les diverses opérations : chargement, pose du tampon, serrage aux 3 ou 4 vitesses, liage, décharge de la balle et soulèvement du tampon.

On peut admettre 4 minutes pour le chargement, 1/2 minute pour placer le tampon,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4 minutes 1/2 pour le serrage aux 4 vitesses, 1 minute 1/2 pour le liage, et 1/2 minute pour l'enlèvement de la balle et le soulèvement du tampon ; soit 11 ou au plus 12 minutes au lieu de 16, pour une balle de 90 kilogrammes, à 40 grammes près. On aurait alors :

Frais d'outillage, comme ci-dessus	2f 00c
2 hommes à 4 francs	8 00
TOTAL	10f 00c

pour un poids de 4,500 kilogrammes, ou par tonne 2 fr. 22.

L'essai de cette presse n'a pu être terminé à Noisiel. Il a été refait à l'esplanade des Invalides devant une délégation du jury.

PRESSE HORIZONTALE À VIS ET À ENGRENAGES.

La presse horizontale, dite *à pression centrale*, de M. Vidal (Laurent), est à vis conduite à chaque bout par deux paires d'engrenages réduisant respectivement par 2,72727 et 10 2/3, la vitesse communiquée par la main aux deux manivelles, ou par la vapeur à une poulie.

Il y a en réalité trois vis distinctes d'environ 0 m. 09 de diamètre et 0 m. 024 de pas; elles sont placées horizontalement dans le prolongement l'une de l'autre, dans l'axe longitudinal de la caisse double reposant sur deux trains à roues inégales, comme les chariots ordinaires (1 m. 40 de diamètre à l'arrière, 0 m. 85 à l'avant). Chaque vis repose dans le moyeu taraudé d'une roue d'engrenage lui servant d'écrou fixe. La vis intermédiaire, qui a ses filets inclinés en sens contraire de ceux des vis extrêmes, porte à chacune de ses extrémités un piston rectangulaire guidé par les quatre parois de la caisse. Les vis extrêmes ne portent qu'un piston chacune à leur extrémité intérieure.

Lorsque l'on fait tourner l'une ou l'autre des manivelles, ou les deux ensemble, on commande par une première paire d'engrenages le long arbre, qui porte trois pignons de 9 dents, commandant chacune une roue-écrou de 96 dents.

Pour 29 tours 0917 de manivelle, les roues-écrous font un tour, et par suite les vis avancent chacune d'un pas de 0 m. 024. Le piston de la vis de gauche s'avance à droite de 0 m. 024, tandis que le piston de gauche de la vis intermédiaire vient à la rencontre du précédent avec une vitesse égale.

Simultanément, le piston de la vis de droite marche de 0 m. 024 vers la droite, tandis que le piston de droite de la vis intermédiaire s'écarte du précédent avec la même vitesse. Ainsi tandis qu'à gauche, deux pistons se rapprochent pour serrer le foin d'une caisse, les deux autres s'écartent pour laisser libre la balle qui vient d'être serrée et liée. On fait basculer cette balle et l'on charge immédiatement la caisse de droite pendant que le foin de celle de gauche commence à subir la pression. Lors-

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elle est terminée, on passe les liens, on opère le liage et on fait basculer la balle. Le temps nécessaire pour chaque balle comprend donc seulement celui que nécessitent le serrage, le liage, l'ouverture et la fermeture des portes, soit de 7 à 7 minutes 1/2, lorsque le mécanisme est commandé par une machine à vapeur. Le plus grand écartement de deux pistons étant de 2 m. 36, et leur plus grand rapprochement de 0 m. 41, ils ont à faire chacun 0 m. 975 pour opérer la compression d'une balle, à raison d'un pas de 0 m. 024 par tour de l'écrou, ou de 29 tours 0917 de l'arbre de la manivelle. On voit que chaque écrou doit faire 40 tours 625 ou chaque manivelle 1,181 tours 810 pour une pressée. Comme un homme ne peut guère faire plus de 40 tours de manivelle par minute au commencement de la pression, et à peine 16 à la fin, lorsque la résistance du fourrage approche de son maximum, on voit que le nombre de tours serait à peine en moyenne de 30 et qu'il faudrait par suite, à deux hommes, 37 minutes pour faire une pressée, ou 40 minutes par balle, ou 15 balles en dix heures avec trois hommes, l'un employé constamment au remplissage des caisses. Voici comment pourrait s'établir le prix de revient de la mise en balles (liens non compris) :

Frais d'outillage : intérêt du prix d'achat, entretien, réparation et amortissement, 12 p. o/o de 3,000 francs ou 360 francs pour 150 jours, soit par jour.....	2f 40c
Main-d'œuvre : 3 hommes à 4 francs pour dix heures.....	12 00
TOTAL.....	14f 40

pour 15 balles de 74 kilogrammes (d'après l'essai), ou 1,100 kilogrammes, soit par tonne 13 francs ou 12 fr. 97.

En admettant même 40 tours de manivelle par minute, il faudrait 28 minutes, soit moins de 22 balles de 74 kilogrammes ou à peine 1,628 kilogrammes, soit près de 9 francs par tonne.

En admettant, avec l'exposant, que l'on puisse faire, avec quatre hommes, 100 balles de 50 à 100 kilogrammes par jour, les frais seraient de 17 fr. 40 pour 5 à 10 tonnes, ou de 3 fr. 48 à 1 fr. 74 par tonne : ce maximum de production nous semble irréalisable, par cela même que l'énorme pression dont est capable cette presse ne permet pas aux hommes placés aux manivelles (même deux par deux) de faire une balle en moins de 25 minutes. Dans l'essai fait, *en prenant comme moteur une locomobile à vapeur,* il a fallu quatre minutes pour serrer une balle de 74 kilogrammes ; avec les trois minutes exigées par le liage, l'ouverture et la fermeture des portes, c'est au moins sept minutes : soit, par journée moyenne de dix heures, 85.7 balles pesant 6,341 kilogr. 8. On pourrait, avec une locomobile de 5 à 6 chevaux, aller plus vite et économiser une minute environ sur le temps du serrage. On atteindrait ainsi le maximum de production, soit 10 balles de 75 kilogrammes à l'heure ou 7 tonnes 1/2 en dix heures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le prix de revient de la mise en balles pourrait donc s'établir comme suit :

Frais du moteur : charbon brûlé, 90 kilogrammes, à 4 francs les 100 kilogrammes à raison de 3 kilogrammes par cheval et par heure	3f 60c
1 chauffeur	5 00
Intérêt, entretien et amortissement de 4,000 francs, 10 p. o/o ou 400 fr. pour 150 jours, soit par jour	2 66
Frais d'outillage : comme précédemment	2 40
3 hommes à 4 francs	12 00
TOTAL	25f 66c

pour 6,341 kilogr. 8, ou par tonne, 4 fr. 046 ; pour la production maximum, 7.5 tonnes, le prix de revient serait réduit à 3 fr. 40 environ.

Cette presse, en raison de la force même de son mécanisme de compression, ne peut donc économiquement être mue autrement que par une machine à vapeur. A la main, la compression serait trop lente et trop coûteuse. Les balles faites dans l'essai de l'esplanade des Invalides ont pesé de 71 kilogr. 54 à 76 kilogr. 50. Elles avaient 1 m. 02 de longueur, 0 m. 56 de largeur et 0 m. 60 d'épaisseur ; c'est un cube de 342 lit. 7, et une densité de 208 kilogr. 64 à 223 kilogr. 23 par mètre cube. Pour obtenir cette densité, comme nous l'avons précédemment établi par nos études, il faut exercer sur le fourrage, très probablement, une pression de 1 kilogr. 333 au moins par centimètre carré. La surface étant ici de 1 mètre de long et de 0 m. 50 de large, c'est 5,500 centimètres carrés exigeant 7,333 kilogr. 1/3 sur chacun des deux pistons comprimant la balle en s'avançant l'un contre l'autre. Comme il faut 29 tours de la poulie de 0 m. 52 de diamètre pour que la vis fasse un tour et s'avance de 24 millimètres, l'effort moteur du brin conducteur de la courroie motrice est à la pression contre les deux pistons ou à 14,666 kilogr. 2/3 comme 0,000505145 est à 1. Cet effort moteur est donc égal à 7 kilogr. 4066. Mais une presse à *vis* conduite par deux paires d'engrenages (surtout lorsqu'elle doit, pendant la pressée par deux pistons, entraîner les deux autres pistons en desserrage, comme ici) ne peut guère rendre que 25 p. 100 de la force motrice. En réalité, donc, il faut à la circonférence de la poulie un effort moteur au quadruple ou égal à 29 kilogr. 626. Pour le serrage, le parcours de chaque piston est égal à 0 m. 88, nécessaire pour réduire la masse de foin de 2 m. 36 à 0 m. 6. Or la compression a exigé *quatre* minutes à la vitesse de 256 tours à la petite poulie de 0 m. 25 de diamètre. Le chemin décrit par la courroie motrice a donc été de 418 m. 21 quadruplé ou de 1,672 m. 84. C'est un travail moteur, sur le volant, égal à 12,390 kilogrammètres 6, par minute ou près de 3 chevaux-vapeur (2.7547). En chargeant fortement les caisses et poussant la compression au maximum de rapprochement, on peut à la rigueur faire des balles de 100 kilogrammes, n'occupant qu'un espace de 1 m. 02 sur 0 m. 56 et 0 m. 41, soit un cube de 234 lit. 2 ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est une densité de 427 kilogrammes, inutilement trop forte le plus souvent, car elle n'a sa raison d'être que dans les transports par navire.

PRESSE PILTER.

Cette presse est montée sur deux paires de roues. Le train d'arrière porte le mécanisme de pression définitive qui a pour but de donner la densité voulue et aussi de faciliter le liage.

Le canal d'alimentation a son fond en bois légèrement incliné de l'extérieur (entrée du foin) à l'intérieur, distants, à l'extérieur ou entrée, de 1 m. 350; ses parois latérales vont en se rapprochant à 0 m. 52 devant une enveloppe cylindrique qui constitue la partie fixe, véritable bâti de la machine. Dans l'intérieur de l'enveloppe fixe sont deux *cônes opposés* par le sommet, et ayant leurs axes de rotation inclinés sur l'horizon de 45 degrés dans un plan vertical.

En avant, est une couronne doublement dentée : elle roule sur 3 galets dont les paliers comme ceux des axes des cônes sont venus de fonte avec l'enveloppe fixe. Le foin jeté par des hommes à l'entrée du canal alimentaire est saisi, soulevé et poussé par 4 râteaux articulés contre les deux cônes tournant, de façon à attirer le foin de l'extérieur à l'intérieur. Voici comment cette alimentation automatique se produit. Chacun des 4 râteaux est articulé d'un bout à l'un des coudes d'un arbre à vilebrequin, de façon que deux *montent* pendant que les deux autres *descendent*. L'autre bout passe dans une mortaise ménagée dans une cloison verticale en bois, fixée sous le fond. Chaque barre porte 6 dents de longueur décroissante et son mouvement de rotation de bas en haut et en avant soulève et lance le foin contre les cônes. Les dents passent dans des rainures du fond du canal alimentaire. D'abord tout à fait cachées au-dessous dun fond elles s'élèvent peu à peu et poussent le foin par secousses rapides Le vilebrequin reçoit son mouvement de la denture extérieure de la couronne qui conduit, par ses 50 dents, un pignon de 9 dents. Sur l'arbre de ce pignon est calé un pignon conique d'environ 18 dents conduisant une roue conique clavetée sur l'extrémité de l'arbre à vilebrequin. La couronne qui reçoit son mouvement de rotation par un pignon de 13 dents solidaire d'un arbre faisant 90 tours fait donc seulement 23.4 tours. L'arbre à vilebrequin fait alors 78 tours. Les cônes alimentaires font environ 2 tours pour 1 de la couronne ou 46.8 par minute. Leur diamètre moyen étant de 0 m. 18, c'est par chaque tour un avancement de foin de 0 m. 565; et pour 46 tours, 8 par minute, c'est 26 m. 45 sur une section d'environ 3 décimètres carrés, soit un volume de 793.5 décimètres cubes qui, à une densité de 45 kilogrammes au mètre cube, donne un poids d'au moins 36 kilogrammes (35 kilogr. 7076 par minute). Comme l'alimentation est forcément intermittente on comprime à peine 16 kilogr. 2/3, c'est-à-dire que la première compression emploie un peu moins de la moitié du temps nécessaire pour faire une balle. La dernière compression, le liage et la remise en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marche, emploient le reste. Avant de faire marcher l'alimentation, on a amené tou contre les cônes qui poussent le foin en avant un plateau porté au bout d'une barre carrée serrée entre les mâchoires d'un frein à vis. Cette barre glisse ainsi dans le frein à frottement aussi dur que l'exige le degré de compression voulu et à frottement doux dans l'axe creux d'une vis servant à terminer la compression. D'autre part, ce plateau est rendu solidaire de la rotation de la couronne dentée par 2 fers à T fixés normalement à cette couronne d'une part et à une pièce enfilée sur l'écrou et formant un diamètre, dont les bouts en retour d'équerre supportent les fers à T. Le plateau porte, au droit des fers à T, deux ergots le forçant de glisser le long de ces fers à T par l'effet de de la pression du foin qui avance continuellement. Ce plateau présente au fourrage quatre fortes pointes saillantes qui arrêtent les brins de foin, tandis que le plateau tourne, et les forcent à s'enrouler en une espèce de très grosse corde sans fin qui se range en spires successives au fur et à mesure que le plateau, tout en tournant, est forcé d'avancer.

Pour mettre en marche la machine, dès qu'une balle liée est abandonnée, on s'assure si le talon du frein qui le maintient sur la tête de la vis ne touche pas au support de la machine. On amène alors à la main le plateau vers les cônes alimentaires. On serre ensuite la vis du frein avec la grande tige, de façon à amener la petite aiguille au point de repère que le travail précédent a fait adopter. Il faut en effet faire quelques balles, en augmentant ou diminuant la pression, c'est-à-dire la résistance de la tige carrée dans les mâchoires du frein, pour arriver à déterminer la résistance donnant la densité voulue. Et, comme chaque jour l'usure insensible de la tige carrée du plateau diminue la résistance et, par suite, la densité des balles, il faut chaque jour resserrer un peu la vis et dépasser le repère primitif. Cela fait, on embraye : 1° la couronne dentée en poussant un levier d'embrayage qui saisit le pignon par ses crans et le fait tourner; 2° l'engrenage en attirant un second levier d'embrayage. Ces embrayages faits, la couronne dentée tourne, en entraînant dans sa rotation le vilebrequin, les râteaux et les cônes d'alimentation, ainsi que le plateau. On commence alors à jeter du foin dans le canal alimentaire; ce foin est amené contre le plateau et s'entortille autour des pointes d'arrêt; arrivant continuellement, il presse bientôt contre le plateau en rotation, et de plus en plus.

Dès que la pression du foin contre le plateau est suffisante pour forcer la tige carrée du plateau à glisser dans les mâchoires du frein, le plateau s'avance et la résistance qu'il éprouve reste constante si l'alimentation en foin par les deux hommes chargés de ce soin est régulière. Dès que le plateau n'est plus qu'à 0 m. 02 ou 0 m. 03 du frein, il faut arrêter l'alimentation en désembrayant le pignon de commande, c'est-à-dire en poussant l'un des leviers d'embrayage. Pour dispenser de ce soin l'ouvrier conducteur de la machine, on a disposé, près de l'extrémité de la tige carrée, une buttée tournant autour du petit axe et tirant une tringle qui désembraye l'alimentation en dégageant une partie du manchon à griffes qui entraînait, par le mouvement de l'arbre, le pignon de commande. Il faut d'ailleurs que cet arrêt se fasse de façon que la tête de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vis du frein se trouve en haut, afin que les rainures du plateau dans lesquelles on doit passer les liens soient en face des rainures de la bouche *cylindrique* fixe.

Comme le plateau ne tourne plus, la vis de pression avance et le plateau de même sans tourner. On obtient ainsi une compression nouvelle que l'on prolonge plus ou moins à volonté. Mais c'est pendant cette compression que le liage doit se faire. Le second ouvrier fait d'abord glisser en arrière dans sa rainure la séparation verticale qui se trouve dans la trémie. Il tient en main les deux liens, en passe un des bouts à l'ouvrier conducteur qui l'introduit par l'ouverture ménagée à cet effet dans la bouche cylindrique de son côté jusqu'au tiers de la balle environ. Il maintient ce bout pendant que le second ouvrier passe le bout opposé dans la rainure correspondante. Cela fait, le même ouvrier passe un des bouts du second lien dans la rainure du haut de l'enveloppe ou bouche cylindrique, et le bout opposé, dans la rainure du bas. Il prend ensuite le bout du premier lien, qui se trouve de son côté, le passe dans la rainure correspondante du plateau où l'ouvrier conducteur le saisit et le joint au bout qu'il possède déjà. Pendant ce temps le second ouvrier a fait passer le deuxième bout du second lien dans la rainure par le haut du plateau, l'a saisi en dessous et joint, par-dessus la balle, à l'autre extrémité de ce lien.

Lorsque l'ouvrier conducteur juge que la deuxième pression par la vis est suffisante, il la fait cesser en désembrayant la roue de commande, c'est-à-dire en repoussant le second levier d'embrayage jusqu'à son cran d'arrêt. C'est alors que chacun des ouvriers place une agrafe ou S à l'un des liens : la botte est comprimée et liée. Il reste à la dégager et à la laisser tomber sur le sol. Pour cela, il suffit que l'ouvrier conducteur pousse le même levier jusqu'à ce que le manchon d'embrayage engage ses crans dans ceux du pignon de recul qui conduit, par un engrenage intermédiaire, une roue dentée clavetée sur l'écrou. Ayant par cet embrayage changé le sens de la rotation, le plateau avec la vis recule et abandonne la balle qui tombe. Si le liage n'a pu être terminé quand la deuxième pression est achevée, on arrête néanmoins la rotation de la vis, et pour cela un repère est marqué sur le longeron du bâti; il indique le point que le plateau avançant avec la vis pour la dernière pression ne doit pas dépasser. Ce repère est placé de telle sorte que la balle sous *pression* a environ 0 m. 05 ou 0 m. 06 de moins que sa longueur définitive.

La balle enlevée ainsi, on desserre le frein, on pousse le plateau contre les cônes alimentaires, on resserre le frein jusqu'au point voulu et on recommence la série des opérations précédentes.

Il est à peu près impossible de calculer l'effort de compression exercé sur le plateau puisqu'il dépend de la pression inconnue que subit la tige carrée entre les mâchoires du frein. Si nous admettions, en nous basant sur nos observations, que, pour avoir la densité obtenue dans l'essai fait à Noisiel (342 kilogr. 453 au mètre cube), il faille une pression de 2 kilogr. 2 par centimètre carré du plateau compresseur, ce serait 4,744 kilogr. 25 puisque l'aire du plateau est de 21,565 centimètres carrés, pour la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

presse B, décrite ici. Mais, pour le modèle A essayé à Noisiel, le diamètre du plateau étant de 0 m. 65, son aire était de 3,318 centimètres carrés et la pression supportée 7,300 kilogrammes; cette pression n'était exercée que pendant la moitié du temps total, soit 3 minutes, puisqu'on a fait une balle de 125 kilogrammes en 6 minutes : elle avait 0 m. 65 de diamètre et 1 m. 10 de long.

L'exposant admet qu'il faut une machine à vapeur de 4 chevaux pour conduire la grande presse essayée à Noisiel; en supposant que la puissance motrice dépensée a été de 3 chevaux-vapeur, le prix de revient de la mise en balles peut s'établir ainsi, non compris les liens :

Frais de moteur : consommation de charbon pour 3 chevaux effectifs, 90 kilogrammes à 4 fr. 50 les 100 kilogrammes	4f 05c
Un chauffeur à 5 francs	5 00
Intérêt du prix d'achat (5 p. 0/0), amortissement (3 1/2 p. 0/0), entretien (3 1/2 p. 0/0); ensemble : 12 p. 0/0 de 4,200 francs, soit 504 francs pour 150 jours par année, ou par jour	3 36
Frais d'outillage : intérêt du prix d'achat (5 p. 0/0), amortissement (4 p. 0/0), entretien (4 p. 0/0); en tout : 13 p. 0/0 de 3,100 à 3,300 francs ou 403 à 429 francs pour 150 jours, ou par jour en moyenne	2 77
Main-d'œuvre : deux hommes pour présenter le foin à la machine, un conducteur et un aide : soit trois hommes à 4 francs	12 00
et un à 5 francs	5 00
TOTAL	32f 18c

pour 9,375 kilogrammes par jour, soit par tonne 3 fr. 43.

L'exposant estime les deux liens d'une balle à 0 fr. 35; pour une tonne il faudrait donc ajouter pour liens 8 fois 0 fr. 35 ou 2 fr. 80.

La torsion légère que subit le foin dans cette presse ne le brise pas, comme on le pourrait croire au premier abord. Les balles cylindriques ne présentant pas d'arête, la perte dans le chargement peut être moindre que celle que l'on constate pour les balles parallélépipédiques. Comme avec les presses continues mettant le foin en paquets pliés successifs, on ne peut ici mettre à l'intérieur des balles du foin médiocre ou de qualité inférieure, sans que cela se voie extérieurement. Les balles cylindriques de 100 à 125 kilogrammes sont maniables à la façon de tonneaux pleins, tandis que des balles parallélépipédiques de plus de 40 kilogrammes sont difficiles à manier. Dans la classe des presses à alimentation intermittente, cette presse occupe donc un très bon rang.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRESSE À FOURRAGES DE TRITSCHLER.

Cette presse comprime le foin d'après le même principe que la presse Déderick; mais l'alimentation est intermittente et faite entièrement à la main.

Autour de la cheville ouvrière de l'avant-train tourne un long bras de levier à l'extrémité duquel on attelle une paire de bœufs. Le levier est en bois ordinairement et fixé dans une tête en acier fondu terminée à l'intérieur par une forte douille et latéralement par deux saillies ou oreilles percées chacune d'un trou pour le passage d'une cheville d'articulation. Cette tête peut, en effet, s'articuler avec une des saillies d'une pièce triangulaire, semblable et presque symétrique, et ayant la forme d'un chapeau à trois cornes. Quand une des oreilles du grand levier est réunie par une cheville avec la pièce triangulaire, et que le levier marche dans le sens convenable, on enfonce le piston en exerçant un effort environ vingt fois égal à celui de la paire de bœufs à l'extrémité du grand levier ou 4,000 kilogrammes, si les bœufs exercent ensemble un effort de 200 kilogrammes. Cet effort est facile à obtenir, puisqu'un bœuf, en s'arc-boutant, peut donner une traction égale aux 2/3 au moins de son poids ou 400 kilogrammes. Marchant ainsi en décrivant 1/3 de cercle d'environ 3 mètres de rayon, ils développent un travail moteur de 1,200 kilogrammètres pour faire marcher le piston de quelques décimètres seulement; la pression exercée sur ce piston peut donc être très considérable. La première partie de la caisse peut être dite *de chargement*. Un ouvrier, debout sur la machine, y tasse le foin et le comprine avec les pieds jusqu'à ce qu'il ne puisse plus en ajouter. Il ferme alors la porte et fait décrire à l'attelage 1/3 de cercle. Jusqu'à ce que la porte s'ouvre automatiquement, l'attelage décrit le même arc de cercle en sens inverse pour ramener le piston; on a dû naturellement relier pour cela l'une des oreilles de la tête du levier avec l'oreille correspondante de la tête triangulaire de la bielle du piston, à l'aide d'une cheville disposée pour cet emploi.

L'ouvrier chargeur place alors contre le fourrage refoulé dans la seconde partie de la caisse, où des crochets à contrepoids le retiennent, une planche ou séparation spéciale, et charge à nouveau la caisse. L'attelage fait une nouvelle oscillation. Comme à la précédente, il y a eu refoulement de foin, ouverture automatique de la caisse, puis retour du piston. Cette opération se répète trois ou quatre fois et alors l'ouvrier place une seconde planche séparative et il recommence le chargement comme précédemment.

Lorsque les deux planches séparatives paraissent dans la troisième partie de la caisse, ouverte sur ses faces latérales, il y a une balle que l'on peut lier et qui forme un fond ou appui propre à supporter l'effort de pression. Car la seconde partie de la caisse, dite *de refoulement*, a une section décroissante en hauteur, ce qui fait éprouver au foin en refoulement une grande compression. La troisième partie de la caisse ou conduit de décharge a de même une hauteur décroissante de sorte que la pression acquise par le foin dans la caisse de refoulement se maintient et s'accroît même pendant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le liage. La difficulté qu'éprouve le foin à s'écouler est réglée à volonté par le serrage de vis réduisant plus ou moins la hauteur finale du passage. La densité peut donc être réglée à volonté.

Dès que l'on a une première balle en liage, la machine est *amorcée* et peut alors fonctionner plus rapidement et régulièrement.

La caisse remplie, on opère une foulée, pendant laquelle l'attelage décrit, en tirant, 1/3 de cercle; alors la porte de chargement s'ouvre et le piston, qui n'est plus retenu par sa tête de bielle, rebondit en arrière sous l'élasticité du foin que l'on vient de refouler. La tête triangulaire de bielle est venue présenter l'angle opposé à la buttée de tête. Alors, si l'on charge à nouveau la caisse, l'attelage qui, pendant le chargement, a tourné autour de sa cheville d'attelage de l'extrémité du levier peut refouler en revenant, sans faire de parcours inutile, comme pour la mise en train. La balle de 50 kilogrammes se compose de huit foulées ou chargements; le chargeur doit donc mettre une planche séparative toutes les fois qu'il a achevé huit chargements ou foulées. Il est, du reste, averti par une sonnerie, que l'on règle à volonté pour sept, huit ou neuf foulées, suivant la densité et la longueur de balle désirables.

Le foin étant fourni au chargeur comme pour toutes les machines, il faut de plus un lieur : cet ouvrier a tout le temps nécessaire pour *lier, recevoir, peser* et *placer* en lieu convenable les balles faites.

Dans l'essai fait à Noisiel, il a fallu 5 minutes pour faire une balle de 50 kilogr. 5 ayant 0 m. 78 de long, 0 m. 50 de large et autant d'épaisseur, ou un cube de 195 litres; c'est une densité de près de 259 kilogrammes (258 kilogr. 974) au mètre cube. Le travail par heure s'est élevé à 606 kilogrammes.

Le prix de revient de la mise en balles (liens non compris) peut s'établir comme suit :

Frais du moteur : 2 bœufs à 2 francs l'un (prix de revient de la nourriture et des soins)	4f 00c
1 bouvier à 4 francs	4 00
Frais d'outillage : intérêt du prix d'achat (5 p. 0/0), amortissement (3 1/2 p. 0/0), entretien et petites réparations (3 1/2 p. 0/0); ensemble : 12 p. 0/0 de 2,000 francs ou 240 francs pour 150 jours, soit par jour	1 60
Main-d'œuvre : 1 chargeur et 1 lieur à 4 francs chaque	8 00
TOTAL	17f 60c

pour 6,060 kilogrammes, soit par tonne, 2 fr. 904.

En admettant huit foulées pour 50 kilogrammes on a chaque caisse pleine, 6,250 kilogrammes et la pression se fait sur un piston de 0 m. 78 sur 0 m. 50 de large, soit 3,900 centimètres. Comme il faut environ 5/3 de kilogramme de pression par centimètre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

carré pour obtenir la densité de 259 kilogrammes, il faut que la pression efficace du piston se soit élevée à 6,500 kilogrammes. Avec 2 bœufs attelés à un long levier il est facile d'arriver à ce résultat, et même par un dernier effort de l'attelage on peut arriver à près du double. C'est une presse éminemment pratique. Son travail peut être dit *continu*, malgré l'intermittence du chargement et de la traction.

PRESSE ALBARET.

Toutes les presses à levier, à treuil ou à vis, avec ou sans engrenages multipliant la force, opèrent par intermittence. Le foin que l'on a rangé et tassé dans la caisse reçoit sur toute sa masse une seule et courte pression. Les ouvriers servant de telles presses changent périodiquement de fonctions : ils sont, tour à tour, chargeurs, presseurs et lieurs. Car il faut successivement charger, presser, lier et extraire la *balle faite*, pour en faire une autre par la même succession de travaux. Cette organisation du travail n'est acceptable que pour une médiocre production journalière. Et même, en toutes circonstances, le fonctionnement intermittent n'est pas économique, parce qu'il ne permet pas la division du travail qui, spécialisant les ouvriers, leur donne cette habileté et cette sûreté de main qui peut, seule, assurer la perfection d'un travail quelconque. La continuité du travail est donc le but à viser pour les machines à comprimer le foin, comme pour toute autre. Or la presse Déderick, construite et exposée par M. Albaret, de Liancourt, satisfait à cette condition. Un homme présente continuellement le foin à la trémie alimentaire; un outil plie ce foin en le *plongeant* dans la caisse, où un second outil l'amasse, le tasse et le comprime sans discontinuité; un second ouvrier *lie* au fur et à mesure les balles qui s'écoulent dans un conduit de serrage et s'en échappent d'elles-mêmes sans arrêt.

Le moteur actionnant la presse continue de M. Albaret peut être une machine à vapeur, des chevaux ou des bœufs au manège ordinaire à piste circulaire, ou même deux à quatre chevaux sur un plan incliné à rails et roulettes (tread-mill, tripot ou trépigneur). Aux avantages généraux dus à la continuité de l'opération viennent s'en ajouter d'autres que l'examen détaillé des diverses parties de la machine fera reconnaître aisément.

L'outil de chargement est une espèce de planche fixée à l'extrémité du grand bras d'un levier oscillant d'une manière particulière, imitant un homme qui, la main verticalement tendue, enfoncerait et tasserait par coups successifs le foin dans une caisse.

Cette planche, terminée à sa partie inférieure par une dentelure, descend périodiquement, à intervalles égaux : elle plonge dans la caisse au fond de la trémie dans laquelle un ouvrier jette constamment, par fourchées égales, une couche de foin. Ce plongeur plie en deux la couche de foin en l'enfonçant jusqu'au fond dans un conduit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

horizontal ouvert sous la trémie. Ce *pli* de foin est aussitôt poussé vers la sortie par le second outil, le *piston compresseur*. Ces paquets de foin assimilables à de *petits livres brochés égaux* se casent ainsi l'un après l'autre dans la caisse ou conduit horizontal en supportant ensemble chaque nouveau coup de piston qui leur amène un compagnon. Si la caisse où se tasse ainsi le foin avait une section verticale constante, le foin avancerait d'un mouvement périodique, uniforme, dans le conduit, sans subir de compression sensible. Mais on peut, à volonté, en agissant sur les vis spéciales, régler la face supérieure du conduit de façon que la hauteur de la section, de largeur constante, aille en diminuant. On peut même, dans une certaine mesure, rétrécir aussi l'extrémité du conduit.

La section du conduit allant ainsi en diminuant sur l'une de ses dimensions (la verticale) ou même sur toutes deux, la résistance à l'écoulement du foin tassé s'accroît et détermine une compression que l'on peut augmenter à volonté jusqu'au maximum permis par la force motrice dont on dispose.

La densité des couches verticales de foin va ainsi en croissant, depuis l'entrée du conduit de compression jusqu'à son extrémité; au delà, la botte est faite, puis liée; mais le conduit d'échappement, où elle se trouve alors, a, lui-même, une section légèrement décroissante qui maintient et même accroît la densité pendant le liage. De sorte que la balle faite, avant de sortir du conduit, forme un fond résistant contre lequel le piston compresseur pousse sans cesse de nouvelles couches de foin qui se compriment ainsi peu à peu, et, par suite, dans les meilleures conditions, sans que les tiges puissent être brisées puisque l'ensemble des couches est assimilable à une suite de *coussins* élastiques. La balle, liée, sort lentement du conduit et se trouve bientôt libre sur une table horizontale placée en prolongement du fond du conduit. Le foin sortirait sous forme de parallélépipède indéfini, si l'on n'avait soin de placer dans le conduit (par la trémie) des obturateurs qui isolent du foin en compression celui que le *plongeur* va conduire. Pour avoir des balles absolument de même longueur, il suffit que l'ouvrier alimentant la trémie, par égales fourchées, laisse tomber un obturateur après un même nombre de fourchées. Pour le dispenser de ce comptage, on place sur le conduit horizontal des marques ou repères indiquant que la longueur voulue est atteinte. On peut arriver ainsi à une grande régularité de dimensions. Nous avons sous les yeux un *état* authentique des dimensions et des poids des balles faites par une presse à fourrages de M. Albaret qui ne laisse aucun doute sur la précision dont cette machine est capable.

D'après cinq essais ayant produit 370 balles, le poids moyen de la balle a été de 37 kilogr. 71. Les écarts sur les poids ont été au maximum de 7 p. 100 en dessus ou en dessous de la moyenne. Les écarts de longueur n'ont pas dépassé 3 p. 100 de la moyenne. Le cube moyen ayant été de 144 litres, c'est une densité de 261 kilogr. 8 par mètre cube. La vitesse de sortie (obturateurs compris) a été de 16 m. 040 par heure, c'est-à-dire moins de 0 m. 0045 par seconde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a fait, en moyenne, une balle en moins de 3 minutes 1/3, soit par heure 18 balles de 37 kilogr. 71, ou 678 kilogr. 78 par heure. C'est, par journée de dix heures, 6,787 kilogr. 8 en 180 balles.

Dans l'essai fait à Noisiel, la balle avait la même section, mais une plus grande longueur (0 m. 90); le poids a été de 43 kilogrammes et la densité de 278 kilogr. 50. La régularité de poids et de cube des balles n'est pas le seul avantage procuré par le soin mis par l'ouvrier à placer régulièrement les obturateurs. Si chaque obturateur est placé après le même nombre de fourchées, les balles déliées présentent chacune le même nombre de petits paquets de foin, ce qui facilite le rationnement des animaux en le simplifiant et l'accélérant.

La courroie de commande, venant d'une machine ou d'un manège quelconque, entraîne la poulie fixée sur la presse à l'extrémité d'un arbre horizontal tournant dans des paliers boulonnés sur les longerons supérieurs du bâti de la machine; à son autre extrémité, cet arbre porte un lourd volant que l'arbre entraîne par le frottement d'un plateau, dont on fait varier à volonté la pression par le serrage de boulons. Si donc le piston de la presse est arrêté brusquement, par une cause quelconque, comme cela peut arriver pendant le travail, le volant glisse sur le plateau en continuant son mouvement. On évite ainsi tout choc et toute rupture de pièces que pourrait entraîner un arrêt brusque du volant.

Sur l'arbre du volant faisant au moins 320 tours par minute, 2 pignons de 12 dents sont calés pour commander deux roues de 60 dents symétriquement placées en dedans du bâti. Sur l'arbre de ces deux roues, sont fixés deux pignons de 10 plus fortes dents commandant 2 roues de 54 dents placées à l'intérieur et plus bas que les précédentes. A la jante de ces deux roues, est articulée la tête de la bielle actionnant le piston à l'intérieur duquel elle est articulée par son extrémité antérieure.

Lorsque la poulie de l'arbre du volant fait 28 tours 8, les deuxièmes roues dentées font un tour, et le piston, un aller et un retour de 0 m. 763 chacun. Avec la vitesse de 320 tours au volant, le piston emploie donc 5 secondes 4/10 pour son va-et-vient. La vitesse de ce piston croît donc de zéro (aux changements de sens) jusqu'à 0 m. 444 au moment où la tête de bielle est au plus haut de sa course ou au plus bas. Dans l'essai cité, le poids moyen de la balle (sur 370) ayant été de 37 kilogr. 71, c'est un peu plus de 1 kilogramme par coup de piston (1 kilogr. 02 et 37 fourchées par balle). On pourrait prendre chaque bottillon comme 1 kilogramme et rationner en les comptant.

Environ 2/3 de seconde (0″ 675) avant que le piston achève son retour à vide, la bielle soulève une tige emprisonnant, dans une mortaise, le petit bras du levier du *plongeur*. Cette tige glisse en haut dans une coulisse fixe. La tête de bielle ferrée soulève ainsi lentement cette tige pendant un quart de tour des deuxièmes roues, ou pendant 1″ 35. Pendant tout ce temps, par suite, le plongeur descend à très peu près uniformément et sans choc dans la trémie. Il plie en V la fourchée de foin d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

kilogramme et la descend dans la caisse sans briser le foin puisque celui-ci reste, pour ainsi dire, en l'air tant que le plongeur descend.

La course du plongeur est d'environ 0 m. 90. La profondeur à laquelle il pénètre est réglée à volonté parce que la partie travaillante du plongeur, la planche dentelée, peut être allongée ou raccourcie en glissant sur une planche fixée au levier. Deux boulons glissant dans des rainures permettent de régler exactement la longueur du plongeur en saillie sur son levier et par suite de limiter à volonté la profondeur qu'il peut atteindre dans sa descente. On peut donc affirmer que le foin n'est ni *piloné, ni tassé* ni brisé par le plongeur: c'est une main mécanique venant plier en V la couche de foin et la *faisant descendre* vers le fond de la caisse, sans choc. Par surcroît de précaution, une lame horizontale supportée par deux longs ressorts verticaux en boudins reçoit le choc du levier si, par extraordinaire, le plongeur prenait une certaine accélération de vitesse de descente. Enfin une planche fixée à peu près à moitié de la longueur du grand bras viendrait aussi frapper sur le bâti si les ressorts ne suffisaient pas. Tout choc sur le fourrage en chargement dans la caisse est donc évité; le poids du plongeur est d'ailleurs équilibré par un contrepoids métallique placé à l'extrémité du petit bras du levier. On voit que ce plongeur agit avec une remarquable douceur, pendant tout le temps de sa descente, c'est-à-dire de son action sur le foin. Dès qu'il est au plus bas de sa course, la bielle l'abandonne subitement à l'arrière. Il se relève alors brusquement par la réaction des ressorts sous son grand bras et par l'entraînement du petit bras produit par le contrepoids et la chute de la tige qui avait soulevé le levier. La chute de cette tige, d'une hauteur d'environ 0 m. 52, n'exige qu'un tiers de seconde à peine comme le relèvement du plongeur. Pendant ce laps de temps les deuxièmes roues dentées (les plus basses) font moins d'un seizième de tour, et le piston n'avance que de 0 m. 10 vers le foin à pousser. L'alimentation proprement dite se fait donc automatiquement et avec une précision mathématique.

La face comprimante du piston est à 0 m. 05 du bord postérieur de la trémie lorsqu'il va commencer à pousser le foin que le plongeur vient d'abandonner subitement, après l'avoir plié en V et descendu. Ce foin sera conduit par le piston pendant toute sa course de 0 m. 763; il subira une pression croissante dès qu'il s'appuiera contre le foin précédemment poussé que des crochets à ressort ont accroché et retenu. Ce sont trois lames d'acier placées extérieurement sur les faces verticales de la caisse: elles se terminent en retour d'équerre, du côté fixe, sur la caisse, par deux boulons, et de l'autre bout sont légèrement inclinées vers l'intérieur pour recevoir un taquet qui s'écarte pour laisser passer le piston, et revient de suite arrêter le foin que son élasticité tend à faire reculer avec le piston. La face supérieure du piston est composée de plusieurs feuilles de bois formant ressort. Afin d'assurer une occlusion complète de la caisse, la trémie sur l'ouverture de laquelle on étend le foin est à deux étages; le supérieur a 1 m. 20 de longueur d'ouverture au moment précis où l'on y place le fourrage, mais sa paroi verticale antérieure est reliée au piston et se trouve solidaire du mouvement de celui-ci. Il en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résulte que lorsque le plongeur commence à descendre, cette paroi verticale a reculé avec le piston de façon à amener le foin au-dessus du conduit vertical formant l'étage inférieur et d'une largeur constante; le plongeur trouve donc le foin déjà en partie plié et n'a qu'à achever de le plier, puis à l'enfoncer dans la trémie. Dès que le plongeur se relève brusquement, l'ouverture de l'étage supérieur de la trémie s'allonge de nouveau pour recevoir une fourchée de foin.

L'essai cité ci-dessus et celui fait à Noisiel montrent que le modèle de presse Albaret ayant un conduit de 0 m. 365 de largeur sur 0 m. 47 de hauteur peut faire de 679 à 860 kilogrammes de balles par heure, suivant que la force motrice disponible permet de faire sortir les balles avec une vitesse de 16 à 19 mètres à l'heure ou de faire faire 310 à 360 tours au volant.

Pour obtenir une densité de 262 à 278 par mètre cube, nous croyons que le foin doit subir une pression finale d'au moins 5/3 de kilogramme par centimètre carré de surface en pression, soit ici (pour 0 m. 365 sur 0 m. 47) 2,859 kilogrammes.

La résistance sur le piston étant de 2,859 kilogrammes avec une vitesse de 16 à 19 mètres à l'heure, c'est un travail moteur utile de 45,744 à 54,321 kilogrammètres. Le frottement de la balle est énorme et s'ajoute à cette résistance. Une presse à deux paires d'engrenages avec bielle courte et la condition du retour à vide d'un piston ne peut guère rendre en effet utile que 12.50 p. 100 du travail moteur.

Celui-ci doit donc être égal à 1 cheval et demi ou 2 chevaux au plus.

M. Albaret admet que cette presse peut marcher avec 4 chevaux attelés à un manège ordinaire.

En Amérique, nombre de presses de ce genre marchent avec 3 ou 4 chevaux au manège en plan incliné pour faire 900 kilogrammes à l'heure. C'est une puissance motrice de 3 chevaux-vapeur très probablement. Pour dépasser la densité de 300 kilogrammes il faudrait évidemment augmenter beaucoup plus vite la force motrice que la densité.

Le prix de revient du travail journalier d'une presse Albaret peut être établi ainsi qu'il suit :

Moteur.	Machine à vapeur de 4 chevaux donnant 3 chevaux seulement. 90 kilogrammes de houille à 4 fr. 50 les 100 kilogrammes..	4f 05
	Un chauffeur.....	5 00
		9 05
	Intérêt du prix d'achat (5 p. 0/0), petites réparations et entretien (2 1/2 p. 0/0), amortissement (2 1/2 p. 0/0), soit en totalité 10 p. 0/0 de 4,500 francs ou 450 francs pour 150 jours, soit par jour.....	3 00
	Main-d'œuvre : deux hommes à 4 francs.....	8 00
	Frais d'outillage : intérêt (5 p. 0/0), réparations (3 1/2 p. 0/0), amortissement (3 1/2 p. 0/0), soit 12 p. 0/0 de 2,200 francs ou 264 francs pour 150 jours, soit par jour.....	1 76
	TOTAL.....	21 81

pour 6,790 à 8,600 kilogrammes de balles, soit par tonne 2 fr. 536 à 3 fr. 212.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Albaret étant membre du jury de la classe 49, sa machine est par cela même hors concours.

PRESSE À FOURRAGES DE WHITMAN.

Présentée par la *Whitman agricultural C^o^*, de Saint-Louis (États-Unis), la presse à fourrages de Whitman est faite sur le même principe que celle de Déderick, mais en diffère assez dans la plupart de ses parties pour constituer un type distinct. La poulie qui reçoit le mouvement de la courroie venant du moteur rotatif est folle sur l'arbre du volant qu'elle n'entraîne qu'en raison du frottement opéré contre l'intérieur de sa jante par deux demi-cercles formant ressorts. Ces segments sont énergiquement poussés contre la jante par un système de coins et de leviers composés qui tournent solidairement avec l'arbre du volant. Lorsque la résistance des organes de la presse ne dépasse pas la résistance au frottement contre la poulie, celle-ci entraîne le volant de la presse et, par lui, tout le mécanisme.

Si, en quelques points de celui-ci, un obstacle accidentel accroît sensiblement la résistance, la poulie tourne sans entraîner le volant. La friction d'entraînement pouvant être réglée à volonté, il est facile de comprendre que l'on peut éviter toute rupture, quelles que soient les causes d'arrêts qui pourraient se présenter.

En outre, l'homme qui conduit la machine à vapeur et même celui qui présente le fourrage peuvent, en agissant sur un des deux leviers d'un frein simple à sabot, appuyer assez sur le volant pour réduire sa vitesse peu à peu à zéro; mais l'arbre de ce levier du frein est relié, par une bielle et un levier composé, au mécanisme exerçant la friction d'entraînement sur la poulie, de façon qu'en cherchant seulement à réduire la vitesse du volant en agissant sur le levier du frein, on diminue aussi la friction contre la poulie, et l'arbre du volant cesse d'être entraîné.

Ce mécanisme d'arrêt momentané est si efficace et si prompt que l'on peut s'en servir pour placer les obturateurs destinés à limiter les balles afin d'éviter tout accident pour l'ouvrier et toute chance de rupture pour la machine. On peut toutefois, avec un peu d'habitude, placer les obturateurs ou séparateurs pendant la marche de la machine sans danger.

L'arbre du volant porte 2 pignons de 13 dents conduisant 2 roues de 68 dents placées symétriquement, par rapport au plan vertical, passant par l'axe du piston compresseur.

Sur l'arbre de ces 2 roues sont calés 2 pignons de 11 dents commandant 2 roues de 50 dents placées entre les précédentes. Il faut donc plus de 23 tours du volant (23 tours 77) pour que les deuxièmes roues dentées fassent un tour. A 0 m. 1651 de leur axe ces roues reçoivent les tourillons d'une tête en forme de T articulée avec une bielle qui, de l'autre bout, s'articule avec la bielle du piston et un balancier jumelé ayant son axe de rotation sous le bâti.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant que les deuxièmes roues dentées font un tour, le plongeur accomplit une oscillation et le piston compresseur un *aller et retour*.

Le plongeur se compose de deux planchettes presque verticales embrassant un petit côté du parallélogramme formé par quatre longues barres jumelées, articulées deux à deux sur le même support. Les deux barres supérieures sont prolongées en arrière de l'appui pour porter un contrepoids à leur extrémité et par-dessus un siège pour le conducteur de la presse en voyage de ferme en ferme.

Les deuxièmes roues ont, sur leur face extérieure, une coulisse en forme de cœur dissymétrique, emprisonnant le galet d'un balancier ayant son axe de rotation un peu à l'arrière. La courbe ou came en cœur a un rayon constant sur moitié de la circonférence et des rayons croissants et décroissants dyssymétriquement sur les deux quarts restants; il en résulte que, lorsque les deuxièmes roues tournent, elles forcent le galet à s'abaisser pendant un quart de tour environ; il reste en repos pendant 1/22 de tour, puis se relève d'autant pendant un peu moins d'un quart de tour suivant, puis il reste en repos pendant le reste du tour. Les balanciers sont prolongés un peu au delà de leur galet par un retour d'équerre et s'articulent là avec deux bielles minces restant presque verticales et s'articulant à leur partie haute avec deux barres supérieures du parallélogramme-levier du plongeur.

Ces bielles ne sont pas articulées directement au levier, mais à une pièce mobile sous l'action d'un ressort à boudin. Grâce à cette élasticité des bielles dans leur longueur, toute raideur et inégalité de mouvement sont évitées et le galet roule toujours sous la paroi extérieure de la coulisse dans laquelle il est emprisonné à l'aise. En commandant ainsi le plongeur par une came, il peut sans danger tourner l'arbre du volant dans un ou l'autre sens : 1° ce qui ne peut se faire avec la Dedérick; 2° on évite en outre les chocs par descente brusque du plongeur; 3° on peut marcher aussi vite qu'on peut le désirer.

En admettant que le volant fasse 360 tours par minute, ou 6 tours par seconde, vitesse très convenable à un travail calme, les deuxièmes font un tour dans 3″82. Le plongeur descend donc pendant près d'une seconde (0″95), reste en repos en bas pendant 1/60 de seconde, puis remonte pendant près d'une seconde (0″92) et reste en repos pendant près de 2 secondes (1″82). En adoptant une vitesse beaucoup plus grande, 480 tours par minute ou 8 tours par seconde, les deuxièmes roues dentées feront un tour dans moins de 3 secondes (2″8646). Alors, le plongeur descendrait en moins de 2/3 de seconde (0″615), il resterait en repos en bas pendant 1/80 de seconde, puis remonterait pendant moins de 2/3 de seconde (0″615) et resterait en repos au plus haut pendant près de 5/3 de seconde (1″622). L'ouvrier chargé d'entretenir de foin la machine a donc plus d'une seconde et demie pour jeter et étaler sa fourchée de foin d'environ un kilogramme, et plus d'une seconde pour en saisir une autre.

En accroissant d'un tiers la vitesse de rotation d'un volant, on augmente le nombre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de balles dans la même proportion. On peut donc dire qu'avec un moteur assez puissant, la presse Whitman permet un travail rapide, autant que cela peut être désirable. La disposition des organes est, en effet, telle qu'une grande vitesse est sans inconvénient.

La première bielle de transmission est articulée, d'une part, aux deux roues dentées, et, de l'autre, avec la bielle du piston et les deux balanciers jumelés. En donnant à ces bielles et balanciers des proportions convenables, on obtient un accord parfait entre les mouvements du plongeur et ceux du piston. Le *plongeur* s'élève très peu avant le moment où le piston en avançant le rencontrerait ; la pénétration du foin est ainsi assurée, ainsi que son refoulement immédiat par le piston ; on peut avoir une trémie relativement courte, sans paroi mobile, destinée, comme dans la Déderick, à faciliter l'entrée du fourrage. Le plongeur descend lorsque le piston est en arrière de lui et pendant qu'il parcourt 0 m. 09 en reculant, pour atteindre le point mort, et pendant qu'il revient en avançant d'autant qu'il a reculé, d'après le modèle réduit, pour un rayon de manivelle de 0 m. 1651 (rapport 3,60). D'après les indications de l'exposant, pour une manivelle de 0 m. 1778, on aurait 0 m. 7112 (rapport 4,0). La course du piston est de 0 m. 5965. En faisant tourner le volant de façon que les deuxièmes roues dentées tournent de dessous vers l'arrière en montant, la compression du fourrage se fait pendant 2/3 de tour ou pendant 2″5466, tandis que le retour à vide du piston se fait dans 1/3 de tour ou en 1″ 2733. La résistance dans chaque tour présente, par suite, moins d'inégalités que dans le cas où la bielle du piston est directement articulée sur les deuxièmes roues dentées, sans l'intermédiaire d'une première bielle et d'un balancier, puisque alors la compression se fait pendant un demi-tour seulement, comme le retour à vide du piston. Lorsque le piston pousse le foin dans la chambre à compression, ce dernier doit soulever une lèvre pressée vers le bas par deux ressorts placés sur la caisse. En outre, sur chaque face verticale de la caisse, au commencement du conduit de compression, se trouvent trois crochets piquant le foin pour l'empêcher de revenir en arrière par l'effet de son élasticité. Toutefois ils cèdent devant le fourrage poussé par le piston, car ils ne sont poussés dans la caisse que par des contrepoids agissant sur un retour d'équerre de ces crochets pour les faire piquer.

Le conduit de compression a sa paroi verticale réglable du bout par deux fortes vis de pression. On peut ainsi diminuer à volonté la section de passage uniformément jusqu'à la sortie, ce qui décide du degré de compression ou de la densité des balles. La paroi supérieure du conduit de liage et de sortie peut se régler de même par une seule vis.

Les deux caractères principaux de la presse Whitman sont :

1° Le mode de commande du piston qui a le grand avantage de reporter la compression sur les deux tiers d'un tour de manivelle ;

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° La commande du plongeur par une coulisse-came qui peut être tracée de façon à faire descendre ce plongeur assez lentement et à le faire redresser plus rapidement, et cela dans le temps voulu.

La construction, du reste, est faite dans les meilleures conditions de solidité et de durabilité. L'ensemble et les détails présentent même des formes légères et élégantes. Bien que le train d'avant soit pivotant, les quatre roues sont de même diamètre, ce qui lui donne d'excellentes conditions de roulage de ferme en ferme.

Dans l'essai fait à Noisiel, devant le jury spécial, il a suffi d'une minute et demie pour faire une balle de 1 mètre de long, 0 m. 46 de largeur et 0 m. 35 d'épaisseur, pesant 45 kilogrammes. C'est une densité de 279 kilogr. 50 et une production de 1,800 kilogrammes à l'heure. Il faut reconnaître que le conducteur de la machine était très habile dans son travail et que le foin à mettre en bottes provenait en partie de balles précédemment faites, déliées et éparpillées.

Le prix de revient peut s'établir ainsi :

Frais du moteur : machine à vapeur de 7 chevaux pour 6 chevaux effectifs. Charbon, 180 kilogrammes à 4 fr. 50 les 100 kilogrammes.....	8f 10
1 chauffeur.....	5 00
Intérêt du prix d'achat (5 p. 0/0); petites réparations et entretien (2 1/2 p. 0/0); amortissement (2 1/2 p. 100), soit 10 p. 0/0 de 6,600 francs, ou 660 francs pour 150 jours, ou par jour.....	4 40
Main-d'œuvre : 1 chargeur et 1 lieur (ouvriers habiles ou habitués), à 4 fr. 50 chaque.....	9 00
Frais d'outillage, entretien et petites réparations (8 1/2 p. 0/0); amortissement, 3 1/2 p. 0/0, soit 12 p. 0/0 de 2,725 francs (Amérique) ou 327 fr. pour 150 jours; par jour.....	2. 18
TOTAL.....	28f 68

pour un produit de 18 tonnes par jour, soit par tonne 1 fr. 593.

Les prix de revient établis précédemment sont, pour quelques machines habilement conduites pendant l'essai, basés sur la production maxima, tandis que, pour d'autres presses, la production est sensiblement la moyenne production, facilement obtenue avec des ouvriers ordinaires. Ces divers prix de revient ne sont donc ni absolument exacts, ni réellement comparables; mais, tels qu'ils sont, ils permettent de reconnaître combien le prix de revient s'abaisse lorsque le travail de la machine est automatique, continu et produit par une force motrice considérable. Il y a des machines recommandables pour les petites productions et d'autres absolument indiquées pour le cas où la quantité de foin à mettre en balles est très considérable pour chaque journée de travail possible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous terminons ce rapport par la liste des récompenses accordées par le jury :

Objet d'art : Withman Agricultural C° (États-Unis).

Médailles d'or . . . . . { M. Tritschler, à Limoges (France).
M. Guitton, à Corbeil (France).

Médaille d'argent : M. Pilter, à Paris.

Médailles de bronze. { M. Lacoux.
M. Vidal (Laurent), au Pontet-d'Avignon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DE DÉCORTIQUEUSES DE RAMIE

RAPPORT

PAR

M. GRANDVOINNET

PROFESSEUR À L'INSTITUT AGRONOMIQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DE DÉCORTIQUEUSES DE RAMIE.

INTRODUCTION.

La question de la ramie a eu jusqu'ici le singulier privilège de mettre en présence les opinions les plus opposées et de faire naître des discussions passionnées jusqu'à la violence.

Nous croyons cependant que le moment est arrivé d'examiner avec impartialité les diverses phases de cette question, en mettant à contribution les renseignements divers recueillis dans les divers camps, et les résultats des essais du *concours de décortiqueuses de ramie*, annexé à l'Exposition internationale de Paris, en 1889.

Un simple compte rendu de ces essais ne pourrait suffire à élucider la question qui se présente sous diverses faces, les unes intéressant plus particulièrement les cultivateurs désireux de produire la matière première, les tiges de ramie; les autres restant du domaine des industriels employant les fibres pour en faire des fils propres au tissage d'étoffes diverses. Comme intermédiaires entre les cultivateurs et les filateurs, il est probable même qu'il y aura des entrepreneurs de *décorticage*, transformant en lanières l'écorce des tiges; et des industriels achetant les lanières, pour les *dégommer*, c'est-à-dire isoler les *fibres textiles* et faire ainsi de la *filasse écrue*, pour, ensuite au besoin, la *blanchir* et même la *peigner*.

A ces divers points de vue, nous avons donc à étudier:

1° La valeur industrielle des fibres de la ramie;

2° La culture de cette plante, son rendement et la balance des frais et des produits en argent;

3° Les modes de décortication et les appareils ou machines qu'ils comportent;

4° Les divers modes de dégommage, etc.

Mais, avant d'aborder ces études, il n'est pas inutile de donner ici une courte notice historique sur la question si complexe de la ramie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE PREMIER.

NOTICE HISTORIQUE.

L'attention des botanistes s'est portée sur la ramie longtemps avant que les filateurs ne songeassent à utiliser les fibres de cette plante. On la trouve en Europe dans les jardins botaniques depuis 1733. Dès 1803, les Indes anglaises reçurent de la ramie venant de Sumatra. En 1809, M. Bartoloni, de Sienne, fit un essai de culture de ramie en Toscane. En 1810, Londres reçut de Sumatra trois balles du nouveau textile. En 1815, le botaniste français André Thouin préconisa la culture de la ramie en France, et M. Farel, à Montpellier, en cultiva quelques pieds. En 1836, on fit en France plusieurs envois de graines sans résultats marqués. M. Decaisne, en 1844, a reconnu deux variétés : l'*Urtica nivea* et l'*Urtica utilis* ou *tenacissima*, dans les échantillons qu'il avait reçus de M. Leclancher, chirurgien de la marine militaire. Il nous semble intéressant de reproduire ici la presque totalité du remarquable article que M. Decaisne consacrait il y a presque un demi-siècle à la ramie. Il transcrit d'abord la note annexée par M. Leclancher à un échantillon de l'*Urtica utilis* qu'il avait recueilli à 120 kilomètres de l'embouchure du Yan-tse-Kiang, en descendant le Nankin :

« Ortie cultivée en petits carrés dans les terrains voisins des rizières, sans être cependant secs. Chaque habitation en cultive pour son usage. On enlève les feuilles qui tiennent fort peu, on fait rouir, dans un baquet, des paquets de tiges : l'eau prend une couleur brune; les femmes enlèvent la peau, que l'on fait rouir de nouveau pendant un temps que je ne connais pas, mais qui doit être court ; puis, passant chaque lanière sur un instrument de fer ayant la forme d'une large gouge de charpentier, elles enlèvent la pellicule extérieure ; la lanière fibreuse, d'un *blanc verdâtre*, est mise à sécher sur un bambou. Il est probable que pour faire les tissus fins, que l'on vend à Macao sous le nom de *grass-clot* ou *lienzo*, cette espèce de chanvre est peignée. Le filage doit être fait avec les rouets en bambou qui servent aussi pour le coton. Sec, ce chanvre est d'un *blanc nacré*, très beau et très fort. La plante croîtrait très bien sur les revers des fossés en France, aux environs de Cherbourg, et peut-être aussi dans le Midi. »

M. Decaisne, continue ainsi :

« La lecture de cette note et l'examen attentif des plantes qui l'accompagnaient me rappelèrent alors certaines fibres végétales qui, à leur blancheur naturelle, alliaient une ténacité des plus grandes, et dont le Gouvernement hollandais se préoccupait beaucoup en 1844, en cherchant à étendre dans ses possessions de l'archipel Indien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la culture d'une plante dont la filasse devait être employée à la confection des voiles des cordages, des filets, etc.

« Cette ortie, qui porte à Java le nom de *ramie*, atteint 1 mètre à 1 m. 50 de hauteur; ses feuilles minces, portées sur de longs pétioles, rappellent celles de l'*Urtica nivea*, mais elles sont plus grandes, plus longuement acuminées et *grisâtres* en dessous. La base des tiges égale la grosseur du petit doigt et présente, sous ce rapport, de l'analogie avec celles du chanvre.

« Cette plante n'est point nouvelle, car tout me porte à croire que ses fibres ont été fort employées au XVI^e^ siècle. Label, qui vivait sous Élisabeth, savait déjà qu'aux Indes, à Calicut, à Goa, etc., on fabriquait avec l'écorce de diverses orties des tissus très fins qu'on importait en Europe; que, dans les Pays-Bas surtout, on recevait cette substance en nature pour en fabriquer des étoffes préférées à celles du lin, puisque en effet le nom hollandais de *neteldock*, donné aujourd'hui à la mousseline, dérive évidemment de *netel*, « ortie », et de *dock*, « étoffe », qui s'applique ordinairement à un tissu très fin.

« Ainsi à une époque où les toiles de Frise jouissaient déjà d'une réputation européenne, on fabriquait en Hollande, et peut-être en Belgique, une sorte de batiste ou de mousseline avec les fibres d'une ortie. Et cette ortie paraît être la *ramie* et non l'*urtica nivea*.

« J'ai souligné, dans la note de M. Leclancher, les mots relatifs à la couleur des fibres, car pour moi il est évident que celles d'un *blanc verdâtre* appartiennent à l'*urtica nivea*, tandis que les autres d'un *blanc nacré* sont produites par la *ramie*. J'ai sous les yeux des écheveaux provenant des deux plantes, et leur aspect s'accorde avec l'observation de M. Leclancher. La filasse de la *ramie* n'a rien de la raideur de celle de l'*urtica nivea*; elle est blanche, très douce au toucher, et semble tenir le milieu entre le lin et les fibres de plusieurs *Daphnés* si recherchés en Chine et au Japon.

« Les étoffes et les cordages fabriqués avec la *ramie* semblent, quant à leur durée, supérieurs soit aux tissus de lin, soit aux cordages de chanvre. Du moins les indigènes des Moluques et des grandes îles de l'archipel Indien accordent sans restriction la préférence à la *ramie* sur toute autre matière textile pour la fabrication de leurs filets qui, suivant leurs remarques, résistent beaucoup plus longtemps que d'autres à l'action prolongée de l'humidité.

« Dans l'intérieur de Sumatra, suivant le rapport de M. Korthals, les habitants se tissent avec l'*Urtica utilis* une sorte d'étoffe recommandable par sa longue durée. . . . .

« Crawfurd et Rafles ont eu, de leur côté, occasion d'apprécier les qualités précieuses de la *ramie*. Les naturels de Java, disent-ils, préfèrent les fibres de cette ortie à toute autre pour la fabrication de leurs filets, de leurs cordages, et ils en confectionnent également des étoffes d'une extrême finesse. . . . .

« Cette ortie fixa également l'attention de Marsden, qui la mentionne sous le nom de *calovee* et lui rapporte les synonymes de *ramie* et de *kunkomis* des habitants de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rungpour. Il en est encore de même à l'égard de Leschenault. Les herbiers du Muséum possèdent des échantillons de la *ramie* qui portent l'étiquette d'*urtica tenacissima*, excellente filasse.

« . . . . Roxburgh démontre, par des expériences directes, la supériorité de la *ramie* sur toutes les filasses employées dans l'Inde. Roxburgh distingue l'*urtica tenacissima* de l'*urtica nivea*, et cette distinction est importante, puisqu'elle est établie par le directeur du jardin de naturalisation de Calcutta. Les expériences comparatives entreprises sur les fibres du *marsdenia tenacissima*, du *crotalaria juncea*, du chanvre et du lin, ont eu pour résultat de placer la *ramie* immédiatement après le *jetee* (marsdenia). Aussi, malgré la difficulté de débarrasser la filasse de quelques particules qui lui restent adhérentes, Roxburgh n'hésite pas à préconiser l'usage de la *ramie* et désire voir cette plante remplacer partout le chanvre et le lin. . . . . .

« La supériorité de la *ramie*, comme plante textile, est incontestable. Toute la question est de savoir si sa culture peut offrir en Europe des bénéfices réels, et dans le cas où le fait ne serait pas démontré, il resterait encore à apprécier les avantages que l'introduction et la culture de cette plante pourraient offrir à Pondichéry, Cayenne et peut-être même à notre colonie d'Alger, en utilisant les marais de la Calle, dans lesquels s'avancent spontanément quelques plantes des régions tropicales ; car on ne doit pas perdre de vue que la *ramie* est une plante des régions équatoriales, tandis que l'*urtica nivea* semble appartenir plus spécialement aux climats tempérés. . . . . La *ramie* ou *urtica* (*bœhmeria*) *utilis* porte à Java, dans la province de Bantam, le nom de *ramie*, *ramé* et quelquefois *ramen* ; dans les districts de la Sonde, à Java, indépendamment du nom de *ramie*, celui de *kiparoy* ; dans l'intérieur de Sumatra, elle prend, d'après M. Korthals, le nom de *kloie* ; aux Célèbes, celui de *gambé*, et, à Banoa, celui *d'inan.* »

M. Decaisne cite ensuite un passage du rapport adressé au Gouvernement hollandais sur des expériences précises sur divers textiles :

« Nous avons fait fabriquer avec un soin particulier la filasse de la *ramie* qui se présente sous la forme de petits écheveaux, qui, avant d'être portés sur le séran, ont été fortement brossés afin d'isoler davantage les fibres. Cette manipulation, opérée sur une grande masse, entraînerait peut-être une dépense considérable, mais il serait facile de la remplacer par des moyens plus rapides. Quoi qu'il en soit, nous avons obtenu 700 grammes de matière première brute, ... 75 grammes d'étoupe ou filasse et 187 grammes de déchet.

« Cette quantité de fibres dépasse celle qu'on obtient du meilleur lin. Ces fibres étaient d'une finesse telle que nous avons pu en faire facilement filer sur un rouet à marchepied, et d'après une grossière évaluation, 12 peignées qui ont suffi pour fabriquer 1 m. 80 de toile de la valeur de 1 fr. 50.

« La ténacité de ces fibres nous a permis d'en faire filer sur une largeur de 55 mètres, sans pelotonner. Un fil ténu de 9,300 mètres nous a été fourni par 500 grammes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de filasse. Nous avons obtenu, de la même quantité, une corde torse de 3,000 mètres. On obtiendrait probablement une plus grande finesse si l'on parvenait à débarrasser les fibres de la substance résineuse qui semble y adhérer.

« Afin de comparer la force de ces fibres avec celles du chanvre, nous avons fait fabriquer du fil léger pour filets de harengs (2 fils); mais l'ouvrier, à cause de la finesse de la matière, a filé beaucoup trop légèrement, de sorte que les 432 mètres auraient à peine pesé 1 kilogr. 50 au lieu de 2 kilogr. 30, comme il aurait fallu. La force moyenne de ce fil, calculée par analogie avec ce dernier poids, nous a prouvé qu'à l'état sec il se romprait sous un poids de 21 kilogrammes et, mouillé, par quelque chose au delà de 25 kilogrammes. De sorte que, sec, le fil obtenu de la *ramie* surpasse en ténacité le meilleur chanvre d'Europe, qu'il l'égale étant mouillé, et qu'enfin sa force d'extension dépasse de 50 p. 100 celle du meilleur lin. . . . .

« Attendu que les filaments de la ramie, convenablement préparés, nous ont paru surpasser ceux du lin en beauté, et surtout en blancheur et en ténacité, nous croyons que cette substance textile, apportée sur les marchés d'Europe en quantité notable, trouverait un facile écoulement au prix de 0 fr. 60 à 0 fr. 80 le demi-kilogramme (prix du meilleur lin), et qu'il résulterait de cette importation une nouvelle et importante branche de commerce pour la mère-patrie, ainsi que pour nos possessions des Indes orientales [1]. . . . . »

On voit que, dès l'année 1845, les deux principales variétés d'*urtica* ou de *bœhmeria* sont bien connues en France et que la grande valeur de leurs fibres textiles y est reconnue.

En 1850, la *ramie* est introduite en Bavière par le professeur Fras.

En 1854, les directeurs de la Compagnie des Indes anglaises s'occupèrent de la culture de cette plante textile. Pour la propager, le Gouvernement fit une commande de 10 tonnes de fibres par an, mais l'effet de cette certitude d'un bon débouché fut à peu près nul sur les cultivateurs indiens, puisque la Chine fut seule en mesure de faire cette fourniture du nouveau textile.

En 1872, le même Gouvernement, poursuivant son but, institua, à Saharampoore, un concours de machines à décortiquer la ramie; un prix de 5,000 livres sterling (125,000 francs) était offert à la machine capable de fournir un produit semblable au *china-grass*. Le nombre des concurrents s'éleva à 32; mais le prix ne put être décerné. La machine de John Grey, d'Édimbourg, reçut une prime d'encouragement de 37,500 francs.

Un nouveau concours fut ouvert à Londres en 1873 et réunit 200 concurrents. Il échoua, *faute de matière première convenable pour les essais*. On ne put obtenir que des tiges récoltées dans le midi de la France, de la variété dite *ramie verte* (*urtica* ou *bœhmeria utilis* ou *tenacissima*); elles étaient en partie branchues, très ligneuses et assez

[1] Voir aussi une notice de M. Pepin, t. IV des *Annales de la Société royale agricole*, p. 500.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mal venues. Remis à l'automne de la même année, ce concours put avoir lieu grâce à l'envoi par M. Rivière (du jardin du Hamma) de bonnes tiges de la variété dite *ramie blanche* (*urtica* ou *bœhmeria nivea*). Mais le problème mécanique ne parut pas encore résolu. Peut-être n'était-il pas posé en termes assez précis.

En 1875 et en 1876, le Gouvernement de l'Inde anglaise reprend la question. Il offre un premier prix de 120,000 francs et un second de 25,000 francs pour la solution du problème ainsi posé :

Avec un moteur, la machine devra fournir une tonne *de fibres préparées ayant une moyenne qualité telle qu'on ne puisse l'estimer au-dessous de 111 fr. 61 les 100 kilogrammes* et pouvant être livrée à 37 fr. 20 en un port de l'Inde et à 74 fr. 41 dans un port d'Angleterre. A l'époque fixée (septembre 1879) 24 concurrents se présentèrent. Ils échouèrent, puisque l'*Indian Office* déclara qu'aucun d'eux n'avait pu donner un produit comparable au *china-grass*.

En France, l'attention se porta sur la ramie à l'époque de la guerre de Sécession de l'Amérique du nord. L'industrie privée fit seule quelques tentatives d'utilisation de ce textile à Rouen, à Roubaix, Lille et Lyon surtout, sans succès sérieux. L'Exposition internationale de 1867, en faisant connaître les résultats des essais, réveilla l'attention, mais sans qu'un nouveau pas ait pu être fait. Dès 1870, cependant, le Gouvernement français nomma une commission en lui donnant pour programme la recherche des moyens d'utilisation de la ramie par l'industrie française. On en resta là jusqu'en 1888. Il fut institué un concours qui, pour diverses causes, étrangères pour la plupart aux appareils mêmes, n'eut qu'un succès très restreint. Le concours de 1889, quelque critique que l'on puisse en faire, s'est fait dans de meilleures conditions et a donné d'assez bons résultats pour faire espérer une bonne et prompte solution du problème de la décortication de la ramie, à la seule condition qu'il soit posé en termes précis.

La sagesse des nations enseigne en effet que *tout problème bien posé est à moitié résolu*. Quand il s'agit, comme ici, d'un outillage mécanique, on peut renchérir sur cet adage et affirmer que si le problème industriel est *explicitement posé dans tous ses détails*, il est entièrement résolu. L'expérience du siècle qui vient de s'écouler nous prouve, en *effet*, que les *organes* d'une machine peuvent faire les travaux les plus *délicats* comme les plus *rudes*, ceux qui demandent d'extrêmes *vitesses*, comme ceux qui exigent d'énormes *forces*. Pour obtenir à volonté la *vitesse* ou la *force*, le mécanicien ne connaît pas de limites. Il peut donner ce qui lui est demandé par l'industrie. Il suffit pour cela de la combinaison d'organes très simples transformant inversement les deux facteurs du travail mécanique : le *chemin* parcouru et l'*effort* exercé.

Toutes les variations simplement *cinématiques*, c'est-à-dire n'ayant en vue que des formes particulières de chemins décrits par chaque point d'un outil élémentaire chargé d'opérer un travail complexe, sont aussi absolument au pouvoir du mécanicien. L'outil mécanique peut faire, par exemple, un nœud de ficelle, comme dans les mois-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sonneuses-lieuses mécaniques, ou tous les points de couture ou de broderie; même lorsqu'il s'agit d'obtenir un chemin complexe avec un énorme effort, le mécanicien est tout puissant: il peut emboutir des vases de formes compliquées, modeler les plus fines formes sculpturales, etc.

En résumé, le mécanicien moderne ne connaît pas d'impossibilité, tant qu'il reste dans les réalités des principes généraux de la mécanique. L'outillage de la filature et du tissage le prouverait seul surabondamment, si cela était nécessaire; la main la plus délicate, la plus habile et la plus exercée, ne peut lutter avec les machines modernes employées dans ces industries.

On peut affirmer sans crainte que si le problème de la préparation de la ramie pour la filature de ses fibres textiles n'est pas aujourd'hui complètement résolu, cela tient essentiellement à ce que ce *problème mécanique* n'a pas été *explicitement* et *complètement posé*. Et il ne peut l'être que par le concours de tous les intéressés: filateurs, producteurs de ramie et mécaniciens. L'étude de la ramie et de l'outillage qu'elle réclame, depuis sa plantation jusqu'à la *transformation* de ses fibres en filasse acceptable par les filateurs, s'impose donc. Le présent travail ne peut évidemment que présenter sommairement l'état actuel de la question générale, tel qu'il ressort des travaux du jury des essais à l'Exposition de 1889, et des préoccupations actuelles des industriels et des cultivateurs en France et à l'étranger. En France, un certain nombre de cultivateurs ont essayé de cultiver la ramie. De ces essais, on peut conclure que dans le Var, l'Aude, la Haute-Garonne, le Gers, les Landes et la Gironde, on peut, en terrain favorable, compter sur deux bonnes coupes de 1 m. 50 à 1 m. 60 de hauteur. Dans la Vienne, la Haute-Vienne, l'Indre et l'Indre-et-Loire, les deux coupes annuelles sont moins certaines peut-être, bien qu'on les ait obtenues très belles dans la moitié des essais tentés. En Maine-et-Loire, on a eu deux coupes très hautes et régulières; mais dans la Sarthe et l'Eure, les résultats ont été moins bons. L'engrais liquide riche, *même à l'excès*, assure une bonne venue de la ramie et on sait qu'à Gennevilliers, aux portes de Paris, on obtient de très bonnes récoltes. Comme le chanvre, la ramie ne craint pas l'excès d'engrais.

En Algérie, dans toutes les situations où l'arrosage est assuré, la ramie vient bien et donne trois coupes absolument certaines; on peut compter même sur quatre coupes si le sol est favorable et riche.

Au Vénézuéla, sur une surface de 50 hectares, on a obtenu facilement cinq coupes par an. Dans l'île de Cuba, M. Theye a pu faire cinq coupes de juin à novembre; il abandonne toutefois la coupe qui a poussé dans la courte saison d'hiver. Au Mexique, cinq coupes ont été obtenues dans les domaines du général Carlos Pacheco, ministre des travaux publics. Enfin, comme on le sait, la Chine, le Tonkin, le Cambodge, comme les îles de l'Extrême Orient, sont éminemment propres à la culture de la ramie, originaire des îles de la Sonde et de l'archipel Indien.

L'exploitation de la plante connue sous le nom de *ramie* ou de toute autre plante

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

textile présente quatre phases très distinctes : 1° la *culture*, depuis la plantation jusqu'à la récolte ; 2° la *préparation* de la récolte et l'*extraction des fibres textiles* ; 3° la *filature* et le *tissage* des fibres amenées à l'état de filasse peignée ou cardée ; 4° le *blanchiment* la *teinture* et l'*apprêt* des tissus. Il ne peut être question ici des deux dernières phases, absolument industrielles, que pour signaler les qualités que les industries de la *filature*, du *tissage* et de l'*apprêt* des tissus recherchent dans les matières premières qu'elles emploient.

La culture elle-même ne peut être étudiée ici que pour montrer ce qu'elle peut et doit être aux divers points de vue de l'utilisation des fibres de la ramie. On voit donc tout d'abord que sur les quatre phases de l'exploitation de la ramie, trois peuvent être considérées comme suffisamment connues et ne présentant pas de problèmes nouveaux à résoudre. Il n'en est pas de même de la deuxième phase, l'*extraction des fibres des tiges de ramie*. C'est un problème mécanique qui a le singulier privilège de diviser en plusieurs camps les partisans de la culture et de l'emploi de la nouvelle plante textile. Les cultivateurs sont prêts à produire les tiges de ramie s'ils sont assurés de trouver des acheteurs à un prix rémunérateur. D'autre part, les filateurs, même avec la fâcheuse perspective de modifications à faire dans leur outillage, utiliseraient le nouveau textile, s'il leur était présenté à un prix acceptable et en état d'être filé. De part et d'autre, on se tient donc sur la réserve, et la ramie est victime de ce cercle vicieux. Pour obtenir des fibres de ramie utilisables en filature, il faut d'abord extraire sans les détériorer les lanières fibreuses qui forment l'écorce des tiges, les soumettre ensuite à un dégommage pour isoler les fibres, puis les *assouplir*, les *blanchir* et les *peigner*. L'extraction des lanières, résultat de la décortication, est certainement le problème le plus difficile à résoudre : c'est pourquoi toute l'attention du monde de la ramie se porte aujourd'hui sur les *décortiqueuses mécaniques*. L'institution du concours des machines et procédés de décortication des tiges de ramie, comme annexe de l'Exposition internationale de 1889, était donc tout à fait indiquée. Cependant le concours n'a pas eu toute l'importance qu'il aurait dû avoir. Plusieurs machines, très recommandables et assez pratiques pour être utilisées sans crainte, ont été récompensées après les essais. Si elles laissent encore à désirer sur quelques points, il n'est pas douteux que, dans un avenir peu éloigné, elles se perfectionneront assez pour que l'on puisse dire enfin que le problème est absolument résolu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

LA PLANTE.

Caractères botaniques et culturaux.

Une des principales causes d'insuccès des concours de décortiqueuses de ramie a été la diversité des tiges employées dans les essais. C'est que cette plante présente plusieurs espèces, des variétés et même des races. M. Rivière a pu les étudier tout particulièrement, et ce sont surtout ses observations que nous résumons ici. Il y a deux espèces principales de ramie : l'*urtica nivea* ou *ramie blanche* et l'*urtica utilis* ou *tenacissima*, dite *ramie verte*.

La première, originaire de la Chine centrale, est cultivée par les Chinois et donne ce que vendent ces derniers sous le nom de *china-grass*, matière première admise dans les filatures depuis nombre d'années. Le caractère le plus apparent de cette espèce de ramie est le duvet blanchâtre plus ou moins intense que l'on constate sur la face inférieure des feuilles. Mais M. Rivière a le premier signalé un caractère de végétation, important au point de vue cultural. Cette ortie, sans dard, est à végétation monocarpienne, c'est-à-dire que les tiges disparaissent d'elles-mêmes lorsqu'elles ont produit leur fruit. Autrement dit, les tiges qui fleurissent à l'automne et portent leurs fruits au commencement de novembre, à Alger, constituent la dernière phase de la vie aérienne de la plante.

Si ces tiges sont laissées sur les souches, elles perdent leurs feuilles, se dessèchent, se désorganisent, et la plante reste ainsi sans végétation apparente jusqu'au printemps suivant. Ainsi l'*urtica nivea* ou ramie blanche a un temps d'arrêt ou de repos bien marqué dans sa végétation. Les tiges fructifères, qui peuvent être considérées comme une dernière coupe, sont presque inutilisables comme matière textile, à moins qu'elles n'aient été coupées en vert dès que les fleurs apparaissent. La ramie blanche appartient aux climats tempérés; elle résiste aux gelées (on a dit jusqu'à 8 à 10 degrés au-dessous de zéro); elle exige moins d'arrosages que la ramie verte et, en somme, est plus rustique : grâce à sa trève hivernale de végétation, elle est en cette saison à l'abri des intempéries.

D'après d'autres autorités, les caractères de la ramie blanche peuvent être plus précisés : la feuille est lancéolée, c'est-à-dire légèrement acuminée vers le pétiole; la face supérieure est d'un vert foncé, la face inférieure d'un blanc gris régulier; les nervures sur cette face sont d'un blanc gris, mais prennent une teinte rosée en plein développement.

On dit qu'en Europe elle donne de moins bonnes fibres qu'en Chine, qu'elle a une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

certaine tendance à se ramifier avant la maturité, et que ses tiges se rident pendant la dessiccation. M. Rivière conseille l'adoption de la ramie blanche en France, tandis que d'autres, sans raisons bien plausibles, préfèrent la *verte*, au moins pour les parties les plus chaudes du midi.

La ramie verte (*urtica utilis* ou *tenacissima*) est originaire de Java et de l'archipel Indien. La feuille est cordiforme vers le pétiole, sa face supérieure est d'un vert clair, la face inférieure, de la même couleur, mais avec un léger duvet grisâtre formant des plaques isolées par les nervures qui sont très accusées et d'un vert plus pâle que le reste de la feuille. Le duvet est parfois à peine apparent. Les tiges sont vivaces, et on peut même dire que cette ramie est arbustive. Ces tiges peuvent vivre nombre d'années, même après fructification; mais elles se lignifient de plus en plus, s'accroissent et se ramifient. M. Rivière, en terrain favorable, arrosé, a eu des touffes de 5 mètres de hauteur. La fructification est rare en Algérie, et, même, beaucoup des graines que l'on y obtient sont stériles. Il faut, à cette ramie, de la chaleur et beaucoup d'arrosages, sinon ses tiges restent courtes, s'aoûtent et se ramifient trop. On dit aussi que cette espèce donne des tiges plus nombreuses et plus hautes que la ramie blanche, avec une plus grande proportion de fibres dont la ténacité est si grande qu'elle justifie le qualificatif admis de *tenacissima*.

M. Rivière conseille depuis longtemps la ramie blanche pour la France, le bassin méditerranéen et l'Algérie, et laisse la ramie verte aux pays plus chauds. « C'est, dit-il, la ramie blanche qui donne le *china-grass* si apprécié des filateurs et dont les fibres ont à très peu près la même ténacité que celles de la ramie verte. »

Une autre espèce ou variété, l'*urtica candicans*, a des tiges vertes, plus tourmentées, dures, rudes et difficiles à décortiquer.

Les caractères botaniques de la plante ont été complètement et savamment établis récemment par M. Henri Lecomte, professeur au lycée Saint-Louis, dans le numéro du 15 janvier 1890 de la *Revue générale des sciences*. Nous trouvons, en outre, dans cet article, l'anatomie de la tige, qu'il est indispensable de connaître pour comprendre les difficultés de la décortication et du dégommage des tiges de ramie.

Les fibres textiles forment la couche moyenne de l'écorce; celle-ci constitue elle-même une sorte de manchon autour de la partie centrale de la tige formée par le bois et la moelle.

Cette couche fibreuse est comprise entre le *liber* et une couche tout à fait externe; le *liber* est constitué par des tubes allongés réunis en faisceaux distincts, englobés dans un parenchyme mou; ces tubes en épaississant leur paroi deviennent des sortes de *fibres* internes qui se tordent au dégommage et forment des paquets; ceux-ci au moment du peignage vont aux étoupes ou *blouses*. Le *liber* est réuni au bois par une mince couche de cellules très jeunes se laissant facilement déchirer.

La couche extérieure aux fibres textiles est très hétérogène : en allant de l'intérieur à l'extérieur, on y trouve une couche très peu épaisse de cellules à minces parois,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puis une seconde couche de cellules à parois épaisses; ensuite, mais non toujours, quelques minces assises de *liège*, et enfin l'*épiderme* même, très mince.

Lors donc qu'à la main, on enlève, comme les Chinois, l'écorce en un ou plusieurs rubans, ou lorsque, avec la plupart des machines actuelles, on brise le bois en fragments pour ne garder que l'écorce sous forme de lanières, l'extraction des fibres textiles n'est pas encore réalisée.

Les lanières forment à peu près les 3 dixièmes du poids de la tige, et les fibres textiles environ les 5 neuvièmes du poids des lanières. Ces lanières comprennent donc avec les fibres textiles une masse cellulaire et partiellement pseudo-fibreuse très hétérogène, presque aussi lourde. Le dégommage avec un brossage ou peignage doit éliminer ces matières étrangères dites vulgairement *gommo-résineuses*.

En brossant d'abord l'extérieur des tiges, on peut se débarrasser de l'épiderme; puis, en raclant l'intérieur des rubans enlevés à la main, on élimine presque tout le liber avec les fausses fibres. Ces travaux facilitent beaucoup le dégommage, mais ne peuvent guère être faits que dans le cas où le décorticage à la main est possible par suite d'une abondance de main-d'œuvre à bas prix.

Les fausses fibres internes nuisent surtout dans le dégommage : elles y résistent même, et par suite ne sont guère éliminées que dans le peignage; elles peuvent même alors entraîner par adhérence de vraies fibres textiles allant ainsi aux *blouses*.

Les machines peuvent donc faire un *simple décorticage* en expulsant le bois en fragments et fournissant des *lanières*, ou produire des lanières débarrassées plus ou moins complètement de l'épiderme et du liber. Dans le premier cas, le dégommage est plus difficile que dans le second, puisqu'il y a plus de matières à dissoudre ou à dégager pour isoler les fibres textiles.

Valeur industrielle de la ramie.

Nous avons vu que la question de la ramie semble en suspens par suite d'une espèce de cercle vicieux ou de malentendus. Le cultivateur est disposé à faire de la ramie si on lui assure un débouché; d'autre part, le filateur déclare qu'il acceptera tout produit analogue au *china-grass*, coté sur la place. On comprend que le cultivateur ne peut s'engager dans une culture dispendieuse sans être assuré de vendre ses produits à un prix rémunérateur. En outre, le débouché doit être constant et d'avenir. Une nouvelle matière première ne peut s'imposer aux filateurs que pour deux raisons : sa supériorité en face des *autres textiles*, ou son bas prix. La *filasse* de ramie satisfait-elle à ces deux conditions? Les qualités reconnues aux fibres de ramie sont très remarquables. Elles sont la conséquence de leur organisation et de leur composition chimique, dont la connaissance est indispensable.

Voici comment M. Henri Lecomte, le savant professeur, caractérise les fibres de ramie dans la *Revue générale des sciences*, déjà citée.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« La longueur et le diamètre des fibres de ramie dépendent souvent, pour une même espèce, de la qualité du sol et des conditions diverses de la culture. Les fibres de la ramie blanche sont habituellement très longues, 0 m. 060 à 0 m. 250; celles qui ont plus de 0 m. 200 ne sont pas rares. Elles sont un peu irrégulières et s'amincissent graduellement à une grande distance de l'extrémité; celle-ci affecte souvent une forme de spatule. Presque toutes les fibres sont aplaties et constituent des sortes de rubans dont la largeur varie de 4 à 10 centièmes de millimètre au milieu, et l'épaisseur de 2 à 5 centièmes.

« La paroi paraît finement striée; cette striation est un peu oblique par rapport à la longueur; de place en place on aperçoit des lignes transversales de cassure se colorant plus fortement que le reste par les réactifs, et principalement par le chlorure de calcium iodé qui communique aux fibres une belle coloration rose, caractéristique de la cellulose pure. Au point de vue chimique, les fibres de la ramie, comme celles du chanvre et du lin, comme les poils du coton, se montrent formées de cellulose pure. Elles se colorent en bleu ou en violet par le chlorure de zinc iodé, en rose par le chlorure de calcium iodé, et en brun par l'acide phosphorique iodé.

« Le sulfate basique d'aniline, qui colore la vasculose en jaune paille, ne communique aucune coloration aux fibres du china-grass (ramie blanche), mais il donne une très faible couleur jaune aux fibres de ramie verte, ce qui semble indiquer une légère lignification de ces dernières.

« La potasse n'agit pas sensiblement sur les fibres de ramie; la dissolution ammoniacale d'oxyde de cuivre les gonfle beaucoup, mais ne les dissout pas complètement.

« L'action de l'acide sulfurique est variable suivant le degré de concentration de ce liquide. L'acide concentré dissout les fibres en prenant une légère coloration jaune brun due à la présence de matières albuminoïdes dans leur cavité. Traitée par l'acide bi-hydraté, la cellulose des fibres fournit une combinaison d'acide sulfurique et de corps organique qui peut être considérée comme un acide sulfo-organique et qui se combine aux bases. Cet acide sulfo-organique donne, sous l'action de l'eau, un corps coloré en bleu par l'iode; mais cette combinaison iodée ne saurait être confondue avec l'iodure d'amidon, car elle se décompose immédiatement dans l'eau en perdant sa coloration.

« Par toutes ces réactions, la substance constituante des fibres se montre formée de cellulose pure (ramie blanche) ou présentant peut-être des traces de lignification (ramie verte).

« Lorsque l'opération du dégommage est poussée trop loin, la filasse de ramie devient blanche; elle perd en même temps sa transparence caractéristique et son aspect soyeux; on dit qu'elle est cotonisée. Cette modification semble liée à une altération de la surface des fibres; celle-ci paraît en effet plus irrégulière et les bandes transversales de cassure se montrent plus nombreuses et plus apparentes. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Après cette remarquable étude, nous pouvons énumérer les qualités propres aux fibres de ramie :

1° Ténacité très supérieure à celle des fibres de lin et de chanvre. Outre les chiffres donnés incidemment dans la notice historique de la question de la ramie, voici des résultats d'essais précis que nous empruntons à M. Henri Lecomte :

« Le Gouvernement anglais a fait exécuter dans ses arsenaux des expériences comparatives sur des faisceaux de filaments sans torsion dans les mêmes conditions de longueur et de poids :

Le chanvre de Russie a supporté avant de se casser	80	kilogr.
Le china-grass	125	
Le rhea (ramie) d'Annam cultivé	160	

« Le tableau suivant résume les résultats d'une autre série d'essais :

	RAMIE.	CHANVRE.	LIN.	SOIE.	COTON.
	—	—	—	—	—
Traction	100	36	25	13	12
Élasticité	100	75	66	400	100
Torsion	100	95	80	600	400

« Comme on le voit, la ramie l'emporte sur le lin et le chanvre; elle est trois fois plus tenace que ce dernier. Une autre qualité précieuse vient confirmer cette supériorité : la ramie possède en effet une résistance incomparable à l'action de l'air et de l'humidité, ce qui la rend éminemment propre à la fabrication des cordages et des voiles de navires. »

Ainsi les fibres de ramie *résistent* à la traction :

8 fois 4/12 plus que celles de coton.
7 fois 69/100 plus que celles de soie.
4 fois plus que celles de lin.
2 fois 7/9 plus que celles de chanvre.

Quatre fois moins *élastiques* que les fils de soie, les fibres de *ramie* le sont autant que celles de *coton*, 1 fois 51/99 plus que celles de lin et 1 fois 1/3 plus que celles de chanvre.

Les fibres de ramie résistent plus à la torsion que celles de lin et de chanvre (1.25 et 1.0526 fois).

Cette première qualité fera rechercher les fibres de ramie pour la confection des cordages devant résister à de grandes tractions avec le plus petit diamètre possible, pour les fils de *toile à voiles*, pour la fabrication des *tuyaux de refoulement* de pompes diverses, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Les fils provenant des fibres de ramie présentent une grande résistance aux lessivages et aux lavages par frottements. C'est une qualité précieuse pour la confection de tissus d'économie domestique.

3° Les fibres de ramie sont du blanc le plus éclatant; ils ne font pas de duvet comme ceux de lin et ils ont tout le brillant de la soie. Cette qualité complexe rend propres à la fabrication de tissus de luxe les fils de ramie employés seuls ou en mélange avec d'autres textiles.

4° Les fibres de ramie souffrent très peu de l'humidité. Cette qualité les désigne out spécialement (avec la ténacité) pour la fabrication des fils ou des ficelles destinés à la confection des filets de pêche.

5° Les fils et les tissus de ramie se comportent bien aux apprêts et à la teinture. Ces diverses qualités des fibres textiles de la ramie sont propres à les faire adopter par les industriels du monde entier. Mais des considérations particulières peuvent encourager plus spécialement les industriels français à faire un grand emploi de la ramie; la France, en effet, importe annuellement pour près d'un milliard de matières premières textiles. Or le midi de la France, l'Algérie et nos colonies sont en mesure de produire d'énormes quantités de ramie dont l'emploi par nos industriels réduirait dans une forte proportion nos importations tout en favorisant notre industrie agricole. On ne peut espérer, en effet, que la culture des plantes textiles dans le nord et le centre de la France y reprenne son ancienne importance.

Le lin et le chanvre qui occupaient, il y a vingt-six ans, plus de 200,000 hectares, n'en occupent aujourd'hui qu'un peu plus de 95,000. Cette culture, qui donnait jadis pour 120 millions de francs de filasse, n'en donne plus que 75 à peine. C'est que les conditions économiques actuelles rendent peu lucrative la culture du lin et du chanvre en France. Les qualités des fibres de ramie autorisent à affirmer l'avenir de ce textile même à côté du coton, dont les tissus sont à si bas prix, par suite de la concurrence des producteurs de matière première et des industriels eux-mêmes.

Mais il faut pour cela que le cultivateur de ramie puisse compter sur un prix rémunérateur. Or voici ce qu'il peut espérer : en 1883, de grands usiniers, à une réunion de la *Société des arts*, avançaient que, si les fibres de ramie peuvent être livrées aux industriels à 74 fr. 40 les 100 kilogrammes, il n'y aura pratiquement aucune limite la quantité qu'absorbera le marché : mais ce prix ne pourrait atteindre 124 francs; à 99 fr. 21 l'acheteur hésiterait déjà.

Aussi, on peut affirmer que le cultivateur qui offrira un produit analogue au china-grass à un prix voisin de 80 francs les 100 kilogrammes trouvera toujours preneur. On sait que l'Angleterre a monopolisé le china-grass qu'elle paye 110 francs. Un aperçu sur les conditions culturales de la ramie prouvera que le cultivateur peut trouver une juste rémunération de ses avances et de ses frais annuels.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais avant de parler de la culture de la ramie et de son rendement, nous croyons ne pouvoir faire mieux, pour préciser les conditions du succès de ce nouveau textile, que de transcrire ici une page du rapport de M. Imbs, en 1888. On ne peut présenter pus impartialement les deux faces de la question.

« Il faut bien le dire, la ramie, comme textile, n'est pas ce que trop souvent ont voulu faire d'elle certaines imaginations enthousiastes, ou parfois des spéculateurs, cherchant à exploiter, sans but sérieux, le crédit exagéré que lui ont fait celles-là. La ramie ne remplacera ni la *soie,* ce filament fin, souple et brillant, de luxe par excellence; ni la *laine,* ce filament chaud, spongieux, feutrable et protecteur par-dessus tout; ni le *coton,* ce filament hygiénique, économique à un degré défiant toute concurrence possible, et dont les qualités relatives sont si bien équilibrées qu'il se prête à tous les emplois. La ramie est un succédané du lin et du chanvre, offrant sur ceux-ci, quand elle est parfaite, une supériorité incontestable de finesse, de résistance et de moindre densité. Elle peut pénétrer dans la consommation par ses déchets, aptes à donner, par des mélanges en petite proportion, de la consistance à des draperies de qualité inférieure. Elle peut y pénétrer, dans une certaine mesure, en fils de longs brins, dans des tissus mélangés ou de fantaisie pour vêtement et ameublement, comme y pénètre le jute, matière très inférieure, mais de très bas prix et d'une extrême facilité de traitement. Toutefois, le véritable champ de consommation de la ramie est en fils de longs brins, destinés à se substituer au lin et au chanvre dans beaucoup de leurs applications. Ce champ est assez sérieux pour mériter qu'on porte à la ramie un haut intérêt, sans toutefois l'exagérer. Mais, pour trouver la place qu'il mérite, le fil de ramie doit arriver à se produire dans les conditions les plus économiques, dans celles du moins dont sont susceptibles les fils d'autres textiles de grandes dimensions toujours plus dispendieux que les filaments courts. Bien que certains emplois, tels que la corderie, la fabrication des toiles à voiles, etc., puissent mettre en utilisation plus directe la supériorité de résistance de la fibre de ramie, il ne faut guère compter sur cette supériorité pour lui permettre de prendre un essor sérieux à des prix supérieurs. La tendance de notre époque est bien plus aux infériorités, qui produisent une économie apparente, qu'aux supériorités qui exigent une plus-value marquée. La ramie, il faut donc le dire, ne cessera de végéter, comme textile usuel, que lorsque ses fils se produiront à bas prix.

« Or la fibre de la ramie, quelque bonnes et même brillantes que soient ses qualités, provient d'une tige dont le traitement offre des difficultés particulières, sérieuses. Elle ne constitue pas, comme le lin, le chanvre et le jute, un groupe fibreux attaché à une simple paille mince, fine et friable, facilement réductible en fragments minuscules après le rouissage. La couche fibreuse recouvre ici un corps ligneux volumineux, épais et dur. Le rouissage ne lui est pas applicable; et, le fût-il, même par des procédés modifiés, il serait très dispendieux, en raison de la quantité et de la nature du produit à éliminer ultérieurement. L'élimination difficile d'une telle quantité de pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duit étranger et nuisible et la libération des fibres naturellement et fortement agglutinées constituent toujours et forcément pour la ramie des dépenses préparatoires comparatives très majorées. Il faut non seulement réduire autant que possible cet excédent de dépenses préparatoires, mais encore les compenser, absolument et d'avance, par les conditions de culture les plus économiques. Il serait par suite éminemment dangereux pour notre agriculture de laisser se propager l'idée, la conviction que la culture de la ramie peut être développée, généralisée avantageusement hors des régions qui lui sont tout spécialement favorables. Il serait tout aussi dangereux pour elle de reconnaître un caractère entièrement satisfaisant à des appareils ou à des procédés encore incomplets que l'on proposerait d'appliquer aux produits d'une telle culture, laquelle, déjà chère par elle-même, exigerait, au contraire, une perfection et une économie d'autant plus complètes dans les moyens de traitement à employer pour ces produits. »

CHAPITRE III.

CULTURE.

Climat, sols, travaux.

Bien que la *ramie blanche* (*Urtica nivea*) puisse croître en climat tempéré, même un peu septentrional et qu'elle ne craigne pas un froid rigoureux, elle ne peut donner des produits abondants en France qu'en terres convenables, riches en fumiers et pouvant être arrosées convenablement. Le nombre des coupes annuelles augmente lorsqu'on se rapproche du pays d'origine de la *ramie,* c'est-à-dire des climats chauds. Au nord de la Loire, on aura une ou deux coupes suivant les soins donnés et les années; au sud de la Loire, on peut avoir deux ou trois coupes. En Algérie, le nombre des coupes peut être de trois ou quatre dans des conditions faciles à réaliser.

L'avenir des deux espèces de ramie les plus recommandables est donc en Algérie et surtout dans nos colonies de l'Extrême Orient, où l'on peut obtenir quatre, cinq ou six coupes. Le poids même des coupes est aussi d'autant plus grand que le climat se rapproche plus de celui des pays équatoriaux.

L'*Urtica utilis* ou *tenacissima* convient moins à la France que la ramie blanche.

Partout le succès de la culture de la ramie exige que le sol soit à l'abri des grands vents et facilement irrigable. Sans eau, peu ou point de ramie. Les terrains salés ne conviennent pas à cette plante. La terre doit être plutôt légère que compacte, sans pourtant être sablonneuse.

Les meilleurs sols sont les silico-calcaires et les alluvions sablonneuses.

Le sous-sol doit être naturellement perméable ou rendu tel par un drainage effi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cace. Si, dans le sous-sol, il existe une couche imperméable arrêtant l'infiltration des eaux de pluie, la croissance de la racine principale, le pivot, est arrêtée et la plante ne peut ni prospérer ni durer. La ramie se reproduit par tous les moyens: semis de graines, plants. marcottes, etc. La plantation de fragments de racines est celle qui paraît la plus convenable. Comme la ramie a deux espèces de racines, une pivotale et des traçantes, la terre destinée à cette plante doit être d'abord labourée profondément. Il ne convient donc pas de mettre la ramie après une luzerne ou sur un défrichement de vieille prairie, si l'on n'a pas le temps de compléter l'émiettement du gazon par des roulages et des hersages alternés en temps favorable. Lorsque la terre est suffisamment ameublie, on la dispose en billons distants d'axe en axe de 0 m. 50 à 0 m. 70. On roule ensuite pour aplatir le sommet des billons, et rétrécir les sillons, sur le flanc desquels on dispose les plants ou fragments de racines, à l'écartement uniforme de 0 m. 25 ou 0 m. 35. Les plants sont recouverts presque entièrement par la terre prise sur le flanc opposé du sillon, ou par le fendage dissymétrique du billon.

On a ainsi, pour chaque plant, un espace rectangulaire de 0 m. 70 sur 0 m. 35 au plus, ou de 0 m. 50 sur 0 m. 25, au moins. Dans le premier cas, on a par hectare 40,816 plants, et 80,000 dans le second. Comme pour d'autres plantes textiles, il y aurait avantage à rapprocher les plants, au point de vue de la qualité de la filasse. Cependant, on indique en Amérique un écartement des lignes de plants allant de 0 m. 83 à 1 mètre pour la ramie verte. Les plants peuvent être des rhyzomes ou des éclats de racines de plantations ayant au moins deux ans: ils doivent avoir 0 m. 15 de longueur et deux yeux au moins. On peut découper ainsi une racine en 20 à 25 tronçons, bons à planter et ne revenant guère qu'à 4 francs le mille en moyenne. Toutefois, les vendeurs en France demandent environ 20 francs du mille de plants garantis. On peut aussi repiquer les boutures enracinées de 0 m. 20 de longueur, enfouies aux trois quarts, soit qu'on les enfonce dans des trous faits au plantoir, soit qu'on les place sur le flanc d'un profond sillon pour les enterrer ensuite par un coup de petite charrue.

En France, il convient de planter de la mi-mars à la fin de mai. On peut même le faire en été, sauf pendant les grandes chaleurs. En Espagne, en Algérie ou en pays intertropicaux, on peut planter depuis la fin d'octobre jusqu'en avril. Tout en disposant le sol pour la plantation, on prépare les rigoles pour assurer une facile distribution dans les sillons. Le tracé de ces rigoles dépend de la grandeur et de la direction, de la pente par rapport aux limites du champ planté.

La première année, il faut *sarcler* les intervalles laissés par les lignes de plants, soit à la main, soit à la houe à cheval. Pour le mieux, il faudrait deux passages de la houe à cheval, le premier suivi d'un sarclage à bras.

On donne ensuite un ou deux *binages*. La deuxième année, il suffit ordinairement d'un sarclage et d'un ou deux binages. A partir de la troisième année, la planta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion de ramie se défend seule contre les mauvaises herbes, et elle ne demande plus qu'un binage et des arrosages entre les coupes.

Quinze jours avant la coupe, on cesse d'arroser, afin que le sol puisse se ressuyer avant d'y faire entrer les ouvriers pour la récolte. Dès que la coupe est achevée (elle peut se faire avec une machine à moissonner) et les tiges enlevées, il faut arroser pour hâter la végétation d'une nouvelle récolte. Bien que le développement des feuilles de la ramie soit assez considérable et que l'on puisse, par suite, considérer cette plante comme peu épuisante, il est nécessaire de rendre au sol ce qu'elle lui enlève réellement, c'est-à-dire surtout de l'*azote* et de la *potasse*.

On peut y ajouter un peu de *phosphates*. Le cultivateur n'aura pas de peine, d'après cela, à choisir l'engrais chimique convenable, à défaut de fumier de ferme en suffisante quantité. Bien que les feuilles soient consommées avec plaisir par les bêtes à corne, on a presque toujours avantage à les laisser tout simplement sur le sol comme engrais; elles forment avec la *cime* les quatre dixièmes au moins du poids des tiges entières.

Dans le midi de la France, les plantations arrosées de ramie, sagement conduites, donnent deux coupes à partir de la troisième année; et elles peuvent persister très longtemps; M. Favier dit avoir en plein rapport des plantations datant de quinze ans. La première coupe se fait en France de juin à juillet, la seconde de septembre à octobre. Il convient de couper au moment précis de la maturité, c'est-à-dire dès que le pied des tiges prend une teinte brune sur une hauteur de 0 m. 40 à 0 m. 50 et lorsque les feuilles commencent à tomber. On peut effeuiller avant de couper, en passant la main du haut en bas des tiges. On diminue de près de 40 p. 100 le poids à enlever du champ. Mais cela exige une main-d'œuvre assez coûteuse. On admet donc qu'il est bon que les décortiqueuses *puissent passer même les tiges feuillues*. Ceci est du reste discutable. La coupe ne doit se faire que par un temps sec et par un outil très tranchant, aussi près que possible du sol, mais jamais au-dessous. Si le décorticage doit se faire en sec, il convient de couper les tiges un peu avant leur maturité. Si l'on doit décortiquer en vert, on coupe, au fur et à mesure, les tiges bien mûres. Il n'y a pourtant pas accord sur ce point, car on a parfois avancé que l'on peut faire plus de coupes, si l'on décortique un peu en vert. Si les tiges sont trop herbacées, les fibres seront-elles aussi résistantes? C'est à vérifier.

Dans les pays privilégiés, où l'on peut sécher à l'air les tiges coupées, on les étend sur place en couche mince, on les retourne quelques heures après, en les secouant pour en faire tomber les feuilles. On les met alors en bottes d'environ 15 kilogrammes qu'on laisse sécher pendant une dizaine de jours.

Pour conserver sans altérations ces tiges séchées, il faudrait pouvoir les emmagasiner en un local très sec; mais elles sont tellement hygrométriques qu'il suffit d'un brouillard, d'une rosée pour qu'elles reprennent presque toute l'eau que leur a fait perdre la dessiccation à l'air libre. Dès qu'elles ont réabsorbé un peu d'humidité, elles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont très exposées aux moisissures. Ce sont surtout ces difficultés de la dessiccation et de la conservation qui engagent à décortiquer en vert, au fur et à mesure de la coupe.

Nous avons cru devoir donner cet aperçu des soins de culture et de récolte afin de montrer qu'ils n'ont rien d'extraordinaire et afin de pouvoir établir un compte probable pour le prix de revient; car il est bien certain que la ramie ne pourra entrer en concurrence avec les autres textiles que si ses fibres peuvent être livrées à un prix suffisamment bas.

A côté des frais de culture et de récolte, qu'il est possible de déterminer *a priori*, sans grandes erreurs, il faut établir le rendement probable afin d'en déduire le prix de revient.

Rendement.

Les divers renseignements que l'on peut recueillir sur le rendement en tiges d'un hectare de ramie conduisent à des chiffres très différents. Tantôt la production est exagérée, parfois elle est au contraire minorée à un minimum peu encourageant. On ne peut s'étonner de ces divergences. On en constate d'aussi grandes pour toutes les espèces de culture : le froment comme la vigne, les prairies comme les betteraves. Le rendement par hectare d'une récolte quelconque dépend, en effet, en un même climat, du sol, des fumures, des soins culturaux, etc. A traitement égal, dans une situation donnée, il varie aussi avec les années.

Sous le bénéfice de ces observations, cherchons à fixer un rendement probable moyen. Que l'on plante de façon à avoir 40,000 ou 80,000 touffes par hectare, le rendement en poids ne différera pas sensiblement dans une situation donnée.

Lorsque les touffes seront très espacées, chacune d'elles donnera ou plus de tiges, ou des tiges plus grosses et plus longues et probablement le même poids par hectare que celui donné par le champ ayant des touffes plus rapprochées. Celles-ci donneront ou moins de tiges, ou plutôt des tiges plus minces ou moins élevées. Nous pouvons donc compter sur un espacement moyen des lignes à 0 m. 60 et sur ces lignes un plant tous les 0 m. 30; c'est par hectare 55,555 touffes. Pour tenir compte des pertes d'espaces productifs pris par les rigoles principales d'irrigation, nous ne compterions que sur 55,000 plants ou touffes. Les plants ainsi espacés donneront des tiges droites de 0 m. 01 de grosseur moyenne et de 1 m. 50 de longueur, pesant vertes, après un effeuillage sommaire, 55 grammes.

En Algérie, et c'est dans cette condition moyenne que nous nous supposerons, avec des soins et une irrigation bien conduite, on peut compter sur quatre coupes de 15 tiges chacune par touffe, en pleine récolte, c'est-à-dire à partir de la quatrième année, soit 3,300,000 tiges de 55 grammes ou 181,500 kilogrammes qui, séchées, se réduiraient à 36,300 kilogrammes, Ce rendement est celui de la plantation en pleine croissance. La récolte de la première année n'est pas considérée comme utilisable ou du moins on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'a qu'une coupe ou un quart de récolte; la seconde année, on ne peut espérer qu'une demi-récolte, et trois quarts pour la troisième année. De sorte que, suivant que la plantation pourra produire pendant huit, dix ou seize ans, on aura les chiffres suivants:

DURÉE DE LA PLANTATION.	PRODUCTION EN ÉQUIVALENTS D'UNE PLEINE RÉCOLTE.	
	TOTALE.	ANNUELLE.
8 ans	6,5	0,81250
9 ans	7,5	0,83330
10 ans	8,5	0,85000
11 ans	9,5	0,86360
12 ans	10,5	0,87500
13 ans	11,5	0,88460
14 ans	12,5	0,89280
15 ans	13,5	0,90000
16 ans	14,5	0,90625
17 ans	15,5	0,91176
18 ans	16,5	0,91666
19 ans	17,5	0,92105
20 ans	18,5	0,92500
Moyennes : 14 ans	12,5	0,88404

Soit, en moyenne des moyennes, par an, 0,884 d'une pleine récolte de quatre coupes produisant 181,500 kilogrammes de tiges vertes sommairement effeuillées, ou 160,453 kilogrammes de tiges vertes entières conservant la plus grande partie de leurs feuilles.

Signalons ici, avec le rédacteur en chef du *Moniteur de la ramie*, une erreur assez répandue parmi les cultivateurs. Ils croient atteindre à la perfection en produisant des tiges de 3 mètres à 3 m. 50 de hauteur, grosses en proportion. Si l'on pousse la ramie à un tel degré de développement, en espaçant trop les plants, il se forme des pousses inférieures qui sont autant d'arrêts dans la montée de la sève. On a ainsi nombre de nœuds qui rendent très difficile la décortication. L'industrie est loin de réclamer ces tiges démesurées en hauteur comme en grosseur; ce qu'elle demande, avant tout, c'est une grande uniformité de hauteur et de grosseur, dans une moyenne de 1 m. 20 à 1 m. 60, lisse de la base au sommet et de 0 m. 008 de diamètre à mi-hauteur, soit à peu près 0 m. 015 au pied.

Or il est certain que l'on approchera plus facilement de cette uniformité désirable par une plantation serrée que par un trop grand écartement des lignes l'une de l'autre et des plants sur ces lignes.

Voyons actuellement ce que seront les dépenses probables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Prix de revient de la culture d'un hectare de ramie blanche, pour une durée moyenne de quatorze ans de la plantation en Algérie.

Préparation du sol avant la plantation.

Un labour de défoncement, à 0 m. 40 avec une défonceuse dite *double brabant;* trois quarts d'hectare par jour avec un attelage de 8 chevaux ou l'équivalent en bœufs (2 hommes), soit 31 francs par journée et par hectare....	41f 33	
Un labour ordinaire, de 0 m. 20 pour enterrer le fumier ou l'engrais, ou seulement ameublir la terre neuve avec une double brabant ordinaire; 50 ares par jour, soit par hectare, pour un homme et 2 chevaux.....	18 00	
Hersages : *le premier,* après le défoncement avec une herse pesant 3 kil. 5 au moins par dent, avec traces de 0 m. 07 d'écartement et 0 m. 06 de profondeur. Jeu de 3 herses articulées de 10 dents chacune, ou 2 m. 10 de largeur de travail. Un homme et 3 chevaux, 4 hectares par jour, soit pour deux passages.....	6 00	
Seconds hersages, pour ameublir la terre après le second labour. Herse de 1 kilogr. 5 par dent. Jeu de 4 herses articulées de 10 dents chacune. Un homme et 2 chevaux, 1 m. 80 de largeur, 3 hect. 5 par jour, soit par hectare (deux passages).....	5 00	
Roulages : *le premier,* pour niveler et glacer la terre avant le passage du butteur; *le second,* après le billonnage pour aplatir le sommet des billons, ensemble.....	8 00	
Billonnage. Deux passages successifs d'un *butteur* à règlement des versoirs et à traceur.....	18 00	
		96f 33

Plantation.

Valeur du plant : 55 milliers à 12 francs (prix moyen entre le prix de revient du plant fait sur place et le prix d'achat aux marchands).....	660 00	
Main-d'œuvre : pour le transport en tête des billons, la pose à la main sur le flanc des sillons; 3 jours d'un homme et une femme à 6 fr. 50, ensemble.	19 50	
Attelages : *Labour* refendant chaque billon au tiers de sa largeur pour chausser le plant.....	9 00	
		688 50

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Travaux d'entretien.

SARCLAGES ET BINAGE : *1re année.* A la reprise des plants, un sarclage et un binage énergique à la *houe à cheval*, ensemble..... 12f 00

Sarclage et binage complémentaire *à la main* sur les lignes mêmes et autour des pieds ou touffes..... 30 00

2e année : un sarclage et un binage avant la première coupe et de même avant la seconde..... 24 00

3e année : (*idem*) avant chacune des trois coupes..... 36 00

4e année et suivantes : même travail avant chacune des quatre coupes, 10 fois 48 francs..... 480 00

582f 00

Récolte.

COUPE ET MISE EN BOTTES DES TIGES à la main, *1re année :* 5 à 10 tiges par pied ou touffe, une seule coupe.

7 journées et demie d'un ouvrier, à 4 francs..... 30 00

2e année : 9 journées à chaque coupe..... 72 00

3e année : 11 journées à chacune des 3 coupes..... 132 00

4e année : 12 journées à chacune des 4 coupes..... 192 00

Dix dernières années..... 1,920 00

L'enlèvement des tiges avec une brouette spéciale exige les 6/10 des frais de coupe..... 1,407 60

3,753 60

ÉCIMAGE ET EFFEUILLAGE facultatifs et plus ou moins complets (pour mémoire), à 2 francs par jour, ce serait 3,000 francs.

Avec une petite faucheuse à une seule roue, analogue à une moissonneuse, on peut couper 2 hectares par jour avec un cheval et deux hommes, soit par hectare et par coupe 4 fr. 50, et pour les 14 années et pour 50 coupes..... 225f 00

Ramassage..... 703 80

Irrigations.

PRIX DE L'EAU NÉCESSAIRE. Pour 5 arrosages en moyenne par année, il faut 5,000 mètres cubes d'eau, dont le prix dépendra du mode de captation. En supposant un canal de dérivation commun, l'eau pourra être fournie à raison de 30 francs par hectare et par an..... 420 00

Pour *réfection des digues* et *réparations* aux rigoles ou entretien des digues permanentes gazonnées portant les rigoles..... 200 00

620 00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fumure.

Fumier. Dans le cas où les feuilles seraient consommées par le bétail, on doit rendre l'équivalent en fumier, soit 20 tonnes à 10 francs par année, et pour 14 ans, 2,800 francs, dont il faut déduire la valeur comme aliment ou les trois quarts, soit.....	700f 00	
Engrais chimique complémentaire, à 100 francs par an.....	1,400 00	
		2,100f 00

Loyer.

Les terres propres à donner de fortes récoltes de ramie, étant aussi propres à la plupart des cultures et même à la culture maraîchère, ne peuvent guère être louées à moins de 100 francs par hectare et jusqu'à 200 francs même, soit en moyenne 150 francs pour 14 années.....	2,100 00	2,100 00

Frais généraux.

Si les terres plantées en ramie font partie d'une exploitation régulièrement tenue, les frais généraux peuvent s'élever au vingtième du capital employé, soit à 50 francs, et pour 14 ans.....	700 00	700 00
Total des dépenses pour un hectare en 14 années.....		10,640f 43

Soit en moyenne, par hectare et par an, au plus 760 francs.....

Les frais de coupe forment à eux seuls 268 fr. 10. Ils peuvent être facilement réduits à 66 fr. 34, en employant à la coupe une moissonneuse convenable et, pour l'enlèvement, de légers véhicules spéciaux. La dépense serait alors réduite à 558 francs.

Rendement d'un hectare de ramie, année moyennne, en Algérie.

On admet parfois que les tiges de l'unique coupe qu'il est possible de faire dans l'année de la plantation des rhyzomes ne sont pas bonnes à travailler. On dit même que cette première récolte est abandonnée par les cultivateurs chinois.

Nous avons peine à croire qu'avec de bonnes machines à décortiquer on ne puisse tirer parti la première année d'une coupe à la fin de la saison. Aussi comptons-nous cette coupe à un minimum très acceptable :

1re année (plantation) une coupe de.....	13,750	à	27,500k
2e année (deux coupes de 27,500 à 41,250k chacune)..	55,000	à	82,500
3e année (trois coupes de 41,250 à 55,000 chacune)...	123,750	à	165,000
4e année (quatre coupes de 55,000 à 68,750 chacune),	220,000	à	275,000
Les dix dernières années, de même.....	2,200,000	à	2,750,000
Total pour 14 années (durée moyenne)....	2,612,500	à	3,300,000

Soit, par année moyenne d'une plantation de moyenne durée, 186,607 à 235,714 kilogrammes sur pied.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par le seul fait de la coupe avec les manipulations qu'elle entraîne, le poids de la récolte se réduit d'un sixième. Il ne faut donc compter, en bon terrain convenablement arrosé, que sur 155,506 à 196,428 kilogrammes de tiges entières feuillues, pour les 4 coupes, soit en moyenne 1,760 quintaux, qui, séchés, se réduiraient au cinquième environ ou à 352.

En tiges fraîches, écimées et effeuillées, la récolte se réduit aux 6 dixièmes ou à 1,506 quintaux qui, après séchage, seraient réduits à 211 quint. 20.

Comme ces divers états du produit d'un hectare de ramie sont obtenus pour la même dépense moyenne annuelle de 760 francs, leur prix de revient s'établit ainsi :

Le quintal de tiges fraîches entières, feuillues	0f 4318
Le quintal de tiges fraîches écimées et effeuillées (non compris la main-d'œuvre)	0 7197
Le quintal de tiges sèches entières et feuillues (non compris les frais de dessiccation)	2 1590
Le quintal de tiges fraîches écimées et effeuillées (non compris la main-d'œuvre)	3 5985

Suivant les machines employées pour la décortication, le rendement en lanières varie de 22.5 à 17.5 p. 100 des tiges fraîches entières, et de 27.5 à 32. 5 p. 100 des tiges fraîches écimées. Par suite :

Le quintal de lanières fraîches entières revient en moyenne à	2f 159
Le quintal de lanières fraîches écimées	2 399
Le quintal de lanières sèches entières	8 636
Le quintal de lanières sèches écimées	11 995

(Non compris bien entendu les frais divers et ceux de décortication.)

La seule vue de ces chiffres prouve qu'il n'y a aucun avantage pécuniaire à écimer et effeuiller les tiges. Cette opération ne peut avoir pour raison d'être que de faciliter le décorticage par certaines machines.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DE MACHINES À DÉCORTIQUER.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA DÉCORTICATION DES TIGES DE RAMIE.

Ensemble des opérations.

Nous avons précédemment transcrit une note de M. Leclancher indiquant le mode manuel de décortication de la ramie pratiqué par les Chinois il y a une cinquantaine d'années. On peut le résumer ainsi :

1° *Effeuillage;*

2° Trempage des tiges en un baquet d'eau, par le pied seulement; cela est du moins probable;

3° *Teillage* ou enlèvement de l'écorce par des femmes;

4° Trempage des lanières ou rubans;

5° Passage des lanières sur le bord d'une gorge en fer pour enlever l'épiderme et les fausses fibres internes probablement;

6° Séchage, à l'air, des lanières suspendues à un bambou.

Le concours de 1889 admettait les procédés divers de décortication, manuels ou mécaniques, des tiges de ramie à l'état frais, ou préalablement séchées naturellement ou artificiellement.

Avant d'examiner les modes de décortication et les décortiqueuses mécaniques, il n'est pas inutile de présenter aussi complètement que possible les raisons propres à guider les producteurs de ramie dans le choix à faire entre le décorticage des tiges à l'état frais ou vert et le décorticage des tiges préalablement séchées.

Décorticage des tiges fraîches.

De temps immémorial les Chinois décortiquent à la main les tiges de ramie récemment coupées. Il paraît résulter de vagues indications de leur mode de procéder qu'ils enlèvent, par une espèce de raclage, l'épiderme de l'extérieur de l'écorce, les fausses fibres et le liber de l'intérieur des rubans ou lanières. Ils obtiennent ainsi la totalité des fibres textiles, en réduisant au minimum la quantité de matière cellulaire empâtant ou recouvrant extérieurement et intérieurement la couche réellement textile. Non seulement les fibres conservent leur parallélisme, mais toute leur longueur et leur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ténacité. Le dégommage n'ayant que le minimum de matière cellulaire à dissoudre sera facile et peu coûteux.

Ce mode manuel de décorticage est donc absolument irréprochable au point de vue de la perfection du travail et de la bonté du produit, *le china-grass*, très apprécié par les industriels.

Malheureusement ce procédé exige une telle abondance de main-d'œuvre au moment même de la récolte qu'il ne peut être adopté que dans des situations toutes particulières : main-d'œuvre abondante et à bas prix, celle des femmes et même des enfants. Quelques-unes de nos colonies de l'Extrême Orient sont dans ce cas. Pour la France et même l'Algérie, le décorticage manuel ne peut être recommandé; et même, dans la presque généralité des cas, la décortication mécanique s'impose, puisqu'il faut, comme l'établit M. Imbs, produire à bas prix les fils de ramie. L'inventeur de décortiqueuses mécaniques de ramie fraîche peut chercher à imiter le procédé manuel que nous venons d'indiquer, ou se lancer dans d'autres voies; celle qu'ont suivie les mécaniciens pour le broyage et le teillage du lin et du chanvre est la plus adoptée. Une seule machine peut alors opérer complètement la décortication, bien qu'il puisse être préférable parfois de diviser le travail entre deux ou plusieurs machines. Il y a, comme on voit, de quoi satisfaire à l'esprit d'invention des mécaniciens qui doivent, du reste, avoir sans cesse présentes à l'esprit les conditions de *perfection du travail* : séparer du bois la *totalité* des fibres textiles en leur conservant leur *parallélisme*, leur *longueur intégrale* et toute leur *ténacité*, et même enlever par raclage ou battage les fausses fibres internes et l'épiderme.

Cette perfection du travail est-elle plus facilement obtenue pendant que la ramie est verte, encore vivante pour ainsi dire, qu'après avoir été plus ou moins séchée naturellement ou artificiellement? En outre, le travail en vert est-il plus économique, à tous les points de vue? C'est ce qu'il faut décider.

Lorsque la ramie est fraîchement coupée, l'enveloppe ou écorce se sépare très facilement du corps ligneux ou tige proprement dite. Entre ces deux portions concentriques se trouvent le *liber* et le *cambium*, où court une sève liquide qui empêche pour ainsi dire l'adhérence : on peut donc manuellement ou mécaniquement enlever l'écorce en forme de large et long ruban. Aucune machine présentée au concours n'opérait suivant ce principe de décortication. Toutes ont une première série d'organes dits *alimentaires* pour : 1° *appeler* et maintenir la tige; 2° la *presser fortement* à de courtes distances afin de *casser* le bois en fragments, sans altérer l'enveloppe fibreuse; 3° racler les fausses fibres internes, *battre* ou *secouer* le ruban fibreux, afin d'en dégager les fragments de bois; quelques machines ont, en outre, des brosses pour enlever l'épiderme, d'un fauve sombre, racler les fausses fibres et même rétablir ou maintenir le parallélisme des fibres textiles. Chacun de ces organes doit faire le travail qui lui incombe, en respectant, comme nous l'avons dit, le *parallélisme* des fibres, leur *longueur* et leur *ténacité*.

Toutes ces opérations paraissent devoir se faire en vert, avec moins de déchets

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'avec les tiges sèches. Mais, à l'état frais, le ruban fibreux adhère assez fortement aux organes mécaniques pour que des encrassements ou même des engorgements puissent se produire : le mécanicien peut et doit parer à ces inconvénients, car il n'y a là aucune impossibilité.

La décortication en vert peut donc se faire au fur et à mesure de la coupe des tiges, soit par le cultivateur même, soit par l'industriel achetant la récolte sur pied, et faisant subir aux lanières fibreuses les diverses préparations qui les mettent en état d'être livrées aux filateurs. Dans le premier cas, le cultivateur doit avoir un nombre de machines en rapport avec l'importance de sa culture et le matériel nécessaire pour les préparations les plus indispensables des lanières fibreuses. Dans le second cas, il est dispensé de tous soins autres que ceux de la culture.

D'après M. Henri Lecomte, *les lanières obtenues des tiges vertes sont moins rebelles au dégommage que celles qui sont obtenues par le décorticage des tiges sèches.*

Décortication des tiges sèches.

La décortication des tiges après leur dessiccation aurait l'avantage de permettre un travail continu, dans un établissement industriel convenablement outillé pour toutes les préparations, en pouvant répartir ses frais généraux sur environ 300 journées de travail annuellement.

La spécialisation et la division du travail permettraient alors de la faire économiquement.

Malheureusement, la décortication des tiges de ramie doit être rapide si l'on veut éviter leur fermentation dans les paquets, et même la pourriture ou les moisissures qui peuvent rapidement détériorer les fibres textiles.

Au fur et à mesure de la coupe, *il faut enlever* les tiges du champ très rapidement et ne plus y laisser passer les ouvriers pour la manutention des fagots à sécher. Sans cette précaution on s'expose à détruire, en grande partie, les *pousses* nouvelles, l'espoir d'une seconde coupe; car elles sont très fragiles et croissent rapidement de 0 m. 01 à 0 m. 02 par jour au moins et parfois beaucoup plus. L'enlèvement rapide des tiges hors du champ est d'autant plus nécessaire que les pluies sont plus à craindre ou qu'il y a nécessité d'irriguer. Les tiges, mouillées dans le premier cas, boueuses dans le second, sont exposées à se détériorer.

Alors, où emmagasiner cette énorme quantité de tiges? Le séchage sur place, en petits fagots ou javelles, serait fort coûteux et presque mortel pour la coupe suivante. Si l'on croit pouvoir, hors du champ, mettre en couches même minces les tiges de ramie, on les expose à fermenter ou à moisir. Si, même en un climat favorable et naturellement sec, ou, en d'autres localités, par des procédés artificiels, on arrive à sécher convenablement les tiges, il suffit ensuite d'une rosée, d'un brouillard ou d'une nuit humide pour que les tiges spongieuses reprennent assez d'humidité pour que leur

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

détérioration soit à craindre, parce que la moitié de chaque tige de ramie est en effet une espèce de moelle absorbant très facilement l'humidité atmosphérique. La moelle de la ramie verte (*urtica tenacissima*) est quelque fois résorbée, de sorte que la tige est creuse et plus facile à sécher et à conserver.

Enfin la dessiccation des tiges de ramie entraîne un grand changement dans le *cambium* qui, pendant la vie végétale, est comme une sève circulant sous l'écorce : il en est de même pour la couche de cellules à minces parois qui englobent les fibres et que l'on nomme souvent et improprement *ciment végétal*. Dès que la vie se ralentit et que commence la dessiccation, ces liquides ou masses cellulaires molles perdent leur fluidité; ils adhèrent au bois comme à l'écorce fibreuse et leur séparation exige alors des *froissements*, des *pressions* ou des *battages* plus énergiques, plus multipliés, au grand dommage de l'*intégrité des fibres* et de leur *ténacité*.

En résumé, la dessiccation d'une récolte aussi encombrante que la ramie exige d'abord un grand emplacement et probablement un matériel spécial; elle est coûteuse, difficile et incertaine; elle ne facilite pas la séparation de l'écorce fibreuse, et enfin elle expose, même avec de bonnes machines décortiqueuses, à une forte proportion de déchets. Le seul avantage de la décortication en sec est la possibilité de la faire industriellement et, par suite, à bas prix, en réduisant aussi le nombre des machines à décortiquer pour un nombre donné d'hectares.

Il semble donc que le décorticage de la ramie sur place, à l'état frais, au fur et à mesure de la coupe des tiges, est la méthode la plus rationnelle. Elle est toutefois considérée comme la seule pratique par presque tous les hommes familiers avec la question de la ramie. Toutefois, il serait peut-être téméraire de décider, dès aujourd'hui, d'une façon générale et absolue entre les deux méthodes. C'est à chaque producteur de ramie à se décider d'après les conditions spéciales dans lesquelles se trouvent son exploitation et sa localité. On ne peut préjuger des ressources que la chimie peut fournir pour empêcher la détérioration des tiges pendant leur dessiccation naturelle ou artificielle.

Les essais faits devant le jury ont porté sur des tiges plus ou moins récemment coupées, d'autres à moitié vertes, et les dernières complètement sèches.

Les résultats des divers essais seront pris en considération dans le cours de ce travail.

Pour comparer avec toute justice les prix de revient du décorticage par les diverses machines ou procédés, il faut tenir compte, autant que cela est possible, des pertes de *fibres textiles* qui peuvent résulter de l'opération même, plus ou moins bien faite.

D'après notre compte de culture, le kilogramme de lanières reviendrait aux prix suivants :

Un kilogramme de lanières à l'état frais, provenant de tiges entières, a coûté en moyenne 0 fr. 0216;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

S'il provient de tiges vertes préalablement écimées et effeuillées, il coûte o fr. 024 au moins.

Comme les *fibres textiles* empâtées ne forment guère avant le dégommage que la moitié du poids des lanières, on peut admettre que, jusqu'à réduction du rendement en lanières à la moitié du poids de l'écorce, aucune portion de fibres textiles n'est perdue. Cette hypothèse est probablement trop favorable aux machines qui font du déchet; mais nous l'acceptons, faute de mieux, pour ne pas nous exposer à la moindre injustice.

Le kilogramme de lanières à l'état sec revient, d'après les chiffres précédents, à environ o fr. 086 ou o fr. 119, suivant que les tiges ont été décortiquées entières ou préalablement écimées.

CHAPITRE II.

RÉSULTATS DES ESSAIS DE PROCÉDÉS DE DÉCORTICATION MANUELLE.

Procédé de MM. Ch. Crozat de Fleury et A. Moriceau.

Bien que les tiges de ramie absolument fraîches puissent se décortiquer directement à la main, en suivant l'usage chinois, l'enlèvement de l'écorce se fait mieux si les tiges ont été préalablement passées dans un bain à la température de l'eau bouillante; c'est là tout le procédé de MM. Crozat et Moriceau. Ce procédé s'applique aussi bien aux tiges vertes qu'aux tiges sèches. Mais l'immersion doit être d'autant plus prolongée que la tige est plus sèche; sa durée varie entre les limites de cinq et quinze minutes suivant les inventeurs. On peut, grâce à cette immersion, décortiquer même des tiges coupées depuis quelques années. Une fois préparées, les tiges peuvent être décortiquées pendant plusieurs jours. Si l'on ne peut teiller de suite, il convient de sécher les tiges pour éviter les chances de détérioration.

Le premier des avantages de ce procédé est de donner l'*intégralité des fibres*, de respecter leur *parallélisme*, de conserver leur *longueur* et leur *ténacité*, probablement. Le second, c'est de laisser une assez grande latitude pour la durée du travail de la décortication, puisque l'on peut traiter les tiges fraîches ou séchées à n'importe quel degré; on peut même, après leur passage dans l'appareil, les sécher et les emmagasiner pour les décortiquer à loisir, car les tiges traitées par ce procédé ne sont plus sujettes à fermenter, une fois séchées. Il n'exige qu'une première mise de fonds assez faible : trois appareils à 500 francs permettraient de traiter par journée la coupe d'un hectare. Enfin il s'applique à toutes les espèces de ramies, à toutes les tiges longues ou courtes, droites ou torses, simples ou branchues. On ne peut reprocher à ce procédé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que d'exiger à un moment donné, ou au moins dans une période de quelques jours, une grande abondance de main-d'œuvre.

On a cependant émis aussi quelque doute sur l'innocuité de l'immersion ou plutôt du séjour des tiges dans l'eau bouillante. Le traitement à la vapeur, qui a été proposé il y a quelques années par M. Favier, avait, dit-on, l'inconvénient de rendre les fibres cassantes, ou de diminuer, tout au moins à un certain degré, leur ténacité si précieuse et si caractéristique.

L'essai devant le jury, dans la matinée du mardi 24 septembre, a donné les résultats suivants : la cuisson a duré, dans l'eau bouillante, 14 minutes, puis deux hommes aidés à intervalles par quelques personnes ont décortiqué les 18 kilogrammes pesés avant l'immersion. Il fallut, toute réduction faite, 90 minutes d'un homme pour le décortiquage; c'est 12 kilogrammes par heure et par tête. Le rendement a été de 5 kilogr. 6, pour 18 kilogrammes, ou de 31 1/9 p. 100. C'est évidemment tout ce que les tiges contenaient de lanières fibreuses. Le prix de revient de ce procédé de décortication dépend essentiellement de celui de la main-d'œuvre. On peut toutefois organiser le travail de façons diverses. Si nous nous basons sur l'essai fait devant le jury avec l'appareil de cuisson présenté, on peut faire passer par heure 75 kilogrammes de tiges fraîches environ et obtenir 23 kilogr. 1/3 de lanières.

Nous supposerons, ce qui est presque forcé, que l'appareil de cuisson fonctionne presque sans discontinuité, c'est-à-dire vingt-quatre heures par jour. C'est alors, par jour, 1,800 kilogrammes de tiges, et pour les quatre coupes, de 37,500 kilogrammes chacune, 83 journées 1/3. La cuisson exige deux hommes : un chauffeur proprement dit et un aide pour apporter les tiges et coopérer à la manutention des paniers, etc.

D'après l'essai aussi, un teilleur peut décortiquer 12 kilogrammes de tiges à l'heure, soit, en douze heures, 144 kilogrammes de tiges et 44 kilogr. 8 de lanières. Si l'on veut que les teilleurs passent au travail le même nombre de jours que les chauffeurs, il faudra de 12 à 13 teilleurs. Le prix de revient pourrait alors être ainsi établi :

ÉLÉMENTS DU PRIX DE REVIENT.		LE PRIX DE LA JOURNÉE ÉTANT		
		1f 25.	2f 50.	4f 00.
Frais d'appareils.	*Redevance* aux inventeurs (Pour mémoire).....	//	//	//
	Intérêt, entretien et *amortissement* de l'appareil cuiseur, 12 p. o/o de 500 francs.....	60f 00c	60f 00c	60f 00c
Chauffage ou Cuisson.	(Pour mémoire : les tiges décortiquées suffisant d'après les inventeurs).....	//	//	//
	Deux équipes composées chacune d'un chauffeur et d'un aide pendant 83 journées 1/3 à 3, 4 et 5 fr. pour le chauffeur et 2, 3 et 4 fr. pour l'aide....	416 67	583 33	750 00
Décortication :	1,000 journées de teilleurs à 1f 25, 2f 50 et 4 fr...	1,250 00	2,500 00	4,000 00
	Totaux.....	1,726 67	3,143 33	4,810 00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces 83 jours, avec un appareil, 12 teilleurs, 2 chauffeurs et 2 aides, on décortiquerait la récolte de 1 hectare, ou 150 tonnes de tiges vertes. Le prix de revient serait alors par *tonne*, respectivement, 11 fr. 51, 20 fr. 96 et 32 fr. 07, suivant que la journée de teilleur serait de 1 fr. 25, 2 fr. 50 ou 4 francs, et les journées des chauffeurs en proportion; soit en général, par tonne de tiges vertes, une somme fixe de 2 fr. 14 augmentée de 7,5 fois le prix de la journée de teilleur.

Le travail pouvant être fait sur des tiges à tout état de siccité, un seul appareil travaillant 250 jours par année suffira à la décortication de la récolte de 3 hectares. Les frais de main-d'œuvre et de cuisson seront triples, mais les 60 francs de frais d'appareils annuels resteront tels quels. Ce serait alors pour 3 hectares ou 450 tonnes de tiges à l'état vert, respectivement, 5,060 francs, 9,310 francs et 14,310 francs, ou, par tonne, 11 fr. 24, 20 fr. 68, et 31 fr. 80, soit, par tonne de tiges vertes, une somme fixe de 1 fr. 865 et 7 1/2 fois le prix de la journée d'un teilleur.

La redevance qu'exigeraient les inventeurs par appareil accroîtrait un peu le prix de revient. Aucun renseignement ne nous permet de fixer cette augmentation.

Pour permettre de comparer ces prix de revient avec ceux des machines à décortiquer, nous admettrons que le poids de la recette en tiges sèches est le cinquième du poids en vert. Alors le prix de revient par quintal de tiges sèches serait, respectivement, 5 fr. 62, 10 fr. 34 et 15 fr. 90; et, par quintal de lanières sèches, 18 fr. 07, 33 fr. 20 et 51 fr. 12, suivant le prix de la journée du teilleur.

Les inventeurs parlent d'un appareil cuiseur pouvant suffire à une production journalière de 500 à 600 kilogrammes de lanières sèches. Il coûterait 500 francs, et en 120 jours fournirait 60,000 kilogrammes de lanières sèches. Chaque teilleur pourrait, à tâche, décortiquer huit à dix tiges par minute; soit 480 à 600 par heure, ou 26 kilogr. 400 à 33 kilogrammes donnant, d'après l'essai, 31 1/9 p. 100 ou de 8 kilogr. 213 à 10 kilogr. 267, qui, séchées, se réduiraient au quart en donnant de 2 kilogrammes à 2 kilogr. 5 de lanières sèches (soit le cinquième du poids des lanières fraîches). Dans ces hypothèses, le prix de revient du travail complet, *immersion* des tiges, *décorticage* à la main, *séchage*, mise en balles pressées, ne s'élèverait, suivant les inventeurs, qu'à 8 ou 10 francs par quintal de lanières sèches obtenues; le prix de journée supposé paraît être de 1 fr. 25. Nous trouvons 3 fr. 01 par quintal de lanières fraîches, lorsque les teilleurs ne sont payés que 1 fr. 25 par jour. Par quintal de lanières sèches, il est donc probable que le prix de revient serait sensiblement au-dessus de 10 francs, le plus fort chiffre annoncé par les inventeurs, soit probablement 14 fr. 44, auquel il faut ajouter pour frais de culture de 8 fr. 64 à 12 francs. Le kilogramme reviendrait donc, tout compris, au producteur décortiquant sa récolte, à 0 fr. 231 ou 0 fr. 264, à la condition que le prix de la journée ne dépasse pas 1 fr. 50.

Ainsi, en résumé, ce procédé ne convient que dans les pays de petite culture, où la main-d'œuvre est abondante et à bas prix. Il a l'avantage de donner la totalité des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fibres dans le meilleur état possible et de convenir à toutes les espèces de tiges, quels que soient leur état, leur longueur, leur forme et leur état de maturation.

Si le prix de la journée des teilleurs à la main est seulement de 1 fr. 25, le décortiquage coûtera de 14 fr. 44 à 18 fr. 07 par quintal de lanières qui ont coûté, suivant le compte de culture, de 8 fr. 636 à 11 fr. 995. Un hectare donne, par ce procédé, en lanières sèches, 9,333 kilogr. 1/3, qui, décorticage compris, coûtent de 23 fr. 10 à 26 fr. 40 le quintal, ou 0 fr. 231 à 0 fr. 264 le kilogramme. Or il est certain que ces lanières se vendraient très aisément 0 fr. 35, en cette année (1889) et probablement beaucoup plus en raison du parfait état de ces lanières.

Avec un prix de journée de 2 fr. 50 pour les teilleurs, le décorticage à la main par le procédé Crozat coûterait 33 fr. 685 le quintal de lanières sèches. En ajoutant le prix de revient des tiges pouvant donner cette quantité de lanières sèches, le kilogramme de lanières sèches reviendrait à 0 fr. 418 et même 0 fr. 45, et ne pourrait être vendu que 0 fr. 45 à 0 fr. 50; le bénéfice est nul.

Ce procédé ne donnerait donc quelque bénéfice au cultivateur que dans les pays où l'on trouverait suffisamment de main-d'œuvre à 1 fr. 50 au plus par journée de douze heures pour le teillage.

CHAPITRE III.

DÉCORTIQUEUSES MÉCANIQUES.

Conditions à remplir.

Il y a trente-quatre ans, nous posions comme base du jugement d'une machine quelconque le *prix de revient de l'unité de travail fait.*

En considérant comme une *dépense* toute perte de produit en quantité ou qualité, causé par l'emploi même de la machine, nous rangions et nous pesions les diverses qualités de la machine en raison des économies que chacune d'elles produit sur les dépenses.

Si nous appliquons ces principes généraux au jugement des machines à décortiquer la ramie, il est évident que le prix de revient comprendra les éléments suivants :

1° Perte sur le *pourcentage réel* de lanières ou de fibres au prix de revient déterminé par le compte de culture ou le marché;

2° Diminution de la qualité naturelle des fibres, des lanières, par rupture ou par perte de leur parallélisme.

3° Accroissement des frais de dégommage, par la présence d'une plus ou moins forte proportion de bois dans les lanières;

4° Dépense en travail moteur;

5° Prix de la main-d'œuvre nécessaire;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6° Intérêt du prix d'achat des machines et du matériel nécessaire au décorticage;
7° Entretien de ces machines en huile ou graisses, et petites réparations courantes;
8° Amortissement des machines, grosses réparations.

Les trois premiers éléments sont plus ou moins élevés, suivant que la machine fait un travail plus ou moins éloigné de la perfection. Ils ne seraient nuls que si la décortiqueuse rendait *tout le pourcentage des fibres existant dans les tiges, avec toutes les qualités propres à ces fibres : longueur, parallélisme, ténacité.*

Le quatrième élément est plus ou moins élevé suivant que la machine dépense plus ou moins de travail moteur par tonne de tiges décortiquées à l'heure.

Le cinquième élément varie suivant la disposition des machines employant plus ou moins d'hommes pour leur fonctionnement.

Le sixième élément est absolument proportionnel au *prix* de la machine.

Les septième et huitième éléments du prix de revient du travail dépendent surtout de l'exécution même des diverses parties de la machine, du choix des matériaux employés, de la combinaison des organes, etc.

Approximativement, on peut dire que les trois premiers éléments ont la plus grande influence sur le prix de revient de l'unité de travail (décortication de la tonne de tiges). De sorte que la première qualité à rechercher dans une décortiqueuse mécanique, c'est qu'elle ne laisse aucune fibre dans le déchet boiseux, qu'elle ne casse pas les fibres, ne les emmêle pas et n'y laisse pas de bois.

Bien que le concours de 1889 n'ait pas pu être organisé de façon à déterminer le travail moteur dépensé par les machines concurrentes, ni les conditions de durée ou d'entretien des machines, nous allons essayer de les apprécier impartialement en nous basant sur les résultats des essais et l'examen détaillé de leurs organes mécaniques.

Machine Armand, construite et présentée par M. Barbier.

Cette machine peut, d'après l'exposant, décortiquer les tiges de ramie en vert comme en sec; mais, dans le premier cas, elle doit tourner plus vite que dans le second.

Elle se compose d'un cylindre central à larges et profondes cannelures, qui tourne sous trois cylindres qui l'entourent en le recouvrant à moitié. Le premier de ces petits cylindres peut être dit *alimentaire,* il est conduit par engrenages, tandis que les deux autres ne tournent que par l'engrènement de leurs cannelures avec celles du cylindre central. Ces quatre cylindres forment ensemble l'appareil *alimentateur* et *broyeur,* et, de plus, ils présentent les tiges broyées à deux cylindres squelettes *batteurs* ou *teilleurs.* Ces cylindres sont placés au-dessous du cylindre cannelé central et du dernier, de façon que les battes (lames d'acier) passent en tournant en sens contraire aussi près que possible des arêtes des cylindres broyeurs. L'un par rapport à l'autre, ces cylindres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et les roues d'engrenages qui les solidarisent sont calés sur leurs arbres de façon qu'une palette de l'un soit toujours entre deux palettes de l'autre et à distance égale. En attirant et ployant en festons les tiges broyées, ces palettes les débarrassent des fragments ligneux et les réduisent à l'état de lanières fibreuses. Les batteurs ou teilleurs tournent toujours dans le même sens pendant toute la durée de l'opération, tandis que le train des quatre broyeurs peut, à la volonté de l'ouvrier qui dessert la machine, changer de sens de rotation. Les tiges, d'abord avalées par la machine, reviennent à l'état de lanières en partie déboisées, en sens contraire, tout en subissant le teillage comme à l'*aller,* mais plus énergiquement cette fois. On peut aussi enlever absolument toute la partie ligneuse et peut-être les fausses fibres internes non textiles et l'épiderme. Mais il faut que l'ouvrier desservant la machine ait une certaine habileté pour éviter, qu'au changement de sens de la rotation, une traction sensible soit exercée sur les lanières; car alors, le déchet fibreux tombant avec les fragments ligneux et les fausses fibres pourrait être considérable. L'embrayage, pour le mouvement de retour, se fait à l'aide d'un levier, agissant sur un cône de friction. Lorsque l'on cesse d'appuyer sur ce levier, il revient à sa place primitive par l'action d'un contrepoids et dès lors le sens de la rotation est celui qui attire dans l'appareil broyeur les tiges à décortiquer.

D'après l'exposant, cette machine peut décortiquer par jour 2,500 kilogrammes de tiges fraîchement coupées. En admettant qu'il s'agisse de douze heures de travail effectif, ce serait, par heure, 208 kilogr. 1/3.

Le lundi 23 septembre, la machine Armand-Barbier reçut 10 kilogrammes de tiges fraîches écimées et effeuillées. Le temps réellement consacré au travail a été d'un peu plus de quatre minutes, soit par heure 150 kilogrammes. Les 10 kilogrammes ayant produit 1 kilogr. 3 seulement de lanières absolument déboisées et teillées même à l'excès, le rendement n'est donc que de 13 p. 100. C'est 19 kilogr. 5 de lanières fraîches à l'état de filasse par heure de travail.

En adoptant d'abord les chiffres donnés par l'exposant, puis ceux de l'essai, nous aurons les deux prix de revient suivants :

Prix de revient de la décortication de 18 hectares de ramie basé sur les données du constructeur.

PERTE DE FIBRES. 1° *Rendement en fibres.* — Le décorticage à la main ayant donné un rendement en lanières de 31 1/9 p. 100 de tiges fraîches, on peut admettre que ces lanières renferment 15 5/9 de fibres empâtées p. 100 de tiges écimées et effeuillées. Or l'exposant annonce en lanières un rendement de 25 p. 100. C'est admettre que la machine ne met aucun atome de fibres dans le déchet....	p. mémoire.
2° *Qualité des fibres.* — On est en droit de craindre que dans le retour des lanières une petite portion des fibres puissent être cassées et passer dans le déchet.....	p. mémoire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° *Bois laissés dans les lanières.* — Les lanières fibreuses étaient tout à fait débarrassées du bois	p. mémoire.
Frais de matériel. — Intérêt du prix d'achat (5 p. o/o), entretien (2 1/2 p. o/o), amortissement (4 p. o/o), en tout 11.5 p. o/o de 21,000 francs, prix de 14 décortiqueuses	2,415f 00
Frais de force motrice. — Intérêt, entretien et amortissement des machines à vapeur : 11 p. o/o de trois machines locomobiles de 5 chevaux chacune : 11 p. o/o de 15,000 francs. Combustible (pour mémoire)	1,650 00
Chauffeurs. — 3 à 5 francs pendant 45 jours	675 00
Frais de main-d'oeuvre. — Chaque machine exige un ouvrier conduisant la machine à 5 francs par jour; un receveur de lanières à 4 francs; enfin un manœuvre fournissant les tiges, à 3 fr. 50 ; soit ensemble 12 fr. 50 par jour, soit pour 14 machines pendant 45 jours	7,875 00
Total	12,615f 00

Pour 18 hectares, ou 19,004 quintaux de tiges fraîches écimées et effeuillées équivalant à 3,800 quintaux de tiges sèches, produisant 25 p. 100 de lanières fraîches ou 4,501 quintaux, ou le cinquième de lanières sèches, 900,2 quintaux.

Le prix de revient du décorticage est donc :

1° Par hectare de	700f 830
2° Par quintal de tiges fraîches	0 664
3° Par quintal de tiges sèches	3 320
4° Par quintal de lanières fraîches	2 802
5° Par quintal de lanières sèches	14 010

C'est 0 fr. 14 par kilogramme de lanières sèches; il faut y ajouter de 0 fr. 086 à 0 fr. 119 pour le prix de revient cultural, soit ensemble de 0 fr. 226 à 0 fr. 259.

Prix de revient de la décortication de 18 hectares de ramie, basé sur les résultats de l'essai public.

Perte de fibres. 1° *Rendement.* — Le rendement en lanières fibreuses ayant été de 13 p. 100 de tiges fraîches seulement, on pourrait admettre que la perte en fibres textiles empâtées est de 2 5/9 p. 100 des tiges fraîches (15 5/9 — 13), au prix de 0 fr. 055 et 0 fr. 07 le kilogramme; soit (pour les 18 hectares donnant 19,004 quintaux) 48,565 kilogrammes à 0 fr. 0625 le kilogramme en moyenne	p. mémoire.
2° *Qualité.* — Il semble que quelques fibres sont cassées	p. mémoire.
3° *Bois laissé.* — Les lanières sont absolument déboisées	p. mémoire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Frais de matériel. *24 machines à décortiquer.* — 11.5 p. o/o de 36,000 francs, prix de ces machines	4,140f 00
Frais de moteur. — 5 machines locomobiles de 5 chevaux chacune, au prix moyen de 5,000 francs; 11 p. o/o de 25,000 francs, prix de ces machines	2,750 00
Combustible	p. mémoire.
Chauffeurs. — 5 à 5 francs par jour pendant 45 jours	1,125f 00
Frais de main-d'œuvre. — Par machine, un conducteur à 5 francs, un receveur à 4 francs et un manœuvre à 3 fr. 50. Ensemble, 12 fr. 50 par jour; soit pour 24 machines pendant 45 jours	13,500 00
Total	24,550f 31

Pour 18 hectares, ou 19,004 quintaux de tiges fraîches écimées et effeuillées, équivalant à 3,800 quintaux de tiges sèches, produisant 13 p. 100 de lanières fraîches, 247,052 kilogrammes, ou le cinquième en lanières sèches, 49,410 kilogrammes.

Le prix de revient du décorticage est donc :

1° Par hectare, de	1,363f 900
2° Par quintal de tiges fraîches	1 292
3° Par quintal de tiges sèches	6 459
4° Par quintal de lanières fraîches	9 937
5° Par quintal de lanières sèches	49 686

Même en ne tenant pas compte de la perte de fibres diminuant le rendement, le prix de revient du quintal de tiges sèches serait encore de 43 fr. 54, soit 0 fr. 435 le kilogramme.

En ajoutant le prix de revient du kilogramme, 0 fr. 119, d'après le compte de culture, on aurait 0 fr. 554 pour le prix de revient, après décorticage du kilogramme de lanières sèches. Ces lanières, devant perdre très peu au dégommage, pourraient peut-être obtenir un prix plus élevé que les lanières conservant l'épiderme et les fausses fibres. Mais, même en admettant cette hypothèse très justifiée, le bénéfice de la culture avec cette décortiqueuse serait très faible.

Le même jour, la machine Barbier reçut 26 kilogrammes de tiges fraîches entières feuillues. Elles furent décortiquées en 10′ 10″ et rendirent 2 kilogr. 20 de lanières parfaitement dépouillées de bois et ne présentant en apparence que des fibres textiles. D'après cet essai, la machine décortique par heure 153 kilogr. 443 de tiges entières et donne dans le même temps 12 kilogr. 984 de lanières-filasses. Le rendement n'est donc que de 8.4615 p. 100 de tiges entières fraîches.

En admettant, comme pour l'essai précédent, que la proportion de fibres textiles empâtées de matière cellulaire soit réellement de 15 5/9 p. 100, la perte de fibres causée par la machine serait de 7.094 p. 100 de tiges.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque hectare produisant en tiges entières feuillues 175,967 kilogrammes (en quatre coupes), c'est, pour 18 hectares, 3,167,406 kilogrammes produisant en filasse-lanière 268,010 kilogrammes et laissant 224,698 kilogrammes.

Si nous admettons d'abord les chiffres de travail et de rendement indiqués par l'exposant, c'est-à-dire 250 kilogrammes de tiges entières par heure et 62 kilogr. 50 de lanières, il faudrait pour décortiquer le produit des 18 hectares, ou 3,167,406 kilogrammes de tiges entières feuillues, 24 machines, travaillant pendant 45 jours.

Prix de revient de la décortication d'après les données de l'exposant.

Frais de matériel. — 11.5 p. 0/0 de 36,000 francs (prix de 24 machines à décortiquer)	4,140f 00
Frais de moteur. *Locomobiles.* — 11 p. 0/0 de 25,000 francs (prix de 5 locomobiles)	2,750 00
Chauffage	p. mémoire.
Chauffeurs. — 5 à 5 francs par jour pour 45 jours	1,125f 00
Main-d'oeuvre. — 12 fr. 50 par jour et par machine, soit pour 45 jours	13,500 00
Total	21,515f 00

Pour 18 hectares produisant 31,674 quintaux de tiges entières, équivalant en tiges sèches à 633,480 kilogrammes, rendant 791,851 kilogr. 5 de lanières fraîches équivalant à 158,370 kilogr. 3 de lanières sèches.

Le prix de revient du décorticage est donc :

1° Par hectare, de	1,195f 300
2° Par quintal de tiges entières fraîches	0 679
3° Par quintal de tiges entières sèches	3 396
4° Par quintal de lanières fraîches	2 717
5° Par quintal de lanières sèches	13 585

Le kilogramme de lanières sèches, compris frais de culture et de décorticage, reviendrait donc à 0 fr. 222.

Lorsqu'on se base sur les chiffres de l'essai, les résultats sont très différents. La machine ne décortiquant par heure que 153 kilogr. 443, c'est par jour 1,841 kilogr. 316. Pour décortiquer les 3,167,406 kilogrammes produits par les 18 hectares, il faudra 1,720 jours. Le nombre de jours de travail pour quatre coupes ne pouvant dépasser 45, il faudra 38 machines à décortiquer ou un peu plus de 2 par hectare.

Les 3,167,406 kilogrammes de tiges vertes entières produiront 268,010 kilogrammes en lanières-filasse fraîches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le prix de revient peut alors s'établir comme suit :

Perte de fibres. — 7,094 p. o/o des 31,674 quintaux de tiges, à 6 fr. 25	14,043f 00
Frais de matériel. — 11,5 p. o/o de 57,000 francs (prix de 38 décortiqueuses)	6,555 00
Frais de moteurs. *Locomobiles* (7 machines de 5 à 6 chevaux). — 11 p. o/o de 38,500 francs, prix de ces machines avec transmission	4,235 00
Chauffage	p. mémoire.
Chauffeurs. — 7 à 5 francs pendant 45 jours	1,575f 00
Main-d'œuvre. — 12 fr. 50 par jour et par machine, pour 38 pendant 45 jours	21,375 00
Total	47,783f 00

Pour 18 hectares produisant 31,674 quintaux de tiges fraîches entières, équivalant à 633,480 kilogrammes de tiges sèches, rendant 268,010 kilogrammes de lanières-filasses fraîches, équivalant à 53,600 kilogrammes de lanières-fibres sèches, c'est :

1° Par hectare	2,654f 6000	1,874f 4400
2° Par quintal de tiges fraîches entières	1 5086	1 0652
3° Par quintal de tiges sèches entières	7 5430	5 3261
4° Par quintal de lanières-filasses fraîches	17 8290	12 5890
5° Par quintal de lanières-filasses sèches	89 1450	62 9450

Si, ce que l'on peut admettre, on ne compte pas la valeur, au prix de culture des fibres perdues dans le déchet, les prix de revient sont ceux de la seconde colonne ci-dessus. Le kilogramme de lanières sèches coûterait donc au moins 0 fr. 63. En y ajoutant son prix de revient cultural ce serait 0 fr. 716, dans l'hypothèse la plus favorable, et 0 fr. 977 si l'on estime la perte en fibres.

A ces prix le bénéfice serait nul, quelque bonnes que soient les lanières, faciles à dégommer, et perdant peu de poids dans cette opération.

La machine Barbier reçut enfin 12 kilogrammes de tiges sèches qui, en 30 minutes, donnèrent 2 kilogr. 2 de lanières bien déboisées. C'est une production de 24 kilogrammes par heure et un rendement de 18 1/3 p. 100. Le produit d'un hectare en tiges écimées et effeuillées fraîches étant en quatre coupes de 105,580 kilogr. 5, c'est pour 18 hectares 1,899,949 kilogrammes qui, séchés, se réduisent à 379,989 kilogr. 8 ou sensiblement à 3,800 quintaux. A raison de 288 kilogrammes par jour et par machine, il faudra 1,319 journées d'une machine. En admettant que ce décorticage industriel en sec puisse être réparti sur 264 jours par année, *cinq* machines suffiront, avec une machine à vapeur locomobile ou fixe de 5 à 6 chevaux.

D'après l'exposant, cette machine décortiquerait 500 kilogrammes de tiges sèches par jour et rendrait 25 p. 100. Il suffirait alors de 760 journées d'une machine pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

décortiquer la récolte des 18 hectares, ou les 3,800 quintaux de tiges sèches; il faudrait donc seulement et au plus 3 machines, qui pourraient ne travailler que 253 jours 1/3.

D'après ces chiffres nous pouvons établir comme suit les prix de revient dans les deux cas :

Prix de revient du décorticage en sec de la récolte de 18 hectares d'après les chiffres de l'exposant.

Frais de matériel. — 11.5 p. o/o de 4,500 francs (prix de trois décortiqueuses)	517f 50
Moteur. — *Locomobile* de 4 chevaux, 11 p. o/o de 4,000 francs	440 00
Chauffage	p. mémoire.
Chauffeur, à 5 francs par jour, pendant 253 jours	1,265f 00
Main-d'oeuvre. — A raison de 12 fr. 50 par machine et par jour; soit pour 3 machines, pendant 253 jours	9,487 50
Total	11,710f 00

Pour 18 hectares, donnant 3,800 quintaux de tiges sèches, 950 quintaux de lanières sèches, équivalant à 19,000 quintaux de tiges fraîches et 4,750 quintaux de lanières fraîches, le prix de revient est donc :

1° Par hectare de	650f 5500
2° Par quintal de tiges fraîches	0 6163
3° Par quintal de tiges sèches	3 0815
4° Par quintal de lanières fraîches	2 4652
5° Par quintal de lanières sèches	12 3260

Soit 0 fr. 242 le kilogramme de lanières sèches, compris les frais de culture et ceux de décortication en sec. A ce prix, il faudrait ajouter les frais de séchage et de conservation. *Quelque élevés qu'ils soient il y aurait assurément un bénéfice important.*

Prix de revient du décorticage en sec de la récolte de 18 hectares, d'après les résultats des essais, en septembre 1889.

Perte de fibres. — Les fibres textiles empâtées ne forment en réalité que la moitié du poids des lanières et celles-ci 31 1/9 p. 100 du poids des tiges fraîches; on peut admettre que, pour un rendement de 18 1/3 p. 100, aucune fibre textile proprement dite ne passe dans le déchet. C'est une hypothèse favorable à la machine.

Frais de matériel. — 11,5 p. o/o de 7,500 francs (prix de 5 décortiqueuses)	862f 50
Moteur. — *Locomobile* de 5 chevaux; 11 p. o/o de 5,000 francs	550 00
Combustible	p. mémoire.
Chauffeurs. — 264 journées à 5 francs	1,320f 00
Main-d'oeuvre à 12 fr. 50 par machine et par jour, pour 264 journées	16,500 00
Total	19,232f 40

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Soit :

1° Par hectare	1,068f 470
2° Par quintal de tiges supposées à l'état frais	1 012
3° Par quintal de tiges sèches	5 061
4° Par quintal de lanières supposées à l'état frais	4 049
5° Par quintal de lanières sèches	20 245

Soit 0 fr. 321 le kilogramme de lanières sèches, compris les frais de culture et de décortication. Il faudrait donc, ce qui est impossible, que les frais de séchage et de conservation montent à 0 fr. 12 par kilogramme de lanières sèches, ou par 5 kilogrammes de lanières fraîches, ou enfin par 30 kilogrammes de tiges fraîches pour qu'il n'y ait ni perte ni bénéfice au prix commercial probable de 0 fr. 450.

La machine Barbier paraît donc plus avantageuse pour le décorticage en sec qu'en vert.

D'ailleurs il est facile de reconnaître que, dans tous les prix de revient établis ci-dessus, nous avons plutôt exagéré qu'affaibli les dépenses de toutes sortes.

L'alimentation et le règlement de cette machine doivent être attentivement étudiés, car sa production à l'heure et le rendement en lanières en dépendent essentiellement. Au concours de 1888, la machine Barbier, décortiquant des tiges vertes venant de Gennevilliers, ne passait par heure que 39 kilogr. 130 de tiges, produisant 11 kilogr. 322 de lanières un peu boiseuses : c'est un rendement de 28.933 p. 100 au lieu des 13 et des 8.41 des essais de 1889.

En sec, la même machine en 1888 passait par heure 16 kilogr. 5 de tiges produisant 3 kilogr. 20 de lanières ou un rendement de 19.394 p. 100, tandis qu'en 1889 elle n'a rendu que 18 1/3 p. 100. On peut donc supposer que le conducteur de la machine n'en a pas tiré le meilleur parti possible.

Machines à décortiquer la ramie, système P.-A. Favier.

Cette décortiqueuse se compose en principe de trois, quatre, cinq... *jeux* décortiqueurs, comprenant chacun : 1° une paire de cylindres, à petites cannelures, pouvant être considérés comme alimentateurs et broyeurs; 2° une paire de cylindres à très profondes cannelures, pouvant être assimilés à des *teilleurs* ou *batteurs;* 3° enfin d'un arbre carré tournant dont le rôle semble être de *supporter* les tiges ou les lanières pendant leur passage d'un jeu décortiqueur au suivant.

Naturellement, le premier jeu de décortication travaille plus que le second et celui-ci plus que le troisième, ...le dernier jeu le plus souvent ne travaille pas, ou plus exactement n'a plus à briser de bois : celui-ci tombe en masse épaisse sous le premier jeu et le dépôt va en diminuant d'épaisseur jusqu'au quatrième ou cinquième jeu, sous lequel on ne trouve pas la moindre parcelle de bois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette succession de jeux décortiqueurs nous semble caractériser essentiellement la machine Favier, bien que d'autres machines présentent plusieurs broyages se succédant avant le battage.

Dans chaque paire de cylindres, broyeurs ou batteurs, le cylindre supérieur a ses coussinets pressés par des ressorts à tension réglable, ce qui évite toute exagération de pression capable de casser les fibres textiles. De plus on peut régler la pression de façon qu'elle aille en croissant du premier jeu au dernier, ou réciproquement, suivant que l'expérience l'indiquera pour les divers états des tiges de ramie.

Les machines de M. P.-A. Favier se font de trois modèles :

N° 1 : pour la production des lanières avec légère désagrégation de la pellicule;
N° 2 : pour produire une filasse à demi décortiquée;
N° 3 : donnant une filasse entièrement décortiquée.

Les modèles exposés étaient les nos 1 et 2. Le n° 1, convenablement réglé, sert pour la décortication à l'état sec ou à l'état vert, le n° 3 ne sert qu'à l'état sec.

La machine n° 1 a une longueur totale de 2 mètres sur 0 m. 80 de largeur. Elle pèse 800 kilogrammes. Elle produit des lanières entièrement débarrassées de bois et d'une partie de la pellicule : elles peuvent être dégommées et blanchies sans difficulté et l'on peut en obtenir des fibres propres à fournir les fils les plus fins. En sec, on peut passer *quatre* tiges à la fois, soit de 60 à 100 grammes, selon la grosseur des tiges, et leur passage n'exige guère que trois secondes. En une minute, l'ouvrier alimentant la machine peut donc passer de 1,200 à 2,000 grammes de tiges, et par heure de 72 à 120 kilogrammes.

Le démontage, le remontage et le réglage de la machine sont des plus faciles et à la portée de tout ouvrier. Toutes les pièces travaillantes peuvent être enlevées et replacées sans avoir à démonter (à proprement dire) la machine. Tout le mécanisme est enfermé. Il n'y a donc aucun danger pour les ouvriers; on peut faire servir cette machine par des femmes et même des enfants.

Les machines décortiquant les tiges sèches sont destinées à fonctionner dans des usines : elles peuvent, comme les autres modèles, être alimentées à droite et à gauche simultanément. Bien qu'il semble qu'ainsi la quantité fournie doive être le double, il convient, d'après l'inventeur, de ne compter que sur un tiers en plus. Nous admettrons moitié plus.

D'après l'exposant, cette machine n'exigerait que trois quarts de cheval-vapeur. Cette évaluation nous paraît un peu faible. Le travail moteur exigé variera du reste avec l'état des tiges et le plus ou moins d'abondance et de rapidité dans l'alimentation. Nous compterons, avec les transmissions, 1 cheval 1/4, en moyenne.

La machine travaillant les tiges fraîches pourrait en traiter, d'après l'exposant, 10,000 kilogrammes par jour ou 6,000 seulement, suivant qu'elles sont entières et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

feuillues ou écimées et effeuillées. Ces tiges rendraient de 300 à 350 kilogrammes de lanières sèches parfaitement décortiquées.

Si nous adoptons ces données, la décortication des 3,167,406 kilogrammes de tiges entières, produits par 18 hectares, exigerait 316 jours 74 de travail d'une seule machine. En admettant que, pour les quatre coupes, on puisse travailler pendant 45 journées, 7 machines suffiraient. S'il s'agit de tiges écimées, ce serait 1,900,449 kilogrammes, et il faudrait le même nombre de machines et de journées.

Le prix de revient pourrait donc s'établir ainsi :

Frais de matériel. — 7 machines à 4,000 fr. (12 p. o/o de 2,800 fr.)....	3,360f
Moteur. *Locomobiles.* — 2 de 4 chevaux et demi, avec transmission : soit 11 p. o/o de 9,000 francs.....	990
Combustible (pour mémoire).....	"
Chauffeurs. : 2 à 5 francs par jour pour 45 jours.....	450
Main-d'œuvre. 2 conducteurs, 2 leveurs et 2 manœuvres apportant les tiges, à 5, 4 et 3 fr. 50 par jour, soit 25 francs par jour et par machine. — Pour 7 machines et pour 45 jours.....	7,875
Total.....	12,675f

Pour 18 hectares,
Ou pour 31,674 quintaux de tiges entières;
— 19,004 — écimées;
Équivalant à 633,480 kilogrammes de tiges entières sèches;
ou à 3,800 quintaux de tiges sèches écimées;
Produisant 17 et demi p. o/o ou 5,543 quintaux de lanières fraîches entières;
ou 25 p. o/o de 19,004 quintaux de tiges écimées;
Soit 4,751 quintaux de lanières fraîches écimées;
Équivalant à 1,109 quintaux de lanières sèches entières;
ou à 1,188 — écimées.

Le prix de revient est donc :

1°.	Par hectare de.....	704f 166
2°.	Par quintal de tiges fraîches entières.....	0 400
2° *bis.*	— écimées.....	0 667
3°.	Par quintal de tiges sèches entières.....	2 000
3° *bis.*	— écimées.....	3 333
4°.	Par quintal de lanières fraîches entières.....	2 287
4° *bis.*	— écimées.....	2 668
5°.	Par quintal de lanières sèches entières.....	11 435
5° *bis.*	— écimées.....	13 340

Ce serait, avec les frais de culture, de 0 fr. 20 à 0 fr. 25 par kilogramme de lanières sèches. Comme on les peut vendre aisément de 0 fr. 35 à 0 fr. 45, c'est un très beau bénéfice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Prix de revient du décorticage en vert par la machine Favier, d'après les chiffres des essais de 1889.

Dans l'essai, la machine ne travaillait que d'un côté.

En tiges entières feuillues, elle a passé 10 kilogr. 35 en 2′ 30″ et a donné 2 kil. 6 de lanières fraîches.

C'est par heure 248 kilogr. 40 de tiges entières et 62 kilogr. 4 de lanières fraîches et un rendement de 25.12 p. 100.

Pour 18 hectares produisant 3,167,406 kilogrammes, à raison de 2,980 kilogr. 8 par journée, il faudrait 1,062 kilogr. 6. Avec 45 jours de travail possible pour les quatre coupes, il faudrait presque 24 machines.

Frais de matériel. — 12 p. 0/0 de 96,000 francs	11,520f
Moteur. — *Locomobiles.* 6 de 5 chevaux : 11 p. 0/0 de 30,000 francs, prix de ces locomobiles	3,300
Combustible. — (Pour mémoire)	//
Chauffeurs. — 6 à 5 francs pour 45 jours	1,350
Main-d'œuvre. — 1 conducteur à 5 francs, 1 receveur à 4 francs et 1 alimentateur à 3 fr. 50, soit ensemble 12 fr. 50 par jour et pour 45 jours et 24 machines	13,500
Total	29,670f

Soit :

1°	Par hectare	1648f 3300
2°	Par quintal de tiges fraîches entières	0 9367
3°	— sèches	4 6835
4°	Par quintal de lanières fraîches entières (795,650 kilogr.)	3 7272
5°	— sèches entières (159,130 kilogr.)	18 6360

Le kilogramme de lanières sèches, pour culture et décortication, reviendrait donc à 0 fr. 272.

Employée ainsi la machine ne fait pas tout ce qu'elle peut faire. Admettons qu'en travaillant simultanément à droite et à gauche on fasse 50 p. 100 de plus seulement.

Ce serait par jour 4,471 kilogr 2. Il faudrait donc 7,084 journées d'une machine Ne disposant pour les quatre coupes que de 44 jours environ, il faudrait 16 machines.

Le prix de revient serait alors :

Frais de matériel. — 16 *décortiqueuses.* — 12 p. 0/0 de 64,000 francs, prix de ces machines	7,680f
Moteur. *Locomobiles.* — 4 de 5 chevaux, 11 p. 0/0 de 20,000 francs	2,200
Combustible. — (Pour mémoire)	//
Chauffeurs. — 4 à 5 francs par jour pendant 44 jours	880
Main-d'œuvre. Par machine 25 francs par jour. Pour 16 machines pendant 44 jours	17,600
Total	28.360

Imprimerie nationale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Soit :

1°	Par hectare	1.575f 5500
2°	Par quintal de tiges fraîches entières	0 8953
3°	— sèches entières	4 4765
4°	Par quintal de lanières fraîches entières	3 5640
5°	— sèches entières	17 8200

Avec les frais de culture, le kilogramme de lanières sèches reviendrait donc à 0 fr. 264.

Dans un autre essai, la machine reçut 10 kilogr. 95 de tiges fraîches écimées et effeuillées, qui exigèrent 4′ 30″, et donnèrent 2 kilogr. 82 de lanières.

C'est, par heure, 146 kilogrammes de tiges et 37 kilogr. 6 de lanières, et un rendement de 25.75 p. 100 de tiges. Par journée, on peut donc passer 1,752 kilogrammes de tiges. Et pour les 18 hectares ou 19,004 quintaux, il faudrait 1,084 journées 7 d'une machine. Pour 45 jours de travail possible, il faudrait donc 24 machines, et 16 en travaillant des deux côtés.

Les prix de revient seront donc absolument les mêmes que précédemment ou 29,670 et 28,360 francs par hectare; et très sensiblement les mêmes aussi par quintal des diverses matières, sauf les frais d'écimage et d'effeuillage.

Dans un autre essai, la machine en vert de M. Favier reçut 50 kilogrammes de tiges, partie entières et partie écimées, en proportions à peu près égales. Cette quantité fut décortiquée en 15′50; elle rendit 15 kilogr. 5 de lanières parfaitement déboisées.

C'est, par heure, 193 kilogr. 548 de tiges mixtes et 60 kilogrammes de lanières, et un rendement de 31 p. 100. Dans une journée de douze heures, en ne travaillant que d'un côté de la machine, on pourra donc faire passer 2,312 kilogr. 576 de tiges; soit, pour les 18 hectares produisant 25,339 quintaux de tiges mixtes, environ 1,091 journées d'une seule machine décortiqueuse. Pour une campagne de 45 jours, il faudra donc 24 machines, et 16 seulement si l'on travaille aux décortiqueuses des deux côtés à la fois.

Les prix de revient par quintal seront donc encore à très peu près identiques avec les précédents. Cette concordance des résultats des trois essais de décorticage des tiges fraîches par la machine Favier ne peut être un effet du hasard. Elle prouve combien la division du travail entre plusieurs jeux broyeurs et teilleurs se suivant régularise la production et le rendement.

D'après l'exposant, la machine disposée pour décortiquer en sec peut passer par our 100 quintaux de tiges sèches. S'il s'agit de douze heures de travail effectif, c'est par heure 83 kilogr. 1/3, rendant de 25 à 30 p. 100. Dans l'essai fait devant le jury avec 30 kilogrammes de tiges, il a fallu 33 minutes dont 4 d'arrêt, pour passer cette quantité qui a rendu 7 kilogr. 7 de lanières. C'est par heure 54 kilogr. 545 ou 62 kilogrammes 069, suivant que les minutes d'arrêt sont comptées ou non, et un ren-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dement de 25 2/3 p. 100; soit, pour une journée de douze heures, 654 kilogr. 54 ou 744 kilogr. 828.

Les 18 hectares donnant 3,800 quintaux de tiges sèches exigeraient 510 ou 580 journées.

La machine travaillant alors industriellement peut fonctionner 250 jours par année; 2 machines sur lesquelles on travaillerait des deux côtés suffiraient alors largement, même en ne fonctionnant que 200 jours par année.

Le prix de revient peut donc s'établir ainsi :

Frais de matériel. 12 p. 0/0 de 8,000 francs, prix des deux machines....	960f
Moteur. *Locomobile.* — 1 de 3 à 4 chevaux, 11 p. 0/0 de 4,000 francs...	440
Combustible. — (Pour mémoire).....	»
Chauffeur. — 1 à 5 francs par jour, et pour 230 jours en moyenne.....	1,150
Main-d'œuvre. — 2 conducteurs, 2 receveurs et 2 manœuvres à 25 francs, ensemble par jour et pour 230 jours.....	5,750
Total.....	8,300

Soit :

1°	Par hectare.....	461 110
2°	Par quintal de tiges fraîches.....	0 437
3°	— sèches.....	2 184
4°	Par quintal de lanières fraîches.....	1 702
5°	— sèches (975 quintaux 1/3).....	8 510

Le kilogramme de lanières sèches, avec les frais de culture reviendrait donc à 0 fr. 188 seulement. Comme il peut être vendu aux dégommeurs 0 fr. 35 au moins, on voit qu'il y aurait un beau bénéfice, même en estimant très haut les frais de séchage, de magasinage et de conservation.

Machine continue de M. N. de Landtsheer.

La nouvelle machine de M. N. de Landtsheer est d'une rare simplicité et mérite bien, par cela même, le titre de *machine agricole* que lui a donné son inventeur. Une première paire de cylindres, à larges et profondes cannelures, a pour principale fonction l'entraînement des tiges qui leur sont présentées, bien alignées du pied. Ils les passent à une deuxième paire de cylindres ne différant des précédents que par un plus grand rapprochement de leurs axes, leur permettant d'engrener leurs cannelures, et, par suite, de *broyer* le ligneux des tiges que les cylindres alimentaires ont seulement *pincées*, par leurs arêtes restant toujours en regard.

Les tiges broyées sortent horizontalement et sont immédiatement soumises aux chocs opposés des ailettes de deux batteurs ou teilleurs enlevant le bois adhérant encore aux fibres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La première paire de cylindres donne aux tiges des coups de dents mousses en les tenaillant sans les briser, mais en préparant la rupture du bois que la deuxième paire de cylindres achève par le *plissement* que les cannelures en engrènement opèrent sur les tiges qu'elles entraînent. Enfin, les batteurs-teilleurs, en frappant les lanières, enlèvent le bois.

Il est visible, d'après cette description sommaire, que le triple travail est réduit au minimum. Il peut suffire si les pressions des cylindres alimentaires et broyeurs ainsi que leurs écartements sont bien réglés. Les tiges ne subissent ainsi que le minimum de fatigue.

Venons aux détails :

La poulie recevant la courroie du moteur tourne librement et solidairement avec deux roues dentées, autour de l'arbre *tourné* du batteur supérieur. Le plus grand des engrenages (65 dents) conduit un pignon de 18 dents calé sur l'extrémité de l'arbre du batteur-teilleur inférieur. A l'autre extrémité, cet arbre conduit, par roues égales, le batteur supérieur; ils font ainsi, en sens contraire l'un de l'autre, de 700 à 800 tours suivant que la poulie conduite fait de 194 à 221 tours par minute.

Le plus petit engrenage, solidaire de la poulie, conduit une roue 2 fois 1/4 plus grande, calée sur l'arbre du cylindre broyeur inférieur. A l'autre bout, cet arbre conduit, par un pignon, un autre pignon d'une ou deux dents plus grand, calé sur l'arbre du cylindre alimentaire supérieur, qui, de l'autre bout, conduit, par pignons égaux, le cylindre inférieur alimentaire. Le cylindre broyeur supérieur est entraîné par les cannelures de l'inférieur sur le fond desquelles pressent les arêtes avec une intensité réglée par la tension des ressorts.

En somme, quand les batteurs-teilleurs font 720 tours environ par minute, les cylindres broyeurs font 90 tours, et les alimentaires à peu près autant.

Chaque batteur-teilleur fait donc un tour en 1/12 de seconde et chaque point de ses arêtes parcourt 0 m. 660 dans ce laps de temps, tandis que les cylindres broyeurs ne font que 1/8 de tour et ne poussent vers les battes que 0 m. 03927 de longueur de lanières qui reçoivent de chaque teilleur 16 coups de battes; c'est donc un coup de batte sur chaque 6/5 de millimètre des tiges qui passent. C'est assurément assez de coups pour enlever le bois s'il a été suffisamment cassé par les deux paires de cylindres alimentaires et broyeurs.

La traction des battes sur les fragments de bois à détacher est en raison de la vitesse relative ou de la différence des vitesses absolues (7 m. 920 et 0 m. 471, c'est-à-dire de 7 m. 449). C'est évidemment une très énergique traction qui devrait enlever tout le bois et même les fausses fibres internes. Malheureusement, l'effet du battage ne paraît pas se faire sentir dans toute l'épaisseur des lanières broyées.

Cette machine a reçu dans un premier essai 10 kilogrammes de tiges vertes écimées et effeuillées qui ont passé en 38 secondes; c'est, par heure, 947 kilogr. 368. Dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un second essai 26 kilogrammes de tiges vertes entières ont passé dans la machine en 2 minutes; c'est, par heure, 780 kilogrammes seulement.

Ces 36 kilogrammes de tiges ont donné 10 kilogrammes de lanières assez bien déboisées.

Ils équivalent à environ 28 kilogr. 20 de tiges écimées et effeuillées qui, ainsi, ont rendu 10 kilogrammes ou 35.461 p. 100 des tiges vertes; ces lanières contiennent donc probablement 1 kilogr. 227 de bois environ, ou 6.3 p. 100 du bois existant dans les tiges. Ce calcul, bien entendu, n'est qu'approximatif, car la perte en eau ne peut être déterminée, de sorte que la proportion de bois laissé dans les fibres est réellement moindre que celle que nous admettons ici.

Le troisième essai a eu lieu avec des tiges dites *à moitié sèches :* 46 kilogrammes ont été décortiqués en 11 minutes; c'est 250 kilogr. 909 par heure. Malgré la difficulté de ce travail, les lanières étaient assez bien déboisées; on a obtenu 15 kilogrammes de ces lanières, soit 32.609 p. 100 de tiges à moitié sèches. Si l'on admet que ces tiges devraient contenir en fibres la moyenne de ce que contiennent les tiges écimées et effeuillées à l'état vert et à l'état sec, ou la moitié de la somme de 31.111 et 25.667, cette proportion serait 28.389 p. 100 des tiges à moitié sèches. Comme elles étaient moins près de l'état vert que de la siccité, on peut admettre avec plus de probabilité que le rendement aurait dû être de 25.778 p. 100. On peut donc dire qu'il restait avec les fibres proprement dites 6.831 p. 100 du poids des tiges ou 9.2 p. 100 du bois existant réellement dans les tiges.

Les 15 kilogrammes de lanières représentant probablement à peine 8 kilogrammes de fibres nettes ont été réduits à 10 kilogr. 5 par leur passage (aller et retour) dans la seconde machine de M. N. de Landtsheer; cette machine a enlevé les 3 kilogr. 142 de bois que la première machine avait laissés dans les lanières; mais, en même temps, 1 kilogr. 858 de fausses fibres et de ciment végétal ont passé probablement dans le second déchet boiseux. Ces pertes, ici déterminées par différences, sont peut-être exagérées, puisque dans ce déchet sont comprises les fausses fibres internes; mais nous les avons calculées avec le plus de probabilité possible pour faire ressortir les avantages et les inconvénients de repassage des lanières puisqu'il reste une assez forte proportion de bois.

1^er^ *essai.* — Cette machine a reçu dans un essai 26 kilogrammes de tiges fraîches entières et feuillues, qui ont été décortiquées en 2 minutes, et rendu 6 kilogr. 77 de lanières. C'est, par heure, 780 kilogrammes de tiges et 203 kilogr. 10 de lanières, et un rendement de 26 p. 100 à très peu près. Dans une journée de douze heures, on pourrait donc passer 9,360 kilogrammes de tiges.

Pour 18 hectares donnant 31,674 quintaux de tiges entières, il faudrait donc un peu plus de 338 journées de travail. Les quatre campagnes sont d'environ 10 à 11 jours à chaque coupe. Il faudrait donc huit machines pendant 42 jours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après ces données de l'essai voici quel serait le prix de revient du décorticage :

Frais de matériel. — 11.5 p. o/o de 14,400 francs (prix des 8 décortiqueuses)	1,656f 00c
Moteur. — *4 locomobiles*, de 4 chevaux chacune, 11 p. o/o de 17,600 francs (prix de ces machines)	1,936 00
Combustible (pour mémoire)	" "
Chauffeurs, 4 à 5 francs par jour, pour 42 jours	840 00
Main-d'oeuvre. — Par décortiqueuse, un conducteur à 5 francs, un receveur à 4 francs et un manœuvre pour fournir les tiges, à 3 fr. 50; soit, pour 8 machines et 42 jours	4,200 00
Total	8,632 00

Les 18 hectares donnent 8,235 quintaux de lanières un peu boiseuses.

Soit :

1° Par hectare	479f 5500
2° Par quintal de tiges fraîches entières	0 2725
3° Par quintal de tiges sèches entières	1 3625
4° Par quintal de lanières fraîches	1 0482
5° Par quintal de lanières sèches	5 2410

Le kilogramme de lanières sèches boiseuses ressort donc à 0 fr. 138 pour frais de culture et de décortication. Si l'on ne peut le vendre 0 fr. 35, la marge reste assez grande pour un beau bénéfice.

2e *essai*. — Dans un autre essai, la même machine agricole reçut 10 kilogrammes de tiges fraîches écimées et effeuillées; elles furent passées en 38 secondes et rendirent 3 kil. 23 de lanières un peu boiseuses. C'est, par heure, un débit de 947 kilogr. 368 de tiges, donnant 306 kilogrammes de lanières. Le rendement étant de 32.3 p. 100, dans une journée de douze heures on ferait 11,368 kilogrammes.

D'après ces résultats de l'essai, les 18 hectares produisant 19,004 quintaux de tiges fraîches écimées exigeraient pour la décortication un peu plus de 167 jours. Comme on ne peut disposer que de quatre campagnes d'une dizaine de jours chacune, il faudrait quatre machines pendant 41 jours.

D'après ces résultats, voici quel serait le prix de revient de la décortication :

Frais de matériel. — 11.5 p. o/o de 7,200 francs (prix des décortiqueuses)	828f 00c
Moteur. — *Locomobiles*, 2 de 4 chevaux, 11 p. o/o de 8,800 francs (prix de ces machines)	968 00
Combustible (pour mémoire)	" "
Chauffeur, 2 à 5 francs pour 41 jours	410 00
Main-d'oeuvre. — 2 brigades de 3 hommes à 12 fr. 50 et pour 41 jours	1,025 00
Total	3,231 00

On produit 6,138 quintaux de lanières fraîches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Soit :

1° Par hectare	179f 5000
2° Par quintal de tiges fraîches écimées	0 1700
3° Par quintal de tiges sèches écimées	0 8500
4° Par quintal de lanières fraîches	0 5264
5° Par quintal de lanières sèches	2 6320

Ainsi, le kilogramme de lanières sèches reviendrait à 0 fr. 145 pour frais de culture et de décortication.

3e essai. — La même machine reçut 46 kilogrammes de tiges à un état intermédiaire ou plutôt vertes que sèches, mais bien loin d'être fraîches. Elles furent décortiquées en 11 minutes et rendirent 15 kilogrammes de lanières boiseuses. C'est, par heure, 250 kilogr. 909 de tiges et 60 kilogrammes de lanières; soit un rendement de 32.609 p. 100 des tiges, soit 326,090 kilogrammes pour les 18 hectares.

Les lanières très boiseuses furent repassées à la machine industrielle dite *à retour*, dont nous parlerons plus loin. Elles rendirent 70 p. 100 en lanières parfaitement déboisées. En supposant les tiges entières aux 3/5 sèches, les 18 hectares en donneront environ 10,000 quintaux, qui exigeraient 3,984 heures ou 331 jours au moins, ou huit machines pendant 41 jours.

D'après ces résultats, le prix de revient du décorticage peut s'établir comme suit :

Frais de matériel. — 11.5 p. 0/0 de 14,400 francs (prix des 8 décortiqueuses)	1,656f 00c
Moteurs. — Comme dans le 1er essai	2,776 00
Main-d'œuvre. — Comme dans le 1er essai	4,200 00
Total	8,632 00

Soit :

1° Par hectare	479f 5500
2° Par quintal de tiges fraîches entières	0 2725
2° *bis* Par quintal de tiges aux 3/5 sèches entières	0 8632
3° Par quintal de tiges sèches entières	1 3625
4° Par quintal de lanières supposées fraîches	1 0480
4° *bis* Par quintal de lanières aux 3/5 sèches boiseuses	2 6400
5° Par quintal de lanières absolument sèches	5 2410

Ainsi, le kilogramme de lanières aux 3/5 sèches reviendrait, frais de culture compris, à 0 fr. 155.

Il est bien entendu que les lanières données par cette décortiqueuse agricole renferment une assez forte proportion de bois qui doit incontestablement les faire quelque peu déprécier sur le marché. Mais, en les repassant à la machine industrielle à retour, dont nous allons parler, on obtiendrait des lanières absolument dépouillées de toute

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parcelle de bois et même des fausses fibres et de l'épiderme, qui ne pourraient plus gêner dans le dégommage.

4e essai. — La même machine reçut 30 kilogrammes de tiges sèches, en grande partie effeuillées, qui furent décortiquées en 6 minutes 45 secondes et rendirent 10 kilogrammes de lanières boiseuses. C'est, par heure, 85 kilogr. 714 de tiges et 28 kilogr. 571 de lanières avec un rendement de 33 1/3 p. 100. Dans une journée de douze heures de travail, une machine pourrait décortiquer ainsi 1,028 kilogr. 568. Comme les 18 hectares produiraient 633,480 kilogrammes de tiges sèches, il faudrait près de 616 journées à une seule machine. En employant deux machines, il suffirait de 308 journées de douze heures de travail. Au maximum, avec trois machines, 246 journées de dix heures suffiraient. D'après ces chiffres, le prix de revient pourrait être ainsi établi, pour 18 hectares :

Frais de matériel. — 11.5 p. o/o de 3,600 ou 5,400 fr. (prix de 2 ou 3 décortiqueuses).....	514f 00c	621f 00c
Moteur. — *Une locomobile* ou une machine à vapeur fixe de 4 à 6 chevaux, 11 p. o/o de 4,000 ou 6,000 francs.....	440 00	660 00
Combustible (pour mémoire).....	" "	" "
Chauffeur, à 5 francs par jour pour 308 jours ou 246 seulement.....	1,540 00	1,230 00
Main-d'œuvre. — 3 hommes (ensemble : 12 fr. 50) par machine ; pour 2 ou pour 3.....	7,700 00	9,225 00
Total.....	10,194 00	11,736 00

Soit :

1° Par hectare.....	566f 3300	ou	652f 0000
2° Par quintal de tiges entières fraîches.....	0 3218	ou	0 3705
2° *bis* Par quintal de tiges écimées fraîches.....	0 2262	ou	0 4446
3° Par quintal de tiges entières sèches.....	1 6092	ou	1 8526
3° *bis* Par quintal de tiges écimées sèches.....	1 9310	ou	2 2231
4° Par quintal de lanières supposées entières et fraîches.....	0 9654	ou	1 1115
4° *bis* Par quintal de lanières supposées écimées et fraîches.....	1 1586	ou	1 3338
5° Par quintal de lanières sèches entières.....	4 8276	ou	5 5578
5° *bis* Par quintal de lanières sèches écimées.....	5 7930	ou	6 6693

Ainsi, le kilogramme de lanières sèches, pour frais de culture et de décorticage, revient à 0 fr. 16 ou 0 fr. 17.

Si le cultivateur a un débouché assuré pour des lanières incomplètement déboisées, et cela ne paraît pas douteux, il peut se contenter du décorticage quelque peu incom-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plet de la machine agricole de M. de Landtsheer. Sinon, il peut passer les lanières dans la machine à retour du même inventeur. Si, d'une part, cette seconde opération augmente les frais de décortication, elle accroît très sensiblement la valeur commerciale des lanières, qui sont plus faciles à dégommer et rendent plus relativement dans cette opération.

La nouvelle décortiqueuse finisseuse de M. N. de Landtsheer, dans laquelle les tiges font un aller et un retour avant d'être enlevées, se compose de deux montants de fonte maintenus à distance par des entretoises en fer et formant un bâti très rigide, sans être trop lourd. Entre ces deux montants, sont placées les parties travaillantes. Elles se composent de deux trains distincts : le premier comprend un cylindre central entouré de trois autres qui sont à la fois alimentateurs et broyeurs. Lorsque l'on doit travailler des tiges sèches, les quatre cylindres sont tous cannelés, alternativement, sur un quart de leur contour et lisses sur le quart suivant. En outre, ils sont placés de façon que les deux quarts cannelés de chacun des trois cylindres soient en contact pendant la rotation avec les parties lisses du cylindre central, qu'ils entourent et dont ils reçoivent leur mouvement. Pour travailler les tiges vertes, on remplace le premier cylindre supérieur par un cylindre de même diamètre dont la superficie est un filet hélicoïdal continu de section triangulaire et d'un très petit pas.

Le cylindre antérieur et le central forment une paire de cylindres alimentaires; le second cylindre supérieur et le même cylindre central constituent une première paire de cylindres broyeurs; enfin le cylindre postérieur et le central, qui ont leurs axes dans le même plan horizontal, forment une seconde paire de broyeurs qui livrent verticalement les tiges broyées aux deux cylindres batteurs ou teilleurs à ailettes, placés de façon à saisir ces tiges ou les lanières, sans les dévier de la verticale et le plus près possible des broyeurs.

Chacun des batteurs est muni de palettes d'acier. La construction et la position relative de ces deux tambours sont telles que, pendant la rotation et au milieu de l'intervalle, chacune des ailettes de l'un est toujours entre deux ailettes de l'autre; ce qui produit une action de *plissement* légère, quoique assez efficace pour enlever les fragments de bois plus ou moins adhérents aux couches fibreuses textiles et même les fausses fibres. Les paliers de ces tambours teilleurs sont d'ailleurs disposés de façon qu'on puisse faire varier l'écartement des axes de rotation à volonté suivant les exigences de l'opération. On rapproche les tambours si le déboisage est difficile, ou réciproquement. Les tiges broyées sont alors plus ou moins profondément choquées et plissées.

Le mouvement est transmis par le moteur directement à une poulie solidaire de deux engrenages et *folle* sur l'arbre tourné du batteur antérieur. La plus grande des deux roues conduit un pignon deux fois plus petit, calé sur l'arbre du tambour d'arrière qui conduit l'autre par une paire de roues d'engrenages du même diamètre. Ces deux tambours tournent donc en sens contraire, et constamment pendant toute la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

durée du travail, de façon à appeler les lanières toujours de haut en bas. Les cylindres broyeurs, au contraire, peuvent à volonté, et alternativement, avaler les tiges et rendre les lanières sur le tablier d'alimentation, décortiquées au degré voulu; c'est-à-dire que le cylindre cannelé central et les trois autres qui l'entourent supérieurement peuvent, à volonté, tourner dans un sens ou dans l'autre. Il suffit pour cela que l'ouvrier desservant la machine appuie horizontalement de la cuisse droite sur un levier de désembrayage, alors les lanières reviennent sur le tablier d'alimentation ; dès que l'ouvrier cesse d'appuyer contre ce levier, il revient à sa position stable et la machine avale les nouvelles tiges qui lui sont présentées.

Ce mécanisme de renversement du sens de la rotation des cylindres broyeurs est très ingénieux. Il ne donne ni choc ni traction sur les pièces de la machine. Ainsi les tiges sont étalées sur la table alimentaire, elles sont attirées par le cylindre alimentaire, broyées entre les deux cylindres supérieurs et le central. Cela fait, par le renversement de la rotation, les lanières reviennent sur la même table. Il suffit donc d'un homme desservant la machine, d'un premier enfant lui apportant les tiges et d'un autre enlevant les lanières, pour les pendre à des cordes. Un seul homme peut à la rigueur remplacer ces enfants. La machine fait simultanément deux opérations distinctes; la première est un broyage de la tige ligneuse interne sans détérioration de l'enveloppe fibreuse ou écorce. C'est l'office des cylindres cannelés (le central et les deux derniers) et du cylindre alimentaire cannelé partiellement ou cannelé totalement suivant que l'on décortique en sec ou en vert. La seconde opération est le *déboisage* ou le teillage des lanières (tiges aplaties et broyées); et c'est le lot des deux tambours squelettes à ailettes planes, tournant avec une grande rapidité (400 tours).

Le retour des lanières, obtenu par le renversement du sens de la rotation des cylindres broyeurs, a surtout pour but d'achever le teillage ou l'enlèvement des portions de ligneux adhérant encore aux fibres. C'est alors que l'action des tambours est la plus énergique comme l'analyse des mouvements des diverses parties, qui n'a jamais été faite que nous sachions, le démontrera.

Voici d'abord l'ordre suivi dans le travail, si l'on veut faire pour le mieux :

Les tiges à décortiquer doivent être classées en trois lots par longueur : grandes, moyennes et courtes, que l'on travaille séparément. C'est une précaution qui n'est pas indispensable, mais elle assure un travail parfait et régulier. On évite aussi de passer simultanément dans la machine des tiges de longueur notablement différentes. On peut alors engrener de 15 à 25 tiges à la fois dans la machine dont la bouche a 0 m. 50 de largeur. On doit tout d'abord mettre en alignement les pieds ou gros bouts de ce faisceau de tiges qui devront être présentées ainsi toutes prêtes, par l'*aide*, à l'ouvrier desservant la machine. L'ouvrier saisit ces tiges de la main droite au tiers environ de leur longueur, à partir du pied, et, de la main gauche, il présente et pousse le sommet des tiges dans la machine, en ayant soin de ne pas les laisser chevaucher l'une sur l'autre, ni se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mettre en travers. Les tiges passent ainsi attirées par la machine, jusqu'à ce que leurs pieds soient prêts à disparaître sous le cylindre alimentaire. Alors l'ouvrier change le sens de la rotation des broyeurs, en appuyant horizontalement de la cuisse droite contre le levier de débrayage; les tiges, à l'état de lanières en partie décortiquées, reviennent et se trouvent soumises à un teillage définitif; l'aide les reçoit et les place sur une table, ou les suspend à des cordeaux. Dans cette manière de procéder, une petite partie des fibres reste dans les pieds des tiges non décortiquées; souvent on coupe cette portion de tiges et on ne garde que les meilleures fibres décortiquées et lavées.

S'il est désirable d'extraire des tiges la totalité des fibres qu'elles contiennent, au lieu de couper les pieds, on repasse les lanières les pieds en avant, dans la même machine. Dans ce cas, les tiges entrent dans la machine d'abord dans leur sommet, puis reviennent le pied en avant. L'ouvrier saisit alors ces lanières, les retourne bout par bout, et les fait repasser en les engrenant par le pied laissé intact; puis, par le changement du sens de la rotation, il les fait revenir entièrement décortiquées.

Lorsque l'on doit travailler ainsi de grandes quantités de tiges, il vaut mieux avoir des machines identiques placées côte à côte; chacune des machines fait une des deux opérations, et le mieux possible, puisqu'elles peuvent être réglées chacune pour leur travail spécial.

Les coussinets des tourillons de chacun des trois cylindres cannelés, extérieurs au cylindre central, sont dans des coulisses rayonnantes et sont poussés vers le centre par des ressorts à boudin, dont la tension peut être réglée par des vis de rappel, suivant l'état et la nature des tiges à décortiquer. On a conseillé de faire couler un peu d'eau sur les tiges vertes pendant leur passage dans la machine à décortiquer; mais si cette précaution est utile, elle n'est pas indispensable. La nappe d'eau, plutôt tiède que froide, passe entre les deux tambours teilleurs, en enlevant le jus des tiges et aidant à la décortication.

Les lanières décortiquées sont de nouveau trempées et lavées, et puis séchées, et sont alors prêtes pour être mises en paquets et envoyées au dégommage.

La poulie recevant la commande est flanquée d'une poulie folle; elle doit faire 200 tours par minute (3 1/3 par seconde); sur le même arbre, est calée une roue d'engrenage de 90 dents commandant un pignon de 33 dents fixé sur un arbre intermédiaire placé tout en haut du bâti et devant commander, comme nous allons l'indiquer, le train des quatre cylindres alimentateurs et broyeurs. Cet arbre fait par seconde 9 tours 091. Il porte à son extrémité un pignon qui conduit un pignon égal tournant entre les faces d'un levier d'embrayage ayant pour axe de rotation celui de l'arbre. Que l'on abaisse ou que l'on élève ce levier, le pignon conducteur conduit toujours l'autre pignon. Sur l'arbre prolongé de ce dernier, en porte-à-faux, est calé un galet en fonte qui doit entraîner par friction un plateau ayant deux jantes tournées: l'une est intérieure et a 0m. 421 4 de diamètre, l'autre est extérieure et n'a que 0m. 2191

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de diamètre. Lorsque le galet faisant avec l'arbre 9 tours 091 par seconde est pressé par le contrepoids du levier contre la jante intérieure ou concave de 0 m. 421 de diamètre, il l'entraîne par adhérence et lui fait faire 1 tour 8 par seconde environ. Si, au contraire, on maintient le levier abaissé, en soulevant le contrepoids, le galet presse contre la jante extérieure ou convexe de 0 m. 219 de diamètre seulement et l'entraîne en faisant ainsi faire au plateau 3 tours 445 par seconde.

Lorsque le levier d'embrayage est abandonné à lui-même, un contrepoids soulève son petit bras de façon que le galet presse de bas en haut contre la grande jante concave avec une intensité de 22 kilogrammes environ, pour une largeur de 0 m. 021. Alors le cylindre broyeur central avec l'alimentateur et les deux broyeurs qui l'entourent *appellent* les tiges dans la machine : celles-ci sont broyées entre les deux cylindres batteurs ou teilleurs qui courent dans le même sens que la lanière qu'ils battent ou secouent.

Dans ce cas, le broyeur central et celui d'arrière qui est au même niveau font chacun 1 tour 8 par seconde, en faisant avancer, dans le même laps de temps, une longueur de lanière de 0 m. 498. Pendant ce temps, les batteurs teilleurs font un peu plus de 7 tours (7,083) et l'extrémité de leurs ailettes développent 7 fois 0 m. 660 ou 4 m. 6728. L'arête des batteurs marche donc plus de 9 fois plus vite que la lanière broyée, mais dans le même sens. Pendant que les batteurs font chacun un tour ou donnent chacun 16 coups de battes sur la lanière, celle-ci n'avance que de 0 m. 071 environ et reçoit ainsi un coup d'*arête batteuse* tous les 0 m. 00215. Comme les battes des cylindre s'entre-pénètrent, on ne comprend pas qu'il puisse rester le moindre fragment de bois après la lanière. Cependant, il en reste un peu, et, pour enlever les derniers fragments, on fait retourner la lanière dès que le pied des tiges va passer sous le cylindre alimentateur. Pour cela l'ouvrier desservant la machine appuie de sa cuisse droite horizontalement contre un levier qui soulève le contrepoids et appuie sur la grande branche du levier portant le galet de friction; celui-ci, toujours conduit par le pignon du premier arbre, presse alors énergiquement, de haut en bas, contre la jante extérieure ou convexe du plateau. Celui-ci est alors entraîné en sens contraire ainsi que le cylindre broyeur central qui fait revenir la lanière dans la machine. Ce cylindre central et celui d'arrière font alors, avec le plateau, 3 tours 445 par seconde; la lanière revient donc dans le train broyeur avec une vitesse de 0 m. 954, presque le double de la vitesse qu'ont les tiges dans le premier passage. Pendant que chaque batteur fait un tour, ou que les arêtes parcourent 0 m. 660, de haut en bas, la lanière s'élève seulement dans son retour de 0 m. 13634 et reçoit sur cette longueur 32 coups de battes ou un choc d'arêtes battantes tous les 0 m. 00426. Si le nombre des chocs est presque deux fois moindre sur la lanière remontante que sur la lanière descendante, ces chocs sont plus énergiques chacun, par cela même que les battes frappent ici en sens contraire du mouvement de la lanière. Quand les tiges avancent, la traction qu'elles reçoivent des battes est, en effet, en raison de la vitesse relative,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est-à-dire en raison de la différence des vitesses absolues qui sont de même sens, 4 m. 6728 et 0 m. 498, ou de 4 m. 1748 ; tandis qu'au retour des lanières, la traction, que les arêtes battantes exercent, est en raison de la somme des vitesses qui sont alors de sens contraire (4 m. 6728 et 0 m. 954 ou de 5 m. 6268. C'est donc à la fin du retour des lanières qu'elles peuvent être *mouchées* par les coups de battes énergiques qu'elles reçoivent. Ces *mouchures* peuvent être en tout ou partie simplement des fausses fibres internes. Elles ne constitueraient pas alors une perte notable de fibres textiles.

Il n'y aurait donc rien d'extraordinaire à ce que les fibres, qui, par l'intermédiaire du bois adhérent, subissent une traction proportionnelle à la vitesse relative des palettes et des lanières, soient en partie rompues pendant le dernier moment du retour des lanières, si l'ouvrier conduisant la machine les saisit et les attire au lieu de les attendre. Celles-ci, comme nous l'avons observé, seraient alors *mouchées ;* un petit paquet de fibres tomberait avec les derniers fragments de bois. C'est un déchet assez faible, il est vrai, mais qui pourrait être évité par un ouvrier attentif.

Dans un essai spécial, on a donné à cette machine 24 kilogr. 4 de tiges fraîches entières et feuillues : elle les a décortiquées en 10 minutes en produisant 6 kilogr. 50 de très belles lanières. C'est, par heure, 146 kilogr. 4 de tiges fraîches et 39 kilogrammes de lanières, avec un rendement de 26.64 p. 100.

Par journée de douze heures de travail, cette machine passerait donc 1,756 kilogr. 8 de tiges entières, fraîches. Pour les 18 hectares produisant 31,674 quintaux de tiges, une seule machine devrait employer 1,803 journées. Comme les quatre campagnes ne peuvent disposer que de 10 à 12 jours chacune pour les quatre coupes, il faudrait employer 45 machines.

Le prix de revient du décorticage des 18 hectares pourrait donc s'établir comme suit :

PERTE DE FIBRES (pour mémoire).	
FRAIS DE MATÉRIEL. — 11.5 p. 0/0 de 54,000 francs, (prix de 45 décortiqueuses)	6,210f
MOTEURS. — *Locomobiles*, 9 de 4 chevaux chacune : 11 p. 0/0 de 40,000 francs (prix de ces machines, y compris les arbres de couche)	4,400
Combustible (pour mémoire)	»
Chauffeurs, 9 à 5 francs par jour pour 40 jours	1,800
MAIN-D'OEUVRE. — 2 hommes par machine à 5 et 4 francs, soit pour 45 hommes en 40 jours	16,200
TOTAL	28,610f

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Soit :

1° Par hectare	1,589f 4400
2° Par quintal de tiges entières fraîches	0 0933
2° *bis*. Par quintal de tiges écimées fraîches	1 5054
3° Par quintal de tiges entières sèches	4 5165
3° *bis*. Par quintal de tiges écimées sèches	7 5270
4° Par quintal de lanières entières fraîches (8,438 quintaux pour 18 hectares)	3 3906
5° Par quintal de lanières entières sèches (le 1/5)	16 9530

Le kilogramme de lanières sèches très complètement décortiquées reviendrait donc à 0 fr. 256 pour frais de culture et de décorticage. Comme le prix de vente ne peut être actuellement plus bas que 0 fr. 35, le bénéfice serait suffisant.

Cette machine a été essayée aussi devant le jury pour achever le déboisage des lanières provenant de la décortication, par la machine agricole, des 46 kilogrammes de tiges aux 3/5 sèches. Il a fallu 6 minutes 45 secondes avec deux hommes. C'est par heure 133 kilogr. 1/3 de lanières boiseuses donnant 93 kilogr. 1/3 de lanières absolument nettes, ou un rendement de 70 p. 100.

Les 18 hectares donnent 10,000 quintaux environ de tiges aux 3/5 sèches, ou 326,090 kilogrammes de lanières boiseuses. Une machine à repasser ces lanières travaillant 133 kilogr. 1/3 par heure, il faudrait 2,446 heures au plus de cette machine pour repasser toutes les lanières. Ce second travail de décortication pouvant se faire en même temps que le décorticage agricole et se poursuivre toute l'année, on peut compter sur 250 jours au moins de travail, ou 2,500 heures. Ainsi une seule machine à repasser les lanières peut, à la rigueur, suffire à parachever le déboisage des lanières de 18 hectares.

Le prix de revient de ce repassage de lanières peut alors s'établir ainsi :

Perte de fibres (pour mémoire)	"
Frais de matériel. — 11.5 p. 0/0 de 1,200 francs, prix d'une décortiqueuse finisseuse	138f
Moteur. — Frais (pour mémoire)	"
Combustible (pour mémoire)	"
Chauffeur, un à 5 francs par jour pendant 250 jours	1,250
Main-d'œuvre — 2 hommes à 5 et 4 francs pendant 250 jours	2,250
Total	3,638f

Soit :

1° Par hectare	202f 1100
2° Par quintal de tiges aux 3/5 sèches (10,000 quintaux)	0 3638
3° Par quintal de lanières boiseuses (326,090 kilogrammes)	1 1160
4° Par quintal de lanières finies (228,263 kilogrammes)	1 5940

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La première opération sur les tiges aux 3/5 sèches donne pour prix de revient du kilogramme de lanières boiseuses (décorticage et culture) 0 fr. 16 à 0 fr. 17. Comme dans le repassage des lanières 30 p. 100 (bois, fausses fibres, etc.) vont au déchet, en réalité, pour le kilogramme de lanières finies, c'est de 0 fr. 230 à 0 fr. 240 comme prix de revient pour frais de culture et des deux décorticages successifs.

Si l'on croyait bon de faire le repassage de lanières fraîches, données par la décortiqueuse agricole Landtsheer, dans les intervalles du premier travail qui se fait en quatre séances de 10 à 12 jours chacune, on pourrait disposer de 166 journées de douze heures environ.

En lanières fraîches, la décortiqueuse industrielle ou finisseuse peut très probablement passer 200 kilogrammes à l'heure, ou 2,400 kilogrammes par journée de douze heures.

Or, dans le premier essai sur la machine agricole, on a passé par heure 780 kilogrammes de tiges fraîches entières et feuillues qui ont donné 203 kilogr. 10 de lanières, ou 26 p. 100. Les 18 hectares produisant 31,674 quintaux de tiges entières, c'est en lanières fraîches à repasser 823,524 kilogrammes exigeant 343 jours d'une seule machine. Comme on dispose de 166 jours environ, deux *machines finisseuses* suffiront. Si l'on ne peut travailler que dix heures, il faudrait 3 finisseuses pour repasser les lanières boiseuses des 18 hectares de plantation.

Une des locomobiles à vapeur suffirait. Le prix de revient du repassage pourrait s'établir ainsi :

Frais de matériel. — 11.5 p. 0/0, de 2,400 à 3,600 francs, (prix de 2 ou 3 décortiqueuses finisseuses).....	276f ou	414f 00c
Frais de moteur. — *Locomobile* (pour mémoire).....	//	//
Combustible (pour mémoire).....	//	//
Chauffeur, un à 5 francs par jour pour 137 ou 172 jours.	860 ou	685 00
Main-d'oeuvre. — 3 hommes par machine à 5 fr. 40 et 3 fr. 50, ou ensemble 12,50 pour 172 ou 137 jours à 2 ou 3 machines.....	4,300 ou	5,137 50
Total.....	5,436	6,236 50

Soit :

Par hectare.....	302 ou	346f 47c

Pour les 8,235 quintaux de lanières boiseuses se réduisant à 576,450 kilogrammes après leur passage à la finisseuse. C'est alors par quintal de lanière fraîche finie, ou ayant subi deux décorticages successifs :

1° Pour le décorticage grossier.....	1,048 : 0,7.....	1f 500 ou	1f 500
2° Pour le décorticage finisseur.....	$\frac{302 \times 18}{5764,5}$ ou $\frac{346,47 \times 18}{5764,5}$	0 943 ou	1 082
Ensemble.....		2f 443 ou	2f 582

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si ces lanières en séchant se réduisent au 1/5 de leur poids, le prix de revient, tout compris, serait donc de 12 fr. 215 ou 12 fr. 910 le quintal. Le kilogramme de lanières sèches ainsi parfaitement finies revient donc à 0 fr. 122 ou 0 fr. 129. En y ajoutant les frais de culture, 0 fr. 086, ce serait 0 fr. 028 ou 0 fr. 215.

Il reste, comme on voit, une large marge pour le bénéfice, car des lanières de ce genre ne produisent pas beaucoup au dégommage et se payeraient en conséquence.

Dans le deuxième essai avec tiges fraîches écimées et effeuillées, on a obtenu par heure 306 kilogrammes de lanières boiseuses, ou un rendement de 32. 3 p. 100. On aurait donc, pour les 18 hectares, 6,138 quintaux de lanières à repasser. En admettant la même quantité par heure que précédemment ou 200 kilogrammes, il faudrait à une seule machine finisseuse 3,069 heures de travail, soit 2 machines travaillant dix heures par jour pendant un peu plus de 153 jours.

Le prix de revient pourrait donc s'établir ainsi :

Frais de matériel (comme dans le 1er essai).....	276f
Moteur. — *Locomobile* (comme dans le premier essai).	
Combustible (comme dans le premier essai).	
Chauffeur, 5 francs par jour pendant 153 jours.....	765
Main-d'oeuvre. — 25 francs par jour pour 153 jours.....	3,825
Total.....	4,866f

Soit, par hectare, 270 fr. 33.

Or, on obtenait dans le deuxième essai 613,829 kilogrammes de lanières boiseuses qui, repassées, se réduisent à 427,680 kilogrammes.

C'est par quintal de lanières fraîches boiseuses.....	0f 7927
Ajoutons le prix du premier décorticage.....	0 1700
Puis les frais de culture.....	0 0238
Total.....	0f 9865

Les lanières fines ne formant que les 0.7 de celles-ci, leur prix de revient est.....	1 4093
Séchées, elles peuvent se réduire au 1/5 : leur prix est alors.....	7 0465
Soit par kilogramme de lanières sortant des deux machines et sèches....	0 07.

C'est un prix très bas auquel il faudrait ajouter, il est vrai, le prix de l'écimage et de l'effeuillage ainsi que le prix de la culture, soit environ en totalité 0 fr. 16 par kilogramme.

Dans le quatrième essai, avec tiges sèches en partie effeuillées, on a obtenu par heure 85 kilogr. 714 tiges et 28 kilogr. 571 de lanières sèches. Si nous admettons que leur volume à l'état sec n'est pas de beaucoup au-dessous de celui qu'elles ont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'état demi-sec ou même frais, on pourrait faire passer en poids le moitié de 133 kilogr. 1/3 ou 66 kilogr. 2/3.

Les 18 hectares fournissent environ 5,200 quintaux de tiges sèches, et les lanières sèches formant dans ce quatrième essai le 1/3 du poids des tiges, c'est 173,333 kilogrammes de lanières sèches à repasser. A raison de 66 kilogr. 1/3 par heure, il faudrait 260 jours de dix heures, soit encore deux machines finisseuses travaillant pendant 130 jours.

Le prix de revient serait donc établi comme suit :

Frais de matériel (comme au deuxième essai.)	276f
Moteur. — *Locomobile* (pour mémoire).	
Combustible (pour mémoire).	
Chauffeur, à 5 francs par jour pendant 130 jours	650
Main-d'oeuvre, 25 francs par jour pendant 130 jours	3,250
Total	4,176f
Comme on passe 1,733 quintaux 1/3 de lanières boiseuses, c'est par quintal de ces lanières	2f 409
Et par quintal de lanières finies (les 0.7 des précédentes)	3 441
Il faut ajouter pour le premier décorticage et la culture, en moyenne	16 500
Soit 0 fr. 19941 par kilogramme de lanières sèches finies, ou	0 200

En tenant compte de toutes ces considérations et des résultats obtenus lors des essais, le jury a décidé l'attribution des récompenses suivantes :

PREMIERS PRIX.

MM. Favier, décortiqueuses de ramie (France);
Landtsheer (de), décortiqueuses de ramie (France).

DEUXIÈME PRIX.

Crozat de Fleury, procédé de décortication (France).

IMPRIMERIE NATIONALE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DE FAUCHEUSES, MOISSONNEUSES ET MOISSONNEUSES-LIEUSES

RAPPORT

PAR

M. MAXIMILIEN RINGELMANN

PROFESSEUR À L'ÉCOLE DE GRIGNON

DIRECTEUR DE LA STATION D'ESSAIS DE MACHINES AGRICOLES

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DE FAUCHEUSES, MOISSONNEUSES ET MOISSONNEUSES-LIEUSES.

Le cinquième concours international de machines agricoles, comprenant les faucheuses, les moissonneuses ordinaires et les moisonneuses-lieuses, s'est tenu les 19, 20, 21 et 22 juillet 1889, sur le domaine de Noisiel, que MM. Ménier avaient déjà mis à la disposition de la Commission pour les essais de semoirs et de distributeurs d'engrais.

43 machines ont pris part aux essais :

22 faucheuses.
9 moissonneuses ..... } dont 7 machines simples et 2 machines combinées.
12 moissonneuses-lieuses.
43

FAUCHEUSES.

Sur 27 faucheuses déclarées, les 22 machines suivantes ont pris part aux essais :

N°s d'ordre.	DÉSIGNATION de la machine.	NOM de l'inventeur ou du constructeur.	ORIGINE.	POIDS de la machine.	LONGUEUR de la scie.	PRIX.
				kilogr.	mètres.	francs.
1	Excelsior n° 3.....	Rigault (Victor).....	France.....	325	1,27	430
2	Express n° 7.....	*Idem*.....	*Idem*.....	330	1,27	400
3	Invincible.....	Johnston Harvester C°...	États-Unis.....	280	1,25	450
4	Mac Cormick.....	Mac Cormick.....	*Idem*.....	295	1,25	475
5	Mac Cormick n° 3	*Idem*.....	*Idem*.....	265	1,15	450
6	Massey.....	Massey.....	Canada.....	295	1,28	425
7	Incomparable n° 3	Fr.-N. Hurtu.....	France.....	350	1,20	400
8	Nouvelle triomphante...	Hornsby-Pécard.....	*Idem*.....	325	1,30	400
9	Wood.....	W. A. Wood.....	États-Unis.....	328	1,30	425
10	Intrépide.....	Trischler fils aîné.....	France.....	300	1,28	400
11	Albion n° 4.....	Harrisson Mac Grégor C°.	Angleterre.....	330	1,30	500
12	Albion n° 5.....	*Idem*.....	*Idem*.....	330	1,30	500
13	Harris.....	Harris sons and C°.....	États-Unis.....	280	1,27	400
14	F, n° 5.....	Bradley.....	*Idem*.....	290	1,25	350
15	F, n° 4.....	Bamlett.....	Angleterre.....	//	//	//
16	F, n° 5.....	*Idem*.....	*Idem*.....	375	//	425
17	La Nouvelle.....	Samuelson.....	*Idem*.....	358	1,28	425
18	Dexter.....	*Idem*.....	*Idem*.....	360	1,25	425
19	F, n° 1.....	Japy frères et C^{ie}.....	France.....	310	1,20	350
20	F, n° 2.....	*Idem*.....	*Idem*.....	340	1,20	425
21	Paradoxale.....	*Idem*.....	*Idem*.....	305	0,95	375
22	Persévérante.....	Albaret.....	*Idem*.....	350	1,30	425

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avant d'examiner ces différentes faucheuses, on peut remarquer que, si les longueurs de coupe varient peu (sauf pour le n° 21), il n'en est pas de même des poids, ainsi que le montre le tableau suivant dans lequel les machines sont classées par origine :

MACHINES FRANÇAISES.		MACHINES ANGLAISES.		MACHINES AMÉRICAINES ET CANADIENNES.	
Numéros.	Poids.	Numéros.	Poids.	Numéros.	Poids.
	kilogr.		kilogr.		kilogr.
1	325	11	330	3	280
2	330	12	330	4	295
7	350	16	375	5	265
8	325	17	358	6	295
10	300	18	360	9	328
19	310	//	//	13	280
20	340	//	//	14	290
22	350	//	//	//	//
Moyenne..	333, 5	Moyenne..	350, 6	Moyenne..	290, 4

Il ressort de ce qui précède que les machines américaines et canadiennes sont les plus légères (290 kilogr. 4)[1], puis viennent ensuite les machines de construction française (333 kilogr. 5), et enfin celles de construction anglaise (350 kilogr. 6).

Le poids de la machine a une grande importance : il influe sur la partie de la traction nécessaire pour vaincre la résistance au roulement de la faucheuse, partie qui atteint en moyenne 30 p. 100 de l'effort total.

C'est précisément là la grande supériorité des machines de construction américaine. En France, nos constructeurs ont fait de sérieux progrès depuis 1878, car leurs faucheuses accusent actuellement un poids inférieur à celui des machines anglaises, alors qu'il en était le contraire il y a dix ans. Comme nous le verrons plus loin, les faucheuses anglaises, qui ont le défaut d'être lourdes, ont par contre la qualité d'être bien ajustées.

Les machines concurrentes (à l'exception du n° 21) étaient à 2 chevaux, la pratique

[1] En 1878, les machines américaines pesaient 325 à 350 kilogrammes. A cette époque, les prix des faucheuses étaient de 550 à 657 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

abandonnant de plus en plus, et avec juste raison, les machines à un cheval qui ont l'inconvénient d'exiger du moteur un travail mécanique trop exagéré.

A l'exception des machines nos 6 et 21, les faucheuses concurrentes dérivent toutes des anciens modèles de Wood ou de Sprague, dans lesquels la transmission du mouvement des roues porteuses et motrices à la scie se fait par l'intermédiaire d'un certain nombre de roues dentées (dont deux d'entre elles sont cônes), destinées à augmenter la vitesse, et par une manivelle et une bielle chargées de transformer le mouvement circulaire continu en un mouvement rectiligne alternatif.

Dans l'ancien type de Wood, les engrenages sont extérieurs; les premiers engrenages sont de grand diamètre et généralement venus de fonte avec les roues porteuses.

On reprochait précisément à ce type de machines ces grandes roues dont la denture s'embarrassait facilement d'herbes en exigeant de la part de l'attelage une traction supplémentaire et inutile, souvent très élevée. C'est pour cela que certains constructeurs adoptèrent les engrenages à lanternes qui se débourrent plus facilement.

Parmi les machines de ce type, il faut citer les faucheuses n° 5 (Mac Cormick), n° 15 (Bamlett), n° 18 (Samuelson), qui diffèrent légèrement de l'ancien système, en ce sens qu'il n'y a qu'un engrenage solidaire avec la roue porteuse de gauche (côté opposé à la scie). Dans ces machines, la roue de gauche, par sa commande, tend à équilibrer, par rapport à la flèche, la résistance de la scie.

Dans l'ancien type de Sprague, les deux roues motrices sont reliées avec l'essieu et ne sont solidaires avec ce dernier que pendant le mouvement en avant. Sur l'essieu, et généralement au centre de la machine, est fixée la première roue dentée; l'ensemble des engrenages (deux trains cylindriques et un train cône, tous de petits diamètres) est enfermé dans une enveloppe en fonte dont la partie inférieure joue le rôle de bâti aux paliers des arbres; la partie supérieure, montée à charnières, forme couvercle et permet de visiter facilement les engrenages et de lubrifier les axes.

Ce système avait été très critiqué lors de l'apparition des premiers modèles, et notamment de la faucheuse Sprague; le rapport entre les rayons de la roue porteuse et de la première roue dentée étant assez grand, il s'en suivait que l'effort de l'attelage reporté sur la dent de la première roue était plus élevé que dans l'ancien type Wood, ce qui avait pour inconvénient de faire casser les dents du premier engrenage, d'autant plus facilement que la denture était forcément fine par suite du petit diamètre de la roue. On est revenu aujourd'hui à ce système d'une façon presque générale, car on a reconnu les sérieux avantages qu'il présente : engrenages ramassés et couverts à l'abri de la poussière et des herbes, bâti bien moins compliqué et par suite machine plus légère et plus gracieuse. Mais il faut dire aussi que la propagation du type de faucheuses à engrenages couverts n'a pu avoir lieu qu'à la suite des perfectionnements apportés à la fabrication même des pièces, soit dans la forme de ces dernières, soit par l'emploi de fonte de meilleure qualité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Toutes les machines concurrentes, sauf les nos 4, 15 et 18 précités et les nos 6 et 21 sont des faucheuses à engrenages couverts.

A l'Exposition universelle de Paris, en 1878, on remarquait la faucheuse « New-Champion » [1] dans laquelle la transmission du mouvement n'avait lieu que par deux roues cônes : l'une, à denture extérieure solidaire avec l'essieu; l'autre, à denture intérieure ayant quelques dents de plus que la précédente et montée sur un double joint à la Cardan; sous l'influence du mouvement de rotation de la première roue, la seconde échappait de la roue fixe en oscillant autour des axes de ses joints et communiquait à une sorte de bâti triangulaire indéformable un mouvement de vibration régularisé par un petit volant qui aidait le passage des points morts; ce mouvement vibratoire était ensuite transmis à la scie par une bielle ordinaire.

C'est sur le même principe de la New-Champion de 1878 qu'est établie la faucheuse n° 6 (Massey).

Depuis longtemps, on a fait de nombreuses tentatives, qu'on peut qualifier d'infructueuses, pour remplacer les engrenages de la transmission par des cames cylindriques ou circulaires. C'est cette disposition qu'employait, en 1827, Patrick Bell dans sa moissonneuse; plus récemment, vers 1885, il y avait la faucheuse Vallée. La machine n° 21, dite *paradoxale,* est basée sur ce principe : une came cylindrique commande deux galets solidaires dont le déplacement latéral (et parallèle à l'axe des roues porteuses) actionne la scie par l'intermédiaire d'une bielle; deux ressorts latéraux amortissent les chocs que subissent les galets lors des changements de direction de courbure de la came.

Le tambour portant la came est entraîné au moyen d'un train d'engrenages dont le rapport est 87/12 = 7.25; pour un tour de roue porteuse, correspondant à un chemin parcouru par la machine de 2 m. 356, la came donne à la scie 29 coups doubles; la course de la scie est de 0 m. 070, et sa vitesse linéaire de 1 m. 725 par seconde.

Dans presque toutes les faucheuses simples la scie est placée en avant des roues porteuses, disposition qui permet au conducteur de surveiller facilement le fonctionnement de l'organe coupeur; pour les faucheuses combinées (Rigault, Excelsior n° 3, genre Johnston), la scie est en arrière, tend à augmenter l'adhérence des roues sur le sol, mais rend la surveillance plus difficile.

Il serait trop long de signaler les détails de construction particuliers à chaque machine; nous nous bornerons à mentionner les suivants qui sont les plus saillants :

Dans les faucheuses n° 12 (Albion n° 5), 15 et 16 (Bamlett nos 4 et 5), la tête de la bielle est garnie d'un coussinet formant réservoir d'huile, analogue aux boîtes à graisse des voitures du système dit *patent,* et peut, dit-on, contenir l'huile nécessaire à une demi-journée de travail; ce dispositif est très ingénieux et très recomman-

[1] De Warder Mitchell (États-Unis).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dable, car, dans les coussinets ordinaires, l'huile, sous l'influence de la force centrifuge, s'échappe facilement de cette articulation qu'il est important de bien lubrifier.

Les machines n° 4 (Mac Cormick) et n° 9 (Wood) sont munies d'un appareil permettant d'obliquer la scie dans le plan vertical sans changer la hauteur du sabot du porte-lame; cette disposition facilite le travail du conducteur qui, devant un obstacle (pierre, borne, etc.), n'a plus besoin de relever en grand le porte-lame, mais seulement d'incliner la scie, la pointe des dents en l'air, tout en laissant la roulette du sabot en contact avec le sol; la scie passe seule au-dessus de l'obstacle. Il s'en suit que la manœuvre du conducteur étant moins pénible, ce dernier l'effectue plus facilement et plus fréquemment, en diminuant proportionnellement les chances de détérioration des dents de la scie.

Dans la faucheuse n° 22 (Persévérante), l'inclinaison de la barre de coupe, dans le sens transversal, au lieu d'être donnée par un levier, est obtenue à l'aide d'une vis horizontale mue par un petit volant à manivelle.

Beaucoup de faucheuses ont leur bielle montée à rotule afin de permettre la transmission, quelle que soit l'inclinaison de la scie par rapport à l'axe de la machine.

Les extrémités de la barre coupeuse sont munies de sabots séparateurs, dont la hauteur au-dessus du sol est réglée par une roue de 0 m. 25 à 0 m. 30 de diamètre du côté de la flèche et une roulette de 0 m. 10 à 0 m. 15 du côté opposé. Les sabots séparateurs de la faucheuse n° 3 (Invincible-Johnston) sont dépourvus d'appareils de roulement et glissent directement sur le sol; dans cette même machine, la tête de la barre coupeuse est soutenue par un tube d'acier, formant un support en équerre, articulé à l'essieu et au coussinet du plateau-manivelle.

Les doigts (constituant la partie fixe de l'organe coupeur), qui étaient autrefois en fonte ordinaire ou en fonte malléable, sont aujourd'hui dans presque toutes les bonnes machines en fer aciéré, ou complètement en acier.

Les faucheuses ont toutes fonctionné d'une manière satisfaisante, en général, dans les prairies de Noisiel et ont montré que la culture est à même de se procurer de bonnes machines capables d'effectuer la coupe des fourrages dans d'excellentes conditions. Néanmoins, il y a lieu d'exposer les quelques considérations suivantes :

Les modèles les plus répandus sont à engrenages couverts et à petites roues dentées; ces modèles sont recommandables à plus d'un titre.

Les machines américaines sont plus légères que les machines françaises et anglaises; certaines d'entre elles ont des pièces dont les dimensions semblent atteindre la limite inférieure relativement aux efforts qu'elles ont à transmettre; aussi, a-t-on le droit de se demander pourquoi les meilleurs constructeurs anglais (qui ont pris part aux essais de Noisiel) n'ont pas suivi, dans cette voie, leurs confrères américains. La raison est celle-ci : les Américains nous envoient des machines qui sont de vente courante chez eux, et comme en Amérique les récoltes sont moins abondantes et moins fournies qu'en France et en Angleterre, leur coupe peut être effectuée par des machines plus légères

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et moins résistantes; c'est pour cette raison que certaines faucheuses américaines ont des barres coupeuses qui dépassent 1 m. 50 et qui, certes, exigeraient en France, dans nos belles prairies artificielles, un attelage de trois chevaux.

Les constructeurs anglais rivalisent avec leurs confrères américains au point de vue de la traction des machines, malgré leur infériorité au point de vue du poids total de leurs faucheuses; cela tient au mode de construction qui est tout différent dans les deux cas.

Les machines américaines (faucheuses et autres) sont en quelque sorte brutes de fonte; elles ne sont pas ajustées dans le sens propre du terme; aussi, d'une façon générale, les machines de construction américaine ont toujours l'aspect de machines ébauchées qui ne sont finies que dans les parties les plus indispensables sans lesquelles les organes ne pouraient fonctionner. Les machines anglaises pèchent par l'excès contraire, et comme matériel agricole sont, on peut le dire, peut-être trop ajustées; la perfection dans l'ajustage a l'avantage de diminuer la traction, mais aussi l'inconvénient se ressent lorsqu'il s'agit de remplacer une pièce cassée; la pièce de rechange ne s'adapte souvent à la machine qu'à la suite d'un ajustage nouveau, souvent impossible à faire effectuer par un ouvrier de la ferme.

En Amérique, on ne répare pas souvent les machines; les exploitations étant généralement très éloignées des voies de communication, le transport des pièces de rechange exigerait beaucoup trop de temps; les agriculteurs demandent aux constructeurs des machines dont les pièces s'usent en quelque sorte uniformément. Au bout de quelques campagnes, la machine est mise au rebut et on fait l'acquisition d'une nouvelle avec d'autant plus de facilité que les prix, en Amérique, sont peu élevés.

En Angleterre, les machines sont souvent, avant la récolte, envoyées chez le constructeur qui les remet en état. En France, les agriculteurs demandent très volontiers des pièces de rechange dont le transport rapide est facilité par le réseau très étendu des voies de communication dont est doté notre pays.

D'après le règlement du concours, il n'y a pas eu de classement ; les récompenses suivantes ont été décernées [1] :

Médailles d'or....
- N° 9. Faucheuse W.-A. Wood (États-Unis).
- N° 11. Albion, n° 4. Harrisson Mac Grégor (Angleterre).

Médailles d'argent.
- N° 7. Incomparable, n° 3. Fr.-N. Hurtu, à Nangis (Seine-et-Marne).
- N° 1. Express n° 3. Victor Rigault, Paris.
- N° 19. Faucheuse n° 1. Japy frères et C^ie^, à Beaucourt (France).
- N° 17. «Nouvelle». Samuelson and C° (Angleterre).

[1] Étaient hors concours les différentes machines présentées par M. Albaret, membre du jury.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MOISSONNEUSES SIMPLES ET COMBINÉES.

Sur treize moissonneuses inscrites, les neuf machines suivantes ont pris part aux expériences publiques :

N°s D'ORDRE.	DÉSIGNATION DE LA MACHINE.	NOM DE L'INVENTEUR ou DU CONSTRUCTEUR.	ORIGINE.	POIDS de la MACHINE.	LONGUEUR de COUPE.	PRIX.
	A. — Moissonneuses simples.					
1	Wood.....	Wood.....	Etats-Unis.....	360k	1m50	725f
2	Express n° 8.....	Rigault (Victor).....	France.....	460	1 35	750
3	Harvester.....	Johnston H. and C°....	États-Unis.....	485	1 55	900
4	Moissonneuse n° 4.....	C. Bradley	*Idem*.....	375	1 45	550
5	Harvester.....	Fr.-N. Hurtu.....	France.....	500	1 45	800
6	Albion n° 4.....	Harrisson Mac Grégor C°.	Angleterre.....	530	1 50	1 000
7	Moissonneuse.....	Albaret.....	France.....	600	1 52	825
	B. — Moissonneuses combinées.					
8	Excelsior n° 3.....	Rigault (Victor).....	France.....	480	1 27	850
9	Merveilleuse.....	Johnston H. and C°.....	États-Unis	550	1 60	1 000
	Idem.....	(En faucheuse).....	*Idem*.....	340	1 30	//

Nous avons à faire ici la même observation, au point de vue du poids :

MACHINES FRANÇAISES.		MACHINES ANGLAISES.		MACHINES AMÉRICAINES.	
Numéros.	Poids.	Numéros.	Poids.	Numéros.	Poids.
	kilogr.		kilogr.		kilogr.
2	460	6	530	1	360
5	500	//	//	3	485
7	600	//	//	4	375
Moyenne.	520	Moyenne.	530	Moyenne.	406

Pour des longueurs de coupe analogues :

Machines... { françaises..... 1m44 ; anglaises..... 1.50 ; américaines..... 1.50

la différence de poids des machines est bien plus accusée que pour les faucheuses ; les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machines françaises et anglaises pèsent de 114 à 124 kilogrammes de plus que les machines d'origine américaine [1].

Les principales améliorations apportées aux moissonneuses depuis la dernière Exposition universelle résident surtout dans la diminution du poids, la possibilité de faire varier, en marche, le nombre des râteaux rabatteurs par râteau javeleur, et l'emploi d'engrenages couverts; il existait déjà quelques types de ce genre en 1878, mais leur emploi n'était pas aussi généralisé qu'aujourd'hui.

Les mécanismes destinés à modifier, en pleine marche, le nombre des râteaux rabatteurs a été en quelque sorte imposé aux constructeurs par les agriculteurs. Nous pensons qu'on attribue à tort un grand avantage aux machines pourvues de ces mécanismes, car, en pratique, on peut très bien fixer d'avance, pour chaque champ dans lequel la récolte ne varie généralement pas trop d'intensité, le rapport convenable entre les rabatteurs et le javeleur, c'est-à-dire le chemin parcouru et la surface moissonnée nécessaire pour obtenir une javelle d'un poids déterminé et fixé d'avance. Du reste, ne semble-t-il pas que le conducteur de la moissonneuse a déjà pas mal à faire et à bien faire pour diriger l'attelage, modifier la hauteur de coupe et l'inclinaison du tablier, suivant les obstacles que la scie rencontre, surveiller l'ensemble de la machine, sans avoir besoin de le charger en plus de l'examen de la grosseur de la javelle qui l'oblige souvent à se retourner? Nous ne pensons pas qu'en fonctionnement pratique le conducteur modifie le nombre des rabatteurs; le seul avantage qu'il y ait, à notre avis, est que les systèmes qui permettent de faire varier instantanément les rabatteurs dispensent des pièces de rechange (engrenages) que l'on employait autrefois; ces pièces, qui risquent de s'égarer, exigent toujours un certain temps de montage.

Toutes les machines sont aujourd'hui pourvues d'un désembrayage du javeleur; le conducteur actionne généralement ce désembrayage en agissant sur une pédale, évite la pose des javelles dans les cornes du champ et dégage ainsi la piste pour la tournée suivante.

Le changement du nombre de râteaux rabatteurs est obtenu à l'aide de différents mécanismes.

Dans la machine n° 6 (Albion n° 4), une vis sans fin, clavetée sur l'axe vertical des râteaux, commande un petit arbre horizontal, parallèle à la flèche, sur lequel peut glisser un manchon cylindrique portant un certain nombre de cames disposées sur des cercles parallèles; chaque came, lorsqu'elle arrive au point voulu, soulève une broche qui, commandant une sorte d'aiguille, ouvre le chemin de roulement inférieur au galet du râteau qui se présente; le râteau frôle le tablier sur toute son étendue en chassant la javelle devant lui: il est javeleur. Un levier oblique, placé à portée du conducteur, permet de déplacer le manchon sur son arbre et par conséquent de mettre

[1] En 1878 les moissonneuses anglaises pesaient de 450 à 500 kilogrammes et les machines américaines de 475 à 500 kilogrammes. Les machines valaient de 850 à 1,100 francs (prix à Paris).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en regard la broche de l'aiguille avec le cercle à une, deux, trois cames, etc., donnant un râteau javeleur sur un, sur deux, sur trois, etc.

Dans la moissonneuse n° 1 (Wood «Nouvelle») le mécanisme adopté consiste en une vis cône légèrement inclinée sur la verticale; un doigt est poussé par cette vis de bas en haut, et, arrivé à fond de course (point supérieur), agit sur l'aiguille précitée; le réglage du nombre des rabatteurs dépend du nombre de spires de la vis que le doigt doit parcourir, c'est-à-dire la hauteur de la course qui se règle soit par un levier, soit par une pédale. Avec 4 râteaux on peut obtenir un javeleur sur 2, 1 sur 3, 1 sur 4 et 1 sur 5.

L'emploi des engrenages couverts, comme dans les faucheuses, évite tous les engorgements provenant soit de la paille, qui s'enroule facilement autour des roues dentées, soit de la terre ou de la boue.

La commande de l'arbre des râteaux avait lieu ordinairement à l'aide d'une chaîne métallique ou d'un train d'engrenages; dans les bons modèles (Mac Cormick), l'axe de la roue porteuse commande directement le pignon cône des râteaux par un petit arbre monté à joints à la Cardan [1] afin de permettre le déplacement des râteaux, par rapport à l'axe de la roue suivant la hauteur de coupe.

Dans les machines actuelles, les axes de la roue motrice et de la roue du tablier sont souvent sur la même ligne normale à la flèche; cette bonne disposition permet à la machine de manœuvrer facilement, soit en reculant, soit en tournant.

Les moissonneuses combinées ne se sont pas très répandues; on leur reproche, en général, de ne pas exécuter un travail aussi parfait que la faucheuse et la moissonneuse spéciales, et surtout d'être plus lourdes que les machines simples.

La question de la qualité du travail réside surtout dans la vitesse de l'organe coupeur; et dans les machines actuelles on peut donner deux vitesses à la scie, l'une rapide, lorsque la machine est montée en faucheuse, l'autre, plus lente, lorsqu'elle travaille en moissonneuse. La scie est souvent à l'arrière dans les deux cas (Rigault-Johnston).

Au point de vue du poids, la machine Johnston accuse :

Montée en	faucheuse.....	340k	Longueur de coupe.....		1m30
	moissonneuse.....	550	—	.....	1 60

alors que la moyenne des machines simples de construction américaine est de :

Faucheuses.....	290k 4
Moissonneuses.....	406 0

(1) Cette disposition se trouvait dans la «Warder Mitchell» de 1878 (États-Unis).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'Excelsior n° 3 (V. Rigault), copie améliorée et française de la Johnston, donne les chiffres suivants :

Montée en	faucheuse.....	325k	Longueur de coupe.....	1m 27
	moissonneuse.....	480	—	1 27

tandis que les machines simples de construction française pèsent en moyenne :

Faucheuses.....	333k 5
Moissonneuses.....	520. 0

La moissonneuse combinée de V. Rigault est donc supérieure à la machine de la compagnie Johnston-Harvester, sous le rapport des poids.

On ne peut qu'encourager les constructeurs à perfectionner les moissonneuses combinées dont l'emploi, surtout pour la moyenne culture, diminuerait les frais de récolte dans une certaine mesure.

Chaque machine avait à moissonner 36 ares de blé; ce travail a été fait dans un temps variant de 35 à 53 minutes :

N° 1. Wood.....	53 minutes.
N° 2. Rigault.....	49
N° 3. Johnston.....	43
N° 4. Bradley.....	42
N° 7. Albaret.....	35

Soit, en moyenne, 44 minutes 24 secondes pour 36 ares.

En ramenant le calcul à l'hectare, on a les temps suivants nécessaires pour moissonner cette surface :

N° 1. Wood.....	2 heures 27 minutes.
N° 2. Rigault.....	2 — 16
N° 3. Johnston.....	2 — 0
N° 4. Bradley.....	1 — 57
N° 7. Albaret.....	1 — 37

D'après ces chiffres, il résulte que le temps employé pour moissonner un hectare, y compris les arrêts inévitables, est d'environ 2 heures (moyenne : 1 heure 55 minutes).

Le jury spécialement désigné pour ces essais a choisi un certain nombre de machines pour être en outre expérimentées au dynamomètre de traction.

L'un de ses membres, M. Alfred Tresca, a été désigné pour suivre ces essais.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 22 juillet nous avons procédé aux essais dynamométriques sur les machines suivantes :

N° 2. Rigault ;
N° 9. Johnston ;
N° 6. Albion n° 4 ;
N° 4. Bradley ;
N° 7. Albaret.

Les résultats de ces essais sont consignés dans le tableau suivant :

ESSAIS DYNAMOMÉTRIQUES.

N°s d'ordre.	MACHINES.	POIDS de la machine (kilogr.)	POIDS du conducteur (kilogr.)	POIDS TOTAL. (kilogr.)	LONGUEUR de COUPE. (mètres.)	TRACTION MOYENNE nécessaire. (kilogr.)	NOMBRE de JAVELLES obtenues sur un parcours de 100 mètres.	POIDS TOTAL des javelles. (kilogr.)
2	Express n° 8 ..... (Rigault.)	460	69	529	1.27	123k 76	18	73.0
9	Merveilleuse combinée ..... (Johnston H. C°.)	550	74	624	1.60	135 20	18	88.0
6	Albion n° 4 ..... (Harrison Mac Grégor.)	530	59	589	1.50	115 44	23	81.5
4	Bradley	375	75	450	1.43	109 20	24	79.0
7	Albaret.....	600	66	666	1.51	138 32	23	81.5
	Moyennes.....	503	68.6	571.6	1.56	124 384	21.2	80.4

Il résulte de ces essais qu'une moissonneuse simple exige, en moyenne, en pleine marche, un travail mécanique de 85.2 kilogrammètres par mètre carré coupé.

L'effort de traction exigé par chaque cheval a varié de 54 kilogr. 60 à 96 kilogr. 16, chiffre qui n'est pas exagéré.

Les récompenses suivantes ont été décernées :

Médailles d'or.... N° 1. Moissonneuse Wood, « Nouvelle » (États-Unis).
N° 6. Moissonneuse Albion n° 4. Harrisson Mac Grégor and C° (Angleterre).

Médailles d'argent. N° 4. Moissonneuse Bradley (États-Unis).
N° 2. Express n° 8. V. Rigault (France).
N° 9. Merveilleuse combinée, Johnston Harvester and C° (États-Unis).
N° 5. Fr.-N. Hurtu (France).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MOISSONNEUSES-LIEUSES.

Douze machines ont pris part aux essais de Noisiel :

N°s d'ordre.	DÉSIGNATION de la machine.	NOM DE L'INVENTEUR ou DU CONSTRUCTEUR.	ORIGINE.	POIDS de la MACHINE.	LONGUEUR de COUPE.	PRIX de VENTE.
				kilogr.	mètres.	francs.
1	Wood à élévateurs.....	W. A. Wood.....	États-Unis.....	670	1m60	(1) //
2	Wood à tablier continu..	*Idem*.....	*Idem*.....	550	1 50	//
3	Wood liant avec la paille.	*Idem*.....	*Idem*.....	600	1 60	//
4	Hurtu.....	Fr.-N. Hurtu.....	France.....	700	1 55	1 200
5	Massey.....	Cie Massey.....	Canada.....	670	1 50	1 325
6	Osborne.....	D. M. Osborne Co.....	États-Unis.....	680	1 50	1 350
7	Mac Cormick.....	Mac Cormick.....	*Idem*.....	760	1 51	1 400
8	Harvester.....	Johnston Harvester and Co	*Idem*.....	660	1 50	1 400
9	« Sans-Rivale ».....	Pécard frères.....	France.....	700	1 52	1 250
10	Harris.....	Harris sons and Co.....	Angleterre.....	680	1 85	1 200
11	Albaret.....	Albaret.....	France.....	750	1 30	1 150
12	M. à plate-forme.....	Samuel Johnston.....	États-Unis.....	560	1 50	1 300

(1) En 1878, les moissonneuses-lieuses pesaient environ 600 à 800 kilogrammes et valaient de 1,750 à 2,000 francs.

Vers 1851, Watson, Renwik et Baldwin, de Washington, s'associèrent et firent une machine analogue à la moissonneuse à élévateur actuelle; un peu plus tard Marsh frères, d'Illinois, reprirent le modèle précédent et construisirent une machine d'un emploi pratique, connue sous le nom de *Marsh-moissonneuse,* qui peut être considérée comme l'intermédiaire entre les moissonneuses ordinaires et les moissonneuses-lieuses. La « Marsh-moissonneuse » possédait, comme les lieuses actuelles, le rabatteur à ailettes, le tablier rectangulaire horizontal à toile sans fin et l'élévateur formé de huit courroies parallèles garnies de crochets; l'élévateur déversait les céréales coupées sur une table placée de l'autre côté de la roue porteuse faisant équilibre à la scie et au tablier. Devant la table se trouvaient un ou deux ouvriers lieurs, debout sur la machine, recevant les gerbes et les liant avec des liens de paille ou de ficelle préparés à l'avance.

Vingt-cinq ans après l'invention de Watson et consorts, les fils d'un fermier, Gordon frères, de New-York, reprirent l'idée de la lieuse; dès 1868, la question des moissonneuses-lieuses préoccupait beaucoup d'inventeurs, notamment en Amérique.

En 1873, la maison Wood présentait, à l'Exposition universelle de Vienne, une lieuse à fil de fer, inventée par S.-D. Locke; la machine était encore à l'état d'ébauche et, dans son rapport sur l'agriculture à l'Exposition de Vienne, M. Eugène Tisserand

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disait que « l'inventeur n'a pas voulu la faire expérimenter dans les champs; il s'est contenté d'en montrer le jeu en lui faisant lier un paquet de journaux. Il reconnaît qu'elle n'est pas état de fonctionner; il a voulu faire voir le principe d'une découverte dont il se propose de poursuivre le perfectionnement afin d'arriver à son application pratique... » — « Cette découverte, ajoute M. Tisserand, aurait assurément une grande importance au moment où l'absence de main-d'œuvre se fait de plus en plus impérieusement sentir... »

Dès 1873-1875, les lieuses commencèrent à fonctionner d'une façon pratique, et l'on pouvait prévoir que le problème ne tarderait pas à être résolu.

A l'Exposition universelle de Philadelphie, en 1876, on retrouvait trois modèles de la Marsh-moissonneuse présentés par Marsh, Russel and C° [Massillon (Ohio)] et par Adams et French [Sandwich (Illinois)]. Un léger cadre en bois garni d'une toile garantissait les ouvriers-lieurs des ardeurs du soleil; dans cet ordre d'idées, William A. Drown and C° présentèrent un abri articulé pouvant prendre des inclinaisons variables suivant la direction des rayons solaires.

Aux essais de Philadelphie prirent part quatre moissonneuses-lieuses: Mac Cormick, Osborne, Mac Pherson [Caledonia (New-York)] et Wood (machine de S. D. Locke, de 1873). Ces machines liaient au fil de fer.

L'année suivante (1877), la Société royale d'agriculture d'Angleterre organisa un concours de moissonneuses-lieuses à Liverpool : aucune machine ne fut jugée digne de récompense. En 1878, la Société ouvrit un second concours spécial à Bristol et le prix fut décerné à la machine Mac Cormick qui, à la même époque, fut primée en France, aux essais de Mormant.

A l'Exposition universelle de Paris, en 1878, on remarquait huit moissonneuses-lieuses :

Section anglaise....	Howard.
	Neale (lieuse ficelle).
Section américaine..	Walter Wood.
	Walter A. Wood.
	Mac Cormick.
	Osborne.
	Johnston (lieuse à ficelle).
	Aultman.

Quatre machines (Aultman, Mac Cormick, Walter Wood, Osborne) furent essayées, le 22 juillet 1878, dans les plaines de Mormant, et donnèrent des résultats satisfaisants. Mais le liage au fil de fer retardait l'emploi de ces machines par suite des dégâts que le lien pouvait occasionner dans les batteuses ou des accidents qu'il y avait à craindre lorsque le lien restait mélangé à la paille donnée aux animaux. Aussi plusieurs constructeurs imaginèrent des *pinces-sécateurs* destinées à couper et à retenir le lien par un de ses bouts.

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après le docteur Émile Pérels, professeur de génie rural à l'Institut agronomique de Vienne (Autriche), les objections faites contre le liage au fil de fer n'étaient pas justifiées par la pratique; le fil passe dans la batteuse et dans le hache-paille sans occasionner de dégâts, et les animaux n'avalent jamais les bouts de fil de fer mélangés à la paille lorsque cette dernière est coupée à une longueur convenable.

Quoi qu'il en soit, l'agriculture ne commença à utiliser les moissonneuses-lieuses que lorsque ces machines employèrent de la ficelle pour la confection du lien.

En résumé, les machines de 1878 étaient lourdes, encombrantes, liaient au fil de fer, et si elles pouvaient fonctionner, comme cela a pu se constater à Mormant, elles n'étaient pas suffisamment améliorées dans leurs détails pour être définitivement adoptées par la pratique courante; les organes chargés de la torsion du fil étaient placés au-dessous de la table du liage et il fallait des conducteurs, ou mieux des mécaniciens, adroits, attentifs et intelligents pour remettre la machine en marche lorsque le fil s'était cassé, soit par suite d'un manque d'homogénéité de contexture, soit par suite d'une tension trop élevée.

Avec les moissonneuses-lieuses, comme avec les moissonneuses ordinaires, les javelles étaient réparties sur toute la surface du champ, et le travail de la mise en moyettes était assez long; les constructeurs ajoutèrent bientôt à leurs machines un *porteur de gerbes*.

Le porteur de gerbes fit son apparition à la machine Hornsby en août 1884, au grand concours de Shrewsbury; dès 1885, toutes les moissonneuses-lieuses étaient pourvues de porteurs de gerbes variant dans leurs dispositifs.

En principe, le porteur de gerbes consiste en un berceau pouvant recevoir quatre ou cinq gerbes liées; au moyen d'une pédale, le conducteur fait tomber les gerbes sur le sol soit en ouvrant le berceau, soit en l'inclinant vers l'arrière.

Le porteur de gerbes économise de la main-d'œuvre : deux hommes par moissonneuse peuvent suffire à la mise en moyettes; enfin si, pour une cause quelconque (mauvais état de la récolte, manque de ficelle ou lieur cassé), on ne peut pas effectuer le liage, on désembraye l'appareil lieur et les céréales tombent dans le porteur de gerbes chargé de les déposer sur le sol en grosses javelles; la moissonneuse-lieuse se transforme en moissonneuse simple.

L'Administration de l'agriculture, dès 1878, donna une grande impulsion aux moissonneuses-lieuses en organisant des concours spéciaux dans différents concours régionaux; les sociétés locales d'agriculture suivirent la même voie. Tous ces encouragements contribuèrent à accélérer les perfectionnements de ces machines.

Les modèles actuels se distinguent des machines de 1878 par trois points principaux :

1° Diminution de poids;

2° Liens en matière végétale;

3° Organe lieur plus simple et placé au-dessus de la table du liage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La diminution de poids est importante; dans la Marsh-moissonneuse, les deux hommes occupés au liage surchargeaient la machine de 140 à 150 kilogrammes; dans les premières lieuses au fil de fer, l'appareil lieur pesait près de 400 kilogrammes; Appleby réduisit ce poids, dans son premier modèle pratique, à près de 200 kilogrammes; aujourd'hui le mécanisme (Appleby ou Wood) ne pèse pas plus d'une centaine de kilogrammes, et le dernier mot n'est pas encore dit.

Les liens sont en ficelle de chanvre (1 fr. 25 le kilogramme) ou de manille (1 fr. 75 le kilogramme); 10 mètres de ficelle pèsent environ 30 grammes, et une très forte récolte de 1,708 gerbes de 5 kilogrammes à l'hectare exige environ 1,950 mètres de ficelle, soit près de 6 kilogrammes.

Le choix de la ficelle a une influence capitale sur la marche d'une lieuse; bien souvent dans la pratique courante on accuse à tort la moissonneuse-lieuse quand on devrait s'en prendre à la mauvaise qualité de la ficelle. Il est facile de comprendre qu'un appareil lieur aussi bien combiné ou construit que possible ne pourra lier, manquera des nœuds ou cassera le lien si ce dernier n'est pas de bonne qualité, résistant et surtout homogène. Il en est de la lieuse comme de la machine à coudre qui ne fonctionne bien qu'avec le fil voulu.

L'organe principal chargé de faire le nœud du lien, qui primitivement était composé d'une cinquantaine de pièces, a été réduit à une dizaine ou une quinzaine : un plateau ou disque vertical incomplètement denté actionne, par un pignon cône, un petit axe vertical ou légèrement incliné portant deux pièces formant mâchoires, l'une fixe, l'autre mobile.

L'organe lieur est au-dessus de la table et en porte-à-faux à l'extrémité d'un axe horizontal. L'aiguille, courbe, est articulée au-dessous du tablier et s'anime périodiquement d'un mouvement alternatif; dans une rainure spéciale elle entraîne le fil qui passe préalablement dans un tendeur réglable à volonté au moyen d'une vis de pression agissant sur un ressort à boudin.

Au sortir de l'élévateur les céréales tombent sur la table inclinée du liage; elles sont rangées par des botteleurs ou tasseurs placés au-dessus et animés d'un mouvement circulaire continu (Wood), ou articulés en dessous de la table et animés d'un mouvement alternatif (Appleby). Quels qu'ils soient, ces organes ont pour mission d'égaliser les tiges et de confectionner la botte en la comprimant entre les bras.

Lorsqu'il y a une quantité voulue de céréales, la botte appuie sur un levier qui enclenche l'organe lieur; l'aiguille se met en mouvement, se relève, sort du tablier par une fente spéciale et passe à côté du noueur en entourant la gerbe; à ce moment et automatiquement le noueur est embrayé; les mâchoires pincent les deux bouts du fil (celui retenu par une pince spéciale et celui apporté par l'aiguille) et, en tournant, confectionnent la boucle; l'aiguille revient en arrière; le fil est coupé et son extrémité est retenue par une pince. Dès lors, des projeteurs rotatifs ou alternatifs chassent de la table la botte liée qui tombe soit sur le sol, soit dans le porteur de gerbes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La position du lien sur la gerbe est réglée par un égaliseur rotatif ou alternatif et par le déplacement de l'appareil lieur qui, dans certaines machines, peut, en marche, coulisser horizontalement et se rapprocher ou s'éloigner du pied des toiles.

Tels sont les principes généraux des moissonneuses-lieuses actuelles; les différences sont accusées d'un modèle à l'autre lorsqu'on examine en détail la construction et l'agencement des pièces.

Tous les lieurs peuvent se rapporter soit au type Wood, soit au type Appleby (ce dernier plus ou moins modifié dans le montage est adopté par tous les constructeurs, sauf Wood).

Certes le problème de la construction d'une lieuse n'est pas facile à résoudre quand on songe au grand nombre d'organes dont les mouvements doivent être rigoureusement simultanés, dont les trajectoires doivent bien passer à la place qui leur a été assignée sous peine de manquer le nœud, et toutes ces pièces délicates, comme les organes d'une machine à coudre, tous ces axes qui doivent conserver leur parallélisme sont montés sur des bâtis soumis, par le travail même, à de nombreuses secousses et à un mouvement vibratoire permanent. Aussi la principale préoccupation actuelle des constructeurs est-elle d'obtenir un bâti aussi rigide et aussi léger que possible. Le bois, léger mais déformable par l'humidité ou la sécheresse, est remplacé dans plusieurs modèles, soit en totalité, (n° 7 Mac Cormick, n° 5 Massey, n° 8 Johnston, etc.), soit en partie, par du fer ou de l'acier.

Dans les machines n^{os} 7 et 8 (Mac Cormick et Johnston), le bâti est formé de tubes carrés reliés entre eux par des plaques à embases en fonte malléable; d'autres bâtis sont en tubes ou en fer cornière.

On a cherché à supprimer l'élévateur : en 1884, la lieuse Aultman avait un demi-élévateur; au même concours général de Paris, M. Samuel Johnston présentait l'*Unicum* qui, perfectionné, figurait à Noisiel (n° 12). Dans la machine Samuel Johnston les céréales sont rabattues par des râteaux montés comme ceux des moissonneuses ordinaires et tombent sur un tablier d'où elles sont saisies par deux organes entraîneurs qui chassent la javelle en arrière sur un prolongement du tablier où se trouve le mécanisme lieur; un chasse-javelle repousse, après le liage, la botte sur un porteur de gerbes. Cette machine est encore à l'état d'ébauche; les mouvements des différents organes ne sont pas encore bien coordonnés, mais il n'y a pas de doute que son ingénieux et persévérant inventeur la rende pratique.

Lorsque la céréale est plus longue que la largeur du tablier, une partie est froissée; ce défaut se faisait surtout remarquer dans les premières lieuses établies spécialement pour les récoltes américaines qui sont basses (en général, en Amérique, où la paille a peu de valeur, on coupe assez haut). Pour y remédier, on peut augmenter la largeur des toiles ou laisser la machine ouverte à l'arrière (n° 2, Wood à tablier continu) afin qu'une partie de la récolte puisse se mettre en porte-à-faux. Mais il ne faut pas que la récolte dépasse de beaucoup à l'arrière où les épis ont une tendance à sortir de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machine, et la botte est irrégulière; dans les très fortes récoltes cet élévateur n'est plus suffisamment énergique. Dans la machine n° 2 (Wood) les doubles toiles sans fin de l'élévateur sont remplacées par une seule toile qui forme à la fois le tablier et l'élévateur.

C'est à Noisiel que l'on a vu pour la première fois la lieuse à lien de paille (n° 3, Wood), machine qui est encore à l'état d'étude. La moissonneuse ressemble à une Wood à élévateur à deux toiles; en arrière du siège est placée une boîte demi-cylindrique, inclinée à 45 degrés, contenant la paille nécessaire au liage; la paille (de seigle) doit être droite, coupée de longueur convenable et légèrement humide. Un mécanisme très ingénieux, fonctionnant périodiquement, retire de la boîte des brins de paille et les tord pour en confectionner une sorte de corde en paille qui est conduite au-dessus de la machine entre des galets tendeurs et de là à l'appareil noueur. Lorsque la paille est bien préparée la machine fonctionne bien.

L'idéal paraîtrait à première vue d'arriver à ce que la machine prélève elle-même, sur la récolte couchée sur le tablier, la paille nécessaire au liage[1]; mais le grain de la partie réservée au lien serait évidemment perdu, et d'un autre côté M. Wood fait remarquer avec juste raison qu'une superficie cultivée en seigle, spécialement pour les liens, suffit à lier une étendue de blé mille fois plus grande; chaque agriculteur serait ainsi son propre producteur de liens et ne serait pas à la merci des producteurs américains de ficelle qui se sont syndiqués en vue de faire hausser le prix du manille absolument indispensable aux propriétaires de moissonneuses-lieuses. (La consommation annuelle de ficelle pour les moissonneuses-lieuses, en Amérique, s'élève à la somme de 70 millions de francs.)

Rapprochons les dates suivantes :

Vers 1873, apparition de la lieuse à fil de fer.

Vers 1878, fonctionnement pratique des lieuses à fil de fer et apparition des lieuses à ficelle.

Vers 1887, fonctionnement pratique des lieuses à ficelle.

Vers 1889, apparition de la lieuse à liens de paille.

Il ne semble pas téméraire de bien présager de l'avenir des moissonneuses-lieuses qui n'ont pas mis dix ans (1878-1887) pour être employées pratiquement dans les champs, et qui ne cessent de se perfectionner et de se répandre, exigées qu'elles sont par les conditions économiques actuelles.

Chaque machine a eu à moissonner 50 ares 42 de blé; la récolte, très haute, étant versée par places, le travail des machines était un peu irrégulier. Comme tous les appareils perfectionnés, les moissonneuses-lieuses n'exécutent un bon travail que

[1] Il avait déjà été proposé une machine qui liait la botte avec une partie des tiges qui la composaient et non avec une corde en paille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsque la récolte se trouve dans les conditions voulues. Les machines ont toutes bien effectué le liage, mais dans les parties versées les bottes n'avaient pas une belle apparence et les tiges étaient entremêlées; il était impossible de faire mieux dans de telles conditions.

Le tableau suivant indique les temps employés pour moissonner et lier les 50 ares 42 de blé :

Nos	MACHINES.	TEMPS NET.	DURÉE des ARRÊTS.	TEMPS TOTAL.
4	Hurtu	1h 20m	39m	1h 59m
5	Massey	1 6	10	1 16
9	Pécard frères	1 25	35	2 00
8	Johnston	1 7	25	1 32
10	Harris	1 15	30	1 40
7	Mac Cormick	1 27	14	1 41
2	Wood (tablier continu)	1 7	53	2 00
1	Wood	1 7	11	1 18
6	Osborne	2 0	22	2 22
	MOYENNE	.....	.....	1 45

Les points suivants donnés par le jury sont relatifs à la coupe et au liage, les machines étant cotées de 0 à 20.

Nos.	MACHINES.	COUPE.	LIAGE.	TOTAL des POINTS.	OBSERVATIONS.
4	Hurtu	14	14	28	
5	Massey	18	17	35	
9	Pécard frères	14	13	27	
8	Johnston	17	16	33	
10	Harris	15	15	30	
7	Mac Cormick	16	15	31	Le porteur de gerbes dépose en traînant.
2	Wood (tablier continu)	10	14	24	Pas assez énergique dans les fortes récoltes. Les hommes sont obligés de faire circuler les tiges coupées.
1	Wood	18	18	36	Bourrage, coupe haute à 0 m. 30.
6	Osborne	9	14	23	
11	Albaret	16	15	31	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Poids de quelques gerbes prélevées pendant le travail :

Nos.	MACHINES.	POIDS DES GERBES (Kilogr.).						
4	Hurtu	5.00	6.00	5.00	5.00	4.50	5.50	//
5	Massey	6.75	8.00	7.50	6.75	6.75	6.00	//
9	Pécard frères	4.00	4.00	5.00	5.50	4.25	4.00	//
8	Johnston	5.50	5.50	5.00	6.50	6.50	//	//
10	Harris	4.00	4.75	4.50	4.00	4.00	//	//
7	Mac Cormick	6.25	6.50	6.00	7.50	8.50	//	//
2	Wood (tablier continu)	8.00	8.00	7.75	6.75	6.75	//	//
1	Wood	8.00	8.75	8.00	8.00	//	//	//
6	Osborne	8.50	7.50	8.50	7.75	7.75	8.00	//
11	Albaret	6.50	5.00	5.50	5.00	5.50	6.00	5.50

Les essais se sont poursuivis dans un champ d'avoine, dont la belle récolte était plus facile à moissonner; chaque machine a eu 68 ares 85 à couper; le travail a été effectué en :

Nos.	MACHINES.	TEMPS EMPLOYÉ, y compris les arrêts.	OBSERVATIONS.
4	Hurtu	$1^h 25^m$	
5	Massey	1 10	
8	Johnston	1 59	
2	Wood (tablier continu)	1 10	Très bien fonctionné.
11	Albaret	1 25	
	Moyenne	$1^h 26^m$	

Ainsi qu'on le voit, pour moissonner

50 ares 42 de blé il a fallu, y compris les arrêts, de $\left\{\begin{matrix} 1^h 16^m \\ \text{à} \\ 2^h 22^m \end{matrix}\right\}$ moyenne $1^h 45^m$;

68 ares 85 d'avoine il a fallu, y compris les arrêts, de $\left\{\begin{matrix} 1^h 10^m \\ \text{à} \\ 2^h 00 \end{matrix}\right\}$ moyenne $1^h 26^m$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il résulte de ces chiffres que, pour la récolte d'un hectare, il faut, y compris les arrêts :

Blé..... de $\left\{\begin{array}{c}2^h\,31^m\\ \text{à}\\ 4^h\,43^m\end{array}\right\}$ moyenne générale..... $3^h\,29^m$

Avoine..... de $\left\{\begin{array}{c}1^h\,42^m\\ \text{à}\\ 2^h\,55^m\end{array}\right\}$ moyenne générale..... $2^h\,5^m$

Le 22 juillet nous avons procédé aux essais dynamométriques sur les machines suivantes désignées par le jury :

N° 11. Albaret (hors concours).
N° 8. Johnston.
N° 4. Hurtu.
N° 7. Mac Cormick.
N° 5. Massey.
N° 1. Wood (à élévateur ordinaire).

Les résultats ont été les suivants :

N°s.	MACHINES.	TRACTION MOYENNE			POIDS		LONGUEUR	NOMBRE
		de roulement	à vide, les engrenages en mouvement.	totale en charge.	de la machine.	du conducteur.	de la scie.	de GERBES données sur un parcours de 100 mèt^es
11	Albaret.....	78k 00	123k 76	164k 32	750k	66k	1m30	22 1/2
8	Johnston.....	64 48	131 04	186 16	660	74	1 50	21 1/2
4	Hurtu.....	82 30	104 00	189 28	700	62	1 50	21
7	Mac Cormick.....	87 36	132 08	176 80	760	85	1 51	24
5	Massey.....	64 48	116 48	158 08	670	84	1 50	23
1	Wood (ancienne).....	85 28	110 10	163 30	670	85	1 50	23

Le poids des machines (670 à 760 kilogrammes), y compris le conducteur, a varié de 734 kilogrammes (Johnston) à 845 kilogrammes (Mac Cormick).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La décomposition de la traction totale pour chaque machine est indiquée par le tableau suivant :

Nos.	MACHINES.	TRACTION NÉCESSAIRE AU			TRACTION TOTALE.
		roulement.	fonctionnement à vide des organes.	passage de la récolte.	
11	Albaret	78k 00	45k 76	40k 56	164k 32
8	Johnston	64 48	66 56	55 12	186 16
4	Hurtu	82 30	21 70	85 28	189 28
7	Mac Cormick	87 36	44 72	44 72	176 80
5	Massey	64 48	52 00	41 60	158 08
1	Wood (ancienne)	85 28	24 82	53 20	163 30

La traction nécessaire à vaincre la résistance au roulement a varié de 65 à 87 kilogrammes.

La traction de la machine, les organes fonctionnant sans couper, variait de 104 à 132 kilogrammes.

La traction totale en plein travail a varié de 158 à 189 kilogrammes.

On voit par ces chiffres que la traction moyenne exigée par les moissonneuses-lieuses peut se décomposer de la façon suivante :

Traction de la machine à vide (roulement)	77 kilogr.
Traction nécessaire pour la mise en mouvement des organes (à vide)	41
Traction exigée par la coupe et par le passage de la récolte au travers des organes (rabatteurs, scie, élévateurs et appareil lieur)	55
TRACTION TOTALE	173 kilogr.

Il est donc bon d'atteler trois chevaux aux moissonneuses-lieuses, ce que du reste la pratique a reconnu depuis longtemps.

Le travail mécanique total nécessaire pour couper et lier un mètre carré de récolte est :

Nos.	MACHINES.	TRAVAIL MÉCANIQUE dépensé par mètre carré coupé et lié
		kilogrammètres.
11	Albaret	126, 400
8	Johnston	124, 106
4	Hurtu	126, 186
7	Mac Cormick	117, 866
5	Massey	105, 386
1	Wood (ancienne)	108, 866
	MOYENNE	118, 135

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les variations ont été :

		Différence avec la moyenne générale.
Machine la plus légère de traction.....	105^{kilgm} 386	— 2^{kilgm} 749
Machine la plus lourde de traction.....	126 400	+ 8 265

Les récompenses suivantes ont été décernées :

Objet d'art.....	N° 5. Moissonneuse-lieuse Massey (Canada).
	N° 1. Moissonneuse-lieuse W.-A. Wood, à élévateurs (États-Unis).
Médaille d'or.....	N° 8. Machine Johnston (États-Unis).
	N° 7. Machine Mac Cormick (États-Unis).
	N° 4. Machine Hurtu (France).
Médaille d'argent.....	N° 9. Machine Pécard frères (France).
	N° 10. Machine Harris sons and C° (Canada).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DES APPAREILS DE LAITERIE

RAPPORT

PAR

M. LEZÉ

PROFESSEUR À L'ÉCOLE DE GRIGNON

Nota. — Les appareils de laiterie dépendaient de la classe 74; c'est le jury de cette classe qui a été chargé d'apprécier les résultats du concours; néanmoins les récompenses ont été rattachées à la classe 49.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCOURS DES APPAREILS DE LAITERIE.

Dans le but de rendre plus faciles et plus rapides les opérations du jury, l'examen des appareils a été divisé; le jury a visité successivement les appareils spéciaux ou uniques en leur genre des différents constructeurs, puis, dans d'autres séances, les jurés ont examiné les appareils des divers exposants concourant entre eux. Les opérations se faisaient alors chez les uns et chez les autres dans des conditions identiques et presque simultanées.

Le 17 juillet, les opérations ont commencé à 8 heures et demie du matin par les exposants de l'Esplanade des Invalides et quelques autres exposants qui avaient été priés d'apporter leurs appareils dans les environs de la *Laiterie française.*

M. Drouot, de Boulogne-sur-Seine, présentait au jury une disposition de bain-marie pour réchauffer le lait dans les laiteries industrielles; son appareil est amovible ou fixe et peut être construit pour un nombre quelconque de bidons à réchauffer. Le lait porté à la température de 90 degrés a été ensuite versé sur les réfrigérants Drouot dont on avait à étudier le fonctionnement.

L'un de ces réfrigérants est analogue aux réfrigérants du commerce; le lait coule à l'extérieur d'une surface ondulée et l'eau circule en sens inverse à l'intérieur, dans l'intervalle de deux tôles minces assez rapprochées. Pour être moins encombrant, l'appareil est replié sur lui-même et donne une section générale rectangulaire; ce sont pour ainsi dire quatre réfrigérants disposés les uns à côté des autres sur les faces d'un prisme droit à base carrée.

Le second réfrigérant Drouot consiste en un long serpentin dont les spires sont assez rapprochées; l'axe est vertical, l'eau circule de bas en haut à l'intérieur du serpentin et le lait tombe en cascade d'une spire sur l'autre.

Tous les appareils de M. Drouot dénotent de la part du constructeur une grande somme de travail et d'études. Ils réalisent des progrès réels et semblent préférables aux types courants du commerce; cependant le jury ne peut se résoudre à approuver des réfrigérants de types condamnés depuis longtemps, comme ayant le grave défaut d'ensemencer les liquides en germes de maladie.

M. Herweg, de Belgique, présentait une écrémeuse consistant en un ou plusieurs bassins immergés dans un bain d'eau froide; la température est ainsi maintenue basse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et constante pendant tout le temps de la montée de la crème ; la séparation se fait vite et facilement ; le lait reste doux, mais en somme l'idée est loin d'être nouvelle, la disposition est depuis longtemps connue et appliquée, car on obtient des résultats aussi satisfaisants en plongeant les terrines de lait dans des auges en ciment formant le lit d'une canalisation d'eau courante.

M. Chapellier, d'Ernée (Mayenne), est devenu à l'heure actuelle un de nos grands constructeurs d'appareils de laiterie ; il a présenté cette année et fait fonctionner devant le jury sa baratte polygonale avec régulateur de température. Cette baratte consiste en un tambour à peu près prismatique, à six ou huit pans, et dont les douves sont légèrement convexes vers le centre ; le tambour est renflé vers le milieu comme un tonneau, il peut être animé d'un mouvement de rotation autour de son axe de figure placé horizontalement ; le battement du lait se fait contre les parois planes.

Cette baratte est depuis longtemps connue et appréciée du public, ainsi qu'en témoigne le chiffre croissant de la vente. M. Chapellier, qui apporte tous ses soins à la fabrication, a imaginé de loger dans une des parois verticales une petite glace à travers laquelle on aperçoit le lait en mouvement ; on peut donc suivre les phases du barattage et arrêter l'opération au moment précis le plus favorable.

Le jury a examiné ensuite le malaxeur rotatif du même constructeur ; la commande de la table se fait par l'intermédiaire d'une chaîne Vaucanson, disposition ingénieuse et rationnelle grâce à laquelle on peut à volonté élever ou abaisser la table conique. En changeant ainsi la distance de la table au rouleau conique denté, on varie l'épaisseur de la couche de beurre travaillée et l'on proportionne la force mécanique à la charge de matière ; la chaîne ne nécessite en outre qu'un graissage assez modéré et l'on n'a pas à redouter les chutes d'huile et les taches de cambouis sur le beurre.

Les appareils de M. Chapellier sont d'une construction simple et bien étudiée, ils sont solides et pratiques et conviennent parfaitement à l'industrie laitière de notre pays.

M. Douillard, de Fontenay-le-Comte (Vendée), nous montre un ensemble d'appareils destinés à la fabrication du fromage de Hollande.

C'est d'abord une cuve à double paroi dans laquelle doit se faire le caillé. Dans l'espace annulaire, on fait arriver de l'eau chauffée par une petite chaudière qui communique à la cuve par un simple tuyau ; un autre tuyau de sortie aboutit à une pompe au moyen de laquelle on peut aspirer l'eau trop froide ou la renvoyer à la chaudière ou encore alimenter cette dernière avec l'eau nouvellement puisée.

Il est facile de comprendre qu'en possession de cette chaudière et de la pompe, on arrive à établir dans le bain-marie de la cuve une température réglable à volonté ; les trois appareils sont du reste bien groupés les uns à côté des autres pour la commodité du service, la cuve est de plus munie d'un coupe-caillé à deux rotations.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La cuve à fromage de M. Douillard paraît en résumé bien disposée et d'un usage facile.

L'écrémage mécanique est venu dans ces dernières années révolutionner les usages de la laiterie, et le concours des écrémeuses devait être à cette exposition l'un des plus intéressants, les constructeurs principaux étant présents et faisant fonctionner devant le public leurs modèles de centrifuges les plus nouveaux et les plus perfectionnés.

M. Th. Pilter, de Paris, devait être examiné le premier ; son écrémeuse est connue et depuis longtemps en faveur, mais l'inventeur et le constructeur s'appliquent tous les jours à la perfectionner.

C'est ainsi que nous voyons cette année plusieurs modifications heureuses et utiles ; M. de Laval, l'inventeur infatigable, a ajouté à son écrémeuse un réchauffeur à vapeur, puis une petite pompe rotative mue automatiquement par l'arbre vertical, et destinée à envoyer le lait écrémé dans des bacs d'attente situés d'une manière quelconque.

M. Th. Pilter présentait sa grande écrémeuse mue par la vapeur agissant directement sur un tourniquet à réaction, puis ses écrémeuses à bras de dimensions plus faibles et dont l'application se trouve dans les fermes, les petites industries ou les laboratoires d'essais ; ces petites écrémeuses constituent, en effet, d'excellents appareils d'analyses ; le premier venu peut s'en servir et arriver à des résultats pratiques excellents.

Le constructeur représentant M. de Laval a fait fonctionner simultanément trois de ses appareils en présence du jury ; l'opération a duré une demi-heure.

I. L'écrémeuse à vapeur a fonctionné d'une manière parfaite ; dans l'espace des 30 minutes de l'expérience, on a fait passer 288 kilogr. 350 de lait qui ont donné 26 kilogr. 350 de crème, soit 9. 20 p. o/o environ. Il ne faut pas attacher une trop grande importance à la proportion de crème obtenue ; en serrant plus ou moins la vis de sortie dans le tambour, on parvient à modifier à volonté dans certaines limites le taux p. o/o de crème débitée ou, en d'autres termes, on peut à volonté fournir de la crème plus ou moins épaisse, c'est-à-dire contenant plus ou moins de lait interposé.

Le bon fonctionnement est caractérisé par l'écrémage complet du lait ; ce résultat a été pleinement atteint, et le lait des écrémeuses Pilter soumis à une nouvelle rotation dans une centrifuge d'essai n'a montré absolument aucune trace de matière grasse.

II et III. Les deux écrémeuses à bras, l'une à tambour horizontal, l'autre à tambour vertical, ont également donné d'excellents résultats :

	LAIT TOTAL PASSÉ.	CRÈME OBTENUE	
		TOTALE.	EN P. o/o.
Écrémeuse à tambour vertical (Baby).....	24k 8	4k 5	18k 1
Écrémeuse à tambour horizontal.....	73 4	12 6	17 1

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'écrémage était complètement effectué. Tous ces appareils Pilter sont d'autre part faciles à nettoyer et à monter; ils sont solides, travaillent régulièrement et sans danger. Le jury a été à même de constater ces précieuses qualités et ces avantages des centrifuges de M. de Laval.

M. Watt, représentant de la *London and Provincial Dairy Company,* avait apporté des écrémeuses, qui, par leur construction, rappellent un peu les précédentes, et qui en somme n'en diffèrent que par des détails. Le tambour de l'écrémeuse Watt, dite *écrémeuse Victoria,* est conique à la partie supérieure; la commande se fait par courroie, et le mouvement intermédiaire, consistant en une poulie et un galet, est placé sur le même bâti que l'écrémeuse.

Cette disposition permet de resserrer et de grouper tout l'ensemble, qui par suite occupe très peu de place; les pièces sont bien ajustées et le fonctionnement se fait sans le moindre bruit.

On a remis à M. Watt, comme aux autres concurrents d'ailleurs, la quantité désirée par lui du même lait que celui qui avait été fourni à M. Pilter, et, on a noté, comme précédemment, le travail accompli dans l'espace de 30 minutes :

LAIT TOTAL PASSÉ.	CRÈME OBTENUE	
	TOTALE.	EN P. 0/0.
$139^{k}\,25$	$16^{k}\,25$	$11^{k}\,7$

L'écrémeuse se démonte et se nettoie aussi facilement que celle de M. de Laval; le travail fourni a paru très bon : le lait écrémé ne décelait pas de matières grasses à l'analyseur Victoria.

Nous devons dire quelques mots de cet analyseur, qui, à l'Exposition même, nous servait couramment à examiner les laits centrifugés.

Ce contrôleur (*milk taster*) consiste en un disque portant des cavités ou des cannelures dirigées selon les rayons. Dans ces logettes, on place des petits tubes de verre fermés par un bout et gradués préalablement par des expériences directes faites sur des laits analysés chimiquement. Ces tubes sont remplis de lait écrémé, puis couchés dans les rainures. On fait alors tourner le disque à la vitesse de 7,000 à 8,000 tours, et l'on examine ensuite, sur la graduation, la quantité de crème séparée du lait après une minute de rotation à pleine vitesse.

L'idée de cet analyseur n'est pas nouvelle; mise en avant par Lefeldt, elle a été appliquée par le docteur Fjord dans le grand contrôleur Burmeister; c'est encore indirectement le principe du laktocrit de De Laval. Entre tous ces appareils, le Victoria donnerait peut-être les résultats les moins rigoureux, mais c'est un contrôleur commode, avertissant des fautes commises et des fraudes des vendeurs. Si nous ajoutons que le prix d'achat en est peu élevé, nous aurons suffisamment démontré que les laiteries en général se trouveraient bien de l'emploi de cet ingénieux petit analyseur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Chaussadent, de Moissy-Cramayel (Seine-et-Marne), avait présenté une écrémeuse à bras de son invention. Le tambour de l'écrémeuse est muni à l'intérieur d'un grand nombre d'assiettes de fer-blanc ou de cônes à surface ondulée et percés en leurs centres; ce sont des feuilles de tôle en forme d'abat-jour et superposées de manière à ne laisser entre elles qu'un intervalle insignifiant, une fraction de millimètre. Le lait introduit par le centre doit donc circuler dans ces espaces si resserrés; l'inventeur y voit un avantage, mais, malgré son affirmation, son appareil n'a pas fonctionné d'une manière satisfaisante, l'usage des assiettes de fer-blanc n'a pu être expliqué suffisamment, et cette écrémeuse demande encore de nouvelles études.

Nous devons cependant signaler un ingénieux contrôleur de la vitesse. On sait que les écrémeuses ne fonctionnent bien qu'à une vitesse déterminée; une vitesse trop faible diminue le rendement ou compromet le travail, une vitesse trop grande peut devenir dangereuse. M. Chaussadent a eu l'idée de monter, par un engrenage et une vis sans fin, une pendule qui tourne avec l'écrémeuse, mais d'un mouvement beaucoup plus lent. Ce mouvement est rétrograde, et l'on conçoit facilement que l'on puisse combiner le mouvement d'horlogerie de manière que, pour une vitesse donnée, une aiguille semble rester immobile. Par une rotation plus lente, l'aiguille tourne dans le sens direct; dans un mouvement plus rapide, l'aiguille qui est entraînée avec la pendule paraît s'avancer de plus en plus lentement, elle semble immobile, puis on la voit rétrograder si le mouvement s'accélère encore.

MM. Burmeister et Wain, de Copenhague, exposaient dans la section danoise leur nouvelle écrémeuse à bras, et dans l'emplacement de M. Hignette, leur représentant et constructeur lui-même, leurs grandes écrémeuses à vapeur ou mues par moteur.

Ces centrifuges présentent des avantages notables; ils sont disposés de manière à changer à volonté, pendant la marche, la quantité p. o/o de crème extraite. Il est donc possible à l'ouvrier de régler son travail suivant la qualité du lait, la température, etc., de manière à obtenir l'écrémage parfait en même temps que la densité requise pour la crème; en outre, l'aspiration par les tubes communique, sous l'influence de la force centrifuge, un élan suffisant pour que le lait puisse s'élever de lui-même à une hauteur de 2 à 3 mètres.

Les grandes écrémeuses ont été essayées en premier lieu; M. J. Hignette (qui ne pouvait concourir, en sa qualité de membre du jury) et les constructeurs danois présents à l'expérience ont tout d'abord fait remarquer les perfectionnements nouveaux apportés aux écrémeuses. Le tambour de ces centrifuges est maintenant établi en acier embouti; l'arbre vertical qui coïncide avec l'axe de figure repose sur deux galets roulant dans l'huile; le système est donc très mobile et complètement en équilibre.

A l'intérieur et en bas, le tambour porte vers la portion sensiblement plane une pièce annulaire ou lame de quelques centimètres de large et placée parallèlement à la surface du tambour dont elle est très rapprochée; il résulte de cet arrangement que le

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lait arrivant dans l'écrémeuse vers le centre est poussé sous l'influence de la force centrifuge entre le tambour et la lame circulaire susdite.

Il n'y a plus ni projections ni éclaboussures, le fonctionnement est meilleur parce que la couche de crème n'est plus traversée à chaque instant et troublée par le lait amené. Le rendement par heure devient notablement plus considérable, et le travail peut s'effectuer sur des laits relativement froids, 12 à 18 degrés; le chauffage préalable devient inutile.

Les deux écrémeuses J. Hignette ont travaillé pendant un quart d'heure; ce temps a paru suffisant aux membres du jury en considération des grandes quantités de lait en expérience.

	LAIT PASSÉ.	CRÈME OBTENUE	
		TOTALE.	EN P. 0/0.
Écrémeuse dite AA.....	208k 75	26k 7	12k 8
Écrémeuse dite B.....	98 35	9 25	9 4

Ces deux appareils étaient mis en marche pour la première fois par les constructeurs à cause des retards apportés dans la transmission électrique de la galerie. L'écrémage a été parfait et le travail absolument irréprochable.

Le lendemain, 18 juillet, le jury avait à examiner l'écrémeuse à bras des mêmes constructeurs; dans cette machine, comme dans les grandes, une disposition nouvelle et ingénieuse permet de changer le p. 0/0 de crème extrait, et cela pendant la marche et à volonté.

Cette écrémeuse à bras avait été montée à la hâte et dans des conditions assez défavorables, indépendantes du pouvoir des constructeurs; néanmoins le travail a été assez satisfaisant, et il était facile de prévoir qu'il aurait été excellent dans les conditions habituelles normales.

On a fait passer du lait à deux reprises différentes et chaque fois pendant 6 minutes; on a obtenu :

LAIT PASSÉ.	CRÈME OBTENUE	
	TOTALE.	EN P. 0/0.
33k 510	3k 14	9k 3

Le jury s'est ensuite transporté à l'exposition Pilter pour examiner d'autres appareils présentés au concours; c'étaient tout d'abord les barattes qui devaient travailler la crème fournie par les centrifuges.

M. Pilter présentait une baratte danoise mue directement par la vapeur. Le moteur est une petite turbine ou plutôt un tourniquet à réaction analogue à celui qui fait tourner l'écrémeuse; mais, dans la baratte, le mouvement doit être relativement lent, et l'on se trouve obligé de ralentir la vitesse au moyen d'un engrenage et d'une vis sans fin. Malgré cet inconvénient, la baratte à vapeur peut être utilement adoptée dans des cas spéciaux, par exemple si l'on ne dispose que d'un local restreint ou si l'on doit éviter l'établissement d'un moteur et d'une transmission.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La baratte Baquet, fonctionnant dans la même exposition, est d'invention récente; elle consiste en un tronc de cône analogue à celui de la baratte danoise, mais dont l'axe de figure est incliné à 45 degrés. Ce tonneau ainsi incliné repose et roule sur des galets, et, par le moyen d'une paire d'engrenages, on peut le faire tourner autour de son axe.

Cette baratte est donc en quelque sorte une baratte danoise simplifiée, elle ne contient plus de batteur, et l'agitation se fait par la rotation seule et le choc contre des pièces de bois fixées au tonneau; elle présente aussi les avantages de la baratte normande dans laquelle le beurre peut se faire à l'abri du contact de l'air avec l'avantage précieux du contrôle facile et constant de l'opération.

L'idée est ingénieuse, l'appareil bien établi et les manœuvres faciles; cette baratte devra être adoptée dans un avenir prochain par les industriels laitiers. M. Pilter a montré ensuite la série des opérations à faire subir au beurre; la délaiteuse centrifuge, qu'il a créée il y a quelques années déjà, a fonctionné de la manière la plus satisfaisante, puis le beurre a été passé au malaxeur et finalement mis en mottes ou en pains par les appareils à mouler déjà connus, appareils qui fournissent des lots de poids remarquablement réguliers.

La laiterie de M. Pilter est, comme on le voit, complète, et l'on peut y suivre toutes les phases de la fabrication par le système danois.

La *London and Provincial Dairy Company* présentait également une laiterie toute montée; cette exposition comprenait en outre ses appareils pour la fabrication du fromage Cheddar, dont la disposition se rapproche un peu de celle de M. Douillard.

Nous ne parlerons pas, comme sortant un peu de notre sujet, de la curieuse machine à glace disposée pour le refroidissement des laiteries, mais nous devons mentionner une baratte d'expérience qui a semblé présenter des avantages réels pour les essais.

Cette baratte consiste simplement en un vase cylindrique en verre dont la capacité est variable suivant la demande. Ce pot de verre est bouché hermétiquement par un disque métallique comprimant, à l'aide d'une vis, une rondelle de caoutchouc interposée.

On communique au vase un mouvement de rotation au moyen d'une manivelle mue directement à la main. L'axe est horizontal et perpendiculaire à l'axe du vase, de sorte que l'agitation est très énergique quoiqu'il n'y ait dans la baratte aucun organe mobile; c'est aussi le système de la baratte Victoria.

Cette petite baratte peut être très utile pour des essais pratiques; on peut baratter une petite quantité des échantillons de beurre ou de crème à essayer et peser le beurre obtenu.

L'exposition Watt constitue un ensemble des plus remarquables, et le fonctionnement de tous les nombreux appareils exposés a été entièrement satisfaisant.

Le jury devait examiner ensuite l'exposition de M. J. Hignette. Cet ingénieur, toujours récompensé dans les concours, fait lui-même partie d'un jury, et, par conséquent, l'examen des appareils construits par lui ne pouvait pas, d'après le règlement, conduire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à lui accorder de nouvelles récompenses; cependant on tenait à voir plusieurs des nouvelles dispositions ou des perfectionnements récemment apportés par cet habile ingénieur dans les appareils de sa fabrication.

Il présentait un échangeur de température système Hignette et Collet; ce refroidisseur ou réchauffeur se compose d'une série de tubes concentriques dans lesquels on fait circuler simultanément et en sens inverse le lait et les liquides très chauds ou très froids. L'appareil ainsi disposé présente l'avantage capital d'opérer sur du lait conservé à l'abri du contact de l'air et par conséquent d'éviter ce désastreux ensemencement en germes de maladie qui se produit avec les réfrigérants usuels. M. J. Hignette possède également un appareil à succion pour le séchage rapide des fromages; on parvient en aspirant le petit lait interposé à sécher assez rapidement le caillé pour que l'on puisse se passer des moules et économiser par conséquent une notable dépense d'installation et les grands frais de nettoyage des moules ordinairement employés. Malheureusement ces appareils destinés à la très grande industrie laitière n'auraient pu fonctionner devant le jury d'une manière suffisamment prolongée; on s'est contenté d'en constater la bonne construction.

MM. Simon et fils, de Cherbourg, présentaient un malaxeur pour beurres, construit à peu près sur le type des malaxeurs des briqueteries ou des bétons; les beurres ont paru parfaitement mélangés. La machine tient peu de place et prend moins de force que les malaxeurs rotatifs à axe vertical, mais c'est plutôt un appareil destiné à opérer le mélange des beurres pour le commerce qu'un malaxeur de laiterie dont le but est de débarrasser seulement le beurre du lait interposé.

Le jury mentionne l'appareil Cauchepin destiné à l'emballage des camemberts et a examiné en outre les bidons de Regnault Renaux et le modèle des appareils de fromagerie d'Itier; ces divers appareils ne concourant pas ne pouvaient recevoir de récompenses.

Après avoir entendu la lecture d'un résumé des opérations et après délibération en séance générale, les membres du jury de la classe 74 proposent d'attribuer les récompenses suivantes pour les appareils spéciaux ayant concouru :

MM. Burmeister et Wain, de Copenhague, représentés par J. Hignette : un objet d'art pour leurs écrémeuses mécaniques à moteur et à bras.

M. de Laval, de Stockolm, représenté par Th. Pilter : une médaille d'or pour ses écrémeuses mécaniques à moteur et à bras.

London and Provincial Dairy C° : une médaille d'or pour la grande écrémeuse Priesth et Pocak.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Chapellier, d'Ernée, pour sa baratte polygonale, M. Baquet, de Vesly (Th. Pilter), pour sa baratte à axe incliné : chacun une médaille d'argent.

London and Provincial Dairy C°, pour baratte d'essai : une médaille de bronze.

MM. Simon et fils, pour leur malaxeur vertical : une médaille d'argent.

M. Th. Pilter, pour sa délaiteuse centrifuge : une médaille d'argent.

M. Douillard, pour sa chaudière à fromage et la bonne disposition de la chaudière et de la pompe : une médaille d'argent.

M. Chapellier, d'Ernée, pour son malaxeur rotatif : une médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ENGRAIS

RAPPORT

PAR

M. A.-CH. GIRARD

CHEF DES TRAVAUX CHIMIQUES À L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ENGRAIS.

Les conditions économiques nouvelles qu'impose à l'agriculture européenne la concurrence étrangère ont amené dans l'exploitation du sol des transformations profondes. Un des facteurs principaux de cette transformation, c'est assurément l'introduction des engrais chimiques dans la pratique agricole. Produire beaucoup pour diminuer le prix de revient des récoltes, tel est le principe que s'est imposé notre agriculture.

Aussi longtemps que l'agriculture indigène n'a pas eu à compter avec les produits des contrées privilégiées, elle a pu se contenter de cultiver le sol à la manière de nos pères, c'est-à-dire en pratiquant une restitution plus ou moins parfaite à l'aide du fumier de ferme.

Les agronomes sont venus démontrer que les engrais produits à la ferme n'étaient pas suffisants pour maintenir celle-ci dans son état de fertilité première et surtout pour accroître cette fertilité. Si, jusqu'à ces dernières années, l'usage des engrais commerciaux, adoptés par les agriculteurs d'avant-garde, n'avait pas encore pénétré dans la moyenne et la petite culture, c'est que l'enseignement agricole n'avait pas encore diffusé les connaissances que les travaux des savants avaient acquises définitivement à la pratique agricole. Parmi ces travaux, ceux qui ont le plus contribué à préciser l'emploi rationnel des engrais chimiques, se placent en première ligne ceux des de Gasparin, Risler, Muntz, relatifs à l'analyse des terres arables. L'engrais en effet, comme l'a dit Chevreul, est le complément du sol.

Aujourd'hui où nos connaissances sur la constitution du sol et sur l'alimentation des plantes sont positivement établies, nous assistons à un développement merveilleux de l'industrie des engrais. Notre continent s'est épuisé par une culture séculaire; pour y ramener la fécondité, on fait appel au sous-sol, on fouille les entrailles de la terre, pour en extraire et ramener à sa surface les principes fertilisants; on retire à la mer les produits que les fleuves y déversent; on envoie des navires chercher dans des pays lointains les matières fertilisantes dont ils contiennent d'abondants gisements.

Il y a peu d'années encore, le commerce des engrais comptait un grand nombre de maisons peu scrupuleuses qui exploitaient la bonne foi et l'ignorance des cultivateurs. Aujourd'hui, moralisé par l'active intervention des stations agronomiques, secondé par une législation plus sévère, il tend à se centraliser entre les mains d'industriels intelligents et instruits qui cherchent dans l'exécution loyale de leurs garanties le succès de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur entreprise; parmi eux nous devons citer MM. Dior frères, à Saint-Nicolas, MM. Joulie et Lagache, à Paris et Bordeaux, dont les maisons étaient hors concours.

Les divers engrais que le commerce fournit à l'agriculture peuvent être classés dans les catégories suivantes :

I. Les *engrais azotés* comprenant :

Les nitrates;
Les sels ammoniacaux;
Les débris animaux.

II. Les *engrais phosphatés* comprenant :

Les phosphates d'os;
Les phosphates minéraux;
Les scories de déphosphoration;
Les produits phosphatés ayant subi des traitements chimiques.

III. Les *engrais potassiques* comprenant :

Les différents sels potassiques extraits de l'eau de mer, des cendres végétales ou des gisements salins.

IV. Les *engrais calcaires* comprenant :

La chaux;
La marne;
Les calcaires marins.

V. Les *engrais divers* comprenant :

Le plâtre;
Les sels de magnésie;
Les sels de fer.

VI. Les *engrais composés*.

C'est en suivant cet ordre que nous allons passer en revue les produits les plus remarquables présentés à l'Exposition universelle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

I. ENGRAIS AZOTÉS.

Le manque d'azote est la cause la plus fréquente de l'infertilité du sol ; cet élément, en effet, que la nature ne fournit au sol et aux récoltes qu'en proportion toujours insuffisante, est par contre exporté en grande quantité par les produits vendus et enlevé par les eaux qui traversent le sol. Si l'on excepte des terres tout à fait privilégiées et des cultures telles que les légumineuses, il est rare que l'apport de ce principe ne détermine pas une augmentation de rendement. Aussi voyons-nous l'emploi des engrais azotés se répandre de plus en plus et l'industrie faire des efforts nombreux pour mettre à la disposition de l'agriculture l'azote qui existe à l'état d'accumulation, tel que celui des nitrates et des guanos, l'azote dégagé dans certaines fabrications, tel que l'azote ammoniacal, ou enfin l'azote des matières animales.

Les engrais azotés peuvent se grouper en trois classes : 1° engrais à azote nitrique· 2° engrais à azote ammoniacal; 3° engrais à azote organique.

Engrais à azote nitrique. — Le type de cette classe c'est le *nitrate de soude*, qui existe en gisements considérables, surtout dans la province de Tarapaca au Pérou. C'est un des engrais les plus communément employés, et son importation toujours croissante a pris dans ces dernières années une importance énorme. Le nitrate de soude n'est pas un produit de fabrication; c'est un produit naturel qui constitue simplement un objet de commerce. L'industrie des engrais en Europe se contente de le revendre aux agriculteurs ou bien s'en sert comme matière première, entrant dans la composition de la plupart des mélanges. L'exhibition que nos fabricants auraient pu faire de ce produit n'offre aucun intérêt industriel; aussi, quelque considérable que soit l'importance de cette source d'engrais azotés, n'avons-nous pas à y insister ici.

Il en est autrement des *nitrates de potasse*, qui constituent une industrie spéciale, puisque ce sel n'est pas seulement fourni par les produits naturels des Indes, mais encore par la double décomposition du nitrate de soude et aussi par le traitement des eaux d'osmose de nos sucreries. Nous regrettons qu'aucun produit de cette intéressante industrie, qui tend à récupérer l'azote et la potasse extraits du sol par la betterave, n'ait été soumis à notre examen. Ce regret est, il est vrai, tempéré par cette considération que le nitrate de potasse, recherché par l'industrie et notamment par la fabrication de la poudre, est d'un prix actuellement trop élevé pour que l'on puisse conseiller son emploi aux agriculteurs.

Engrais à azote ammoniacal. — En étudiant cette seconde catégorie d'engrais azotés, nous sommes heureux de constater les efforts tentés par les fabricants pour arriver à fixer au profit de nos récoltes et à concentrer sous la forme d'un sel facile à transporter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et à utiliser les torrents d'ammoniaque que dégagent dans l'atmosphère les eaux-vannes des dépotoirs et la distillation en vase clos de la houille et des matières animales.

Les matières premières de la fabrication du sulfate d'ammoniaque sont actuellement : 1° les eaux-vannes, c'est-à-dire les liquides qui surnagent dans les dépotoirs où sont déversées les matières de vidange; 2° les eaux ammoniacales provenant de la fabrication du gaz d'éclairage; 3° les eaux de condensation provenant de la distillation en vases clos des substances riches en azote, telles que les eaux.

Extraction de l'ammoniaque des eaux-vannes et des matières de vidange. — Pendant très longtemps les eaux-vannes des dépotoirs étaient écoulées dans les fleuves; ce n'est que vers 1856 ou 1860 qu'on commença en France à les distiller pour en retirer l'ammoniaque. Ces liquides contiennent en effet 2 à 3 kilogrammes, par mètre cube, d'azote ammoniacal, à l'état de carbonate et de sulfhydrate, provenant de la fermentation des matières azotées et principalement de l'urée.

L'exploitation de ces eaux-vannes dans toutes les villes de France produirait des quantités énormes d'ammoniaque; malheureusement pour l'agriculture, aussi bien que pour l'hygiène publique, l'extraction est loin d'être complète, et le nombre des usines qui fabriquent le sulfate d'ammoniaque à l'aide des matières de vidange est encore très restreint. Une des plus anciennes est celle de M. Ternois, à Saint-Denis, qui décrit ainsi sa manière d'opérer :

« Toutes les matières de vidange préalablement désinfectées sont transportées au dépôt.

« Cet enclos de 45,000 mètres carrés environ, entouré de plantations d'arbres, parsemé de massifs, est d'un aspect très luxuriant et parfaitement aménagé.

« Les vidanges sont reçues dans de grands bassins et, après décantation, les liquides ou eaux-vannes sont envoyés à l'usine par des conduites souterraines pour être transformés en sulfate d'ammoniaque ou eaux ammoniacales, pendant que les matières solides sont transformées en poudrette par le séchage et emmagasinées sous des hangars dont la superficie totale est de 3,100 mètres.

« L'usine a été construite vers 1879 et tout a été étudié pour que son installation ne laissât rien à désirer.

« Quatre générateurs furent construits :

2 du système Farcot ayant une surface de chauffe de	52^{m2}
1 générateur Babcox-Wilcox	57
1 générateur Roser multi-tubulaire	150
Surface de chauffe totale	259^{m2}

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Ces générateurs fonctionnent successivement et fournissent la vapeur nécessaire à la machine et aux colonnes montées pour l'évaporation des eaux-vannes.

« Les eaux ammoniacales obtenues sont placées dans des fûts et livrées au commerce.

« Le sulfate d'ammoniaque produit, après avoir été retiré des bacs et placé sur le séchoir disposé à cet effet, est emmagasiné ou mis en sacs pour être livré ensuite à la consommation.

« L'évaporation journalière des trois colonnes est environ de 150 mètres cubes d'eaux-vannes, produisant 1,800 à 2,000 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque.

« La consommation du charbon est de 3,600 kilogrammes par jour, celle de l'acide sulfurique est de 1,100 kilogrammes et 1,500 kilogrammes de chaux sont employés journellement pour faciliter le dégagement des gaz ammoniacaux dans les colonnes.

« Toutes les eaux épuisées, après avoir traversé les colonnes ayant une température élevée, sont d'abord utilisées à réchauffer les eaux-vannes avant leur entrée dans les colonnes; elles sont ensuite employées au séchage du sulfate d'ammoniaque.

« La chaux après avoir servi au traitement des eaux-vannes, se trouvant à l'état de boue, est envoyée dans des filtres-presses, pour en extraire l'eau; les tourteaux obtenus sont livrés comme amendement à la culture. »

Dans cette manière de procéder, la plus usitée, nous voyons que les matières de vidange restent longtemps exposées à l'air libre; il en résulte, d'une part, de grandes déperditions d'ammoniaque, et, d'autre part, une émanation d'odeurs nauséabondes, qui se répandent dans le voisinage; c'est à remédier à ces graves inconvénients qu'on s'est attaché dans ces dernières années.

La commission d'assainissement de la Seine a proposé en 1882, sur le rapport de M. Aimé Girard, de supprimer les dépotoirs et d'appliquer le système de distillation en présence de la chaux aux matières tout venant; ce système, outre les considérations hygiéniques qui militent en sa faveur, offre l'avantage de donner des rendements en sulfate d'ammoniaque plus élevés et d'éviter des déperditions. Les usines Schlœsing frères, de Marseille, sont les premières, croyons-nous, à avoir appliqué ces idées.

C'est pour cette raison qu'il est utile de reproduire *in extenso* le rapport fourni à ce sujet par ces grands industriels :

« Les usines Schlœsing frères ont pour objet principal le traitement industriel des vidanges et leur transformation rapide en matières sèches et désinfectées.

« Ces matières sont ensuites additionnées de substances minérales convenables pour en faire les engrais les plus propres à chaque genre de culture.

« Des traités passés avec tous les entrepreneurs de vidange de la ville assurent un approvisionnement de 100 à 120 mètres cubes de matières par jour.

« Il en est retiré journellement 1,800 à 2,000 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et 8,000 à 10,000 kilogrammes de tourteaux secs dont l'analyse, légèrement variable, est en moyenne la suivante :

Matières organiques et volatiles, non compris l'azote	57
Azote	2
Acide phosphorique	3
Chaux (à l'état de carbonate et de sels organiques)	33
Fer, alumine, magnésie, etc	5
TOTAL	100

« Notre production d'engrais, dont ces tourteaux constituent la base, est d'environ 10 millions de kilogrammes par an.

« Le nombre d'ouvriers employés est, suivant les saisons, de 60 à 100.

« La consommation de charbon, par 24 heures, est de 5,000 kilogrammes.

« La puissance des générateurs de vapeur est de 100 chevaux.

« L'installation des appareils a été terminée au mois de janvier 1881 et la fabrication fonctionne depuis cette époque.

« Le traitement industriel des matières de vidange doit avoir un double but :

« 1° Débarrasser les villes de résidus repoussants et dangereux pour la salubrité publique; rendre les matières liquides et solides inoffensives par la destruction, due à l'emploi de températures suffisamment élevées, des ferments et des germes morbides; désinfecter complètement ces matières en les purgeant des gaz odorants et brûler ces gaz;

« 2° Restituer à l'agriculture, sous la forme d'un produit sec, pulvérulent, à peu près inodore, commode à employer, l'énorme quantité de principes fertilisants contenue dans les matières excrémentielles.

« Au point de vue commercial, le premier de ces services est rétribué par les sommes que payent les propriétaires d'immeubles aux entrepreneurs de vidange; le second par le prix des engrais.

« Le problème, ainsi posé, n'avait été réalisé, avant nous, que très imparfaitement.

« On se contentait de décanter les liquides clairs et de les distiller en présence de la chaux. Les boues, qui forment plus du tiers des matières retirées des fosses, étaient simplement séchées à l'air pour constituer de la poudrette, au prix d'énormes pertes de temps et d'espace, au prix surtout de l'infection complète du voisinage.

« De là le discrédit dans lequel la distillation des vidanges tendait à tomber; de là les plaintes des populations contre les usines à sulfate.

« Dans nos appareils, dus aux travaux de M. Th. Schlœsing (de l'Institut), toutes les matières liquides et solides sont reçues à la fois et distillées en présence de la chaux.

« L'ammoniaque qui s'en dégage est recueillie dans l'acide sulfurique. Les matières

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traversent, après leur distillation, des réchauffeurs dans lesquels elles transmettent leur chaleur à des liquides neufs. Elles en sortent refroidies et se rendent dans des filtres-presses qui séparent la partie solide sous forme de tourteaux.

« Ainsi, l'ammoniaque préexistante est recueillie à l'état de sulfate, les substances azotées des matières solides et les phosphates se retrouvent dans les tourteaux, en sorte que tous les principes fertilisants, à l'exception de la potasse, sont rendus à l'agriculture.

« Nous avons appliqué, en outre, dans notre usine, un perfectionnement important, dû également à M. Th. Schlœsing. On sait que, dans les appareils Mallet et autres, une grande partie de la vapeur entraînant l'ammoniaque est condensée dans l'acide, l'autre s'échappe dans l'atmosphère.

« Dans notre usine, au contraire, la vapeur, après avoir barboté dans les liquides et s'être chargée d'ammoniaque carbonatée ou caustique, est dépouillée d'alcali en traversant une colonne de coke incessamment imbibée d'acide sulfurique, sans qu'il soit nécessaire de condenser cette vapeur dans des réfrigérants. La vapeur ainsi dépouillée est refoulée par des propulseurs et retourne barboter dans les liquides. Il résulte de là une économie notable dans la dépense du combustible, la force mécanique nécessaire pour le refoulement représentant une consommation de chaleur beaucoup moindre que celle qu'il faudrait pour produire de nouveau la vapeur nécessaire.

« Les matières circulent dans les appareils hermétiquement clos, d'une façon continue, sans aucun arrêt. Les gaz et corps organiques volatils qui se dégagent pendant la distillation sont brûlés dans des gazogènes.

« La planche I donne en plan et en élévation l'ensemble des appareils à distillation et à fabrication du sulfate d'ammoniaque.

« Les vidanges, dépotées dans des hangars hermétiquement clos, sont dirigées par des conduits souterrains dans de grands réservoirs voûtés, où elles séjournent pendant quelques jours. Il se produit une fermentation accompagnée de très faible dégagement de gaz, et l'urée se transforme en carbonate et bicarbonate d'ammoniaque.

« Une pompe à piston plongeur, mue par un câble télodynamique, puise les matières ainsi préparées et les conduit, d'une façon continue, dans les réchauffeurs BBB. Ils se composent de deux cylindres concentriques dans lesquels se meuvent des agitateurs. Les vidanges neuves circulent dans l'enveloppe extérieure et s'y réchauffent à 70 degrés; les liquides traités traversent les enveloppes extérieures et s'y refroidissent jusqu'à 25 degrés environ.

« Suivons maintenant la circulation des liquides chauds sortant des réchauffeurs B.

« Ils sont remontés par la pompe centrifuge P dans une caisse g' où se trouvent des cuillers de distribution, animées d'un mouvement régulier et lent. Elles se remplissent et se vident alternativement en introduisant dans les distillateurs une quantité de vidange mathématiquement dosée. Un tuyau de surverse renvoie dans le dernier réchauffeur l'excès de liquide monté dans la caisse par la pompe p.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Les vidanges versées par les cuillers circulent à travers une série de onze distillateurs CCCC placés en échelons.

« Les deux premiers servent uniquement au réchauffage à 100 degrés et à l'extraction des gaz sulfhydrique et carbonique. Le mélange de vapeurs et de gaz qui s'en dégage est conduit dans un tuyau vertical D, rempli de coke imbibé d'un liquide acide qui retient l'ammoniaque. Ce tuyau est seulement figuré sur le plan, on ne le voit pas en élévation. Les gaz sont repris par un ventilateur V et conduits dans un gazogène G où toutes les odeurs sont brûlées.

« Les flammes de ce gazogène fournissent la chaleur à une partie des générateurs de vapeur. Ce gazogène est également traversé par d'autres gaz odorants dont nous verrons plus loin la provenance.

« A la sortie des deux premiers distillateurs, les vidanges sont à l'ébullition et dépourvues de gaz. On y ajoute alors un lait de chaux préparé dans les cuves A et monté par la pompe P dans la caisse à cuillère g, qui le distribue d'une façon continue et uniforme dans le troisième distillateur.

« Les cuillers g et g' étant montées sur le même mouvement, on voit que la quantité de chaux est toujours rigoureusement dosée par rapport à la quantité de vidanges passant dans les appareils.

« Les vapeurs qui traversent les distillateurs passent dans les tombe-mousses c, se réunissent dans le tuyau t', et vont se dépouiller de leur alcali dans la tour à coke D. Cette tour est construite sur le modèle des tours de Glower, usitées dans les fabriques d'acide sulfurique .Elle est munie, comme elles, d'un tourniquet hydraulique distribuant sur toute la surface du coke un liquide acide absorbant l'ammoniaque, mais ne condensant pas la vapeur d'eau. Celle-ci sort de la tour par le tuyau t' et est renvoyée dans les distillateurs au moyen d'injecteurs système Kœrting KKK. La vapeur motrice neuve, qui alimente ces appareils, supplée aux condensations inévitables par les parois des distillateurs et des tours. De plus, la vapeur d'échappement de la machine est introduite dans le circuit pour parer aux pertes continues de vapeur par les deux premiers distillateurs et le tuyau D'. Le circuit est, du reste, constamment purgé des gaz qu'il pourrait contenir, par cette prise de vapeur qui vient barboter dans les premiers distillateurs, et est ensuite rejetée dans le gazogène.

« Les liquides qui sortent de la tour sont constamment repris par la pompe p en caoutchouc durci et remontés dans celle-ci tant qu'ils sortent acides au papier de tournesol.

« Lorsqu'ils sont neutres, il suffit d'ouvrir le robinet r pour les envoyer dans un bac d'évaporation E, complètement fermé et chauffé par un serpentin.

« Les vapeurs qui s'en dégagent sont réunies aux vapeurs sortant des premiers distillateurs, condensées et brûlées.

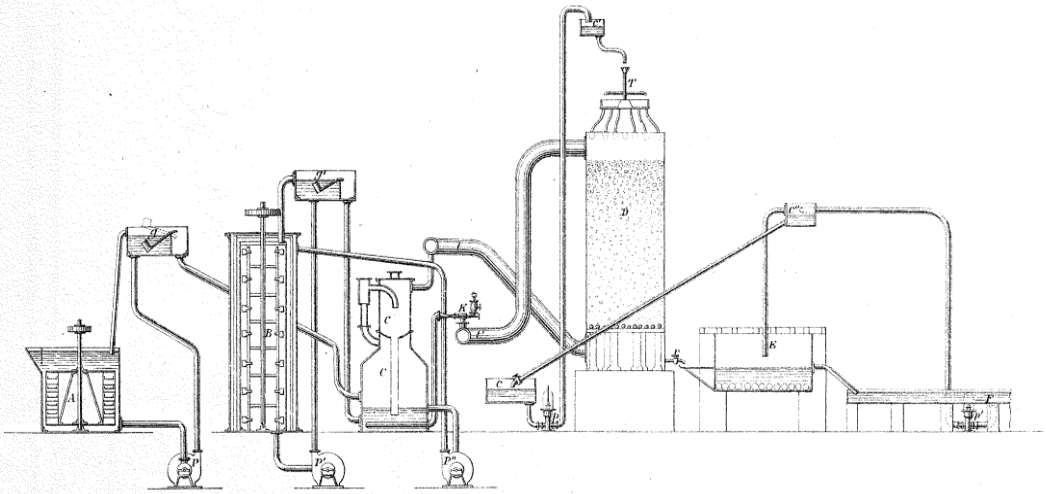
« La liqueur de sulfate d'ammoniaque convenablement concentrée vient couler d'une façon continue dans des cristallisoirs F, où elle abandonne le sel par refroidissement;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

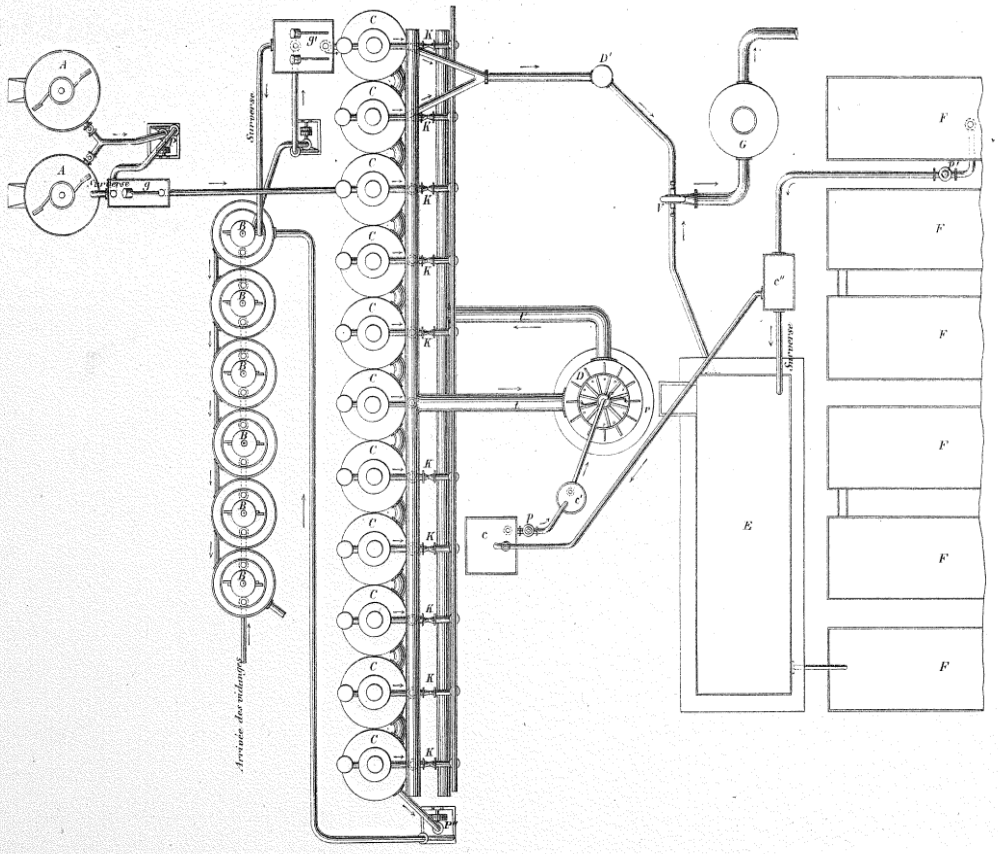
FABRICATION DU SULFATE D'AMMONIAQUE.

(USINES SCHLŒSING DE MARSEILLE.)

Élévation et coupe des appareils.



Plan.

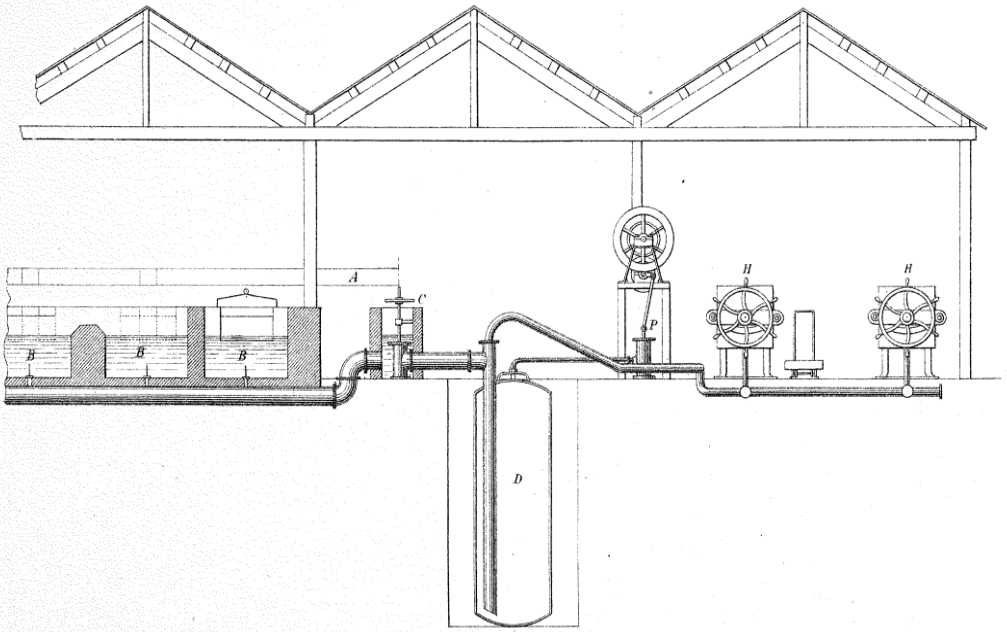


Imprimerie Nationale.

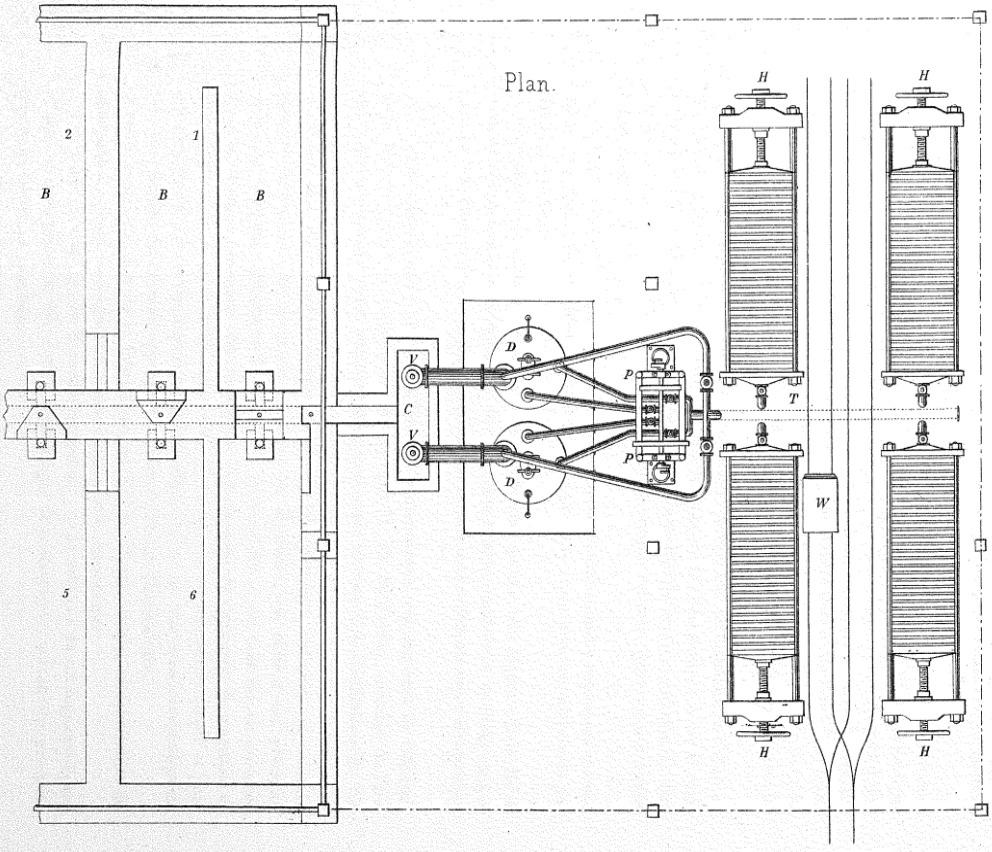
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FABRICATION DES TOURTEAUX.

Élévation.



Plan.



Imprimerie Nationale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les eaux mères qui surnagent sont reprises par une pompe et retournent au bac d'évaporation.

« La planche II donne l'ensemble des dispositions prises pour recueillir les matières solides.

« A la sortie des réchauffeurs, les vidanges traitées sont envoyées par le caniveau A dans les bassins de décantation B. Le liquide y circule lentement en abandonnant peu à peu les boues. La surface totale des bassins est de 100 mètres carrés. Ils sont disposés pour décanter méthodiquement. Le liquide tombe, par exemple, dans le bassin 1 et pénètre ensuite dans les bassins 2, 3, 4 et 5; pendant ce temps, on évacue les boues du bassin 6. Puis, le liquide est introduit dans le bassin 2, d'où il circule dans les bassins 3, 4, 5 et 6, pour s'écouler clair à l'égout; pendant ce temps, on évacue les boues du bassin 1 et ainsi de suite.

« Les boues, évacuées des bassins B, pénètrent dans le bac de distribution C d'où on les envoie, par les vannes V, dans un des monte-jus D. Des pompes à air P compriment les boues dans ces monte-jus et les envoient dans le tuyau souterrain T, d'où on peut les envoyer à volonté, au moyen d'un simple robinet, dans un des quatre filtres-presses H.

« Chaque pressée fournit 400 kilogrammes de tourteaux humides contenant environ 40 p. 100 d'eau. Nous faisons, avec les quatre presses, à peu près 40 opérations par vingt-quatre heures.

« Les tourteaux sortant des presses ne conservent qu'une très légère odeur. Ils se sèchent promptement à l'air. En cet état, ils sont broyés, tamisés et enrichis en potasse, acide phosphorique et azote, de façon à former nos différents types d'engrais. »

Puisque nous parlons de l'extraction de l'ammoniaque des matières de vidange, nous devons signaler ici le procédé employé par M. Th. Schlœsing, membre de l'Institut, pour recueillir cette ammoniaque, sans avoir recours à la distillation de ces liquides très dilués.

Si l'on met en contact 1 équivalent d'acide phosphorique ordinaire en solution avec 3 équivalents de magnésie caustique ou hydratée, on obtient un précipité solide de phosphate tribasique de magnésie. Si le sel est à son tour mis en présence d'une solution de carbonate d'ammoniaque, il se formera du carbonate de magnésie et du phosphate ammoniaco-magnésien. C'est là un moyen extrêmement simple et pratique de retirer l'azote des liquides qui le renferment, et de le mettre immédiatement sous une forme parfaitement appropriée aux demandes de l'agriculture.

Cette transformation de la fabrication du sulfate d'ammoniaque en fabrication de phosphate ammoniaco-magnésien a une haute portée économique.

Les usines Schlœsing, de Marseille, marchent vers la solution de cet important problème, en inaugurant la fabrication économique de la magnésie, suivant des procédés que nous décrivons plus loin.

IMPRIMERIE NATIONALE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Extraction de l'ammoniaque des eaux de condensation des fabriques de noir animal. — Tous les produits animaux distillés en vases clos dégagent de l'ammoniaque; c'était par ce procédé qu'à la fin du siècle dernier on produisait des sels ammoniacaux. Si, à cause de la faible différence entre le prix de l'azote ammoniacal et de l'azote organique, il n'y a plus avantage à traiter directement les matières organiques azotées, du moins on ne saurait trop encourager les efforts faits par les industriels pour récupérer l'azote ammoniacal dégagé dans certaines opérations dont le type nous est fourni par la fabrication des noirs de raffinerie.

De beaux échantillons de sulfate d'ammoniaque ainsi produits ont été fournis, notamment par la maison Tancrède et par la maison Pilon frères et Buffet, de Nantes; cette dernière expose ainsi sa manière d'opérer :

« Jusqu'en 1867, toutes les tentatives faites pour recueillir et utiliser l'azote des os soumis à la carbonisation pour leur transformation en *noir animal* avaient échoué, et faute d'un appareil pratique, fournissant qualité et rendement, aucun fabricant de noir animal ne pouvait encore à cette époque recueillir et condenser les gaz ammoniacaux de sa fabrication.

« C'est alors que nous prîmes nos premiers brevets et que nous fîmes construire dans ce but des appareils d'essai qui furent modifiés et perfectionnés jusqu'au type breveté en 1876, auquel nous nous arrêtions, puisque, entre autres avantages, il nous permettait de recueillir en sulfate d'ammoniaque jusqu'à 11 p. 100 du poids du noir obtenu.

« Nos usines purent alors produire environ 500,000 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque et restituer ainsi annuellement à l'agriculture 100,000 kilogrammes d'azote.

« A la même époque, nous cherchions la réalisation d'un progrès du même ordre et, par des créations et des modifications successives de matériel, nous parvenions à rendre la granulation des *os crus* aussi facile et plus avantageuse que celle des *os carbonisés*. Nous pouvions dès lors ne transformer en noir animal que la partie des os susceptible d'être utilisée avec profit par la raffinerie et la sucrerie et obtenir comme produits secondaires, au lieu des *noirs fins*, de plus en plus délaissés par ces deux industries et sans autre valeur agricole que leur phosphate de chaux, des poudres d'*os crus* contenant, outre le phosphate de chaux, 4.50 p. 100 d'azote renfermé dans les 45 p. 100 de matière organique des os.

« Si l'on veut apprécier les avantages que l'agriculture a pu tirer de la substitution aux anciens procédés de fabrication du noir animal des deux nouveaux procédés ci-dessus, on aura en chiffres les résultats suivants :

« Par *distillation* des os nous avons produit depuis vingt ans 10 millions de kilogrammes de sulfate d'ammoniaque, soit 2 millions de kilogrammes d'azote;

« Par *production de poudre d'os* substituée à celle du noir fin, nous avons préservé de la destruction 13,500,000 kilogrammes de matière organique renfermant 1,300,000 kilogrammes d'azote.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« C'est donc par 3,350,000 kilogrammes d'azote, quantité suffisante pour plus de 55,000 hectares de froment, que se chiffre, pour nos seules usines, l'épargne en azote que nous avons pu mettre à la disposition du sol à titre de restitution de celui qu'il avait fourni pour la constitution des animaux dont les os sont venus alimenter nos usines, et comme nos procédés ou des procédés analogues ont été successivement mis en pratique par la majeure partie de nos confrères, le chiffre ci-dessus ne représente plus qu'une partie des restitutions dont profite l'agriculture. »

Extraction de l'ammoniaque des eaux de condensation du gaz. — Mais une source autrement importante d'ammoniaque existe dans les produits de distillation de la houille. Ce combustible contient environ 1 p. 100 d'azote ; sa consommation pour l'Europe et les États-Unis dépasse 200 millions de tonnes correspondant à plus de 20 millions de quintaux d'ammoniaque. Si des procédés simples et économiques permettaient de recueillir toute cette ammoniaque que les foyers industriels lancent dans l'atmosphère, l'agriculture aurait à profusion l'engrais azoté qui lui est si nécessaire. Espérons que ce beau problème sera un jour résolu industriellement.

Pour le moment, on se borne à recueillir et à récupérer l'ammoniaque qui se dégage dans les combustions en vases clos, dont le type est offert par la préparation du gaz d'éclairage. Pour fixer les idées sur l'importance de la fabrication du sulfate d'ammoniaque par les eaux du gaz, disons seulement que la Compagnie parisienne distille annuellement environ 1 million de tonnes de houille qui donnent 140,000 mètres cubes d'eaux ammoniacales, dont on retire 8,000 tonnes de sulfate d'ammoniaque.

Malheureusement cette récupération est loin d'être complète; les petites usines à gaz n'ont pas encore d'installations qui permettent la distillation des eaux d'épuration et laissent perdre les liquides ammoniacaux.

Les sulfates d'ammoniaque figurent comme matière première dans les expositions de presque tous les fabricants d'engrais; les sels qui sortent de nos usines françaises ne laissent rien à désirer et ne présentent jamais certains défauts de fabrication qu'on observe souvent dans les produits d'origine étrangère.

Nous ne nous étendrons pas ici sur la partie mécanique ni sur les appareils relatifs à la fabrication du sulfate d'ammoniaque, tels que ceux par exemple de M. Chevalet qui ont du reste été exposés à la classe 51 ; nous signalerons cependant une heureuse tentative de cet ingénieur; il concentre les eaux ammoniacales jusqu'à avoir une richesse de 19 à 20 p. 100 d'ammoniaque, puis il fait absorber ces eaux ammoniacales par des superphosphates, il obtient ainsi un superphosphate azoté :

« En mélangeant des superphosphates de chaux avec de l'ammoniaque, on a saturé les acides libres du superphosphate, on a fait dans le mélange du sulfate d'ammoniaque et du phosphate d'ammoniaque, et on a précipité l'acide phosphorique qui était soluble dans l'eau par l'ammoniaque, en produisant un phosphate précipité ou bibasique, comme disent les chimistes. Par cette opération on a donc fait du sulfate d'ammoniaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et même du phosphate d'ammoniaque, et cela sans bassines en plomb, sans séchage, sans touries d'acide; seulement on a fait rétrograder ou rendu insoluble le superphosphate.

« L'avantage du fabricant d'engrais qui emploiera ce procédé, c'est qu'il achètera de l'acide sulfurique beaucoup moins cher que celui qui est mis dans les touries : en effet, les fabricants de superphosphates ne comptent guère l'acide à 52 degrés qu'à 3 fr. 25 les 100 kilogrammes, qu'ils mettent dans les superphosphates; il n'y a pas d'emballages brûlés, de touries cassées, il n'y a pour eux qu'à tirer l'acide à la chambre et à le mettre dans le phosphate. On peut donc considérer le superphosphate comme un absorbant, comme par exemple, dans la dynamite, l'absorbant est une terre d'infusoire. »

Engrais à azote organique. — Plus que jamais nous voyons l'industrie porter ses efforts vers la transformation en engrais de tous les déchets animaux, autrefois perdus ou mal utilisés.

En étudiant la constitution des tissus animaux, nous voyons qu'ils sont formés presque exclusivement de matières azotées et de phosphate de chaux, c'est-à-dire de deux éléments fertilisants par excellence.

Les animaux pendant leur vie concentrent dans leur corps l'azote et l'acide phosphorique qui existent dans de grandes masses végétales; après leur mort ils restituent ces éléments qui seront de nouveau utilisés par les végétaux. De même qu'il a fallu une nourriture végétale abondante pour fournir l'azote et l'acide phosphorique nécessaires à la formation du corps de l'animal, de même celui-ci, restituant ce qu'il avait concentré, peut servir d'aliment à une grande masse végétale.

Les principaux éléments fertilisants des cadavres des animaux, l'azote et l'acide phosphorique, ne sont pas répartis uniformément dans leur organisme. La chair, le sang, les issues, la peau, les poils et tous les tissus charnus sont formés principalement de matière azotée; ce sont eux qui ont condensé l'azote; on n'y rencontre que de petites quantités d'acide phosphorique. Le contraire existe pour les tissus osseux qui sont extrêmement riches en phosphate de chaux et dans lesquels la matière azotée est moins abondante. Les premiers sont donc essentiellement des engrais azotés, les seconds des engrais phosphatés.

Les tissus charnus servent en général à l'alimentation; mais il est des conditions dans lesquelles ils ne peuvent pas être employés à cet usage; il y a aussi des parties des animaux qui n'entrent pas dans la consommation. Tout ce qui n'est pas utilisé comme nourriture doit l'être comme matière fertilisante.

Lorsque ces débris animaux s'accumulent en grandes masses, dans les abattoirs par exemple, ou dans diverses industries, au lieu d'en faire un engrais peu concentré comme les composts, on a tout intérêt à les transformer en engrais riches pouvant supporter le transport à une certaine distance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ordinairement ces produits contiennent de notables quantités d'eau; la dessiccation suffit pour les concentrer; d'autres fois, ils sont en masse plus ou moins dure et il est nécessaire de les diviser mécaniquement; souvent enfin, pour activer leur décomposition, on les traite par des procédés chimiques. Suivant la nature de ces produits, les modes de fabrication sont différents.

Dans les animaux de boucherie, les muscles proprement dits et certains viscères entrent dans l'alimentation; le sang, les tissus cornés, la peau, les os et divers déchets restent disponibles pour l'industrie et pour l'agriculture.

Le sang n'est utilisé que dans une mesure restreinte par l'industrie, qui l'emploie pour la clarification des liquides et pour la préparation de l'albumine; il n'entre que pour une faible proportion dans l'alimentation de l'homme et des animaux. La plus grande partie est transformée en sang desséché et livrée à l'agriculture. Les matières cornées servent pour la confection de divers ustensiles et les débris de l'industrie qui traite ces matières retournent à l'agriculture; une autre partie est transformée directement en engrais.

La peau est employée pour faire des cuirs, mais les résidus laissés pendant le cours de cette fabrication, poils, rognures diverses, retournent au sol ainsi que les vieux cuirs hors d'usage. La laine, travaillée pour la confection des tissus, laisse à l'agriculture des déchets de fabrication; les vieux chiffons eux-mêmes sont utilisés.

Les os sont pris également par l'industrie qui s'en sert principalement pour la fabrication du noir animal destiné à la décoloration des jus sucrés et qui n'est pas perdu pour l'agriculture, puisque les noirs qui sont hors d'usage sont employés comme engrais. Les os servent aussi à l'extraction de la gélatine; l'azote en est ainsi enlevé et les os dégélatinés, qui ne contiennent presque plus que des phosphates, retournent seuls à la culture.

Souvent encore les os avec l'azote qu'ils renferment vont directement aux fabriques d'engrais. Enfin, quoique la chair proprement dite soit le plus souvent consommée, une notable partie est transformée en viande desséchée, qu'elle provienne soit de débris non utilisables, soit d'animaux morts de maladie ou non comestibles; une partie des viscères se range dans cette dernière catégorie.

L'agriculture profite donc dans une large mesure des matières animales qui n'ont pas une utilisation dans l'alimentation ou l'industrie.

Il existe en outre de vastes pays où la valeur de la viande comme aliment est très inférieure par suite de l'absence de population, et où souvent on trouve intérêt à transformer en engrais la totalité des animaux abattus. Ces circonstances se réalisent dans certaines contrées de l'Amérique où de nombreux troupeaux concentrent dans leurs tissus les matières fertilisantes disséminées sur de larges surfaces et où la population humaine est impuissante à consommer toute la matière animale produite. La valeur des animaux y est extrêmement minime et la préparation des engrais peut se faire à défaut de l'utilisation pour la nourriture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces engrais, réduits par la dessiccation à un très haut degré de concentration, sont facilement expédiés à de grandes distances.

Mais ce n'est pas seulement des animaux terrestres qu'on a pu tirer parti: les poissons qu'on prend en si grande abondance sur le littoral de certains pays nous fournissent également un engrais riche en azote et en acide phosphorique. Tantôt les engrais de poissons sont fournis par la totalité du corps de l'animal, la production de l'engrais étant le but principal de la pêche; tantôt leur fabrication est une industrie accessoire à celle de la préparation des produits alimentaires; ce sont alors les parties non comestibles qui sont seules utilisées pour cet usage.

La composition de la chair des poissons et celle de leurs tissus ossseux se rapprochent beaucoup de la composition des tissus correspondants de mammifères. Cependant la chair, généralement un peu plus pauvre en azote, est plus riche en phosphate.

L'utilisation des animaux marins constitue une véritable exploitation de la mer au profit des continents qui s'enrichissent ainsi des éléments que l'animal avait puisés dans son alimentation marine.

Enfin nous trouvons une source importante de matières fertilisantes dans les guanos, engrais puissant déposé en certains lieux par les oiseaux marins. Ceux-ci vont chercher dans la mer une nourriture animale très riche en azote et en acide phosphorique et concentrent ces deux éléments dans leurs déjections, qui, accumulées et mêlées à leurs cadavres mêmes, constituent dans les régions équatoriales d'immenses gisements, dont l'agriculture européenne tire un large profit.

Nous passerons en revue les diverses matières animales que nous venons d'énumérer:

Sang. — Parmi ces déchets animaux, le sang occupe une place très importante; on peut estimer par exemple que l'abattoir de la Villette déverse annuellement plus de 8 à 10 millions de kilogrammes de sang, représentant environ 250,000 kilogrammes d'azote, 3,500 kilogrammes d'acide phosphorique et 5,000 kilogrammes de potasse. De nombreuses et importantes maisons ont créé des usines qui traitent ce sang et l'amènent, par une série d'opérations, sous une forme très concentrée et transportable.

L'une d'elles par exemple, la maison Bourgeois jeune, d'Ivry, livre à la culture 3 millions de kilogrammes de sang desséché, dosant 11 à 12 p. 100 d'azote. Elle recueille le sang, non seulement dans les abattoirs de Paris, mais dans ceux de quarante villes de France; de ce sang recueilli on retire plusieurs produits, par exemple, le sang dit *cristallisé*, utilisé par les raffineries de sucre, l'albumine pour impression sur étoffe, la poudre clarifiante.

La manipulation de ces grandes quantités de sang n'est pas sans danger pour l'hygiène publique; les procédés employés pour la coagulation, la dessiccation et la mouture paraissent aujourd'hui assez satisfaisants pour écarter tout danger; on obtient du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même coup un engrais très riche et on débarrasse les villes d'un produit encombrant et malsain.

La manipulation du sang produisant des dégagements d'odeurs fétides, l'administration impose aux fabricants des grandes villes l'emploi du sulfate de protoxyde de fer, obtenu par le mélange du sulfate de fer, de l'acide sulfurique et du nitrate de soude. On est ainsi conduit à une coagulation rapide et à une désinfection complète; la dessiccation s'opère par pression, puis par étuvage.

Viande et chair. — Généralement les industriels qui traitent le sang des abattoirs traitent également les viandes d'équarrissage dont les chevaux fournissent le contingent le plus important. On sépare les pieds, les crins et les cuirs des cadavres, puis les chairs sont soumises à la cuisson par la vapeur; les graisses qui surnagent sont utilisées par les savonneries; les os sont séparés des viandes; ces dernières sont séchées dans des étuves et réduites en poudres plus ou moins fines, qui contiennent de 9 à 11 p. 100 d'azote avec des proportions très variables d'acide phosphorique (1 à 10 p. 100); l'examen de ces produits nous montre que la graisse, dont la présence retarde la décomposition de l'engrais, est dans presque tous les cas parfaitement éliminée.

Cette fabrication de viande desséchée prend dans certains pays une importance considérable, là, par exemple, où les animaux ont une valeur extrêmement minime; c'est ainsi que l'Amérique du Sud expédie en Europe de grandes quantités de résidus de chairs desséchées provenant de la fabrication de l'extrait Liebig et connus sous le nom de *guano de Fray-Bentos*. La maison Armour et C^ie^, de Chicago, expose dans la section des États-Unis d'Amérique des échantillons très intéressants d'engrais animaux; cette maison est la plus importante qui existe pour l'abatage des bœufs, porcs, etc.; elle emploie les résidus de ces abatages, os, cornes, viandes desséchées, etc., à faire des engrais en poudre d'excellente qualité.

Cette industrie, si importante aux environs des grandes villes et des grands centres de consommation, doit aussi trouver sa place dans les petites villes de province, et l'on ne saurait trop encourager les industriels modestes qui cherchent à tirer parti, au profit de l'agriculture, de tous ces résidus que l'on voit le plus souvent dispersés dans les fleuves au grand détriment de la salubrité des villes. Aussi a-t-on voulu attribuer des récompenses aux fabricants qui se sont établis dans ce but, tels que MM. Merlin à Sens, Martin à Perpignan, Hyvert à Carcassonne, Durand à Béziers, etc.

Déchets divers. — Ce n'est pas seulement le sang et les résidus d'équarrissage qu'on cherche à transformer en engrais; ce sont encore des débris d'origine animale, ayant déjà été utilisés, tels, par exemple, que les déchets de cuir, les déchets de laine, plumes, poils, crins, cornes, bourres, etc.; quelquefois ces produits sont traités séparément et désagrégés par la vapeur surchauffée ou par la torréfaction et fournissent les cornes et les cuirs torréfiés; d'autres fois le mélange en est réuni et traité par les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mêmes procédés pour fournir un produit connu sous le nom de *matières animales désagrégées*.

Pour montrer jusqu'à quel point l'on pousse l'utilisation des déchets accumulés dans les villes, citons ce fait curieux qu'une importante maison (Delaunay et C^ie^) fait entrer dans sa fabrication les vêtements recueillis à la Morgue. Nous reproduisons ici les détails relatifs à l'installation de cette usine qui peut servir de type pour le traitement des déchets animaux divers :

« Le but principal de la maison Delaunay et C^ie^, dont le siège est à Paris, 14, quai d'Orléans, est le traitement des détritus animaux et végétaux, pour la fabrication des engrais azotés et l'utilisation aussi complète que possible des déchets de cette fabrication.

« Les matières premières arrivant à l'usine sous des formes différentes, qui imposent des procédés opératoires distincts, ont été classées en deux grandes catégories générales : 1° les détritus de forme résistante, tels que cornes, ergots, déchets de fabrication d'articles en os, cuirs provenant des tanneries, des articles de cordonnerie ou apportés sous forme de vieilles chaussures, etc., 2° les débris de tissus ou de matières textiles, tels que chiffons de laine pure ou de laine et de coton, bourres, poils, feutres, etc.

« Avant d'indiquer le travail général qu'ont à subir les matières de la première série, notons un travail qui donnera une idée des précautions prises, dans l'usine dont nous parlons, pour tirer parti de tous les déchets, afin de diminuer d'autant, au profit de l'agriculture, le prix de revient des produits fabriqués.

« Les vieilles chaussures, avant d'être soumises à la suite des opérations qui les transformeront en engrais organiques, sont soigneusement examinées.

« Les contreforts, s'ils se trouvent en état de conservation suffisante, sont mis de côté, classés par pointures, séparés par douzaines, aussi bien que les semelles, qu'on recoupe généralement à l'emporte-pièce, pour supprimer les parties détériorées par la couture ou par les chevilles, et le tout est conservé en magasin pour être livré aux fabricants de chaussures à bon marché.

« Ce sont, du reste, d'excellentes matières premières, à qui l'usage même a donné de grandes qualités de souplesse, et dont la ténacité est infiniment supérieure à celle des cartons et autres matières dont on fourre trop souvent les semelles neuves.

« Toutes les parties utilisables à un titre quelconque : clous, œillets, boutons, etc., sont également mises à part.

« Il en est de même du caoutchouc, après qu'une opération spéciale l'a débarrassé des fils de coton dont il est généralement enveloppé, et des doublures en étoffe de coton, qui sont réservées à la fabrication du papier.

« Quand les matières de la première série ont subi ce triage, elles sont chargées sur des wagonnets à jour et, après avoir été pesées, sont transportées, par les voies ferrées qui sillonnent toute l'usine, dans deux énormes cylindres métalliques de 1 m. 75

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de diamètre à la base et de 6 mètres de longueur, où elles sont torréfiées par la vapeur, avec dégagement d'acide sulfhydrique.

« L'eau provenant de la condensation de la vapeur est saisie par un monte-jus qui la transporte dans des bassins où elle est purifiée avant d'être rejetée à la Seine, tandis que les gaz sont brûlés intégralement dans des foyers spéciaux.

« Après avoir subi cette première préparation, les matières sont extraites des wagonnets, placées dans d'autres wagonnets munis de châssis et introduites dans deux tunnels où des ventilateurs puissants projettent des courants d'air chaud.

« Le plus grand de ces appareils ne fournit pas moins de 10 mètres cubes d'air par seconde.

« Les gaz qui se développent en grande quantité dans les tunnels sont soigneusement brûlés à leur sortie, toujours pour obéir à cette préoccupation hygiénique que nous avons signalée déjà.

« Quand les opérations précédentes n'ont pas donné aux produits le degré voulu de siccité, on achève de les dessécher dans quatre tourailles spéciales, et l'on peut ensuite les soumettre à une dernière opération, celle du broyage.

« Aux broyeurs employés dans l'usine, sont annexés des sasseurs munis de toiles métalliques qui donnent la matière à divers états de division et en séparent les fragments qui ont résisté aux opérations précédentes, notamment les clous, qui sont encore mis à part.

« Les matières de la deuxième catégorie : chiffons de laine, de laine et coton, feutres, poils, etc., sont introduites dans deux cylindres tournants, d'où la matière animale, après avoir subi une sorte de fusion, est rejetée dans deux réservoirs, évaporée dans le vide et finalement amenée à la consistance du goudron : c'est l'azotine, celle de toutes les matières connues qui a réalisé de la façon la plus complète, au profit de l'agriculture, le grand problème de l'azote organique soluble et assimilable.

« Après avoir été soumise, dans une étuve spéciale, à une dessiccation très complète, l'azotine est pulvérisée et peut être dès lors livrée pour être employée directement comme engrais, ou entrer, comme matière première, dans la préparation d'engrais composés. »

Sans insister davantage sur ces traitements des matières animales qui sont ou chimiques (dissolution par l'acide sulfurique), ou mécaniques (torréfaction et vapeur surchauffée), disons seulement que les produits présentés par l'industrie des engrais ne laissent en général rien à désirer au point de vue de la siccité, de la pulvérisation et de la facile conservation. Mais nous devons à la vérité de déclarer ici que le prix de l'azote organique est beaucoup trop élevé par rapport à celui de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal. Tandis que le cours de ces derniers est allé sans cesse décroissant, celui du premier est au contraire resté stationnaire; il n'est pas logique de payer cet azote plus cher que l'azote minéral des sels; à notre sens, ces engrais organiques sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vendus trop cher aux agriculteurs, et nous désirerions voir cesser cet état de choses qui, s'il se perpétuait, ne tarderait pas à détourner de l'emploi de ces utiles produits organiques.

Déchets de poissons. — Nous venons de parler des débris laissés par les cadavres des animaux terrestres : on tire encore parti des poissons. Sur certaines côtes, la pêche prend des proportions énormes; les poissons préparés en vue de la conservation ou de l'extraction de l'huile laissent des déchets qu'on utilise comme engrais. Souvent même la pêche a pour but unique la fabrication de véritable guano : c'est à Ch. de Molon et Rohart qu'on doit l'initiative de cette industrie aujourd'hui florissante. En France, le traitement des déchets de poissons n'a pas encore pris toute l'extension qu'il pourrait prendre; cependant nous devons signaler les produits présentés par M. Laureau, avec le rapport descriptif qui les accompagne :

« M. Jules Laureau expose des engrais dont les matières premières naturelles sont des poissons entiers ou des débris de poissons, et des plantes marines.

« Sur les côtes de la Bretagne ces matières sont abondantes ; des grèves et des ports de la Manche en fournissent aussi leur contingent, sans parler d'autres provenances assez importantes. De l'ensemble on pourrait retirer chaque année plus de 20,000 tonnes de poissons et de 80,000 tonnes de plantes marines grasses appelées *goémon*.

« Les débris de poissons sont fournis à l'époque des pêches de la sardine et du thon par les nombreuses fabriques de conserves alimentaires de poisson réparties sur la côte. Les poissons entiers sont procurés par des pêcheurs qui arrivent parfois avec le produit de leur pêche avarié par l'effet de l'entassement et de la chaleur. Des poissons entiers, tels notamment que les harengs, sont, à certaines époques, rebutés par des industriels qui en ont fait des salaisons mal réussies ou de mauvaises ventes, et dont il faut qu'ils se débarrassent à tout prix, pour faire place à des poissons frais. D'autres poissons entiers, d'une grande abondance trop peu remarquée, pourraient provenir de pêches spéciales faites de poissons voraces, destructeurs, mais non comestibles, qui trop souvent entravent les pêches et que les pêcheurs de profession auraient un intérêt double à détruire, s'ils en avaient le placement, même à prix modique, car la destruction de ces fauves de la mer rendrait le poisson comestible plus abondant et plus facile à prendre.

« Les plantes marines sont, à l'état d'épaves, amenées sur les grèves à la pointe des flots. Exposées et séchées à l'air, puis entassées, elles sont d'une conservation indéfinie. On pourrait en récolter à basse mer sur les rochers où elles croissent rapidement et à profusion en se conformant à certains règlements administratifs.

« Plantes marines et poissons sont donc très abondants et d'autant plus faciles à se procurer qu'ils sont presque délaissés. C'est à les recueillir et à les utiliser que M. Laureau s'est consacré depuis plusieurs années.

« Avec les poissons et les plantes marines on a tout ce dont l'agriculture a besoin en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

engrais : azote, acide phosphorique, potasse, soude, magnésie, chlore, soufre, humus, etc.

« On peut obtenir ces éléments de fertilité à tous les états voulus par les agriculteurs, en combinaisons organiques ou purement chimiques : azote ammoniacal, nitrique ou organique; acide phosphorique tribasique, bicalcique ou monocalcique; alcalis en combinaisons avec la matière organique ou les acides minéraux. On peut aussi satisfaire à toutes les formules, à tous les besoins du commerce des engrais, à toutes les demandes des cultivateurs : en un mot, on peut faire avec ces matières fertilisantes de la mer *tous les engrais possibles*.

« La richesse fertilisante dans les poissons est représentée par une proportion d'azote de 4 à 11 p. 100 et de 20 à 30 p. 100 d'acide phosphorique : la proportion varie selon celle de la chair, qui donne l'azote, et celle des os ou arêtes, qui donnent l'acide phosphorique. Dans le goémon séché et conservé à l'air, l'azote est de 1 à 2 p. 100, les sels alcalins de 20 à 30 p. 100. Les cendres de ces plantes marines ont de 10 à 20 p. 100 de potasse.

« M. Laureau tire parti de ces matières marines en en composant trois principaux genres d'engrais :

« 1^er^ GENRE : TOURTEAU DE POISSON. — Ce tourteau est la matière presque sèche qui reste sous une presse, après que d'une chaudière on retire l'huile du poisson qui surnage (qui a son placement assuré dans l'industrie), et que par compression on a extrait l'eau saumâtre et animalisée, cette eau ayant son emploi recherché dans les cultures du voisinage. Le tourteau de poisson, comme le montre l'exposition de M. Laureau, est en pains entiers ou en pains divisés par morceaux, ou en poudre plus ou moins fine.

« Ce tourteau contient : azote, 5 à 6 p. 100; acide phosphorique, 9 à 11 p. 100; eau, 15 p. 100 environ, et le surplus en matière organique.

« 2^e^ GENRE : GOÉMON, PLANTES MARINES DIVERSES. — Ce second engrais peut être expédié en branches, en vrac ou bottelé, avec 20 et 25 p. 100 d'eau; ou bien il est broyé en poudre et mis en sacs, après qu'on lui a retiré par le séchage en four spécial la presque totalité de son eau. Son dosage varie dans ces deux états de 1.50 à 2.50 p. 100 d'azote et de 4 à 6.50 p. 100 de potasse, sans compter divers sels et son utile matière organique. Nous ajoutons que le goémon, matière très hygrométrique, absorbe de 2.6 à 3 fois son poids de purin ou autre liquide à retenir et à concentrer.

« 3^e^ GENRE : ENGRAIS BRETON OU MIXTE, résultant du mélange des deux premiers genres. — L'engrais breton, composé partie de débris de poisson, partie de goémon, peut être fait à dosage constant, selon sa destination et la demande qui en est faite. Le plus souvent il comprend les éléments de fertilité comme le fumier normal des étables, mais en plus fortes proportions, ce qui le rend plus riche et de plus grand prix : ainsi on y introduit 3 à 4 p. 100 d'azote, 2 à 3 p. 100 d'acide phosphorique, 3 à 4 p. 100 de potasse. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais si nous voulons étudier cette fabrication des engrais de poisson, c'est dans l'exposition norvégienne que nous en trouverons des exemples frappants. Les maisons Foyn, à Taënsberg, Jensen, à Bretesnoë, Henningswier, à Lofoten, la Société pour la pêche à la baleine, à Finmarken, présentent toute la série des échantillons d'engrais de poissons :

	Azote.	Acide phosphorique.
Guanos de morue, dosant	7.5	14.5
Guanos de baleine, dosant	7.5	9.5
Os de baleine pulvérisés, dosant	3.0	25.0
Farine de baleine pour les bestiaux, dosant	11.5	1.5
Guanos de harengs, dosant	11.0	8.0

Ces engrais servent de base à des mélanges plus complexes, dans lesquels on fait entrer les sels potassiques.

La fabrication des guanos de poissons représente, comme valeur d'exportation annuelle, une somme variant de 900,000 à 1,400,000 francs. Les procédés de préparation se réduisent à la cuisson qui donne l'huile d'un côté et, de l'autre, une matière insoluble constituée par un mélange de tissus fibreux et osseux qu'on presse et qu'on dessèche.

Dans les usines les plus perfectionnées, on presse d'abord les poissons sous de puissantes presses hydrauliques qui enlèvent de l'huile et de l'eau, puis on achève le dégraissage par l'eau bouillante ; enfin on passe à l'autoclave pour obtenir la gélatine ; finalement, les tourteaux, après avoir subi une légère torréfaction, sont broyés et tamisés.

Les poudres qu'on livre au commerce sont très sèches et presque entièrement débarrassées d'huile ; elles constituent un engrais très apprécié et dont l'emploi, très répandu en Belgique, commence à pénétrer en France.

Guanos. — Les produits provenant de poissons frais tendent, dirait-on, à prendre la place d'un produit qui autrefois a joui d'une grande vogue : les guanos naturels, provenant eux aussi de la consommation des poissons par les oiseaux marins. La diminution de la richesse en azote de guanos naturels, l'extension de l'emploi et de la fabrication des engrais chimiques, le prix relativement élevé des premiers par rapport aux seconds, enfin les fraudes scandaleuses qui se sont produites sous le couvert de ce qualificatif, ont fait cesser l'engouement dont les agriculteurs s'étaient pris pour ce produit, dans les premières années de son importation. Tandis que, dans les expositions antérieures, nous voyons les guanos occuper une place très importante (Ollendorf, Dreyfus, etc.), nous avons été au contraire très surpris, en 1889, de les voir, pour ainsi dire, briller par leur absence. Seuls MM. Dior, de Nantes, la Mexican phosphat C° de San Fran-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cisco, la London Manure C° de Londres, nous présentent des guanos naturels ou des engrais à base de guano.

Si les guanos naturels ont eu au début une vogue exagérée, il ne convient pas cependant de négliger leur utilisation, car ils constituent un engrais à la fois azoté et phosphaté de premier ordre.

Les derniers produits que nous venons d'examiner ne sont pas des engrais exclusivement azotés, ils sont souvent accompagnés de quantités importantes d'acide phosphorique, mais c'est l'azote qui en constitue la principale valeur.

Tourteaux. — Il en est de même d'un autre produit qui appartient à la catégorie des déchets végétaux, mais qu'on peut cependant rapprocher des précédents; ce sont les tourteaux de graines oléagineuses qui sont utilisés, soit comme aliment, soit comme engrais. L'extraction de l'huile de graines exotiques a pris à Marseille une importance énorme; la production des tourteaux dépasse annuellement 20 millions de kilogrammes. Soit comme aliment, soit comme engrais, ce traitement de graines exotiques a pour heureux résultat d'amener sur notre sol les éléments fertilisants empruntés à des pays lointains.

Au point de vue des engrais qui nous intéresse surtout ici, nous avons à signaler l'exposition de tourteaux sulfurés de M. L. Guys, de Marseille. Cet intelligent industriel a installé une usine importante qui a pour but d'enlever aux tourteaux, particulièrement aux tourteaux de sésame, l'huile qui reste après l'expression (environ 8 à 10 p. 100) et dont l'industrie bénéficie. Quant au tourteau, le départ de l'huile l'enrichit d'autant; les éléments fertilisants s'y trouvent, en outre, à un état plus assimilable; enfin le sulfure de carbone qui peut y rester n'est pas sans utilité pour éloigner les insectes du sol. Cette industrie est donc intéressante à bien des points de vue.

II. ENGRAIS PHOSPHATÉS.

Parmi les engrais dont l'emploi a été jugé nécessaire pour compléter l'action du fumier de ferme, les phosphates sont ceux dont la production et l'utilisation ont le plus augmenté dans ces dernières années. On observe en effet qu'un grand nombre de terres ne contiennent pas une quantité suffisante d'acide phosphorique, et que l'apport peu dispendieux de cet élément y produit des résultats surprenants. Dans les régions granitiques par exemple, qui occupent le cinquième du territoire français, le phosphatage est de toute nécessité, pour augmenter la fertilité du sol.

En 1856, Élie de Beaumont appela l'attention sur les gisements de phosphate et fut l'initiateur d'un grand mouvement qui ne s'est pas encore ralenti et auquel prirent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surtout part MM. Nesbit, Meugy, Delanoue, Poumarède, de Molon, etc. Nous n'avons pas ici à faire l'historique de cette question, mais à nous occuper seulement des formes sous lesquelles les fabricants d'engrais présentent cet élément aux agriculteurs.

C'est à trois sources principales qu'on emprunte l'acide phosphorique :

1° Aux phosphates d'origine animale;

2° Aux phosphates extraits du sein de la terre;

3° Aux phosphates métallurgiques.

Phosphates d'origine animale. — Nous avons précédemment étudié les engrais azotés fabriqués à l'aide des déchets animaux; ces derniers fournissent, en outre, des produits riches en acide phosphorique, tels que les os.

Poudres d'os. — Ces os sont recueillis avec beaucoup de soin dans les boucheries, dans les ménages, dans les ateliers d'équarrissage, et deviennent l'objet d'un commerce important; ceux qui ont une dimension et une dureté suffisantes sont employés à la fabrication de divers ustensiles; les déchets de ces industries (sciure et râpure, tournures) font retour à l'agriculture. Une autre partie des os, les gros os (tibia, fémur, etc.) servent à la fabrication du noir animal; mais la majeure partie sert à l'extraction de la gélatine.

L'os brut ou vert est un engrais à la fois azoté (4 à 6 p. 100 d'azote) et phosphaté (20 à 25 p. 100 d'acide phosphorique). Mais deux considérations entravent son utilisation directe. La première est d'ordre économique : au lieu de vendre à l'agriculture la matière organique azotée, on trouve beaucoup plus avantageux de la vendre à l'industrie qui la paye beaucoup plus cher, soit sous forme de noir animal, soit sous forme de gélatine. La seconde est d'ordre mécanique: la pulvérisation de l'os brut, même après dégraissage, est extrêmement difficile.

Cependant certaines usines s'attachent à conserver l'os naturel à la culture (Xardel, Pilon, Coignet, etc.), et savent fabriquer d'excellents engrais très appréciés et d'une action très rapide. En Angleterre, la poudre d'os est d'un emploi presque populaire, et le traitement de ces os bruts est arrivé au dernier degré de perfection. La maison Edward Cook et C^ie^ nous présente des *bones manure* (engrais d'os) et des *dissolved bones* (os dissous) très remarquables. Faisons observer en passant que l'usage se perpétue dans ce pays d'exprimer le titre des matières fertilisantes en ammoniaque et non pas en azote, en phosphate et non pas en acide phosphorique.

En France, le commerce des poudres d'os dégraissés est peu important, l'os servant de matière première à deux industries plus rémunératrices, celle de la gélatine et celle du noir animal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Os dégélatinés. — La première, après avoir débarrassé l'os de la matière grasse qui l'imprègne, au moyen de l'eau bouillante ou de la benzine, transforme ensuite la matière azotée ou osséine en gélatine ou colle-forte, et laisse comme résidu utilisable par l'agriculture l'os dégélatiné qui se réduit très facilement en une poudre d'une extrême finesse, dosant 60 à 70 p. 100 de phosphate de chaux. Des produits de ce genre ont été présentés par les maisons Tancrède, Coignet, Pilon, Jacquemier, etc; leur usage est très répandu malgré la concurrence que leur font les phosphates minéraux.

Noir animal. — Dans la fabrication du noir animal, que la maison Xardel est une des premières à avoir inaugurée, l'os brut est carbonisé en vases clos dans des cornues placées dans des fours à réverbère. Le noir animal qu'on obtient ainsi, ou noir vierge, est rarement employé par l'agriculture, mais par les sucreries et les raffineries qui, après en avoir utilisé les propriétés décolorantes, le livrent à l'agriculture. Ces noirs ont été les premiers engrais phosphatés employés en Bretagne; c'est grâce à leur intervention qu'on a pu transformer en terres arables des landes infertiles.

Phosphates minéraux. — L'os était autrefois le seul engrais phosphaté dont disposât l'agriculture, mais la découverte des gisements de phosphates minéraux et leur exploitation de jour en jour plus grande ont singulièrement diminué l'importance de cette source d'acide phosphorique.

Les phosphates se rencontrent dans presque tous les étages géologiques : dans les terrains primitifs, nous trouvons les immenses gisements d'apatites du Canada, ceux de Norvège, qui ont eu une période d'exploitation très active; dans les terrains de transition et le dévonien, les amas d'apatites du Nassau et de l'Estramadure; dans le lias, de nombreux gisements sont exploités (Côte-d'Or); l'étage oolithique nous offre les gîtes du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, Aveyron). C'est surtout le terrain crétacé qui est le grand réservoir de l'acide phosphorique; presque tous ses calcaires sont phosphatifères de bas en haut. Dans le néocomien, on rencontre les gisements du Gard; mais c'est l'étage albien qui, jusqu'à ce jour, a fourni les quantités les plus considérables de phosphates minéraux. Partout où cet étage affleure (sables verts, gaize, gault), on rencontre le phosphate. C'est ainsi que M. G. Weterlé a découvert dans la province de Constantine, à Souk-Ahras, un gisement de phosphates constitué par des nodules du grès vert que l'on retrouve sur une longue zone traversant l'Algérie et s'étendant jusqu'en Tunisie. Cette importante découverte, qui fait le plus grand honneur à son auteur, est de nature à augmenter la fertilité du sol de notre belle colonie.

Enfin, dans ces dernières années, on a mis à jour de très importantes accumulations de phosphates dans l'étage cénomanien et surtout dans l'étage sénonien, sous forme de sables et de craies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut résumer dans un tableau la situation des divers gisements de notre pays :

- Crétacé.....
  - Danien.
  - Sénonien.
    - Oise (Breteuil).
    - Somme (Doullens et Hallencourt).
    - Pas-de-Calais (Orville).
    - Nord (Quiévy).
  - Turonien.
  - Cénomanien (Pernes-en-Artois).
- Infracrétacé...
  - Albien..
    - Gault (Cher, Marne, Pas-de-Calais).
    - Sables verts (Ardennes, Meuse).
    - Grès vert (Ardèche, Drôme, Vaucluse, Yonne).
  - Aptien.
  - Urgonien.
  - Néocomien (Gard).
- Jurassique....
  - Oolithe inférieur (Aveyron, Lot, Tarn).
  - Lias (Côte-d'Or, Indre, Haute-Saône, Vosges).

Ce n'est pas ici le cas de faire l'étude de ces divers gisements; nous renvoyons à la publication si remarquable du Ministère des travaux publics, la *Statistique des phosphates de chaux*.

Nous ne nous étendrons pas sur les gisements de l'étage albien, non plus que sur ceux de l'étage oolithique; ils sont exploités avec habileté par d'importants industriels (Desailly, Lagache et Joulie, Fould Dupont, Société de Saint-Gobain, Berthier, Pillet et Buffon, etc.) et les procédés d'extraction, de lavage, de monture, sont depuis longtemps connus. Disons seulement que de plus en plus on attache de l'importance à la pulvérisation des phosphates, et que l'usage de joindre à la garantie de composition chimique celle du degré de finesse ne tardera pas à se généraliser et constituera un très réel progrès dans le commerce de ces produits.

Toute l'activité s'est portée dans ces dernières années sur les gîtes nouveaux du cénomanien et du sénonien. Dans le cénomanien, la Société de Pernes-en-Artois exploite des nodules empâtés d'une craie glauconieuse, d'une richesse assez grande et d'une assez grande friabilité; la potasse qui accompagne l'acide phosphorique, se trouvant à l'état de silicate, n'est nullement assimilable et par conséquent sans valeur agricole. La Société de Pernes, qui occupe environ 300 ouvriers, a installé un puits avec cage guidée et machine à vapeur, et pousse son extraction jusqu'à 30 mètres de profondeur.

C'est l'étage crayeux du sénonien qui offre aujourd'hui les plus considérables gisements d'acide phosphorique. Ils ont été signalés par M. de Mercey, en 1863 et en 1867; mais il appartient à M. Merle, géologue de l'Indre, agissant comme représentant et associé de M. Poncin, géologue de Lyon, d'avoir reconnu la richesse des sables phosphatés et d'en avoir provoqué l'exploitation. Nous devons ici rendre hommage à ces infatigables chercheurs qui ont découvert dans le Nord, dans la Somme et dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'Indre, de nombreux gîtes de phosphates et enrichi notre pays par leurs beaux travaux. Dès lors, un grand nombre de compagnies françaises, belges et anglaises, se sont disputé la possession et l'exploitation de ces phosphates; nous citerons, entre autres, les maisons Berthier, Desailly, la Société des phosphates de Pernes, la Société des phosphates de l'Oise, M. Boitel, à Hardivilliers, etc.

Ces phosphates se divisent en deux groupes bien distincts :

1° *Les phosphates arénacés* (Doullens et Beauval) qui se rencontrent dans des poches coniques, dont la contenance peut varier de 25 à 500 mètres cubes. Le sable phosphaté très riche en acide phosphorique, d'une extraction facile, est surtout utilisé à la fabrication des superphosphates. Des expériences nombreuses démontrent en effet que leur emploi direct est peu avantageux, et les études cristallographiques qu'on en a faites les rattachent à la classe des phosphates cristallisés. Leur richesse en acide phosphorique d'une part, leur faible teneur en fer, alumine et carbonate de chaux, d'autre part, en font une matière première excellente pour la fabrication des superphosphates.

2° *La craie phosphatée* occupe dans le sénonien d'immenses étendues, mais sa richesse est en général trop faible pour que l'exploitation en soit fructueuse; elle dépasse rarement 30 p. 100 de phosphate et varie ordinairement de 12 à 24; elle n'est exploitée activement qu'à Breteuil et à Hallencourt. Cette craie phosphatée offre une source énorme d'acide phosphorique; mais son utilisation intégrale ne sera permise que si l'on parvient, par des procédés pratiques, à enrichir ce produit en le débarrassant des matières encombrantes et particulièrement du carbonate de chaux qui l'accompagnent et qui rendent son transport trop onéreux, et la transformation en superphosphate peu avantageuse.

Les industriels qui ont exposé leurs produits (Société des produits chimiques de Saint-Denis, Desailly, Boitel, Berthier, Pilet, etc.) parlent des efforts qu'ils ont tentés dans ce sens avec plus ou moins de succès; ils donnent peu de détails sur les procédés d'enrichissement qu'ils mettent en œuvre. Deux d'entre eux semblent plus couramment adoptés : l'un consiste à laver la matière pulvérisée de manière à entraîner le carbonate de chaux plus léger; l'autre à soumettre à la cuisson, dans des fours à chaux, la craie phosphatée qui perd ainsi environ 6 p. 100 de son poids; ce procédé semble préférable au premier.

Un gisement analogue à celui du sénonien de France est exploité en Belgique où la craie phosphatée occupe dans le bassin de Mons (à Ciply notamment) de puissantes assises, puisqu'elle affleure sur une surface d'au moins 250 hectares exploitables à ciel ouvert. On a calculé que le volume de la roche qu'on pourrait ainsi enlever est d'environ 20 millions de mètres cubes contenant plus de 7 millions de tonnes de phosphate de chaux.

Imprimerie nationale

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Léopold Bernard, dont les travaux ont vivement attiré l'attention du jury et ont valu à l'auteur le grand prix, a découvert à Mesvin-Ciply, au milieu de la craie grise de l'étage danien, des dépôts de phosphates riches et pulvérulents, analogues aux phosphates arénacés et dont le titre dépasse 70 p. 100. Ces phosphates riches ne se rencontrent que dans de rares localités (Mesvin-Ciply et Bois-d'Havré); c'est la craie qui constitue le grand gîte, capable de fournir pendant de longues années à toutes les demandes de l'exportation.

En Belgique peut-être plus qu'en France, on s'est attaché à enrichir les craies qui, à l'état naturel, ne sont ni transportables, ni susceptibles d'être transformées en superphosphate. A en croire l'exhibition des phosphatiers belges et les renseignements oraux ou verbaux qu'ils ont présentés, il semblerait que les résultats obtenus soient déjà très satisfaisants; nous voyons, par exemple, les maisons Solvay, Bernard, Falloise, etc., porter de 30 à 40 et même 50 p. 100 la teneur en phosphate de chaux.

Nous devons à l'obligeance de MM. Solvay des détails fort intéressants sur le mode de traitement de la craie et sur les procédés d'enrichissement inaugurés dans leurs importantes usines de Mesvin-Ciply, Spiennes, Orville, la Madeleine-les-Lille, Hamixem-les-Anvers. La publication *in extenso* de ces précieux documents est de nature à intéresser vivement ceux qui s'occupent de la question des phosphates.

Traitement de la craie de Ciply (usines Solvay).

« La craie brune phosphatée de Ciply constitue la couche supérieure du sénonien aux environs de Mons. Son affleurement décrit autour de cette ville, partant de Cuesmes à l'ouest et arrivant à Havré à l'est, en passant au sud par Ciply, Mesvin, Spiennes et Saint-Symphorien, une courbe de 15 kilomètres environ de longueur.

« L'épaisseur de la couche de la craie phosphatée varie de 2 à 8 mètres; elle renferme de 18 à 27 p. 100 de phosphate de chaux.

« La craie brune de Ciply est une roche à texture grossière, friable, d'une couleur gris brunâtre et dans laquelle on distingue facilement à l'œil nu des grains bruns qui sont du phosphate de chaux.

« A certains points et notamment à Mesvin, Spiennes, Saint-Symphorien et Havré, la craie grise recouverte par du sable a été enrichie par les eaux météoriques, c'est-à-dire que celles-ci ont peu à peu dissous le calcaire et laissé dans de nombreuses cavités, dites *poches*, le grain brun isolé qui constitue le phosphate riche des environs de Mons.

« Ainsi que l'a reconnu notre chimiste M. Ortlieb, ce phosphate est d'une nature particulière et il a pu lui assigner la formule ci-dessous et lui donner le nom de *ciplyte*,

$$PO^5 \left\{ \begin{array}{l} 2\,CaO \\ 2\,CaO \left(\begin{array}{l} FeO \\ Fe^2O^3 \end{array} \right) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \pm CO^2 \\ \pm SiO^2 \end{array}$$

formule dans laquelle la quantité de SiO^2 est complémentaire de celle de CO^2.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« La ciplyte est le phosphate de la craie grise de Ciply, Spiennes, Mesvin et du phosphate noir de Saint-Symphorien et du Bois-d'Havré.

« Autrefois et primitivement s'exploitaient à Ciply des nodules phosphatés qui, eux, appartiennent au contraire à la phosphorite ou phosphate de chaux tribasique ordinaire. Il en est de même des phosphates de Beauval et d'Orville.

« De la disposition du dépôt de la craie grise de Ciply entre deux poudingues phosphatés, de ses caractères paléontologiques caractérisant un littoral, de l'examen chimique et minéralogique des grains bruns de la ciplyte, nous sommes disposés à voir l'origine de la ciplyte dans un ancien gisement de guano remanié sur place. Ce guano était primitivement déposé sur la côte crayeuse formée par les assises de la craie blanche plus ancienne, dont la surface s'est imbibée des eaux phosphatées qui traversaient le guano en temps de pluie. Il n'est pas invraisemblable qu'un gravier crayeux séparait le guano de la roche en place; dès lors ce gravier, supposé, se trouvait dans d'excellentes conditions pour absorber la lessive phosphatée produite par la pluie en traversant la couche meuble.

« Le remaniement sur place de ce gravier phosphaté et la destruction par les flots des bancs durs ont donné naissance aux nodules des divers poudingues entre lesquels s'étend l'assise de la craie phosphatée de Ciply.

« Cet affaissement et cet envahissement par la mer mirent fin aux temps secondaires en Belgique.

« *Enrichissement artificiel.* — Ce phénomène d'enrichissement que la nature a accompli grâce au temps, l'industrie devait nécessairement chercher à le réaliser chaque jour et de nombreux essais ont été tentés pour produire la ciplyte.

« *Le 40 p. 100.* — En délayant de la craie brune dans de l'eau et en agitant vivement on constate que les petits grains bruns tombent rapidement au fond, tandis qu'il reste longtemps en suspension une poudre gris jaunâtre, très fine, très légère et que l'on sépare facilement par décantation.

« Mais cette séparation faite, on n'obtient pour la partie dense qu'un titre de 30 à 35 p. 100 de phosphate tribasique, que l'on amène à 40 à 42 p. 100 par un tamisage très fin.

« Depuis l'origine de l'exploitation de la craie brune de Ciply, c'est la méthode employée par tous les exploitants : enlever la folle farine soit par décantage dans des bacs à marche discontinue, soit par séchage préalable et insufflation d'un courant d'air, opérations suivies d'un tamisage à des toiles n^os^ 90 et 120.

« L'enlèvement de la folle farine étant une opération préliminaire nécessaire, nous nous sommes efforcés de la rendre la plus économique possible.

« Nous avons visé et nous pouvons dire que nous avons obtenu le meilleur rendement et le plus bas prix de revient par la colonne laveuse Solvay, à marche continue, bre-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vetée le 16 août 1882 et dans laquelle la séparation par ordre de densité s'opère d'une manière continue, le courant d'eau claire amené par le bas enlevant constamment par le haut la folle farine dont la séparation est facilitée par la hauteur de l'appareil.

« *Le 50/55. (procédé Bouchez).* — Sortant de la colonne Solvay, nous faisons passer le produit débarrassé de la folle farine à l'appareil Bouchez, appareil également continu et basé sur un principe intéressant à constater et dont l'application est assurément nouvelle et originale.

« Si dans un tube rempli d'eau on fait tomber du produit dense (le 40 p. 100) en tenant le tube verticalement, tout le produit tombe au fond sans classement appréciable.

« Au contraire si l'on incline le tube on voit deux courants s'établir nettement : sur la paroi inférieure glissent lentement les grains denses, brun foncé, riches, tandis que les grains plus légers, blanc grisâtre et pauvres sont enlevés rapidement par le contre-courant qui se forme au-dessus.

« Réunissons toute une série de tubes ou de plaques en cuivre, faisons classer ainsi successivement par plusieurs séries le phosphate venant de la colonne, soutirons par divers robinets adaptés à la plaque ou au tube inférieur, et nous aurons aux robinets n° 1 le phosphate le plus dense, du 55/60, aux n^{os} 2 du 50/55, aux n^{os} 3 du 45/50, tandis que le courant sortant enlèvera de l'appareil des schlamms dosant de 7 à 10 p. 100.

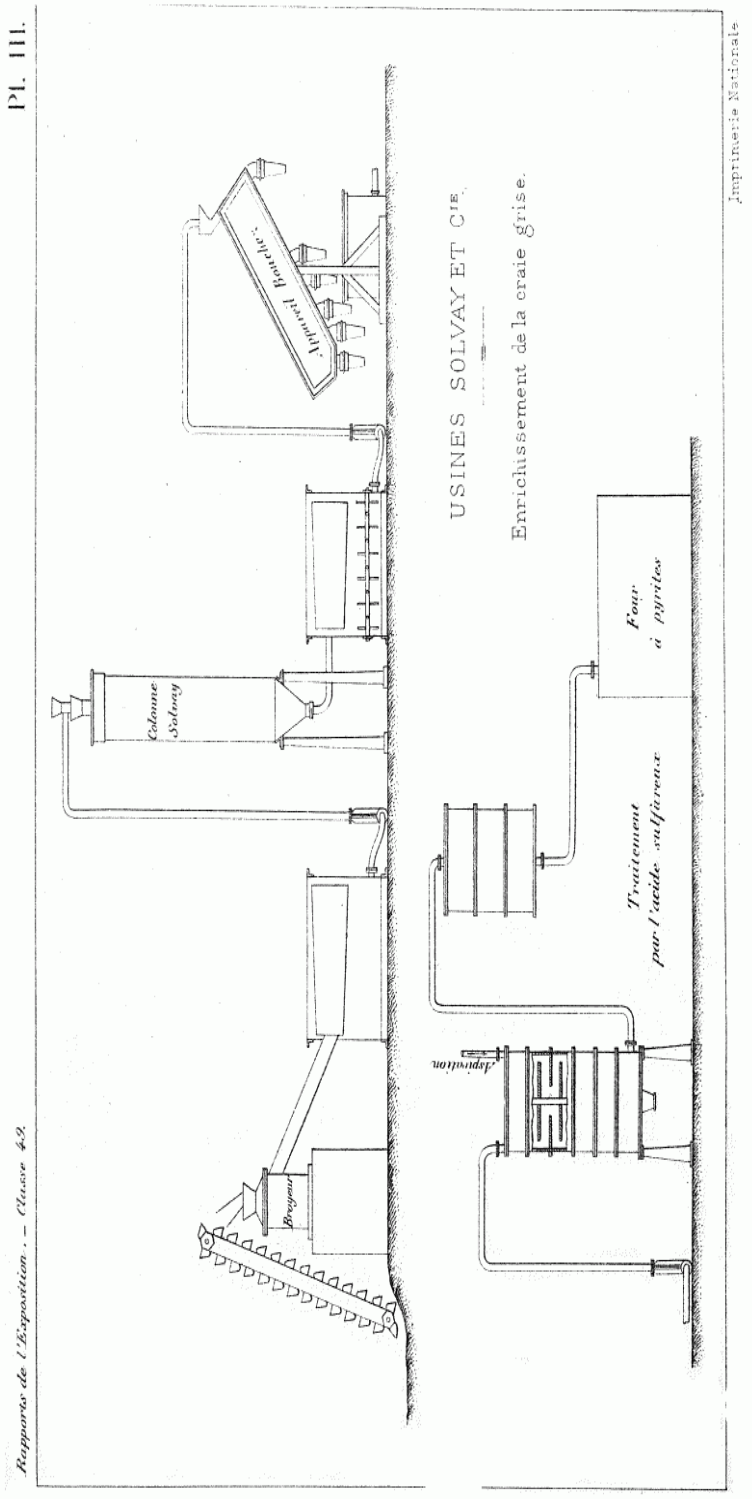
« Le procédé Bouchez permet donc d'obtenir la séparation de grains denses et riches, sans force mécanique, sans perte, d'une manière continue, donc économique.

« Au double point de vue de la vente et de notre consommation pour superphosphate, nous nous bornons à faire par le procédé Bouchez deux titres supérieurs : le 45/50 et le 50/55, dont voici les analyses :

	45/50	50/55
Eau	0.36	0.90
Insoluble	3.30	2.60
Matières organiques	2.50	4.08
Acide carbonique	15.70 = carbonate 35.64	14.90 = carbonate 33.86
Acide phosphorique	22.14 = phosphate 48.25	23.79 = phosphate 51.93
Fer et alumine	1.66	1.76
Chaux totale	50.72	49.10
Éléments non dosés	3.62	2.87
	100.00	100.00

« Comme on le voit le phosphate renferme peu de fer et d'alumine et la proportion de carbonate de chaux rentre dans les limites recherchées pour la fabrication du superphosphate.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Nous avons actuellement quatorze appareils Bouchez fonctionnant dans nos usines de Mesvin-Ciply, et nous comptons encore développer cette installation. (En janvier 1891 le nombre était porté à 19.)

« Afin de montrer la difficulté qui se présentait dans le classement par ordre de densité des différentes parties constituantes de la craie grise de Ciply, nous donnerons le tableau suivant :

	Densité.
Craie grisâtre brute en poudre	2.50
Folle farine	2.38
Schlamms des appareils Bouchez	2.44
40/45	2.56
45/50	2.63
50/55	2.68

« Ainsi qu'on le voit les différences sont très réduites dès que l'on a atteint le 40/45.

« *Le 60/65 (procédé Ortlieb).* — Nous avons constaté : 1° que le phosphate tribasique de chaux en suspension dans l'eau est attaqué et dissous par l'acide sulfureux; 2° que le carbonate de chaux dans les mêmes conditions est aussi attaqué et dissous par l'acide sulfureux; 3° que dans les deux cas il se forme du bisulfite de chaux qui entre en dissolution. Nous avons en outre découvert ce fait important que la ciplyte en suspension dans une dissolution de bisulfite de chaux n'est plus attaquée par l'acide sulfureux.

« Il en résulte que la dissolution du phosphate ne peut se faire en même temps que celle du carbonate, car celui-ci est tout d'abord attaqué et donne du bisulfite qui n'attaque plus la ciplyte.

« Nous prenons donc la craie brune de Ciply comme nous l'avons vu; nous enlevons la folle farine à la colonne laveuse, puis nous la faisons passer aux appareils Bouchez.

« Nous éliminons ainsi la plus grande partie du calcaire qui aurait absorbé inutilement l'agent chimique à l'aide duquel nous poursuivons l'enrichissement du phosphate de Ciply, c'est-à-dire l'acide sulfureux.

« Dans le premier mode d'opérer, dû à notre chimiste, M. Ortlieb, nous employions les gaz d'un four à pyrite, qui, passant à travers un absorbeur, donnent une solution d'acide sulfureux.

« Le phosphate à enrichir est introduit à la partie supérieure d'une colonne Solvay munie de plateaux alternativement libres à la circonférence et au centre, de telle façon qu'un arbre vertical placé au centre et armé de bras à la hauteur de chaque plateau fasse descendre le phosphate méthodiquement de chute en chute depuis le haut jusqu'en bas, en marchant de la circonférence au centre et du centre à la circonférence de chaque plateau. La solution de gaz sulfureux est introduite par le bas et marche à la rencontre du phosphate. Nous avons ainsi la continuité et la méthodicité assurées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Par le bas sort la ciplyte au titre variable de 60/65 p. 100, et par le haut s'échappe le bisulfite chargé de plus ou moins de sulfate de chaux suivant la quantité d'air qui dilue le gaz.

« Cette réaction est absolument complète à condition qu'il y ait assez d'eau pour dissoudre toute la craie à l'état de bisulfite.

« Ce bisulfite peut se vendre ou peut refournir la moitié de l'acide sulfureux qu'il renferme par la distillation.

« M. Ernest Solvay a perfectionné ce premier mode d'opérer en supprimant la distillation.

« L'opération n'est plus poussée jusqu'à la dissolution complète de la craie, mais jusqu'au monosulfite.

« Les appareils sont les mêmes; seulement nous opérons avec le minimum d'eau. Il en résulte que dans le bas de la colonne, se soutire encore la ciplyte; à l'arrivée de la solution du gaz sulfureux, qui se trouve toujours à la partie inférieure de la portion cylindrique de l'appareil, la craie est totalement dissoute et forme du bisulfite; mais celui-ci en montant rencontre un excès de craie qui réduit la solution à l'état de monosulfite insoluble. Celui-ci, très léger, est enlevé facilement par le courant ascendant.

« *Le phosphate précipité (procédé Ortlieb).* — En mettant la ciplyte obtenue par l'opération précédente dans une solution sulfureuse nouvelle, la ciplyte ne renfermant plus de calcaire en excès se trouvera seule dans la solution sulfureuse et ne sera plus préservée par la formation d'un bisulfite qui, précédemment, était fourni par le calcaire. La ciplyte entre donc en solution.

« Nous nous servons toujours des mêmes appareils, de la même colonne pour arriver à ce résultat.

« La solution phosphatique étant chauffée laisse s'échapper l'acide sulfureux, et le précipité est du phosphate dosant, comme l'échantillon que nous exposons le prouve, de 30 à 35 p. 100 d'acide phosphorique soluble dans le citrate neutre.

« Ce procédé s'applique naturellement aussi bien à tous les phosphates riches qu'à la ciplyte et notamment à ceux d'Orville et de la Somme.

« *Le superphosphate.* — Dans la fabrication du superphosphate nous n'avons poursuivi qu'un but : la continuité et, par conséquent, l'économie dans les opérations. Le phosphate brut est amené au sécheur mécanique qui le déverse dans un broyeur, d'où une chaîne à godets l'élève à un peseur automatique réglant le poids de chaque opération.

« Les citernes dans lesquelles se fait la prise du superphosphate se trouvent au niveau du sol. Le superphosphate est ainsi amené de plain pied à un sécheur mécanique, d'où un transporteur métallique l'emmène aux appareils de broyage et de tamisage.

« Notre usine de La Madeleine produira cette année 6,000 tonnes, Mesvin 8,000 et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hamixem 25.000. Au total nous fournirons donc à l'agriculture près de 40,000 tonnes de superphosphates. »

Phosphates de Mons. (*Statistique.*) — A l'effet de montrer combien rapide a été l'extension de l'exploitation des phosphates de Mons et de constater les conséquences de ce brusque accroissement de la production, nous terminerons en donnant ci-dessous quelques chiffres qu'il était intéressant, pensons-nous, de reproduire ici.

ANNÉES.	SIÈGES de PRODUCTION.	OUVRIERS.	TONNES.	PRIX DE VENTE par tonne du 40/46 calcareux.	PRIX DE VENTE par tonne de 55/60.
				francs.	francs.
1877.....	3	87	3,910	25	»
1878.....	3	127	5,720	30	»
1879.....	4	194	7,700	36	»
1880.....	4	309	15,745	Maximum 40	57
1881.....	9	350	30,000	36	Maximum 66
1882.....	9	480	41,050	30	55
1883.....	16	734	59,800	24	51
1884.....	32	683	69,720	22	46
1885.....	42	994	162,250	20	44
1886.....	29	1,122	145,520	18	42
1887.....	26	943	166,900	17	40
1888.....	26	888	190,000	17	40
1889.....	32	1,003	206,080	18	44

Si, pour la Belgique, les gîtes du sénonien constituent l'unique source d'acide phosphorique, hâtons-nous de dire que la France est beaucoup mieux dotée. Certes, les gisements du sénonien constituent un apport très sérieux à notre richesse en phosphates; mais l'étage albien qui est extrêmement développé sur notre territoire restera, pensons-nous, le grand fournisseur de phosphates; c'est à lui qu'on sera obligé de recourir et les exploitations de ce terrain qui, aujourd'hui, semblent péricliter, reprendront tôt ou tard toute leur importance.

L'activité fiévreuse que l'on apporte à l'exploitation des gisements phosphatés en France aurait tout lieu de nous satisfaire si nous examinions la question au seul point de vue industriel. Mais en l'envisageant au point de vue agricole, qui doit nous intéresser plus particulièrement, un sentiment de regret s'empare de notre esprit; nous voyons avec peine nos phosphates exportés en grande masse à l'étranger, alors que plus du cinquième de notre territoire manque d'acide phosphorique. Nous ne pouvons faire un crime à nos industriels de céder leurs produits à ceux qui les leur demandent, mais nous ne saurions trop recommander à nos agriculteurs de profiter de cette période d'exploitation active et économique pour enrichir leurs sols. Ce serait un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

malheur pour notre agriculture nationale de voir un engrais si précieux aller enrichir surtout des terres étrangères.

Phosphates métallurgiques. — On sait que depuis peu d'années, MM. Thomas et Gilchrist ont imaginé un ingénieux procédé pour débarrasser la fonte du phosphore qui accompagne les minerais de fer. Ce procédé consiste à oxyder le phosphore et à combiner l'acide phosphorique à la chaux pour former un laitier riche en acide phosphorique et connu sous le nom de *scorie de déphosphoration, phosphate Thomas*, ou *phosphate métallurgique*.

Comme il s'agit d'un engrais très important et dont la production est toute récente, il est intéressant de donner ici la description d'une opération de déphosphoration, telle que la décrit la Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est.

« La fabrication de l'acier par le procédé de déphosphoration se pratique dans un convertisseur Bessemer de la forme ordinaire, dont la garniture est en matière basique.

« Cette garniture se fait en dolomie frittée, broyée partie très fin, partie en gros grains et le tout malaxé avec environ 10 p. 100 de goudron de gaz anhydre. Cette matière est damée en pisé, ou l'on en fait des briques dans des moules en tôle dans lesquels on les fait sécher à une chaleur rouge sombre. Ces briques sont employées à joint sec dans le convertisseur.

« La dolomie employée donne à l'analyse la composition suivante :

Perte au feu	46.84 p. 100
Silice	0.50
Alumine et oxyde de fer	1.15
Chaux	31.50
Magnésie	20.25

« Les fontes traitées proviennent des minerais ordinaires. Notre Société possède à Jarville, près Nancy, quatre hauts fourneaux et une des meilleures mines de la contrée : la mine de Chavigny, bien connue par son minerai de composition toute particulière. Ce minerai ne demande pour la fabrication de la fonte pour fer aucune addition, il apporte tous les éléments de son fondant, d'où une très grande régularité dans les produits.

« Pour la fabrication de la fonte à acier, nous ajoutons à notre minerai du minerai manganésifère et de la castine. Notre minerai seul donne une fonte contenant 1.80 p. 100 de phosphore. Or cette teneur en phosphore, pour certaines fabrications d'aciers, est insuffisante et nous la portons à 2.25 p. 100 par l'addition de scories de fours à puddler.

« Nos fontes à acier sont classées en quatre numéros et chacune de ces divisions

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comprend deux classes : des fontes peu phosphoreuses et des fontes phosphoreuses. Ces fontes sont blanches, truitées blanches, ou truitées grises.

« A leur arrivée aux aciéries, elles sont mises en tas et, malgré que la division des fourneaux ait fait une analyse de la fonte, coulée par coulée, on fait une prise d'essai sur un tas de 300 à 400 tonnes, de manière à avoir bien exactement la composition moyenne de l'ensemble. Il est indispensable de faire des mélanges réguliers de manière à obtenir des opérations régulières et des produits réguliers.

« Suivant qu'il s'agit d'acier doux ou extra-doux, aciers spéciaux ou aciers pour rails, la composition de la charge employée varie entre les limites suivantes :

Silicium	0.50 à 0.70
Soufre	0.05 à 0.10
Phosphore	2.25 à 2.00
Manganèse	1.80 à 1.60

« Les charges varient de 8,000 à 9,000 kilogrammes et sont refondues au cubilot avec généralement 14 p. 100 de coke, de manière à obtenir une fonte bien liquide, bien chaude physiquement.

« Pour éviter la corrosion trop rapide dure vêtement basique du convertisseur, on fait dans celui-ci, avant d'y mettre la fonte, une addition de chaux, qui varie de 16 à 20 p. 100 de la charge en fonte.

« La chaux employée doit être très pure, peu ou point argileuse. Celle que nous traitons donne à l'analyse :

Perte au feu	2.59
Silice, oxyde de fer et alumine	1.55
Chaux	93.70
Magnésie	1.97

« Au moment de la coulée de la fonte dans le convertisseur, on prend un échantillon qui est coulé en coquille, puis trempé. La cassure de cette fonte donne déjà de nombreuses indications sur l'allure probable de l'opération.

« Quand on donne le vent et qu'on relève le convertisseur pour une charge en déphosphoration, on n'a pas de périodes d'étincelles comme dans le Bessemer ordinaire. La flamme sort immédiatement et toute violette pendant une ou deux minutes, puis elle verdit, jaunit et blanchit enfin sur la fin de la décarburation. On cherche à obtenir une scorie bien fluide et basique, le plus rapidement possible, de manière que le phosphore se combine même pendant la décarburation. Aussitôt le dard de la flamme tombé, ce qui accuse la fin de la décarburation, commence le sursoufflage; si l'opération est très chaude, des fumées blanches apparaissent au bout de une ou deux minutes. Ces fumées se sont épaissies et sont devenues rougeâtres : c'est alors que le fer et le manganèse se brûlent le plus et que la véritable déphosphoration

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'opère. Le sursoufflage est, d'ailleurs, une troisième période d'opération qui n'existe pas dans le Bessemer et qui caractérise le procédé de déphosphoration.

« On souffle de 8 à 12 minutes et le sursoufflage dure en outre de 2 1/2 à 4 minutes, suivant la teneur en silicium et la chaleur de la charge traitée.

« Aussitôt le convertisseur baissé, on prend un échantillon qui est, comme dans les opérations Martin-Siemens, martelé en une plaquette de 0 m. 005 à 0 m. 008 d'épaisseur. Cet échantillon est trempé et cassé en deux. Si la cassure présente un nerf brillant et allongé, l'opération est terminée; si la cassure présente de longs grains plats et très brillants, c'est que le sursoufflage a été insuffisant.

« La pratique est arrivée par les mélanges réguliers des fontes mises au cubilot, par la régularisation de la chaleur de cet appareil, par l'observation de la marche de l'opération au convertisseur, à produire des aciers d'une régularité remarquable.

« Si le sursoufflage a été insuffisant, on remet le vent pendant 1/4 ou 1/2 minute, et on prend un nouvel échantillon qui est martelé, trempé, cassé; il est bien rare que l'on ne soit pas à point.

« On décrasse, c'est-à-dire que l'on fait couler le plus possible de la scorie dans un bac en fonte pour pouvoir la conduire hors de l'atelier. On la recueille avec soin, parce que cette matière est utilisée aujourd'hui pour engrais, avec grand succès. Cette scorie contient de 14 à 18 p. 100 d'acide phosphorique; 45 à 50 p. 100 de chaux et de magnésie; 7 à 7.5 p. 100 de fer; 3 à 4 p. 100 de manganèse et 7 à 7.5 p. 100 de silice.

« La dolomie qui nous convient le mieux est exploitée dans les environs de Bavay, près de Maubeuge, ensuite près de Ferrière-la-Grande, enfin dans la vallée de la Meuse au delà de Namur, vers Liège.

« Cette dolomie doit renfermer le moins possible de silice, fer et alumine.

« La dolomie est concassée en morceaux comme un poing, et chargée dans un cubilot garni également en dolomie. On souffle dans ce cubilot avec une pression de 0 lit. 10 à 0 lit. 12 d'eau, pour fritter la dolomie, c'est-à-dire qu'il y ait dans la masse un commencement de fusion. Cette dolomie frittée est broyée, puis passée dans un mélangeur où l'on ajoute 8 à 10 p. 100 de goudron. Cette masse, ainsi préparée, sert à faire la garniture de l'appareil Bessemer, soit en pisé, c'est-à-dire le damage autour des moules, soit au moyen de briques obtenues par le damage de la masse dans les moules en tôle; ensuite ces moules sont fermés solidement, chauffés au rouge-sombre dans une étuve pour distiller le goudron, de manière que la matière charbonneuse réunisse les grains de dolomie.

« Un revêtement ainsi préparé peut faire sans réparation une centaine de charges. Les fonds ou soles de convertisseurs ne font que 15 à 20 opérations.

« La chaux est ajoutée dans le convertisseur quand il est bien chaud, à raison de 16 à 20 p. 100 du poids de la fonte qu'on coule ensuite dans le convertisseur.

« Quand l'acier est bon, c'est-à-dire que la plaquette montre bien tout le phosphore

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à peu près disparu, on coule la scorie qui est excessivement fluide-liquide dans une grande bâche, c'est-à dire une caisse en fonte, et on la conduit sur le talus où on la coule.

« Nous comptons de 20 à 25 p. 100 de scories du tonnage d'acier produit. Nous en avons en stock une dizaine de mille tonnes dont la teneur en acide phosphorique ne descend pas au-dessous de 17 p. 100.

« Pour le broyage en poudre fine, comme nous exposons, qui est absolument le travail de chaque jour, nous avons 4 broyeurs à boulet, système Jenkins, garnis à l'extérieur d'abord de tamis en fer pour garantir les tamis en fils de laiton qui sont à l'extérieur; le tout tourne dans une caisse en bois au bas de laquelle se fixe le sac.

« On charge les morceaux de scories par l'ouïe d'un côté de l'appareil et la poudre fine se réunit dans le sac. Il y a quatre appareils qui tournent jour et nuit; chacun prend en moyenne 7 chevaux de force, de sorte que nous avons une locomobile de 30 chevaux qui fait tourner nos quatre moulins, nous donnant chacun 10 tonnes par vingt-quatre heures, soit 40 tonnes de production.

« Les scories sont très dures, car il arrive qu'il y a des morceaux qu'on retire et qui sont polis, usés, et qui ne peuvent se broyer.

« On vide les broyeurs au bout de deux fois vingt-quatre heures pour retirer l'acier qui s'amasse dedans, car il y a des morceaux d'acier qui restent dans la scorie.

« Ce broyage, avec entretien des appareils, main-d'œuvre, charbon, nous coûte de 8 à 9 francs la tonne, suivant la bonne marche des broyeurs.

« La scorie fraîche se broie plus facilement que celle qui reste sur parc quelques mois. »

Les scories, telles qu'elles sortent de la cornue Bessemer, se présentent en fragments plus ou moins gros; les plus pauvres se délitent après une longue exposition à l'air, mais les scories riches ne se délitent nullement. On ne doit pas conseiller aux agriculteurs d'avoir recours aux scories brutes, mais seulement aux scories finement pulvérisées.

Cette opération de mouture qui n'est pas sans inconvénients pour la santé des ouvriers et pour l'usure du matériel, n'est pas aussi sans augmenter le prix de l'engrais; mais la valeur fertilisante en est considérablement accrue, ainsi que le démontrent des expériences très précises. En Allemagne, l'industrie a fait sous ce rapport de très grands progrès et livre des produits presque impalpables. L'industrie française semble encore avoir de sérieux efforts à tenter dans ce sens, ainsi que dans le but d'obtenir plus d'homogénéité dans la composition des scories phosphatées.

Trois forges seulement livrent à l'agriculture des phosphates métallurgiques : la Société anonyme des forges du Nord et de l'Est, la Société des aciéries de Longwy et les Usines du Creusot ; quelques rares usines (Dior et Pillet à Nantes) s'occupent spécialement de la mouture des scories.

Superphosphates. — On doit établir entre les phosphates naturels que nous avons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

examinés de grandes différences au point de vue de leur utilisation par les récoltes. Les produits d'origine animale, os en poudre, os dégélatinés, noirs, etc., sont tous directement et rapidement assimilables; les scories phosphatées sont également d'un emploi très certain, particulièrement dans les sols riches en matières organiques. Quant aux phosphates minéraux, on peut les classer en deux catégories : l'une comprend les phosphates cristallisés tels que les apatites, les sables phosphatés, les craies phosphatées, ou fortement agglomérés tels que certaines phosphorites; tous ces produits, même réduits en poudre très fine, restent presque inertes au sein de la terre. La seconde catégorie comprend les phosphates fossiles; ceux-ci, appliqués à des sols riches en matières organiques, agissent à coup sûr, mais à la longue; appliqués à des sols calcaires et en général à des sols pauvres en humus, leur action est extrêmement lente. C'est pour permettre l'utilisation de ces phosphates résistants d'une part, c'est, d'autre part, pour fournir à certains sols un élément plus rapidement et plus sûrement assimilable que l'industrie des superphosphates trouve sa raison d'être; ajoutons aussi que, dans beaucoup de cas, la pratique a reconnu la très réelle supériorité des superphosphates sur les phosphates naturels. Les premiers, en effet, agissent plus rapidement et, avec la tendance actuelle qu'a notre agriculture intensive de rentrer au plus vite dans ses déboursés, on ne doit pas s'étonner de voir l'usage de ces produits se répandre de plus en plus. C'est, du reste, grâce à la consommation énorme qu'on en fait que l'industrie est parvenue peu à peu à abaisser le prix de revient dans de fortes proportions et à diminuer l'écart par trop considérable qui existait il y a peu d'années entre le prix du kilogramme d'acide phosphorique solubilisé et celui du kilogramme d'acide phosphorique insoluble.

Les matières premières de la fabrication des superphosphates sont l'acide sulfurique et la matière phosphatée. Mais c'est moins cette dernière que la première qui semble régler la production et le prix de revient des superphosphates. Nous voyons, en effet, que le traitement chimique des phosphates s'est pour ainsi dire concentré dans les fabriques d'acide sulfurique. Pour ces grandes usines, la fabrication du superphosphate semble être le régulateur de la production; elles emmagasinent leurs excédents dans du phosphate et utilisent ainsi leurs acides bas titres ou impurs; le superphosphate est un produit accessoire qui donne à la fabrication, au travail du personnel et du matériel, une plus grande régularité. Il semble même aujourd'hui que le phosphate naturel se transporte vers l'usine à acide sulfurique plus volontiers que l'acide sulfurique vers le gisement de phosphate.

C'est ainsi que les grandes fabriques de produits chimiques possédant des chambres de plomb ont établi comme annexes des fabriques d'engrais et particulièrement de superphosphates. Ajoutons que souvent ces annexes ont pris un grand développement. Les types des installations de ce genre, nous les trouvons, par exemple, à la Manufacture de Saint-Gobain qui traite des pyrites de fer, à la Société pour l'exploitation des minerais du Rio-Tinto, à Marseille, qui traite des pyrites de cuivre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous n'entendons pas, par ce qui précède, dire que les fabricants d'acide sulfurique monopolisent la fabrication des superphosphates; nous voyons, au contraire, de nombreux fabricants d'engrais produire des superphosphates avec l'acide sulfurique acheté soit aux usines françaises, soit aux usines étrangères; c'est précisément la concurrence de ces dernières qui écarte tout danger de monopole. Certaines grandes maisons ont même installé des fabriques d'acide sulfurique exclusivement pour le traitement chimique des phosphates naturels (maisons Joulie et Lagache, Tancrède, etc.).

Quant aux matières phosphatées, utilisées à cette fabrication, elles sont très diverses; certaines usines fabriquent exclusivement des superphosphates d'os ou des os dissous (Tancrède, Xardel, Coignet, etc.) et en général les fabriques de gélatine et les ateliers d'équarrissage; d'autres, des guanos dissous (Dior). Mais c'est la fabrication des superphosphates minéraux qui prime de beaucoup les autres et c'est de beaucoup la plus rationnelle. Les produits d'os étant très assimilables de leur nature même, nous ne voyons pas la nécessité de leur appliquer le traitement sulfurique, qui doit être réservé aux produits plus résistants.

Hâtons-nous de dire que, quelle que soit la matière première employée, os, nodules, sables, apatites ou phosphorites, notre industrie est arrivée à un degré de perfection très grand. Toutes les opérations de broyage du minerai, d'attaque acide, de malaxage et de tamisage sont confiées à d'excellentes machines. Les précautions capables d'assurer les ouvriers contre les dégagements de gaz nuisibles sont prises par des grandes fabriques. Voici la marche des opérations, telles qu'elles sont pratiquées à l'usine de la Compagnie du Rio-Tinto à Marseille :

« La Compagnie d'exploitation des minerais de Rio-Tinto a employé, jusqu'à ce jour, des phosphates de Cacérès ou de provenance de gisements français, ayant tous une teneur de 62 à 65 p. 100. Ces phosphates en roches arrivent à l'Estaque par voie de terre ou par voie de mer, au port même de l'usine, et sont entreposés dans des soutes couvertes, où ils acquièrent le degré de siccité indispensable pour une bonne mouture.

« L'outillage de cet atelier est composé d'un broyeur à cylindres de cinq paires de meules de 1 m. 25 de diamètre et d'une batterie de quatre bluteries de 6 mètres de longueur.

« Le phosphate bluté est conduit et pesé dans des cônes à bascule qui se vident directement dans les appareils de malaxage, où arrive, d'autre part, l'acide sulfurique mesuré dans des bassins de jauge.

« Cette attaque se fait dans des malaxeurs à axe horizontal, du système Vicker, pouvant recevoir une charge de 200 kilogrammes environ de phosphate. L'opération du brassage ne dure que deux minutes, à partir du moment où l'acide est mis en contact avec la matière à traiter.

« Le superphosphate formé à l'état de mortier clair est vidé par renversement de l'appareil dans des caves voûtées où se termine la réaction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Les gaz qui se dégagent pendant l'attaque, ainsi que ceux qui proviennent des caves, sont aspirés par un ventilateur et refoulés, à travers une colonne absorbante, avant leur émission dans la cheminée de l'usine.

« Au bout de quatre jours, le produit enfermé dans les caves peut être conduit aux magasins ; il est d'une homogénéité parfaite au point de vue de la contexture et de la composition. Pour une même matière les écarts de teneur, pendant une campagne entière, n'ont jamais dépassé deux dixièmes de degré.

« L'atelier de l'Estaque produit 25 tonnes de superphosphates à 15-16 degrés, par journée de dix heures, et n'exige le concours que de cinq ouvriers. Les malaxeurs de Vicker débiteraient jusqu'à 40 tonnes, si les appareils de mouture leur fournissaient une alimentation suffisante.

« Pour la fabrication des superphosphates d'os l'usine de l'Estaque reçoit :

« Des os dégélatinés ;

« Des cendres d'os ;

« Des noirs de raffinerie.

« Les matières, préalablement concassées dans des moulins à noix, sont pulvérisées au moyen d'un broyeur Carr et blutées, avant l'attaque, par l'acide sulfurique.

« Le brassage avec l'acide se fait, soit dans les malaxeurs de Vicker, soit à la main sur des aires spéciales, situées au-dessus des magasins de dépôt.

« Dans le cas de travail à la main, les charges de poudre et d'acide, régulièrement pesées, sont conduites, jusqu'au lieu du travail, au moyen de caisses et de vases suspendus à des rails fixés dans la charpente.

« Dans cette fabrication, le blutage préalable, l'exactitude imposée pour les dosages et les pesées ont pour conséquence la régularité des produits. L'atelier peut fabriquer, par jour, 15,000 kilogrammes de superphosphate dosant 18-20 degrés. »

Assainissement des ateliers. — Voici, quant à l'assainissement des ateliers, les précautions prises dans les ateliers des usines de Saint-Gobain :

« Les gaz dégagés au cours de la fabrication des engrais sont les suivants : acide carbonique, acide sulfureux, hydrogène sulfuré, acide sulfurique, hydrogène arsénié, fluorure de silicium. On les rencontre dans le malaxage et dans l'enlèvement des caves. Dans l'opération du malaxage, ces gaz sortent des fissures toujours mal jointes des appareils ; les ouvriers qui les conduisent en sont fortement incommodés.

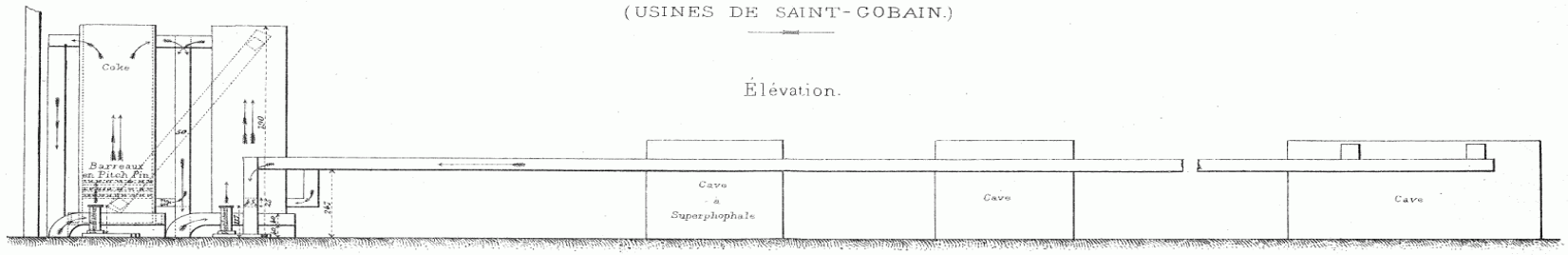
« Dans le défournement du superphosphate, ils se dégagent surtout dans le piochage, pénètrent dans l'appareil respiratoire des hommes et provoquent des embarras gastriques d'une certaine gravité.

« De plus, ces gaz évacués directement par une cheminée de bois, ainsi que cela se pratique parfois, occasionnent dans le voisinage des usines des dégâts aux récoltes. Nous signalons un fait curieux constaté à Chauny avant l'installation des appareils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

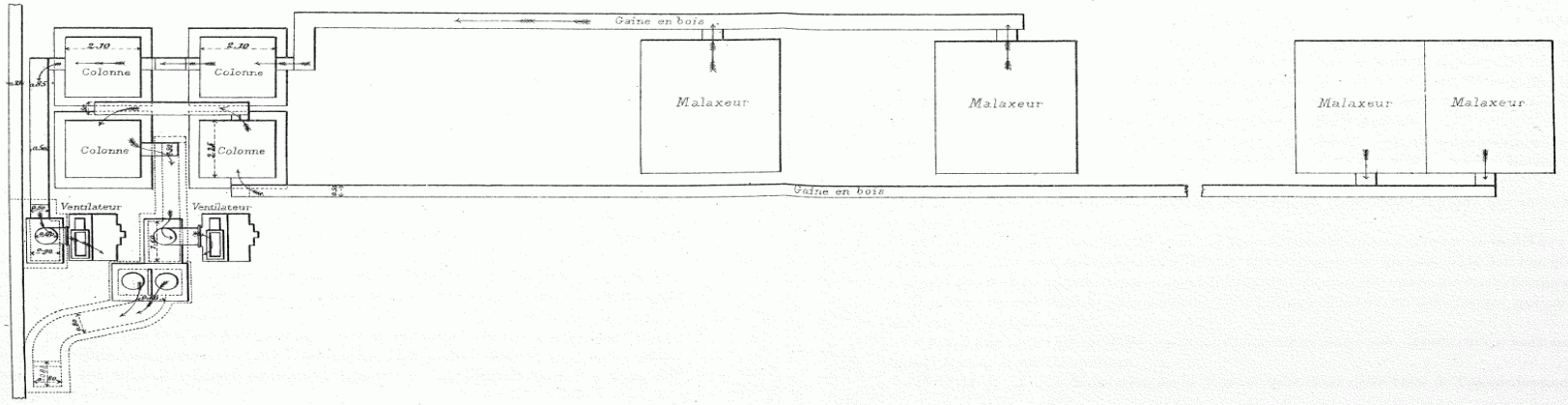
APPAREIL POUR LA CONDENSATION DES GAZ.
(USINES DE SAINT-GOBAIN.)

Élévation.



Les flèches ——— *correspondent aux tours antérieurs.*
" - - - - " " " postérieurs.

Plan.



Imprimerie Nationale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'assainissement : les vitrages des bâtiments placés en face de l'atelier des engrais se trouvaient dépolis au bout d'un certain temps.

« Il a donc été étudié à la Compagnie de Saint-Gobain un système permettant de condenser ces gaz d'une façon complète; l'installation est identique dans tous les établissements.

« Celle de l'usine d'Aubervilliers en particulier a servi de type au service des établissements classés de la préfecture de police ; et actuellement elle est imposée dans les autorisations aux industriels qui fabriquent des superphosphates.

« Voici en quoi consiste cette installation :

« Les gaz sont aspirés par un tuyau en bois d'une certaine longueur et arrivent jusqu'à un système de deux colonnes également en bois.

« Dans cette gaine en bois, une partie du fluorure de silicium, en présence de l'eau se dégageant de la cave, se décompose en silice gélatineuse et en acide hydrofluosilicique.

« Ce dernier acide peut être recueilli à l'aide de pipettes à joints hydrauliques et la silice gélatineuse qui tapisse le tuyau peut être enlevée à des intervalles assez éloignés si la section de ce tuyau est suffisante.

« Les colonnes en bois que les gaz traversent ensuite portent à l'intérieur des morceaux de pitch-pin entrecroisés de façon à offrir un grand contact au gaz et à l'eau dont on les arrose à la partie supérieure.

« Les gaz passent d'une colonne à l'autre, et, à la sortie de la deuxième, on ne rencontre plus que de la vapeur d'eau.

« Il se dépose dans le bas de ces colonnes de la silice gélatineuse en grande abondance ; l'eau qui est évacuée directement à l'égout est à peine acide au goût, elle possède une odeur caractéristique particulière : c'est l'odeur du superphosphate.

« Pour que la condensation soit parfaite et que l'eau ne contienne plus de trace d'acide au goût, il faut l'employer en quantité suffisante pour qu'à la sortie de la colonne elle ne marque pas plus de 30 degrés de température au thermomètre.

« Un fait assez curieux à signaler dans cette opération, c'est la concentration dans l'acide hydrofluosilicique que l'on condense dans la gaine d'une grande partie de l'iode qui se trouve dans le phosphate.

« Cet iode se trouve à l'état d'acide iodhydrique dans cette liqueur qui marque 25 degrés Baumé.

« L'appel des gaz à travers cette gaine et les colonnes se fait au moyen de ventilateurs en bois ou en fonte. Ces ventilateurs doivent être aspirants et foulants ; ils doivent être à grand débit et en même temps à grande dépression, car ils aspirent concurremment et dans des espaces fermés (les malaxeurs) et dans les caves en défournage qui sont ouvertes à air libre.

« Ils refoulent la vapeur d'eau sortant des colonnes dans une cheminée en bois surmontant la toiture des ateliers.

« La Compagnie de Saint-Gobain a donc réalisé dans cette voie de l'assainissement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ses ateliers d'engrais des perfectionnements considérables qui lui permettent d'élever le rendement de ses ouvriers et en même temps rendent le recrutement beaucoup plus facile que dans les usines ne possédant pas ces appareils. »

On doit attacher une très grande importance aux qualités physiques des superphosphates, finesse, homogénéité, siccité ; les produits livrés par les petites usines, surtout au moment des fortes livraisons, laissent parfois à désirer et se présentent sous une forme pâteuse qui est très peu favorable à l'épandage. De pareils produits doivent être refusés par les cultivateurs. Mais ce vice de fabrication, autrefois très fréquent, devient de plus en plus rare et nous constatons avec satisfaction que les grandes usines, en France (Saint-Gobain) et en Belgique (Société du Bois-d'Havré, Tercelin Briard, etc.), ne craignent pas de faire subir aux superphosphates une dessiccation spéciale qui facilite leur mélange avec les engrais et leur épandage par les semoirs.

En Belgique, l'industrie des superphosphates a pris, concurremment avec l'exploitation des gisements de Ciply et la production abondante et économique de l'acide sulfurique, un remarquable développement; nous devons mettre en relief, parmi les produits qu'expose ce pays, un superphosphate dont le procédé de fabrication, basé sur l'enrichissement par l'acide phosphorique, est encore très peu répandu en France.

Superphosphates enrichis. — Ce procédé consiste, en principe, à substituer à l'acide sulfurique l'acide phosphorique pour l'attaque des phosphates. L'acide phosphorique est obtenu facilement en traitant le phosphate naturel par un excès d'acide sulfurique ; l'acide phosphorique ainsi mis en liberté est, après concentration, employé directement comme le serait l'acide sulfurique au traitement des phosphates naturels ; on arrive ainsi à obtenir des superphosphates à 35 et 40 p. 100 d'acide phosphorique soluble au citrate. Ce procédé est particulièrement intéressant pour l'enrichissement des produits à gangue calcaire, tels que les craies phosphatées.

Phosphates précipités. — La transformation en superphosphates n'est pas la seule méthode qu'on emploie pour amener à un plus grand degré de division les divers engrais phosphatés. On fabrique encore des phosphates précipités qui sont le résultat d'une véritable précipitation au sein d'un liquide qui tenait le phosphate en dissolution.

Cette fabrication donne naissance à un produit blanc, très faiblement aggloméré, d'une parfaite homogénéité, d'une assimilabilité tout à fait comparable à celle des superphosphates et dont la richesse en acide phosphorique, soluble au citrate d'ammoniaque, est généralement comprise entre 36 et 40 p. 100.

Ces phosphates précipités sont obtenus presque exclusivement dans les fabriques de gélatine et constituent un sous-produit de cette industrie ; dans les eaux acidulées par l'acide chlorhydrique et tenant en dissolution le phosphate de chaux, on précipite ce dernier en fractionnant l'addition de lait de chaux et en laissant toujours dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liquides de l'acide phosphorique en excès qui réagit sur le phosphate tribasique formé. Le précipité, lavé à la turbine et séché à basse température, est presque tout entier soluble au citrate d'ammoniaque. Cette fabrication qui paraît très simple offre dans la pratique de grandes difficultés; ce n'est qu'en France et en Belgique où elle est arrivée à un certain degré de perfection, et où le phosphate est presque tout entier à l'état bibasique.

Ce procédé de concentration de l'acide phosphorique mériterait, pensons-nous, de prendre une plus grande extension; à en juger par le nombre restreint des produits exposés, il semblerait que le commerce des engrais y attache une importance très secondaire et réserve les produits obtenus dans les fabriques de gélatine comme matière de mélange pour les engrais complexes.

III. ENGRAIS POTASSIQUES.

Après les engrais azotés et phosphatés, viennent par ordre d'importance les engrais potassiques. D'une façon générale on peut dire que, si dans les terrains extrêmes, craie, sable ou tourbe, la potasse est indispensable, dans un plus grand nombre de cas, représentés par les terres cultivées de longue date, recevant du fumier d'une façon régulière et constituées par un mélange de sable, de calcaire et d'argile, son avantage est très problématique et son emploi ne peut y être conseillé qu'à la suite d'expériences démonstratives, dans lesquelles on tiendra compte non seulement du surcroît de récolte, mais aussi du bénéfice net.

M. Dehérain a fait observer depuis plusieurs années « qu'il ne s'est pas créé un marché des sels potassiques, comparable à celui qui s'est établi sur les phosphates; il est donc vraisemblable qu'habituellement les sols cultivés renferment une quantité suffisante de potasse pour qu'il soit inutile d'en ajouter. »

En examinant les opérations effectuées dans ces dernières années par différents Syndicats agricoles, nous constatons de notre côté que la tendance des agriculteurs n'est pas vers l'achat de sels potassiques.

Quoi qu'il en soit, les sources principales d'engrais potassiques sont les cendres de bois et de plantes marines, les mélasses, vinasses et eaux d'osmose provenant du traitement de la betterave, les eaux de désuintage, les sels extraits des eaux mères des marais salants et surtout les gisements de Stassfurt.

Une source d'engrais potassique peu importante, il est vrai, mais que nous devons cependant signaler, à cause de sa nouveauté, a été exploitée dans les usines de M. Fould-Dupont: ce sont les poussières déposées dans les appareils à air chaud.

« On sait que les métallurgistes modernes emploient des tours formées de briques empilées laissant entre elles des canaux verticaux, l'ensemble étant logé dans une enveloppe en briques surmontée d'une calotte. On envoie alternativement les gaz sortant

Imprimerie nationale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du haut fourneau, en les allumant à leur entrée dans l'appareil, et l'air de la soufflerie. On réalise ainsi une notable économie de combustible par ce chauffage du vent. Les gaz venant du haut fourneau entraînent avec eux des poussières impalpables qui nécessitent un nettoyage périodique des appareils en briques.

« Ces poussières sont riches en alcalis et surtout en potasse, comme l'indique l'analyse ci-après :

	1re analyse.	2me analyse.
Silice	48.30	57.05
Alumine	20.59	16.44
Oxyde ferreux	2.78	2.78
Chaux	9.10	8.40
Alcalis	18.60	14.75
Acide phosphorique	0.73	0.78

« Il y a en effet près de 19 p. 100 de potasse et un peu de soude. Cette potasse provient des cendres du coke.

« La production de l'usine peut atteindre plus d'un millier de tonnes de ces poussières immédiatement assimilables, car elles sont absolument impalpables du fait même de leur entraînement par les gaz dans des conduits plus ou moins étroits et surtout à travers les blocs des charges des hauts fourneaux.

« Il est utile de faire connaître cette utilisation des poussières aux métallurgistes et aux agriculteurs : les premiers y trouveront la vente d'un déchet et les seconds un élément indispensable (la potasse) d'un engrais complet. »

Dans les vitrines de nos exposants d'engrais figurent bien quelques échantillons de sels potassiques, mais seulement comme produits servant à la fabrication des engrais complexes; aucun d'eux ne s'est présenté comme producteur direct; nous aurions cependant désiré voir notre production indigène, quelque restreinte qu'elle soit, affirmer son existence et s'effacer moins devant les produits naturels de l'Allemagne. D'une part les bas prix de ces derniers encouragent peu, il est vrai, nos industriels à porter leurs efforts sur la récupération de la potasse des résidus industriels. D'autre part, un courant d'idées très accentué parmi les agronomes qui ont étudié la composition des sols français tend à considérer la potasse comme généralement suffisante dans les terrains ordinaires pour que l'apport de cet élément soit rarement utile. Il existe cependant des catégories de plantes, les légumineuses, la vigne, les pommes de terre, qui se montrent sensibles à son action, et de vastes étendues de terrains (terrains crétacés) qui tireraient un parti très avantageux de son emploi. Pour ces diverses raisons, nous regrettons que les producteurs de sels potassiques n'aient pas cherché à mettre en relief les produits de leur fabrication.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IV. ENGRAIS CALCAIRES.

Les engrais calcaires sont représentés par la chaux et la marne. Ces amendements utilisés depuis si longtemps n'ont plus à faire leurs preuves; leur emploi s'est imposé concurremment avec celui des phosphates, dans les régions nombreuses dont le sol manque de chaux, et c'est à rechercher les gisements exploitables, situés à proximité de ces régions et capables de les alimenter, sans que les frais de transport de l'amendement viennent trop fortement grever le prix de revient à pied d'œuvre, que de tous côtés se sont portés les efforts.

Les bas prix des chaux et des marnes, ainsi que l'extrême abondance des gisements, leur caractère tout à fait local, enlèvent à l'exposition de ces produits naturels tout cachet d'intérêt général, et nous n'avons pas lieu d'être surpris de la rareté des exposants de cette catégorie.

V. ENGRAIS DIVERS.

Outre les engrais azotés, phosphatés, potassiques et calcaires, apportant aux plantes les principaux éléments que la nature ne met pas en quantité suffisante à leur disposition, il y a d'autres substances dont le rôle est moindre, soit parce qu'elles sont répandues plus abondamment dans le sol, soit parce que leur insuffisance ne se traduit pas, comme pour les premières, par un abaissement aussi considérable de récolte. Parmi ces substances nous citerons le sulfate de chaux, le sulfate de fer, la magnésie.

Plâtre. — Le plâtre est devenu d'un emploi courant dans la culture des légumineuses fourragères et dans le mélange avec les engrais chimiques, et particulièrement avec les superphosphates. Cet emploi s'étendra encore, pensons-nous, et nous ne serions pas surpris de voir cette matière prendre une importance agricole plus grande et figurer dans la fumure des terres au même titre que le phosphate de chaux, comme engrais à acide sulfurique.

Quoi qu'il en soit, les gisements de plâtre ne sont pas, comme les gisements calcaires, abondamment répandus à la surface de notre territoire. La France possède la mine la plus puissante qu'on connaisse, située dans le terrain tertiaire des environs de Paris (étage dit *des marnes à gypse*); elle alimente une partie de nos départements et l'Amérique même.

Un des plus grands fabricants de plâtre, M. Morel, ingénieur des arts et manufactures à Montreuil-sous-Bois, présente des types de produits spécialement préparés pour l'agriculture : plâtres cru, demi-cuit, cuit. Avec juste raison, une grande impor-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tance est attachée au degré de finesse de cet engrais. Nous croyons utile de reproduire ici les renseignements qui nous ont été fournis par cet important industriel :

« Il y a une vingtaine d'années, le développement presque journalier des réseaux de chemins de fer nous excita à faire employer les plâtres pour engrais dans toutes les contrées traversées par la Compagnie d'Orléans, celle de Lyon et, plus tard, celle de l'État, dont les gares au départ de Paris sont à proximité de notre exploitation.

« Jusqu'à cette époque, on n'avait employé les plâtres qu'en petite quantité, à titre d'essais, sauf peut-être pour le département de l'Yonne et celui des Deux-Sèvres; ce dernier était alimenté surtout par les plâtres de la Saintonge. Les plâtres vendus n'étaient alors que des résidus de carrière grossièrement tamisés et qui, par cela même, ne pouvaient adhérer que très imparfaitement aux plantes.

« Notre fabrication déjà très soignée nous valut un grand succès; aussi, dès 1874-1875, nous dûmes adjoindre à notre usine pour plâtres à construction des bâtiments nouveaux et une nouvelle machine à vapeur de 30 chevaux, pour la fabrication des plâtres blutés crus et cuits pour engrais.

« Nous eûmes bientôt la satisfaction de voir se répandre l'emploi du plâtre dans des départements qui n'en avaient jamais reçu.

« Encouragé par un succès toujours croissant, nous voulûmes développer encore la consommation.

« Des démarches faites auprès des Compagnies de Lyon, d'Orléans, nous firent obtenir des abaissements de tarifs pour certaines contrées qui, jusque-là, n'avaient pas encore tenté l'emploi du plâtrage; l'abaissement du prix de transport contribua sensiblement à développer notre production.

« En 1865-1866, nous expédiions à peine 400,000 kilogrammes sur les voies ferrées.

« Dès 1874-1875, notre production atteignit 10,500,000 kilogrammes, et, dix ans plus tard, nous avons dépassé 19 millions de kilogrammes tant en plâtres *crus* que *demi-cuits* et *cuits*, vendus pour l'agriculture.

« Nous devons dire que, depuis ces dernières années, il y a un arrêt très marqué dans le développement de la consommation et, cependant, nos prix ont toujours été en diminuant.

« Ce n'est pas qu'on ne reconnaisse les bons effets du plâtrage, mais la réponse de nos consommateurs est presque invariablement la même : *Nous ne pouvons faire des achats.*

« Il faut attribuer aux différentes natures du sol de la France et même à celles d'un même département, l'emploi des trois sortes de plâtre pour engrais, savoir :

« Plâtre cru, broyé, fin;
« Plâtre demi-cuit, broyé, très fin;
« Plâtre cuit, broyé, très fin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Le plâtre cru est du sulfate de chaux dont la composition moyenne est de :

Sulfate de chaux	70.0
Eau	18.8
Carbonate de chaux	7.6
Argile et matières organiques	3.2

« Le plâtre demi-cuit est un mélange intime de moitié plâtre cru et moitié plâtre cuit, broyés très fin.

« Le plâtre cuit livré pour engrais est le même que celui employé en province pour les enduits et plafonds.

« Nous donnons ci-après la liste, par ordre alphabétique, des départements où nous expédions nos plâtres, en indiquant la nature des plâtres que nous y expédions.

Aveyron	cuit.
Cantal	cuit, 1/2 cuit.
Charente	cuit.
Charente-Inférieure	cuit, 1/2 cuit.
Cher	1/2 cuit, cru.
Corrèze	cuit, 1/2 cuit.
Côte-d'Or	cuit.
Côtes-du-Nord	cru.
Creuse	cuit, 1/2 cuit.
Dordogne	cuit, 1/2 cuit.
Eure-et-Loir	1/2 cuit, cru.
Finistère	cru.
Garonne (Haute-)	cuit.
Gers	cuit, 1/2 cuit.
Gironde	cuit.
Indre	cuit, 1/2 cuit.
Indre-et-Loir	cuit, 1/2 cuit.
Loiret	cuit, 1/2 cuit.
Loir-et-Cher	cuit, 1/2 cuit, cru.
Loire-Inférieure	cuit, 1/2 cuit.
Lot	cuit.
Lot-et-Garonne	cuit.
Lozère	cuit, 1/2 cuit.
Maine-et-Loire	1/2 cuit, cru.
Orne	cru.
Sarthe	cru.
Sèvres (Deux-)	cru.
Somme	cuit.
Tarn	cuit.
Tarn-et-Garonne	cuit.
Vendée	1/2 cuit, cru.
Vienne	1/2 cuit, cru.
Vienne (Haute-)	cuit, 1/2 cuit.
Yonne	cru.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Nous devons faire cette remarque, que nous permet notre vieille expérience de fabricant, c'est que certains départements ont commencé le plâtrage avec des plâtres crus, ont employé ensuite beaucoup de plâtres demi-cuits et font usage actuellement de plâtres demi-cuits et de plâtres cuits.

« La conclusion à tirer de cette remarque, c'est que probablement les plâtres cuits conviennent mieux aux légumineuses et aux diverses sortes de terrains.

« Jusqu'à ces dernières années, les plâtres nous étaient presque exclusivement demandés par des marchands de province qui les revendaient aux agriculteurs, avec une majoration de prix le plus souvent considérable. Certains fermiers ou grands propriétaires s'adressaient également à nous, mais ils faisaient exception.

« Le petit cultivateur ne pouvait recevoir tout un wagon de plâtre (5,000 kilogrammes au minimum), dont il n'avait pas l'emploi. Pour des quantités moindres, les tarifs spéciaux des compagnies de chemin de fer n'étaient pas applicables.

« Les choses sont bien changées depuis quelques années :

« Les Syndicats agricoles, au début de leur formation, achetaient leurs plâtres à ces mêmes marchands de province; mais bientôt, mieux renseignés, ils s'adressèrent directement à nous. Nous avons la satisfaction de dire qu'ils n'y ont pas seulement trouvé une grande économie, mais, ce qui vaut mieux encore, toute sécurité pour le poids réel des livraisons et une composition uniforme et invariable des produits vendus. »

Sulfate de fer. — Dans ces dernières années, on a cherché à faire entrer largement dans la pratique agricole le sulfate de fer ou couperose verte, jusqu'ici utilisé comme un spécifique contre la chlorose des arbres et pour faire disparaître les mousses des prairies. On a voulu faire considérer cette matière comme un véritable engrais, au même titre que le phosphate de chaux par exemple.

Quoi qu'il en soit de cette théorie qui, avant d'être adoptée par les agriculteurs, demande à être soumise à des expériences nombreuses et précises, nous devons signaler les produits (sulfate de fer et cendres pyriteuses) préparés par M. Margueritte-Delacharlonny, dans les usines d'Urcel, et le sulfate de fer de la Compagnie du Rio-Tinto à Marseille.

Magnésie. — La magnésie entre dans la constitution de tous les végétaux; plus que le fer, elle mérite d'être considérée comme un véritable engrais, et le jour où des études plus approfondies auront montré jusqu'à quel point son introduction dans le sol peut être utile, nous serons heureux de trouver abondamment et à bas prix cette matière première, grâce aux travaux de M. Schlœsing, de l'Institut, mis en œuvre par MM. Schlœsing frères, de Marseille.

Il est bon de faire connaître ici un procédé de fabrication encore peu connu, et qui est intéressant, non seulement au point de vue de la préparation de la magnésie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même, mais aussi au point de vue de la préparation ultérieure du phosphate de magnésie pouvant servir à la précipitation de l'ammoniaque des matières de vidange :

« On retire la magnésie des eaux de la mer qui contiennent par mètre cube 2 kilogrammes de magnésie pure à l'état de sulfate et de chlorure. Si l'on verse dans ces eaux un lait de chaux convenablement préparé, il se forme immédiatement un précipité laiteux d'hydrate de magnésie. Le chlorure de calcium et une petite quantité de sulfate de calcium restent en dissolution.

« Jetée sur du sable fin, la liqueur filtre en laissant une couche boueuse de magnésie qui se dessèche au soleil, s'écaille et se détache d'elle-même du sable sous-jacent. C'est sur ces principes qu'une petite usine traitant par jour 1,000 mètres cubes d'eau a été établie à Aigues-Mortes.

« Les appareils sont disposés de telle sorte, que la quantité de lait de chaux fabriquée d'une façon continue soit toujours dans un rapport constant avec le débit des pompes puisant l'eau de mer.

« Le lait de chaux et l'eau de mer mélangés sont battus par des agitateurs dans trois cuves en maçonnerie qu'ils traversent successivement.

« Ils se rendent ensuite aux tables à filtrer.

« Ce sont des bassins de 300 mètres de longueur et de 5 mètres de largeur, dont les parois sont formées de planches et dont le fond est constitué par du sable de mer très pur. Ces tables opèrent à la fois comme décanteurs et comme filtres.

« La boue magnésienne se dépose sur le sable; l'eau surnageante s'écoule limpide au bout de la table opposé à celui de l'arrivée. Lorsque la table est pleine de boue magnésienne ne se décantant plus, on arrête l'opération. La boue se ressuie lentement et forme des plaques qui se fendillent et sèchent au soleil.

« La filtration nécessite environ dix jours et le séchage vingt à trente, suivant la saison. Cette fabrication ne peut, du reste, avoir lieu que pendant les six mois d'été.

« On fabrique environ un kilogramme de magnésie par mètre carré de sable et par jour, soit 15,000 tonnes par hectare et par campagne. »

VI. PRODUITS DIVERS.

Un certain nombre de produits divers ont été exposés sous des noms plus ou moins fantaisistes, et leurs inventeurs leur prêtent des propriétés merveilleuses : ceux-ci détruisent le phylloxéra, ceux-là font disparaître toutes les maladies cryptogamiques, d'autres donnent aux semences une vigueur jusqu'ici inconnue. Nous avons, vis-à-vis de ces produits mystérieux, observé la plus grande circonspection, pour des motifs faciles à comprendre.

Dans cette catégorie de matières diverses dans laquelle figurent les insecticides,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux produits ont seuls retenu notre attention, parce que leur efficacité a été consacrée par une longue pratique et par des expériences scientifiques: le sulfate de cuivre et le soufre.

Sulfate de cuivre. — La compagnie d'exploitation des minerais de pyrites de cuivre de Rio-Tinto (à Marseille) fabrique en même temps le cuivre et l'acide sulfurique; elle est évidemment dans des conditions particulièrement favorables pour la production du sulfate de cuivre. Le cuivre, obtenu à l'état de cément riche, est oxydé dans des fours spéciaux, puis transformé en sulfate par l'action de l'acide à 53 degrés. Ces usines fonctionnant dès 1887 produisent actuellement chaque jour 4,500 kilogrammes de sulfate de cuivre en cristaux ou en neige. Ces produits proviennent d'une deuxième cristallisation et titrent 98 à 99 p. 100.

Soufre. — Tandis que le sulfate de cuivre est le remède efficace contre le mildew, le soufre reste toujours le remède contre l'oïdium, et l'espoir qu'on avait de pouvoir combattre à la fois les deux maladies par l'un ou l'autre de ces produits n'existe plus.

L'efficacité du soufre est d'autant plus grande que le soufre est plus finement divisé, plus impalpable; sous ce rapport le soufre précipité passe en première ligne.

L'épuration du gaz d'éclairage est une source abondante de soufre précipité, dont MM. Schlœsing frères ont tiré un excellent parti.

« En sortant des cornues, le gaz emporte avec lui le soufre de la houille à l'état d'acide sulfhydrique et l'abandonne ensuite à l'état de soufre précipité dans la matière dont on se sert pour l'épurer. Cette matière épurante du gaz, lorsqu'elle est hors de service, renferme jusqu'à 40 p. 100 de soufre précipité. Malheureusement elle renferme aussi des cyanures et des sulfocyanures, poisons redoutables tant pour les animaux que pour les végétaux dont ils brûlent les feuilles et les fruits, et il y aurait danger à lui donner un emploi agricole avant de l'avoir décyanurée, c'est-à-dire avant de l'avoir dépouillée, par des procédés chimiques, des cyanures et sulfocyanures. »

Après qu'elle a été décyanurée, puis séchée et mise en poudre, la matière épurante du gaz, dans l'état où MM. Schlœsing la livrent à la consommation, donne à l'analyse les résultats suivants :

Soufre précipité	25 à 30 p. 100.
Sulfate de chaux	25 à 30
Peroxyde de fer	10 à 12
Cyanogène (uni à la chaux et au fer)	2 à 3
Acide carbonique, matières organiques et goudronneuses	15 à 30

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VII. ENGRAIS COMPOSÉS.

Par engrais composés, nous entendons l'immense catégorie des engrais formés par le mélange, en proportions très diverses, des matières premières apportant les principaux éléments fertilisants : azote, acide phosphorique, potasse.

Ces engrais sont innombrables; ils sont offerts à l'agriculteur avec des titrages variables à l'infini, sous des dénominations qui en rappellent plus ou moins l'origine, la composition, ou la destination, sous des aspects également variés. En les composant, les fabricants loyaux se proposent surtout de donner à chaque plante, d'après son analyse, en proportion voulue, les matériaux nécessaires à son développement; chaque maison a ses formules spéciales.

Le plus souvent ces engrais sont constitués par le mélange des engrais simples que nous avons passés en revue, et le travail du fabricant se réduit à rendre ce mélange aussi parfait et aussi homogène que possible. On y arrive dans les petites fabriques à l'aide de pelletages et de tamisages; dans les grandes usines, à l'aide de machines puissantes opérant le concassage, le blutage et le brassage des matières premières. Sous le rapport des qualités physiques, les engrais présentés par nos grandes maisons (Berthier, Saint-Gobain, Joulie-Lagache, Dior, Schlœsing, Coignet, Linet, etc.) sont très remarquables et notre fabrication n'a pas à craindre le parallèle avec les produits étrangers. Parmi ces derniers, nous signalerons ceux d'un fabricant belge, M. Tiercelin. Ils sont obtenus par le mélange simultané des matières premières fournissant l'azote et la potasse, préalablement dissoutes dans l'eau, au moment même de la solubilisation de l'acide phosphorique, c'est-à-dire lors de la transformation du phosphate et superphosphate par l'acide sulfurique.

Quelquefois aussi les matières premières de la fabrication sont plus complexes; la base en est constituée tantôt par des matières de vidange transformées en tourteaux pulvérulents (Schlœsing); tantôt par des déchets d'animaux, tels que produits d'équarrissage, déchets de laines, de cornes, de poissons (Tancrède, Laureau etc.). Dans ce dernier cas, le procédé de fabrication consiste ordinairement à dissoudre les matières animales, soit à chaud, soit à froid, dans l'acide sulfurique, à saturer ensuite cet acide par du phosphate minéral; on atteint le degré de richesse voulu par l'addition de matières premières convenablement choisies. Pour obtenir la fixité de composition de mélanges complexes, les fabricants habiles évitent le contact des nitrates et des superphosphates, de la chaux et du sulfate d'ammoniaque, qui peut provoquer des pertes d'azote.

Les procédés qui consistent à transformer en engrais pulvérulents et concentrés des matières encombrantes sont dignes de tous les encouragements; mais nous ferons des réserves en ce qui concerne les simples mélanges, et nous voyons avec satisfaction que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les agriculteurs ont de plus en plus tendance à se charger eux-mêmes de la fabrication des engrais composés contenant les éléments réellement utiles au sol qu'ils cultivent. C'est en effet la composition du sol, bien plus que la composition de la récolte, qui doit déterminer la nature et la proportion des principes fertilisants constitutifs. Lors même que les formules d'engrais complexes ont été établies sur des bases scientifiques par des industriels au courant des principes de la chimie et de la physiologie agricoles, nous ne les critiquerons pas moins. Il faut en effet, nous le répétons, considérer avant tout la richesse du sol, que les fabricants ne peuvent pas prévoir.

Ce que surtout nous n'avons pas voulu encourager, c'est l'éclosion de ces mélanges interlopes, qui, sous des noms plus ou moins bizarres, n'ont d'autre but que de faire payer au cultivateur, à un prix exagéré, les facultés mystérieuses que certains fabricants prêtent à leurs produits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAVAUX D'ENDIGUEMENT, IRRIGATIONS ET DRAINAGES

RAPPORT

PAR

M. EUGÈNE RISLER

DIRECTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAVAUX D'ENDIGUEMENT, IRRIGATIONS, DESSÉCHEMENTS, ETC.

Société des polders de Bouin, département de la Vendée.
(N° 255 du catalogue.)

Un grand prix a été accordé à M. Achille Le Cler, directeur de la Société des polders de Bouin (Vendée).

Cette Société, fondée en 1852, et dirigée depuis 1855 par M. Achille Le Cler, ingénieur civil, a endigué et mis en culture successivement 700 hectares de polders ou lais de mer, situés l'un (celui de Barbâtre) sur la côte de l'île de Noirmoutiers, et les autres (les polders des Champs, du Dain, de la Coupelane et de Beauvoir), vis-à-vis du premier, près de Bouin, sur la côte du département de la Vendée et dans la baie de Bourgneuf qui sépare cette côte de Noirmoutiers. Ces cinq polders présentent un développement de digues de 18 kilomètres et demi. Nous allons donner quelques détails sur l'exécution de ces travaux, d'après l'éminent ingénieur qui les a dirigés.

La ligne d'endiguement se trouve à peu près à la limite de la baisse des mortes-eaux de sorte que les terrains des polders étaient, avant leur enclôture, couverts par la mer dans toutes les marées des vives-eaux. Les marées d'équinoxe donnent une hauteur d'eau de 2 m. 50 au pied des digues. Dans ces conditions, des digues de 4 m. 50 de hauteur totale en moyenne, c'est-à-dire de 2 mètres au-dessus du niveau de ces marées d'équinoxe, ont suffi pour le polder de Barbâtre, au sud de l'île de Noirmoutiers. Mais, pour les autres polders, les digues, exposées aux vents d'Ouest qui soufflent souvent avec violence dans la baie de Bourgneuf, ont leur sommet élevé de 2 m. 50 au-dessus du niveau des plus grandes marées, ce qui donne 5 mètres, en moyenne, pour leur hauteur totale, avec 21 mètres de largeur à la base et 1 mètre au sommet.

Les surfaces endiguées ont été :

Polder de Barbâtre.....	117 hectares	(terminé en 1855)
Polder des Champs.....	100 —	(— 1860)
Polder du Dain	140 —	(— 1863)
Polder de la Coupelane.....	183 —	(— 1867)
Polder de Beauvoir.....	160 —	(en cours d'exécution).

Les travaux de ce dernier, qui avaient été interrompus en 1875, ont été repris depuis quelques années, mais par parties de 30 à 40 hectares, ce qui permet de ne donner aux digues que 3 m. 50 de hauteur, tout en assurant encore davantage leur résistance aux plus violentes tempêtes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici comment M. Le Cler procède, lorsque la terre du polder, accumulée derrière les chaînes de pierres qui en tracent le périmètre, est prête pour l'endiguement.

Il fait construire les aqueducs et mettre en place des conduites en bois appelées *coëfs* qui seront établis sous les digues et munis de clapets se fermant d'eux-mêmes quand la mer s'élève.

Ces aqueducs en maçonnerie ou en bois sont destinés, après l'endiguement, à l'écoulement des eaux du polder. Ils servent aussi, dans certains cas, à l'écoulement des eaux des anciens terrains ou aux prises d'eau salée pour les marais salants situés dans l'intérieur du pays, en arrière du polder. Dans ce dernier cas, il faut que les aqueducs construits sous les digues se continuent à travers le polder, par un canal appelé *étier,* formé de deux digues parallèles, élevées en hauteur au-dessus du niveau des plus grandes marées. Sans cela, l'aqueduc ouvert à mer haute pour l'alimentation des marais salants inonderait le polder. Comme l'écoulement des eaux ne peut avoir lieu qu'à mer basse, il faut que le nombre des coëfs et aqueducs et leurs dimensions soient déterminés de manière à satisfaire à une prompte évacuation et à un complet assainissement du polder, ce qui en constitue le drainage et est, par suite, extrêmement important.

Il y a encore une opération préliminaire qui doit précéder le commencement des terrassements, et qu'on appelle *l'ouverture des vides.*

On donne ce nom à des ouvertures que l'on réserve dans la chaîne de pierres, et par lesquelles la mer pourra entrer et sortir facilement à chaque marée jusqu'au jour où les digues se trouveront élevées, sur toute la ligne de l'endiguement, à une hauteur suffisante pour tenir la mer en dehors du polder. Ces ouvertures permettent à la mer de remplir facilement le polder à chaque marée et de se mettre de niveau de chaque côté du remblai en construction. Le terrassement se trouve mieux protégé de cette manière contre les tempêtes et les vagues, que si, dès l'origine, on empêchait la mer d'entrer à l'intérieur. En effet, les vagues en passant avec chute, sur le remblai, l'entraîneraient, en partie, à chaque marée. Les mêmes avaries ne sont pas à redouter quand les vagues viennent tomber et s'amortir dans l'eau qui couvre le terrassement. L'emplacement, les dimensions et le nombre des vides sont donnés à la fois par l'expérience et par le calcul. Pour la première partie du polder du Dain, deux vides de 80 mètres de longueur chacun se sont trouvés dans d'excellentes conditions.

Il faut paver les vides avec les pierres de la chaîne, car, à chaque marée, c'est-à-dire deux fois en vingt-quatre heures, l'eau entre et sort avec une vitesse dépendant de la surface du polder, de la hauteur de la marée et de la longueur des vides. Cette vitesse s'augmente au fur et à mesure de l'avancement des digues. Si la surface des vides n'était pas pavée, il se produirait aisément des affouillements dans le sol. Des musoirs en pierre sont établis sur les parties latérales des vides pour retenir les extrémités du terrassement jusqu'au moment de la fermeture.

On cherche ainsi à gagner une hauteur de 50 centimètres au moins au-dessus du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

niveau des plus hautes marées. C'est à partir du moment où l'on est arrivé à cette hauteur sur toute l'étendue de l'endiguement qu'on peut songer à la fermeture des vides. Les travaux que nous venons de décrire pour cette première partie de l'opération doivent être poussés avec vigueur, autant que peut le permettre la nature vaseuse du remblai; et il faut faire en sorte d'arriver à ce degré d'avancement dans le mois de juin.

C'est vers la fin de ce mois que se présentent les plus petites marées de l'année, dites *marées de la Saint-Jean ;* il faut en profiter pour la *fermeture des vides*. Les vides peuvent être fermés l'un après l'autre ou le même jour. Il est cependant préférable de les fermer en même temps. Cette opération doit avoir lieu le jour de la plus basse mer de la morte-eau. Comme les digues sont établies à peu près à la ligne des mortes-eaux, il n'entre, ce jour-là, que peu d'eau dans le polder.

Dans les deux ou trois jours qui précèdent la fermeture, on enlève le pavage des vides et on rétablit les chaînes de pierres. Les musoirs qui retenaient les extrémités du terrassement sont retirés avec soin. On ne doit pas laisser, sous la base de la digue, des pierres ou chaînes transversales qui pourraient amener plus tard des filtrations dans le corps du terrassement.

Les deux chaînes longitudinales sont donc rétablies avec les pierres du pavage, et on installe des ponts de roulage de manière à placer un grand nombre de terrassiers pour chaque vide. On en met ordinairement une centaine pour un vide de 100 mètres d'ouverture. Il faut faire le plus de remblai possible le jour de la fermeture. Dès ce soir-là, la mer ne doit plus rentrer dans le polder. On continue le lendemain et les jours suivants à l'élever en hauteur, car la mer gagne chaque jour de la hauteur, de son côté, en s'avançant vers la vive-eau, et il faut continuer à rester au-dessus du niveau des marées. Cette opération de la fermeture est très importante, capitale même pour le succès de l'entreprise. C'est la clef de voûte de l'endiguement d'un polder. On choisit les meilleurs ouvriers pour ce travail et on les encourage par des gratifications et une paye plus élevée pendant les premiers jours de l'opération.

Les ouvriers comprennent d'ailleurs l'importance du succès de la fermeture. Ils y mettent de l'ardeur et de la bonne volonté. Le jour de la fermeture est une fête dans le pays. La fermeture du polder de Barbâtre (île de Noirmoutiers), par suite de la disposition particulière des heures des marées et de la morte-eau, dut avoir lieu obligatoirement un dimanche, bien que le chantier fût fermé ordinairement les jours de fête. M. le curé de Barbâtre se prêta de bonne grâce à engager en chaire ses paroissiens à se rendre au chantier. Les heures des offices furent changées et M. le curé vint assister à l'opération avec la plus grande partie des habitants de la commune. Je rappelle ces circonstances pour montrer tout l'intérêt qui s'attache à la fermeture d'un polder, et combien la population entière apprécie l'utilité de ces travaux dont elle est la première à retirer le bénéfice. Après la fermeture des vides, le chantier change d'aspect. Le terrain enlevé désormais à la mer s'assèche assez rapidement à l'inté-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieur du polder, et au bout d'une dizaine de jours on installe les terrassiers en dedans des digues pour la continuation et l'achèvement du remblai qui les compose. Les ouvriers peuvent maintenant traverser le polder en tous sens pour se rendre à leur travail, tandis que, avant la fermeture, il était impossible de marcher dans cette plaine de vase et de boue liquide, produite par les derniers colmatages. Avant la fermeture, on ne peut se rendre à un point quelconque du chantier qu'en passant par les extrémités des digues et en suivant péniblement le chemin des chaînes de pierres et la ligne du remblai en construction. Cette course, sur plusieurs kilomètres, est longue et fatigante.

Le déblai qu'on emprunte parallèlement aux digues pour leur achèvement permet de faire un large fossé intérieur destiné à recevoir les eaux du polder. Il est utile que ce fossé ne soit établi qu'à une assez grande distance, de 7 à 8 mètres, du pied du remblai, pour éviter des éboulements et les tapements dans la digue. Il est même préférable de laisser une largeur d'une vingtaine de mètres entre le pied des digues et le fossé qui sert de collecteur aux rigoles. Ce fossé a une largeur moyenne de 10 mètres et une profondeur de 1 m. 50.

L'achèvement des digues suit une marche régulière et assez rapide dans la dernière période de la construction. Les ouvriers ne sont plus assujettis aux heures variables de la basse mer ; ils travaillent toute la journée et dans de meilleures conditions.

Quand les digues sont terminées, en terrassement et en perré, on en plante la partie supérieure d'arbustes particuliers aux terrains salés des bords de la mer. Les arbrisseaux qui couronnent les digues sont connus dans les marais de la Vendée sous le nom de *sart* et d'*arroche de mer;* ce sont l'ansérine ligneuse (*Suæda fruticosa Forst*) et l'ansérine maritime (*Suæda maritima*). Un troisième arbuste, le tamarix, vient bien sur les digues sablonneuses. On plante ces arbrisseaux par boutures, au mois de novembre, entre les joints des pierres du perré, et sur une longueur de 2 mètres, à partir de la crête de la digue sur le talus extérieur et sur le talus intérieur. Au bout de deux à trois ans, ces plantations forment une véritable haie fort épaisse, de 1 mètre de hauteur, qui sert d'excellente défense contre les vagues dans les tempêtes.

Cette haie empêche aussi que les pêcheurs et les promeneurs puissent monter sur la crête des digues et la détériorer par de fréquents passages. Des escaliers en pierre ou des rampes sont ménagés à l'extrémité des chemins qui aboutissent à la mer. Il est important de veiller au bon entretien du sommet des digues, car c'est par la tête que les digues périraient si des écrêtements présentaient une amorce aux vagues dans les violentes tempêtes.

C'est pour obtenir toute sécurité que l'on élève les digues à une grande hauteur au-dessus des plus hautes marées, et que le sommet est perreyé et planté avec soin. Aussitôt que les digues approchent de leur achèvement, et que le sol du polder s'est affermi par l'assèchement, on s'occupe du réseau des fossés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les fossés sont établis suivant la pente du terrain, c'est-à-dire qu'ils sont généralement perpendiculaires aux digues nouvelles. Ils vont se jeter dans le large fossé dont nous avons parlé, établi à peu de distance du pied des digues et parallèle à leur direction. Ce large fossé sert de réservoir, à mer haute, pour l'accumulation des eaux des rigoles alors que l'écoulement dans la mer est impossible, et leur permet de s'évacuer à mer basse par les coëfs et les aqueducs.

Les petits fossés ont une profondeur de 0 m. 80 à 1 mètre et une largeur en tête de 1 m. 50 à 1 m. 70. Ces fossés, avec une distance de 23 mètres d'axe en axe, produisent un excellent assainissement. C'est un drainage à ciel ouvert.

Au surplus, tout agriculteur comprendra combien il est important d'arriver au plus grand abaissement possible de la nappe d'eau, par un système bien combiné de rigoles, de collecteur général et de buses à clapets, qui, fermés à mer haute, s'ouvrent d'eux-mêmes à mer basse et permettent le dégorgement des eaux deux fois en vingt-quatre heures, pendant cinq à six heures chaque fois.

M. Le Cler fait des essais de drainage avec tuyaux dans les polders de Bouin. Mais le drainage ne produit pas dans ces terrains tous les résultats désirables. Il ne peut suppléer qu'imparfaitement aux fossés qui doivent recueillir, à mer haute, c'est-à-dire pendant la période de non-écoulement des eaux, celles qui proviennent des pluies et de quelques infiltrations maritimes.

Il ne faut pas oublier que les eaux restent sans s'écouler pendant six heures de haute marée. Quand celle-ci baisse, les clapets des coëfs s'ouvrent et le dégagement s'effectue.

Après quelques années de culture, quand le sol du polder a été parfaitement dessalé, aéré et assaini, on peut ne conserver qu'un certain nombre de fossés principaux, et les petits fossés se trouvent réduits à une largeur suffisante en tête de 0 m. 80 à 1 mètre.

Après l'endiguement d'un polder, vient son exploitation par la culture.

Les polders de Bouin sont cultivés, suivant l'usage du pays, à *moitié fruits*, par les habitants qui deviennent les colons des terres conquises sur la mer.

Les polders nouvellement endigués sont fort recherchés par les cultivateurs qui s'inscrivent à l'avance pour obtenir quelques parcelles. Les demandes s'élèvent à deux et trois fois la surface endiguée. On choisit les meilleurs cultivateurs, et comme ils ont déjà à cultiver d'autres terres dans la commune, on ne donne à chaque colon que 3 à 5 hectares de polder.

Dans les conditions ordinaires du marais de la Vendée, les colons sont chargés de tous les frais de la culture : semence, labour, récolte. Après le battage, ils portent, dans le grenier du propriétaire, la moitié du grain récolté, nettoyé et prêt à être vendu.

M. Le Cler a apporté quelques modifications à ces conditions de partage.

La qualité exceptionnelle de ses polders, dont le colmatage est si profond et si fer-

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tile, leur donne une plus-value sur les autres terres, et, outre la moitié des fruits, il obtient une redevance annuelle en argent de 10 francs par hectare; c'est donc une sorte de milieu entre le métayage pur et simple et le bail à prix d'argent.

On peut dire d'une manière générale que les terres des polders de Bouin sont cultivées sans engrais au moins pendant un grand nombre d'années, quelquefois même indéfiniment, avec la rotation continuelle de blés et fèves, qui est le seul assolement invariable du pays. Cet état de choses est susceptible de grandes améliorations.

Déjà l'on a introduit la culture du colza, de l'avoine et de la luzerne. L'assolement que l'on se propose d'adopter est semblable à ceux qui ont été appliqués dans les polders du comté de Norfolk et de la Hollande, savoir :

Colza, froment, fèves, froment, avoine, ou bien colza, froment, fèves, avoine, luzerne ou prairies.

On ne met pas d'engrais, d'une manière générale, dans les premières années. Il est vrai de dire que le curage des fossés, qui se remplissent de colmatage, fournit un amendement qui est jeté avec soin sur les parcelles.

Un jour viendra, sans doute, où l'on pourra augmenter la portion cultivée en luzerne, en plantes fourragères, diminuer, par contre, l'étendue cultivée en froment, et se livrer à l'élève et à l'engraissement du bétail, comme cela se fait du côté de Marans (Charente-Inférieure). Il est infiniment probable que des terres aussi riches, aussi fertiles, pourront produire la viande dans des conditions très avantageuses; mais il faudrait pour cela transformer radicalement les habitudes des colons, augmenter considérablement l'étendue des étables et les capitaux engagés dans l'acquisition des bestiaux. Une pareille modification ne peut être que l'œuvre du temps.

Quand les travaux d'endiguement sont exécutés dans un état suffisant d'envasement et pour des hauteurs de digues ne dépassant pas 5 mètres, que M. Le Cler a adoptées dans nos polders, on arrive à des résultats satisfaisants de prix de revient.

Dans de telles conditions, on obtient un prix moyen de 3,500 francs par hectare qui assure à ces entreprises agricoles des revenus rémunérateurs. La valeur de ces terres est de 4,000 à 4,500 francs l'hectare.

Le rendement des polders est, en général, relativement assez faible et irrégulier dans les deux ou trois premières années de l'exploitation, surtout si ces années sont accompagnées de sécheresse et de chaleur. Le sel se trouve en excès dans le sol, et il faut que la terre soit délavée et dessalée par les pluies, égouttée par un système suffisant de rigoles et de fossés, et ameublie et aérée par de fréquents labours et la culture. C'est ainsi que l'on a obtenu, dans les premières années, un rendement qui a été, suivant les emplacements, de 15 à 25 hectolitres de blé ou de colza. C'est un faible rendement pour ces terrains.

Dans la première année, c'est-à-dire immédiatement après l'endiguement, on a l'habitude d'ensemencer le polder en orge. C'est l'ensemencement qui réussit le mieux dans la terre imparfaitement desséchée et dessalée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le blé peut être semé dans la deuxième année ainsi que le colza.

Les fèves ne réussissent bien, en général, qu'au bout de trois à quatre ans. A cette période leur rendement total est de 10 à 25 hectolitres, d'une valeur moyenne de 13 francs l'hectolitre.

Il en est de même de la luzerne, qui ne doit être semée que dans la troisième ou la quatrième année après l'endiguement.

Après trois ans de culture, on arrive à des rendements partiels d'une trentaine d'hectolitres pour le blé; mais un rendement général et uniforme de cette importance ne s'obtient qu'après un nombre double d'années, quand la culture a ameubli et aéré convenablement le sol, et l'a amené à un état uniforme de fertilité. Cet état est très inégal à l'origine de l'endiguement, suivant les parcelles, quoique au premier aspect la terre obtenue, et pour ainsi dire créée par les mêmes causes aidées des mêmes moyens, semblât avoir une composition parfaitement régulière.

Des terres de la commune de Bouin, dont le colmatage était moins complet que celui des polders de M. Le Cler, et endiguées depuis quarante ans avec l'assolement continuel, sans engrais, de blé et de fèves, ont donné, comme moyenne des vingt dernières années, 28 hectol. 50 par hectare en blé et 24 hectolitres en fèves.

Avec un meilleur assolement, on doit attendre un rendement supérieur à ces chiffres, pour des terrains vierges si profondément colmatés. La moyenne du rendement atteindra, il y a lieu de l'espérer, si elle ne le dépasse, 30 hectolitres par hectare pour le blé, les fèves et le colza.

Les essais de luzerne ont donné près de 9,000 kilogrammes à l'hectare, 4 coupes pour la deuxième année. On espère arriver à 10,000 kilogrammes. Dans ces sols profonds, la luzerne pourrait durer de six à huit ans.

Les polders de Bouin, qui se trouvent encore dans la période imparfaite des premières années de culture, ont donné 160 francs par hectare, pour la moitié du rendement total.

M. Le Cler compte arriver aisément à un revenu net de 200 francs par hectare, pour la moitié, qui forme la part de la Société. Il faut ajouter une redevance de 10 francs par hectare.

Pour chaque polder, les demandes de location dépassent deux à trois fois la surface endiguée. On peut affirmer que toutes les familles d'ouvriers et de cultivateurs des communes de Bouin, Beauvoir et Barbâtre sont intéressées dans ces travaux.

Ces conquêtes pacifiques, en augmentant la richesse publique et le bien-être des populations, réalisent une amélioration précieuse dans les conditions hygiéniques des pays marécageux de cette partie de la Vendée, exposée aux fièvres paludéennes. L'intensité de ces fièvres diminue chaque année par suite de l'assainissement et du bien-être des populations.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Compagnie agricole du desséchement des marais de Fos et colmatage de la Crau.

(Médaille d'or.)

Voici comment M. Dornès, directeur de la Compagnie, décrit les travaux qu'elle a entrepris :

Il n'est pas de voyageur allant à Marseille, qui n'ait été frappé par la vue de cette immense plaine déserte et couverte de pierres, que le chemin de fer traverse sur plus de 15 kilomètres entre Arles et Miramas (Bouches-du-Rhône), et qui porte le nom de Crau (probablement du celte *Kroâ* ou *Groâ*, « lieu uni, plat »).

Cette plaine se présente à peu près sous la forme d'un grand triangle isocèle, dont la base, orientée du N. O. au S. E., a environ 20 kilomètres de longueur, et dont la hauteur est d'environ 30 kilomètres. Le sommet de ce triangle se trouve au col de Lamanon, dans la chaîne des Alpines, et les villages de Fos et du Mas-Thibert se trouvent placés à chaque extrémité de sa base, le premier à l'Est, le second à l'Ouest.

C'est le long de cette base que s'étend, sur une largeur d'environ 2 kilomètres en moyenne, la vaste surface de marais connus sous le nom de « marais de Fos ». Ceux-ci sont eux-mêmes limités au S. E. par le canal de navigation d'Arles à Bouc, qui borne en même temps dans le N. E. la plaine formant l'estuaire du Rhône et dont la Camargue occupe le centre.

Travaux d'amélioration de la Crau. — Si l'on passe à l'examen de la constitution du sol et du sous-sol de la Crau, on reconnaît que le sol est uniformément constitué par une couche de 0 m. 30 à 0 m. 60 d'épaisseur, formée par des cailloux roulés de toutes grosseurs, mélangés d'une terre argilo-siliceuse. Ce sol proprement dit repose sur une couche de rocher ou poudingue très dur, d'épaisseur variable et formé des mêmes cailloux roulés agglutinés par une gangue calcaire. En dessous de cette couche de poudingue on retrouve encore, sur une très grande épaisseur, ces mêmes cailloux roulés, mélangés de sable plus ou moins calcaire.

Or tous ces cailloux et graviers sont identiques à ceux roulés encore actuellement par la Durance, non seulement comme aspect, mais aussi comme composition chimique. On y retrouve en particulier la variolite qui est la caractéristique des roches de cette vallée.

Restait toutefois à expliquer la présence de cette couche de rocher ou poudingue existant d'une manière uniforme au milieu de cette masse de cailloux roulés, et qui avait toujours dérouté les observateurs.

La formation de ce poudingue sous-jacent est évidemment due à des phénomènes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

postérieurs à l'époque où la Durance se déversait encore à la mer en franchissant le col de Lamanon.

L'analyse chimique démontre, en effet, que la couche de terre qui recouvre le poudingue et qui constitue le sol de la Crau est très pauvre en éléments calcaires (1 p. 100 environ), alors qu'au contraire la gangue qui agglutine les cailloux formant le poudingue est presque exclusivement calcaire.

On peut donc en conclure que ce sont les eaux pluviales qui, en l'absence de toute végétation, ont dissous progressivement, à la faveur de l'acide carbonique, le calcaire qui était contenu dans les alluvions crétacées mélangées aux cailloux, de sorte que, finalement, toute la chaux s'est trouvée entraînée dans le sous-sol où elle s'est déposée par suite du départ de l'acide carbonique, aucun végétal n'étant là pour la ramener à la surface. Elle a ainsi constitué la gangue calcaire formant le poudingue.

Aucun doute n'est donc plus permis aujourd'hui quant à l'origine de la Crau, qui est bien l'ancien cône de déjection de la Durance.

Tentatives faites pour mettre la Crau en valeur. — Dans les temps les plus reculés jusqu'à nos jours, la Crau a toujours été livrée à l'industrie pastorale de l'élevage des moutons qui se contentent des maigres herbages qui poussent au milieu des cailloux dont toute la surface de cette immense plaine est recouverte.

Mais aussi, de tout temps, des tentatives, plus ou moins couronnées de succès, ont été faites pour fertiliser et gagner à la culture ces immenses territoires en friche. L'expérience a prouvé, en effet, qu'il suffit de pouvoir faire sur ce sol des irrigations régulières pour y développer et y entretenir facilement la végétation.

Dès le xvi[e] siècle (1554-1559), Adam de Craponne, pénétré de cette vérité, exécuta le canal qui porte son nom et amena les eaux de la Durance à Salon, Eyguières, Istres et jusqu'à Arles, en franchissant le col de Lamanon et en suivant le pied des collines qui bordent la Crau à l'Est et au N. O.

Ce canal, très remarquable pour l'époque, fut très probablement exécuté en partie suivant le tracé d'un ancien canal entrepris par les Romains pour amener les eaux de la Durance à Salon.

La construction du canal de Craponne amena la prospérité de toute cette région stérile jusque-là.

Aussi, deux siècles plus tard, lorsque toutes les eaux disponibles du canal de Craponne (dont la portée n'excède guère 12 mètres cubes par seconde) furent plus ou moins bien utilisées, cette œuvre de fertilisation progressive de la Crau se continua par la création d'un nouveau canal également dérivé de la Durance, le canal dit « des Alpines », construit en 1787 par les États de Provence avec le concours des communes et d'un certain nombre de propriétaires de la région réunis en syndicat. Ce canal, dont la branche mère dite « de Boisgelin » (du nom de l'évêque d'Aix qui était à la tête de la province lors de sa construction) a une portée de 10 mètres cubes environ, passe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

également au col de Lamanon et amène dans la Crau et sur sa lisière les eaux de la Durance prises à Mallemort, c'est-à-dire au point où le cours de cette rivière est le plus rapproché de la Crau.

Les conséquences de la création de ces deux canaux sont considérables.

Au XVI^e^ siècle, la Crau n'était, en effet, qu'un immense pâturage d'environ 40,000 hectares. Deux siècles après, suivant état dressé en 1778, et grâce à la création du canal de Craponne, on n'y trouvait plus que 30,000 hectares environ de pâturages naturels. Aujourd'hui que les effets du canal des Alpines sont venus s'ajouter à ceux du canal de Craponne, la superficie des terres en friche de la Crau n'est plus que d'environ 20,000 hectares. Les eaux d'irrigation apportées dans la Crau ont donc permis de gagner à la culture près de 20,000 hectares.

Les résultats ainsi obtenus depuis trois siècles par l'emploi des eaux plus ou moins limoneuses de la Durance, ayant démontré de toute évidence la possibilité de transformer ces déserts arides de la Crau en terres cultivables et particulièrement en prairies arrosées, la question de la fertilisation générale de la Crau resta constamment à l'étude, et, en 1853, M. de Gabriac, ingénieur des ponts et chaussées, à Arles, présenta un projet très rationnel de la fertilisation de la Crau par la création de nouveaux canaux destinés à amener les eaux de la Durance dans toutes les parties de cette plaine dont il chercha, mais en vain, à syndiquer tous les propriétaires pour la mise à exécution de son projet.

Projet Nadault de Buffon pour la fertilisation de la Crau par voie de colmatage. — Une dizaine d'années plus tard, M. Nadault de Buffon reprit ce projet de fertilisation générale de la Crau, mais transforma la solution de la question en se plaçant au point de vue exclusif du colmatage. Il proposa l'exécution d'un canal devant avoir le débit énorme de 80 mètres cubes par seconde, ne prenant en Durance que les eaux de crues, c'est-à-dire celles qui sont les plus chargées de limons.

Les limons charriés par les eaux de ce canal devaient servir à colmater, c'est-à-dire à recouvrir d'une couche de limon plus ou moins épaisse (de 0 m. 20 à 0 m. 30 en moyenne) non seulement toute la surface de la Crau, mais encore toute celle des marais de Fos, dont le sol devait se trouver ainsi exhaussé. Comme complément de cette dernière opération, le plan d'eau de ces marais devait être abaissé au moyen de puissantes machines d'épuisement.

Ce projet, approuvé par l'Administration supérieure après enquêtes et instructions administratives, a donné lieu à une concession pour la mise en œuvre de laquelle a été constituée, en 1882, une Compagnie dite *Compagnie agricole du desséchement des marais de Fos et du colmatage de la Crau*, au capital de 6 millions.

Laissant de côté l'étude des conditions financières qui devaient permettre l'exécution de ces travaux par le jeu d'une garantie d'intérêt de l'État, nous ne traiterons que les questions techniques ayant trait à cette entreprise.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Résultats pratiques à attendre du colmatage. — Ce colmatage, en admettant même son efficacité, n'était, en effet, qu'un des facteurs de la question; l'autre facteur, et le plus important, résidait dans la possibilité de pourvoir ces terrains colmatés, d'une manière régulière et en quantité suffisante, des eaux d'irrigation indispensables à leur mise en culture, car sous le soleil de la Provence, en dehors de la vigne, les cultures irriguées peuvent seules donner des résultats tant soit peu rémunérateurs.

Or, au point de vue de l'irrigation, le projet Nadault de Buffon laissait fortement à désirer. La concession accordait bien, il est vrai, la possibilité de dériver de la Durance 80 mètres cubes d'eau par seconde, mais à la condition d'en laisser toujours au moins 50 dans le fleuve; par suite de cette réserve, le débit du canal de dérivation devenait essentiellement irrégulier, et comme volumes et comme époques. Cette réserve équivalait de plus à la suppression, à peu près absolue, de toute disponibilité d'eaux pour arrosages pendant la période estivale, c'est-à-dire à l'époque où ces eaux sont le plus indispensables.

Composition chimique du sol de la Crau et des limons de la Durance amenant à conclure à l'inutilité du colmatage pour la fertilisation de la Crau. — Les analyses comparatives du sol de la Crau à l'état vierge et de la Crau colmatée de longue date par le seul effet des arrosages avec les eaux plus ou moins limoneuses provenant soit du canal de Craponne, soit de celui des Alpines, ont permis de se rendre un compte exact des effets qu'on pouvait attendre du colmatage proprement dit dans la Crau. Ces analyses ont démontré, d'une manière péremptoire, d'abord que le sol de la Crau vierge était loin d'être absolument impropre par lui-même à toute culture comme on l'avait toujours prétendu jusque-là, et, en second lieu, que les qualités fertilisantes qu'on avait attribuées aux limons de la Durance tenaient moins à la nature même de ces limons qu'à l'action particulièrement bienfaisante de l'eau qui les charrie.

En effet, si l'on examine la composition du sol naturel de la Crau, on reconnaît qu'il est constitué presque exclusivement de sable siliceux (66 à 70 p. 100) et d'argile (26 à 27 p. 100); qu'il est relativement pauvre en azote et en chaux, mais que ce qui lui fait surtout défaut, ce sont les éléments minéraux indispensables à toute culture intensive, c'est-à-dire l'acide phosphorique et la potasse.

Or les limons de la Durance, eux aussi, sont très pauvres en potasse et en acide phosphorique

L'apport rapide dans le sol de la Crau de la quantité de chaux nécessaire à la végétation (c'est-à-dire 2 à 3 p. 100) rentre dans les opérations culturales faciles à réaliser. Même sans chaulage, cet apport de chaux peut se faire sans frais, par l'importation des phosphates de chaux qui sont en tous cas nécessaires pour augmenter la teneur en acide phosphorique des terres de la Crau.

L'expérience est venue, d'ailleurs, consacrer ces prévisions théoriques, car un grand propriétaire, M. Jullien, a pu créer en pleine Crau une centaine d'hectares de magni-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fiques prairies irriguées, au moyen d'eaux puisées par des pompes à vapeur dans le sous-sol en quantité suffisante pour pourvoir à l'arrosage de ces prairies. Ces prairies prospèrent ainsi dans d'excellentes conditions avec des eaux d'arrosage ne contenant aucune trace de limons. Cet arrosage a été, bien entendu, complété par l'emploi d'engrais chimiques (superphosphates, sels de potasse et azote).

Il est donc bien démontré que le colmatage est loin d'être indispensable pour la création de cultures irriguées dans la Crau et en particulier de prairies.

Restait à résoudre la question de savoir si le colmatage permettrait au moins la création dans la Crau de cultures non irriguées.

Or l'expérience des siècles a démontré que dans la Crau, en fait de cultures non irriguées, la vigne pouvait seule donner des produits rémunérateurs.

D'ailleurs, avant l'invasion du phylloxera, il existait déjà plusieurs milliers d'hectares de vignes plantées dans le sol naturel de la Crau; ces vignes donnaient un vin de qualité exceptionnelle très connu et très apprécié, mais en assez faible quantité.

Il n'était donc pas besoin de colmatage pour créer des vignes en Crau.

L'Administration supérieure et le Parlement ont reconnu la réalité et l'exactitude de cette conception nouvelle de la mise en valeur de la Crau, et une loi récente (26 avril 1889) est venue modifier la concession primitive en ce qui concerne la question du colmatage auquel a été substituée une concession éventuelle d'eaux d'arrosage.

Si, en effet, comme cela paraît certain, on arrive, soit par des concessions nouvelles, soit par des combinaisons avec les canaux existants, à doter la Crau d'eaux d'irrigation prises en Durance ou prélevées sur les concessions non utilisées jusqu'ici, on pourra facilement, par la création de prairies et de vignes, gagner à la culture des milliers d'hectares de terres en friche de cette plaine.

C'est donc en suivant cette voie et en abandonnant toute idée de colmatage, qu'on doit chercher la vraie solution de la fertilisation de la Crau.

La Compagnie a déjà commencé la mise en exécution de ce nouveau programme. Sur les 7,000 hectares dont elle est propriétaire, elle a créé cinq centres d'exploitation comportant chacun 30 à 50 hectares de vignes et une surface de prairies irriguées suffisantes pour fournir la nourriture des bêtes de travail nécessaires à l'exploitation.

Situation topographique des marais de Fos. — Ainsi qu'on l'a vu, les marais de Fos s'étendent sur une vingtaine de kilomètres, entre le canal d'Arles à Bouc et la partie inférieure de la Crau.

Leur superficie est d'environ 4,500 hectares.

Au centre de ces marais se trouvent deux grandes dépressions formant deux étangs dits du « Landre » et du « Galéjon ». Ces étangs communiquent entre eux par une série de canaux dits « des Gazes », l'étang du Galéjon étant lui-même en communication avec le canal d'Arles à Bouc par une brèche, d'une quarantaine de mètres de largeur, faite dans la berge nord de ce canal. C'est dans ces étangs que viennent se réunir toutes les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

eaux des écoulages supérieurs et en particulier celles provenant de tous les territoires supérieurs d'Arles et de Tarascon, qui sont amenées dans ces étangs par les canaux dits « de la Vidange », « du Vigueirat » et « des Gazes », construits en 1642 par un ingénieur hollandais nommé Van Ens, qui avait entrepris, à cette époque, le desséchement de toutes les parties marécageuses, s'étendant sur près de 40,000 hectares aux environs d'Arles et de Tarascon.

Toutes ces eaux ont comme émissaire général vers la mer le canal d'Arles à Bouc, qui communique avec celle-ci par ses écluses de Bouc, en même temps que par une série de pertuis établis à travers la berge sud de ce canal, en face de la brèche faisant communiquer ce canal avec les marais. Ces pertuis sont munis de clapets battants laissant les eaux du canal de s'écouler vers la mer lorsque le niveau de celle-ci le permet, mais empêchant les eaux de la mer, en cas d'intumescence de celle-ci, de rentrer dans le canal.

Par leur situation et par suite surtout des travaux de desséchement entrepris par Van Ens, les marais de Fos se trouvaient donc être le réceptacle de toutes les eaux d'écoulages supérieurs dont le régime est réglé ainsi qu'on vient de le voir par celui du canal d'Arles à Bouc. Or les eaux du canal d'Arles à Bouc varient de l'altitude + 0 m. 86 au-dessus du niveau moyen de la mer à l'altitude — 0 m. 26 au-dessous de ce niveau. Leur régime moyen pendant la majeure partie de l'année étant la cote + 0 m. 30 au-dessus du niveau de la mer, il en résultait que la majeure partie des marais, dont l'altitude moyenne est inférieure à cette cote, était à peu près constamment noyée.

De plus, lorsque la mer était haute et que par suite tout écoulage y était suspendu, c'est dans cette immense cuvette formée par les marais de Fos que s'accumulaient toutes les eaux supérieures en attendant de pouvoir s'écouler à la mer, et, dans ce cas, les marais étaient recouverts par les eaux sur toute leur surface.

Pour réserver cette situation spéciale, en ce qui concerne les écoulages supérieurs, le cahier des charges de la concession du desséchement des marais de Fos a prévu que les étangs du Landre et du Galéjon ne seraient pas compris dans le périmètre des terrains devant jouir du bénéfice du desséchement, et resteraient en eaux vives pour servir de réservoir éventuel aux eaux supérieures qui continueront à venir s'y déverser pour, de là, se rendre au canal d'Arles à Bouc et à la mer.

Abandon du projet Nadault de Buffon pour le desséchement et la mise en culture des marais de Fos. — En ce qui concerne le desséchement et la mise en culture des marais de Fos, la solution du problème, telle qu'elle avait été proposée par M. Nadault de Buffon et acceptée par l'État, n'était malheureusement pas plus pratique que la fertilisation de la Crau, telle que la concevait cet ingénieur.

Son projet était aussi basé sur le colmatage de ces marais au moyen des limons de la Durance.

Des colmatages successifs devaient, tout en fertilisant le sol, l'exhausser peu à peu,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en même temps que l'asséchement de ces marais aurait été obtenu par abaissement du plan d'eau au moyen de machines d'épuisement.

Mais, dans ce cas, comme dans celui de la Crau, les dépenses de premier établissement à faire en vue du colmatage des marais étaient disproportionnées au résultat à en obtenir au point de vue cultural, alors, surtout, que le colmatage ne pouvait dispenser de l'exécution de tous les travaux et installations de machines d'épuisement, nécessaires pour apurer le desséchement de ces marais.

Dans ces conditions, la Compagnie, abandonnant toute idée de colmatage des marais de Fos, se préoccupa tout d'abord d'assurer leur desséchement dans les délais prévus, sauf à poursuivre en même temps l'étude de leur mise en culture ultérieure sans avoir recours au colmatage. C'est dans ce sens qu'un projet du desséchement de ces marais fut dressé et présenté à l'État qui l'approuva.

Le desséchement des marais de Fos a été projeté par la création de quatre bassins de desséchement :

1° Le bassin dit « de Fos », de 570 hectares;

2° Le bassin dit « du Galéjon », de 570 hectares (séparé du bassin de Fos par une grande étendue de marais qui ont été distraits du périmètre du desséchement comme étant des terrains industriels pour extraction de tourbes);

3° Le bassin dit « de Capeau », de 1,500 hectares;

4° Le bassin dit « de l'Étourneau », de 1,350 hectares.

Les deux premiers bassins de desséchement de Fos et du Galéjon sont déjà en état de desséchement, le premier depuis 1884, le second depuis 1885.

En se basant sur les données que pouvaient fournir les desséchements de marais similaires, on a admis que le sol naturel, sous l'influence du desséchement et de la culture, s'affaisserait d'environ 0 m. 50, et comme il faut toujours laisser une revanche de 0 m. 50 au-dessus du plan d'eau de desséchement, on a dû prévoir la possibilité d'abaisser le plan d'eau à 1 mètre au-dessous du niveau du sol primitif des marais dans les points les plus bas. Ces points bas étant aux environs du niveau de la mer moyenne, on en a conclu que le plan d'eau devait pouvoir être abaissé de 1 mètre au-dessous dudit niveau, soit à la cote — 1 mètre.

Le plafond des canaux collecteurs a donc été fixé à la cote — 1 m. 50 afin d'avoir toujours environ 0 m. 50 d'eau dans ces cananx.

Restait à déterminer la quantité d'eau qu'auraient à enlever les machines d'épuisement pour maintenir d'une manière constante et régulière le plan d'eau du desséchement à cette cote de 1 mètre au-dessous du niveau de la mer.

On n'avait malheureusement aucune donnée précise à cet égard, car la présence au milieu des marais de très nombreuses sources artésiennnes dites *laurons,* dont le nombre est très variable d'un bassin à un autre, ne permettait aucun mode de détermination pratique par comparaison avec des travaux similaires. La présence de ces sources avait fait même craindre que le desséchement de certaines parties des marais où elles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont plus nombreuses fût impossible par simple abaissement du plan d'eau. L'expérience est venue heureusement démontrer que ces craintes étaient exagérées.

On dut, en conséquence, procéder par voie d'expériences successives.

Dans le premier bassin dit «de Fos» (570 hectares), on commença par installer provisoirement deux pompes centrifuges de 0 m. 35 de diamètre d'orifice, pouvant donner ensemble un débit de 700 à 750 litres à la seconde.

Après une série d'essais et d'expériences, on arriva à cette conclusion qu'il fallait s'installer pour pourvoir à des épuisements pouvant atteindre jusqu'à 4 litres par seconde et par hectare, pour les deux bassins de Fos et du Galéjon, soit 2,200 à 2,300 litres par seconde pour le bassin de Fos et 1,500 à 1,600 litres pour le bassin du Galéjon.

Machines d'épuisement. — On installa, en conséquence, pour le bassin de Fos (570 hectares) deux pompes Guynne de 0 m. 762 d'orifice, pouvant débiter chacune de 1,000 à 1,200 litres à la seconde, dans les limites d'élévation indiquées plus haut, et au bassin du Galéjon (370 hectares) une pompe de 0 m. 91 d'orifice, d'un débit de 1,500 à 1,700 litres à la seconde, dans les mêmes conditions au point de vue de l'élévation des eaux.

Ces pompes sont actionnées directement par des machines Compound à cylindres conjugués.

Prix de revient des travaux de desséchement et dépenses pour le maintien du desséchement. — Les dépenses totales des travaux du desséchement proprement dit, comprenant la création des canaux principaux ainsi que l'installation des machines d'épuisement, se sont élevées à 1,250 francs par hectare pour le bassin de Fos, et à 1,350 francs par hectare pour le bassin du Galéjon (dans ce dernier bassin les fondations des machines ont été particulièrement difficiles, le sol résistant n'ayant été rencontré qu'à 5 m. 60 en dessous du niveau de la mer).

Ces mêmes dépenses rapportées à l'hectare seront sensiblement moins élevées pour les deux autres bassins dont la surface est bien plus considérable et le sous-sol plus résistant.

Quant aux dépenses pour le maintien du desséchement des deux bassins déjà en état de desséchement qui est assuré d'une manière continue depuis plusieurs années au moyen des machines dont on vient de parler, elles se montent à environ 25 à 30 francs par hectare et par an. Ces dépenses iront d'ailleurs en diminuant au fur et à mesure de la mise en culture, par suite du tassement des terres et par le fait de la végétation qui absorbera, en été du moins, des masses d'eau considérables.

Mise en culture. — Pour terminer, il reste à parler de la mise en culture des terrains ainsi desséchés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En tant que nature et composition chimique du sol, les marais de Fos comprennent trois zones absolument distinctes les unes des autres.

La partie haute de ces marais, dont l'altitude est supérieure à + 0 m. 75 au-dessus du niveau de la mer, bien qu'en partie soustraite aux inondations superficielles, est cependant encore très marécageuse. Elle se trouve constituée par un sol de composition argilo-calcaire dont l'épaisseur varie de 0 m. 50 à 1 mètre. En dessous, se rencontre le même poudingue que celui existant sous le sol de toute la Crau. Cette zone du marais est appelée « La Coustière ».

La partie basse des marais est au contraire constituée par des terrains plus ou moins tourbeux, de consistance absolument molle, entremêlés de veines argilo-calcaires et supportant à peine le poids de l'homme. L'épaisseur de ces terrains va constamment en augmentant à mesure qu'on s'éloigne de « La Coustière », et elle varie de 1 mètre à 3 mètres. En certains points on descend même jusqu'à 5 et 6 mètres avant de rencontrer le sous-sol solide.

Cette deuxième zone constitue « Le Marais » proprement dit.

Enfin, le long du canal d'Arles à Bouc, entre l'étang dit du « Landre » et le Mas-Thibert, il existe une troisième zone de terrains plus ou moins bas, quelque peu salés et de composition absolument semblable à celle des terres de la Camargue.

La première zone ou « Coustière » occupe environ 1,000 hectares, c'est-à-dire le quart de la superficie totale des marais de Fos, et s'étend en bordure de la Crau tout le long des marais, qu'elle borde ainsi au Nord. On a commencé à y créer des prairies arrosées et des vignes qui réussissent bien.

La deuxième zone ou « Marais » comprend 2,400 hectares, c'est-à-dire les 3/5 de l'ensemble des terrains à dessécher. La Compagnie a fait venir des Hollandais qui doivent y créer des pâturages, comme dans les polders de leur pays natal.

Société agricole et d'assainissement des Bouches-du-Rhône, à Marseille.

Le problème de la fertilisation de la Crau pourra se résoudre plus facilement en le combinant avec celui de l'assainissement de la ville de Marseille. C'est ce qu'a entrepris M. de Montricher, fils de l'éminent ingénieur auquel Marseille doit les eaux de la Durance, lorsqu'il a fondé la Société agricole et d'assainissement des Bouches-du-Rhône.

Les épidémies de choléra, si fréquentes à Marseille, ont montré combien il importe d'assainir cette ville. Elle dépensait 78,000 francs par an pour recueillir et porter en rade, au moyen de chalands, les gadoues, toujours plus ou moins chargées de matières fécales, mais ces gadoues étaient néanmoins en grande partie rejetées sur les côtes et les infectaient.

M. de Montricher proposa d'en débarrasser la ville moyennant une indemnité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

annuelle de 54,000 francs, et d'en faire profiter l'agriculture du département des Bouches-du-Rhône.

La Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée lui accorda des tarifs très réduits. Les tombereaux du service municipal viennent, au moyen d'installation de quais élevés de 2 mètres au-dessus des rails, déverser directement dans des wagons spéciaux les 200 tonnes de matières qui forment leurs contingents journaliers. Ces wagons doivent être expédiés le jour même, afin d'éviter l'exhalaison des miasmes qui commenceraient à s'en dégager vingt-quatre heures environ après qu'on les a recueillies. La Compagnie est elle-même propriétaire, dans la Crau, d'un domaine de 600 hectares, les Poulajens, près de Saint-Martin-de-Crau, où elle en emploie à créer des prés et des vignes.

Au retour, les wagons ramènent à Marseille des cailloux de la Crau, qui y servent à empierrer les chaussées.

Compagnie des eaux-vannes.
Épuration et utilisation des eaux d'égouts de Reims.

Siège de la Compagnie : 52, rue d'Anjou-Saint-Honoré, à Paris.

(Médaille d'or.)

Les égouts de Reims déversaient, jusqu'à ce jour, toutes leurs eaux dans un collecteur inférieur qui débouchait dans la rivière de Vesle à 1 kilomètre environ en aval de la ville.

Le lit de la Vesle, envahi par les détritus d'une ville qui a vu en très peu de temps doubler sa population et décupler son industrie, n'est plus, pendant une grande partie de son parcours, qu'un vaste égout dont le fond envasé ne peut plus contenir les eaux contaminées qui se répandent sur les propriétés voisines.

Cette situation, qui ne pouvait se prolonger sans compromettre gravement la santé publique, a été l'objet des constantes préoccupations de l'administration municipale de Reims. Les communes suburbaines adressaient d'ailleurs des réclamations et des protestations dont l'administration supérieure s'est émue; il fallait absolument porter remède à l'envasement de la Vesle, qui devenait de plus en plus considérable.

Des études et des expériences, entreprises dès l'année 1868, furent poursuivies sans interruption par la ville de Reims. Une commission extra-municipale, chargée de rechercher le meilleur système d'épuration des eaux d'égout, déposa en 1874, après plusieurs années d'études, un rapport remarquable, concluant en faveur de l'épuration par le sol. Les discussions qui s'élevèrent alors entre les partisans de l'irrigation et ceux de l'épuration chimique retardèrent malheureusement la solution de la question. Ce n'est qu'à la fin de 1879, après avoir fait de nouveaux essais d'épuration chimique, que la ville, adoptant une solution mixte, passa deux traités, l'un avec la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Compagnie des eaux-vannes de Paris, pour l'épuration par irrigation d'une partie des eaux d'égout, et l'autre, avec une Société de chimistes pour l'épuration par les procédés chimiques de l'autre partie des eaux. Ces deux traités, soumis simultanément aux enquêtes administratives et à l'examen des autorités compétentes, furent, en 1883, l'objet d'un rapport du Conseil général des ponts et chaussées, rapport qui concluait à l'adoption de l'épuration par irrigation et au refus de l'épuration par les procédés chimiques.

Ces conclusions dirigèrent les études de l'administration municipale de Reims; elle fit en 1884 un nouveau projet de traité avec la Compagnie des eaux-vannes pour l'épuration de la totalité des eaux d'égout. Ce projet de traité, par suite de nouvelles discussions et des formalités à remplir pour la déclaration d'utilité publique, ne fut définitivement approuvé par l'autorité préfectorale qu'au mois d'août 1887.

Traité passé entre la ville de Reims et la Compagnie des eaux-vannes. — Le contrat passé entre la ville de Reims et la Compagnie des eaux-vannes, pour une durée de trente-six ans, contient notamment l'obligation pour la Compagnie d'épurer la totalité des eaux d'égout, de fournir une partie des terrains nécessaires à l'épuration, d'installer à ses frais les machines élévatoires, les bassins de réception, les conduites de distribution et d'assainissement, et d'exécuter les travaux d'aménagement du sol.

La ville de Reims, de son côté, paye à la Compagnie une redevance annuelle basée sur le volume d'eau épurée, et fournit 150 hectares de terrains destinés à l'épuration et situés à proximité des propriétés de la Compagnie des eaux-vannes.

Cube débité par le collecteur. — Des jaugeages effectués à Reims pendant plusieurs années, on conclut que le cube moyen débité par les collecteurs est de 36,000 mètres cubes par jour, soit 14,000 mètres cubes débités par l'aqueduc supérieur et 22,000 mètres cubes par l'aqueduc inférieur.

La population de Reims atteignant le chiffre de 90,000 habitants, le cube débité correspond à 0 m. c. 400 environ par tête d'habitant; c'est beaucoup plus qu'aucune ville anglaise et trois fois plus que Paris. La source de cet énorme débit est due évidemment à l'industrie des laines.

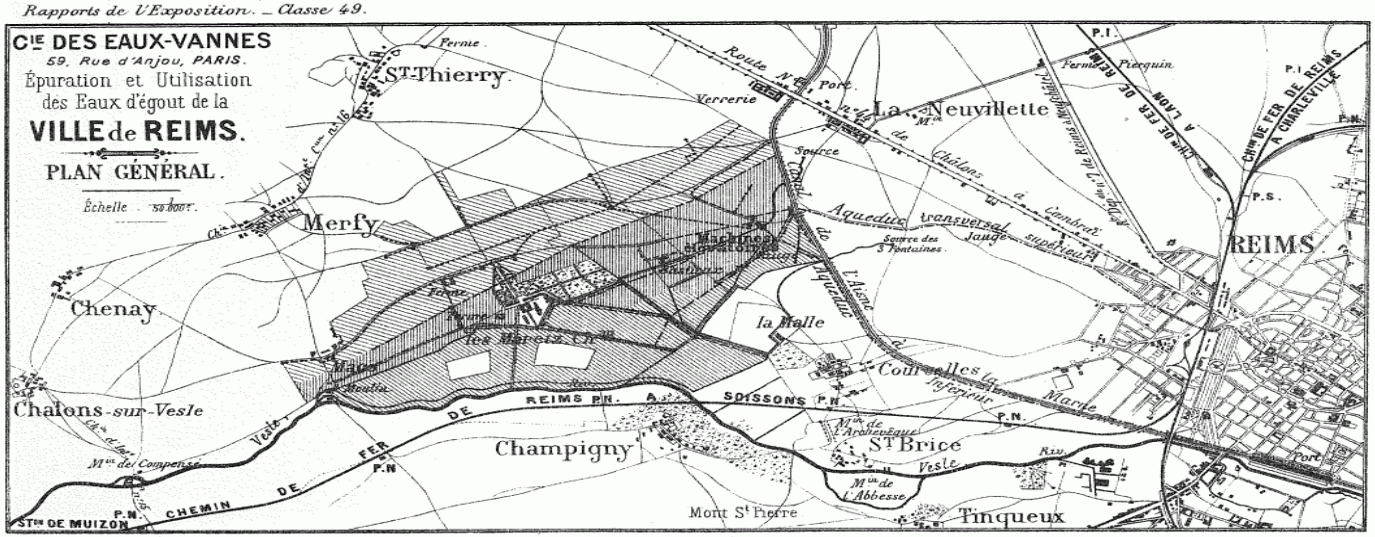
Le chiffre de 36,000 mètres cubes par vingt-quatre heures est une moyenne. Il varie suivant le temps, les saisons, les jours ouvrables ou fériés, et aussi suivant les heures de la journée. La moyenne du débit dans la journée est d'environ 28,000 mètres cubes, et la nuit de 8,000 mètres cubes.

Température des eaux. — La température de l'air produit naturellement un minimum de nuit et un maximum de jour dont l'écart est souvent considérable. Celle des eaux-vannes au contraire est à peu près uniforme. Elle subit néanmoins des variations de température, mais plus lentes et moins étendues que celles de l'atmosphère. Des observations faites à Paris et dans plusieurs villes d'Angleterre quand la température

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rapports de l'Exposition. — Classe 49.



extérieure est basse, celle des eaux d'égout descend moins et elle s'élève moins aussi dans les journées chaudes de l'été.

A Reims, il en est autrement pour les eaux de l'aqueduc supérieur; en hiver comme en été la température des eaux-vannes s'est trouvée plus élevée, le refroidissement s'opère d'ailleurs lentement et l'eau se retrouve presque aussi tiède dans les canaux d'irrigation que dans les collecteurs.

Pour l'aqueduc inférieur qui est découvert sur une grande partie de son parcours, les eaux d'égout ont pendant l'été une température un peu moins élevée que celle de l'air atmosphérique.

En hiver, les eaux-vannes ne gèlent jamais et ne descendent pas au-dessous de 5 degrés. C'est là, au point de vue agricole, un fait d'une importance capitale.

Composition des eaux d'égout. — On conçoit la complexité que présentent, au point de vue de leur composition, les eaux d'égout. D'après les analyses faites par le bureau municipal d'hygiène de Reims, les eaux contiennent en moyenne par mètre cube, au moment où elles arrivent aux bassins de réception :

AQUEDUC SUPÉRIEUR.

Matières en suspension	minérales	0g 498	1g 121
	organiques	0 623	
Matières en dissolution	minérales	0 652	1 012
	organiques	0 360	
TOTAL des matières fixes			2g 133
Azote total par mètre cube			0 091
Azote ammoniacal		0g 050	0g 091
Azote organique		0 041	
Chlore			0 406
Acide phosphorique			0 015

AQUEDUC INFÉRIEUR.

Matières en suspension	minérales	0g 566	0 927
	organiques	0 361	
Matières en dissolution	minérales	0 152	0 564
	organiques	0 412	
TOTAL des matières fixes			1g 491
Azote total par mètre cube			0g 050
Azote ammoniacal		0g 032	0 050
Azote organique		0 018	
Chlore			0 0543

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les eaux d'égout de Reims, notamment celles de l'aqueduc supérieur, formées en grande partie des eaux résiduaires des peignages de laine, sont chargées en matières organiques et azotées, et par suite susceptibles d'entrer en fermentation. D'autre part, les éléments utiles à l'agriculture se trouvent réunis dans des proportions relativement analogues à celles que présente le fumier de ferme, ce qui en fait un engrais complet.

Les 2 kilogrammes environ que tient en suspension chacun des 36,000 mètres cubes amenés chaque jour aux champs d'épuration représentent par vingt-quatre heures 72,000 kilogrammes, soit 72 mètres cubes, et pour l'année entière 26,000 mètres cubes environ de matières solides (minérales et organiques).

Procédés d'épuration. — Divers procédés de filtration ou d'épuration chimique ont été proposés à Reims; quelques-uns ont été mis à l'essai, mais aucun n'a donné de résultats satisfaisants.

Le traitement mécanique, dépôt à l'état naturel dans les bassins de filtration, n'a pu jamais donner que des résultats imparfaits, n'arrivant jamais à débarrasser les eaux que d'une fraction très incomplète des matières en suspension.

Quant au traitement chimique, avec addition de réactifs, il a pour but de hâter la précipitation des matières solides, mais il reste sans action sur les matières organiques en dissolution. Ce procédé clarifie les eaux sans les épurer complètement. En outre, la masse de dépôts encombrants séchant sur de grands espaces, difficiles à manier, et ayant une faible valeur agricole, est une des raisons qui ont fait abandonner ce procédé, tant au point de vue des résultats financiers qu'au point de vue de la salubrité.

Il ne restait donc que le traitement agricole, procédé pratique et rationnel pour épurer les eaux d'égout, le seul d'ailleurs définitivement adopté par l'administration municipale de Reims, et qui a donné lieu au traité passé avec la Compagnie des eaux-vannes.

C'est à l'action du sol, naturellement ou artificiellement perméable, combinée avec la végétation, qu'appartient ce pouvoir précieux d'une épuration parfaite.

Les eaux d'égout versées sur le sol commencent par se filtrer complètement en traversant les couches superficielles du terrain ; les matières organiques dissoutes descendent à travers les couches du sous-sol où elles se divisent; elles se trouvent en contact intime avec l'oxygène de l'air ; alors s'opère la seconde opération de l'irrigation, la combustion. Les substances organiques passent à l'état minéral, à l'état d'azotates; sous cette nouvelle forme inoffensive, elles deviennent un élément précieux de fertilité; la salubrité se trouve satisfaite en même temps que la richesse agricole est créée.

Malgré la quantité considérable d'engrais versée sur le sol, les matières organiques ne s'accumulent pas dans la terre, qui conserve sa porosité.

L'eau d'égout traitée par un sol perméable comme à Reims est d'une pureté ab-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

solue. Voici l'analyse d'un échantillon de l'eau épurée, pris dans le canal d'assainissement de la Compagnie des eaux-vannes, à proximité de la ferme de Baslieux :

Degré hydrotimétrique.	total	19° 2
	après ébullition	3 5
Volume de permanganate de potasse décoloré par un litre d'eau		21cc
Matières organiques correspondantes exprimées en acide oxalique par litre.		0g 01323
Acide nitrique		0 00686
Ammoniaque libre		0 00054
Ammoniaque organique		0 0001

Utilisation agricole des eaux d'égout. — La solution par l'emploi agricole est théoriquement complète; elle l'est également pratiquement, si l'on en juge par les résultats obtenus à Reims par la Compagnie des eaux-vannes qui s'est efforcée, tout en assurant l'épuration des eaux, d'utiliser sur de grandes surfaces de terrains les matières fertilisantes qu'elles contiennent. Il convient en effet de distinguer entre l'épuration proprement dite et l'utilisation agricole. Ces deux questions semblent devoir être résolues par le même procédé, l'irrigation; mais leurs solutions diffèrent en un point essentiel, c'est que l'utilisation exige des surfaces notamment plus considérables que pour l'épuration. Pour l'épuration seule, la dose d'irrigation peut atteindre, lorsque l'on possède des terrains suffisamment perméables, un volume de 60,000, 80,000 et même 100,000 mètres cubes par hectare et par an. Cette irrigation à forte dose exige des précautions dans la distribution des eaux et nécessite souvent un drainage parfait du sous-sol qu'il est quelquefois difficile de bien remplir. L'utilisation, au contraire, sur de grandes surfaces, n'exigeant qu'une irrigation à faible dose, permet de répartir le nombre et la durée des arrosages, d'adopter une méthode d'assolement dans les cultures. Dans le cas d'utilisation, la culture est l'objectif principal, l'alternance devient possible, l'épuration se fait en quelque sorte sans qu'on y prenne garde, et le drainage perd de son importance.

On conçoit que pour ne pas être astreint à des travaux de drainage trop onéreux, il convient de choisir pour l'épuration des eaux d'égout des terrains possédant une épaisseur filtrante suffisante. Le choix des terrains présente quelques difficultés, car on ne trouve pas toujours à proximité des villes des surfaces assez considérables pour faire exclusivement de l'utilisation agricole des eaux-vannes.

Choix des terrains. — A Reims, le choix s'est porté sur les terres qui entourent les domaines de Baslieux et des Maretz, et qui possèdent une épaisseur filtrante supérieure à 2 mètres au-dessus de la nappe d'eau.

Ces terrains sont composés pour la plus grande partie de terres calcaires formant le sol arable de tous les environs de Reims, notamment de la plaine des Trois-Fontaines

IMPRIMERIE NATIONALE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et de la côte de Saint-Thierry. Le carbonate de chaux y domine dans une proportion de 80 p. 100 environ; le sable siliceux représente 15 p. 100, l'argile 5 p. 100 au plus avec un peu d'humus.

Le sous-sol, très généralement calcaire, se montre parfois gréveux. Le tout repose sur la craie fendillée ou compacte qui compose le sol de la Champagne.

Ces terres ont des pentes généralement modérées facilitant la distribution des eaux d'irrigation.

Par l'examen du plan en relief exposé par la Compagnie des eaux-vannes, on pouvait se rendre compte de la configuration des terrains irrigués et des dispositions prises par la Compagnie pour la répartition rationnelle des eaux.

Les champs d'irrigation sont d'ailleurs parfaitement situés par leur éloignement suffisant des centres habités, et parce qu'en raison de leur position, ils permettent d'évacuer directement à la Vesle les eaux épurées, sans que l'on ait à craindre pour les communes voisines le relèvement de la nappe d'eau.

Travaux d'assainissement et d'améliorations foncières. — Parmi les terrains faisant partie des domaines achetés par la Compagnie des eaux-vannes, se trouvent quelques prés-marais formant, principalement sur la rive droite, la vallée de la Vesle. La Compagnie a entrepris l'amélioration foncière de ces terrains de mauvaise qualité, de nature un peu tourbeuse et par conséquent acides. Elle espère arriver, dans un avenir peu éloigné, à les rendre propres à la culture. La première opération à effectuer était l'assainissement de ces prés pour faire descendre la nappe d'eau dans cette partie de la vallée.

Afin de permettre l'abaissement du plan d'eau, la Compagnie s'est rendue acquéreur de deux moulins situés en aval, Macô et Compensé; le premier disposant d'une chute de 0 m. 80, le second de 1 mètre. Elle a exécuté de grands canaux d'assainissement d'une longueur totale de 12 kilomètres, comprenant un large canal d'asséchement latéral à la Vesle, et un canal d'assainissement traversant tout le domaine dans sa plus grande longueur, et recevant les eaux épurées provenant des irrigations.

Ces travaux d'assainissement ont transformé complètement des marais absolument incultes et ont donné à ces prés, inondés autrefois la plus grande partie de l'année, une épaisseur filtrante suffisante pour l'utilisation agricole des eaux d'égout.

En même temps que l'on poursuivait l'assainissement, des dispositions étaient prises pour améliorer le sol. Certaines parties étaient rechargées après défoncement avec des déblais calcaires, provenant des fossés d'assainissement, d'autres recevaient des phosphates naturels; le restant non encore complètement préparé recevra des scories de déphosphoration, environ 6,000 kilogrammes à l'hectare.

Cette transformation, pour être complète, exigera plusieurs années, mais l'on peut déjà, par ce qui a été fait, préjuger des résultats qui seront obtenus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Surfaces irrigables. — La ville de Reims a mis à la disposition de la Compagnie des eaux-vannes 150 hectares destinés à servir de champ d'épuration, ci..... 150h

La Compagnie des eaux-vannes, de son côté, a acheté le domaine de Baslieux, le château des Maretz et ses dépendances, ainsi que les terrains avoisinants, jusqu'au hameau de Macô, le tout représentant une superficie de 400 hectares, dont 350 sont destinés à l'irrigation, soit..... 350

Le restant, non irrigable, est composé d'un parc, de deux étangs et des abords immédiats du château.

Au total..... 500h

de terres parfaitement irrigables.

La Compagnie des eaux-vannes possède en outre, répartis sur les propriétés irriguées, les trois grands corps de ferme de Baslieux, des Maretz et des Bergeries; les moulins de Macô et de Compensé sont également destinés à être transformés en métairies.

Dosage de l'irrigation. — Ainsi que nous l'avons dit précédemment, le volume journalier des eaux d'égout de Reims est actuellement d'environ 36,000 mètres cubes pour une surface irrigable de 500 hectares dont 350 hectares de terrains supérieurs pouvant recevoir 30,000 mètres cubes d'eau par hectare et par an, et 150 hectares de terrains bas dont l'irrigation se fera à la faible dose de 18,000 à 20,000 mètres cubes par hectare et par an.

Description des travaux. Adduction. — L'adduction des eaux d'égout aux champs d'irrigation se fait au moyen de deux grands collecteurs : l'un, *aqueduc supérieur,* reçoit les eaux de la partie haute de la ville et aboutit à une chambre de réception permettant le déversement des eaux par gravitation sur les terrains situés au-dessous de la cote 78.50; le second, *aqueduc inférieur,* aboutit au bassin de réception des machines élévatoires dont le radier se trouve à la cote 73.50.

L'usine élévatoire de Baslieux, comprenant trois machines d'une force totale de 150 chevaux, relève les eaux de l'aqueduc inférieur et les refoule à l'aide de conduites en fonte sur les terrains de la zone supérieure.

Les pompes sont à piston plongeur et à clapets verticaux multiples. Ces appareils fonctionnent régulièrement et ont un rendement satisfaisant. Deux plans indiquant les détails des machines, des pompes, ainsi que de l'installation générale de l'usine, figuraient dans l'exposition de la Compagnie.

Canalisation et distribution. — Les différents ouvrages exécutés par la Compagnie pour le réseau de distribution ont fait l'objet de deux plans qui offraient un certain

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intérêt. Les bassins de réception et de répartition, les diverses prises d'eau étaient représentées ainsi que les plans et coupes de tous les ouvrages d'art.

Les champs d'irrigation sont divisés en trois zones : la zone supérieure, alimentée par l'aqueduc inférieur et les machines élévatoires; la zone moyenne, desservie par les eaux de l'aqueduc supérieur, et enfin la zone inférieure, recevant les eaux de trop plein des aqueducs supérieur et inférieur.

Les eaux d'égout arrivent à la chambre de réception de l'aqueduc supérieur dans un bassin central et se déversent dans deux chambres de répartition alimentant, la première, une conduite en béton de 1 m. 20 de diamètre, et la seconde une conduite de 0 m. 60.

Deux chambres latérales de trop plein permettent de recevoir les eaux lorsque le débit est trop considérable, notamment à la suite des pluies d'orage ou de fonte de neige. Ces eaux de trop plein sont recueillies dans une conduite à ciel ouvert, avec radier en béton, et sont utilisées sur les terrains de la zone inférieure.

La conduite de 1 m. 20 de l'aqueduc supérieur se bifurque en deux conduites en béton de 0 m. 80 de diamètre, aboutissant à deux petits réservoirs d'extrémité. De ces réservoirs partent les conduites de distribution qui répartissent sur les terrains de la zone moyenne les eaux à épurer.

Le réseau de cette zone, composé de tuyaux en béton de 0 m. 80, 0 m. 60, 0 m. 40 et 0 m. 30, a une longueur approximative de 9 kilomètres.

Les eaux de l'aqueduc inférieur, qui arrivent dans un grand bassin de réception de 2,500 mètres cubes, sont refoulées au moyen de machines élévatoires sur les terrains de la zone supérieure. Le réseau de cette zone, composé de tuyaux en fonte de 0 m. 60, 0 m. 40 et 0 m. 30, a une longueur de 8 kil. 500.

Enfin, les eaux de l'aqueduc inférieur et les eaux de trop plein de l'aqueduc supérieur alimentent les terrains de la zone basse au moyen d'une conduite en béton de 0 m. 80 de diamètre, en partie à ciel ouvert, en partie fermée.

Le réseau de distribution de cette zone, en grande partie composé de conduites à ciel ouvert, a une longueur totale de 10 kilomètres.

Cent vingt prises d'eau ont été branchées sur les conduites principales et secondaires. Ces prises consistent en un siphon de 0 m. 30 émergeant verticalement d'un petit bassin en maçonnerie dans lequel se trouve placée une bonde de fond avec joint en caoutchouc et vis de pression. Les petits bassins de prises d'eau ont une ou plusieurs ouvertures pour la répartition des eaux dans les rigoles des champs irrigués. Les rigoles principales de distribution desservent les rigoles secondaires, qui alimentent à leur tour les billons séparant les planches cultivées et disposées de façon à éviter la submersion et à permettre à l'eau d'égout de circuler autant que possible sans toucher les plantes.

Les plantes se trouvent alignées sur une bande de terrain longue et étroite; elles ne reçoivent pas l'eau directement et ne se nourrissent que par leurs racines. Les planches, en forme de billon, ont une longueur variable de 0 m. 90 à 1 m. 20.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les travaux de préparation des billons se font économiquement au moyen d'instruments agricoles spéciaux. Ces instruments à traction de chevaux ou de bœufs sont composés de billonneurs pour le creusement de la rigole ou de rouleaux de forme ovoïde par sa régularisation.

Assainissement. — Enfin, le système se trouve complété par des canaux d'assainissement, d'une longueur totale de 12 kilomètres, destinés à faciliter l'abaissement de la nappe d'eau dans les terrains inférieurs et à recevoir les eaux épurées pour les conduire à la Vesle.

Arrosages et modes de culture. — Les arrosages reviennent plus ou moins souvent, suivant la nature des cultures, suivant les saisons. La Compagnie exposait un plan général indiquant les différents systèmes adoptés pour la disposition des rigoles secondaires ainsi que les instruments spéciaux employés pour la confection de ces rigoles et la culture en billons.

Ce plan général contenait en outre à une échelle réduite un plan d'assolement pour l'année 1889. Cet assolement embrassait une surface de 500 hectares aménagés pour l'irrigation à l'eau d'égout et comprenait 180 hectares de betteraves à sucre de différentes espèces à titre de premier essai, soit 120 hectares de betteraves à sucre de densité moyenne, et 60 hectares de betteraves riches; 50 hectares de prairies artificielles, luzerne, sainfoin et ray-grass d'Italie; 50 hectares de blé sur fumure, les irrigations n'ayant pu avoir lieu avant l'ensemencement; enfin 70 hectares d'avoine et cultures diverses.

L'année 1889 était la première année de fonctionnement des irrigations; les résultats ne pouvaient en être connus au moment de l'Exposition, mais d'après les renseignements qui nous sont parvenus, la récolte de betteraves notamment, pour une première année d'irrigation, a été remarquable non seulement comme poids, mais encore comme densité. La Compagnie des eaux-vannes, pour plus de certitude dans ses résultats au point de vue de la richesse saccharine des betteraves, avait employé comme engrais complémentaire à titre d'essai des superphosphates et des phosphates de la Meuse. La récolte a démontré qu'en irriguant d'une manière méthodique l'on pouvait obtenir des produits d'une densité aussi élevée avec un poids bien supérieur que dans les cultures intensives du nord de la France.

L'action des arrosages à l'eau d'égout n'est nullement préjudiciable au point de vue de la richesse des plantes. La seule précaution à observer consiste à suspendre les arrosages trois ou quatre mois avant la récolte, en ce qui concerne notamment les betteraves, afin que la végétation ne continue pas trop avant dans la saison et ne retarde pas la maturité de la plante.

La culture de la betterave et autres plantes sarclées convient admirablement pour les terrains arrosés à l'eau d'égout. Ces cultures, laissant le sol libre l'hiver, permettent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les irrigations en cette saison ou même de légers colmatages; en outre le démariage, les grattages, les binages multiples ont pour résultat de rompre la croûte superficielle du sol entre les lignes, d'enlever les mauvaises herbes, d'assurer l'accès de l'air entre les plants et de maintenir la perméabilité des terrains.

Telle est la description sommaire des installations de la Compagnie des eaux-vannes pour l'épuration et l'utilisation agricole des eaux d'égout de Reims. Un plan général indique l'état de la propriété de la Compagnie après l'exécution des travaux d'irrigation, d'assainissement et d'amélioration foncière, et un plan annexe de la même propriété avant l'amenée des eaux d'égout. Par la comparaison de ces deux plans et l'examen du grand plan en relief au $\frac{1}{2000}$ exposé par la Compagnie des eaux-vannes, il est facile de se rendre compte de l'importance de l'œuvre accomplie et des services que les travaux de cette Compagnie sont appelés à rendre non seulement au point de vue de l'hygiène publique, mais encore, en ce qui nous concerne spécialement, au point de vue de l'agriculture.

Nous ferons observer en terminant que M. Aimé Bonna, secrétaire de la Compagnie, a été chargé de l'étude de ce projet et de l'exécution des travaux.

Création de prairies irriguées exécutées sur le domaine de Chazeau, commune de Tintury (Nièvre),

par M. Prégermain.

Une médaille d'argent a été accordée par le jury à M. Prégermain pour la création de 100 hectares de prairies irriguées sur son domaine de Chazeau.

Voici comment M. Prégermain décrit ce travail :

« *Avant les travaux.* — Le domaine de Chazeau est situé en majeure partie sur le territoire de la commune de Tintury qui appartient à la contrée bien connue du Bazois. Cette contrée fournit au nord ses meilleurs attelages de bœufs blancs, et à la boucherie d'excellentes bêtes d'embouche.

« En 1880, j'ai fait l'acquisition du domaine, et quelque temps après, j'ai pu acheter quelques parcelles enclavées. La superficie actuelle est de 146 hect. 3449 d'un seul tenant.

« La composition, au moment de l'acquisition, était la suivante :

Prés irrigués.....	1 hect. 97 ares	146 hect. 34 ares 49 cent.
Prés secs non irrigués..	22 — 70 —	
Terres de culture.....	121 — 58 — 49 cent.	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« La vie faisait défaut. Les prés secs donnaient *très peu*. D'autre part, la rivière de Canne, encaissée profondément, traversait dans sa plus grande longueur ce domaine dont elle ne pouvait arroser qu'une étendue de 1 hect. 97.

« En amont, le moulin de Chazeau, alimenté par un bief fournissant de 200 à 400 litres d'eau par seconde, n'utilisait en marche que 75 litres par seconde. Le surplus inutilisé était rendu à la rivière.

« 1re OPÉRATION. *Étude d'un projet d'irrigation par conduite libre et siphons.* — Alors, se posent pour moi les questions suivantes :

« L'eau non employée par le moulin peut-elle servir à l'irrigation?

« Le sol est-il favorable à la création de prairies irriguées?

« Quelle serait la superficie irriguée, quelle serait la dépense, quel serait le résultat?

« Partant de l'altitude de l'eau du bief, je trace à l'aide du niveau à bulle d'air, sur le versant *gauche* de la vallée, une rigole de 2,200 mètres avec pente de 0 m. 0005 par mètre; je rencontre deux ravins qui présentent quelques difficultés.

« Le versant droit sera arrosé par deux siphons qui viendront s'augmenter dans la rigole du versant gauche, traverseront la vallée et la rivière, et remonteront l'eau d'irrigation à la hauteur nécessaire.

« Le sol est favorable aux prairies, aucun doute possible. Les deux versants sont en pente. L'écoulement et l'assainissement des eaux d'irrigation se feront très bien.

« Enfin l'analyse physique et chimique du sol est faite par M. Mancheron, professeur d'agriculture de la Nièvre; généralement le sol est argilo-calcaire, en proportion convenable.

« Quant à l'eau, je sais ce qu'elle vaut par ses effets, par la nature des prairies qu'elle irrigue; elle est excellente pour l'irrigation. Un échantillon moyen, formé de prises d'eau quotidiennes, pendant une année, a été détruit par accident; c'est à recommencer.

« La superficie irrigable par la rigole et les deux siphons est de 36 hect. 2026.

« La dépense sera comprise entre 10,000 à 12,000 francs.

« La plus-value annuelle ne sera pas inférieure à 60 francs par hectare les premières années d'irrigation, et devra atteindre 100 francs au bout d'un certain temps, soit une plus-value totale partant de 2,160 francs pour aboutir à 3,600 francs.

« *Exécution du projet par conduite libre et siphons.* — La marge est grande; il n'y a pas à hésiter; l'opération est à faire; l'opération est faite; la dépense est de 10,529 francs.

« 2e OPÉRATION. *Étude du projet d'irrigation par machine élévatoire et moteur hydraulique avec conduite forcée à 25 mètres d'élévation.* — RÉSULTAT. Je donnerai plus loin, au paragraphe des conclusions, le résultat des expériences faites sur les rendements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« A 1 kilomètre en aval du moulin de Chazeau, et sur la même rivière de Canne, je possédais un vieux moulin, dit « moulin des Prés », moulin à l'état de ruine. Là, je disposais d'une certaine force motrice; naturellement, je me suis posé cette question : cette force motrice, située loin des grands centres, des grandes voies de communication, à quoi pourrait-elle être utilisée? A la production de l'herbe; telle est la réponse hésitante que je me suis faite.

« Le problème ne m'a point poru susceptible d'une solution immédiate. J'y ai pensé pendant plusieurs années. J'ai étudié la question de près.

« Après de nombreux jaugeages, je suis arrivé à donner à la rivière un débit variant de 800 à 1,000 litres par seconde, et ce pendant quatre mois de l'année; 300 à 600 litres pendant les huit autres mois.

« La chute par rapport au radier du courrier de la roue est de 3 m. 20, et 2 m. 50 de chute du niveau amont au niveau aval de l'eau, soit une force brute de :

Pendant 8 mois.....	$500 \times 2{,}50 = 1{,}250$ kilogrammètres	ou 15 chevaux.
Pendant 4 mois.....	$800 \times 2{,}50 = 2{,}000$ —	ou 25 —

« D'après mes nivellements sur tout le domaine, l'élévation du refoulement est comprise entre 9 et 25 mètres, soit 17 mètres, moyenne de ces deux cotes. En empruntant l'eau à la conduite libre, déjà établie, la cote 17 sera ramenée à 11 mètres; enfin, en tenant compte de la cote moyenne de la surface irrigable, il y a lieu d'adopter la cote 10 mètres, augmentée de la perte de charge.

« Il est admis et établi, pour le cas qui nous occupe, que le travail utile est de 60 p. 100 du travail brut; donc :

$2{,}000^k \times 0{,}60 = 1{,}200^k =$ 120 litres à 10 mètres d'élévation.
$1{,}250^k \times 0{,}60 = 750^k =$ 75 litres à 10 mètres d'élévation.

« La force motrice est donc suffisante, ainsi que l'eau élevée. La superficie irrigable est de 60 hectares au minimum; elle pourra être augmentée de 20 hectares, si les prévisions réussissent.

« Quelle sera la dépense?

« M. Meunier, ingénieur, qui a établi les principales usines de la ville de Paris, s'engage, pour le mécanisme, moyennant le prix à forfait de 24,000 francs.

« La tuyauterie fournie par Montluçon s'élèvera à 12,000 francs; la pose et les installations diverses, 6,000 francs; ensemble : 42,000 francs. La plus-value par hectare sera comme précédemment de 60 francs pour les premières années et passera à 100 francs au bout d'un certain temps; soit une plus-value annuelle comprise entre 3,600 et 6,000 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« *Exécution du projet.* — Cette opération est moins belle que la précédente, mais néanmoins elle s'impose.

« Mes marchés sont conclus au commencement de 1887. L'installation se fait sous ma direction et est terminée au commencement de 1888.

« Mes ouvriers agricoles sont devenus des plombiers de première classe. La conduite de refoulement sur 1,000 mètres de longueur a été entièrement percée par eux, avec regards de vidange et de prises d'eau. La plus grande économie a été apportée dans la main-d'œuvre.

« Enfin, les prairies ont été semées au printemps de 1888. Les fossés d'irrigation ont suivi et la machine est en marche depuis novembre 1888.

« Le conducteur de la machine est un de mes ouvriers agricoles, illettré, mais intelligent. Les mouvements des pompes sont très lents. Le graissage est la chose essentielle. Quand le débit est réglé, le surveillant peut quitter sa machine pendant quatre heures et s'occuper, soit de la distribution des eaux, soit de tous autres travaux.

« Enfin, j'ai toute satisfaction de cette installation établie sur le type des installations de la ville de Paris, et il m'est agréable de rendre hommage au talent de M. l'ingénieur Meunier, ainsi qu'à la bonne construction de MM. Feray, d'Essonnes.

« *Conclusions.* — 98 hectares de prairies ont été créés et irrigués. La dépense d'ensemble est de 53,000 francs, soit au taux de 5 p. o/o un revenu annuel de 2,650 fr.

« Quelle est la plus-value annuelle ?

« Le pré de la Corne et du Clouzeau, ensemble 5 hect. 4989, compris 50 ares de rivière, a donné les résultats suivants :

1883.	Avant irrigation,	9	voitures	×	1,500	kilogr.	=	13,500 kilogr.
1884.	Avant irrigation,	9	voitures	×	1,500	—	=	13,500 —
1885.	Après irrigation,	1re année,	13	voitures	×	1,500	kilogr.	= 19,500 kilogr.
1886.	—	—	2e	—	15	—	× 1,500	— = 22,500 —
1887.	—	—	3e	—	15	—	× 1,500	— = 22,500 —
1888.	—	—	4e	—	16	—	× 1,500	— = 24,000 —
1889.	—	—	5e	—	Embouche.			

« Avant l'irrigation, pas de regain. Après irrigation, regain considérable et de première qualité. En 1888, sur les bêtes expérimentées pendant la consommation du regain, j'ai obtenu des augmentations mensuelles et par tête allant de 45 à 65 kilogrammes.

« Cette année même, j'avais surchargé d'animaux la prairie nouvelle dite « champ de « la Chaume ». Cette prairie avait souffert des soulèvements de l'hiver et je cherchais un tassement par le pied des animaux.

« Au 20 mai dernier, cette prairie était complètement rongée ; je fais irriguer pendant quatre jours, et, au 20 juin suivant, les animaux y sont remis. L'herbe était abondante, trop élevée même, et bonne à faucher en certains endroits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Je n'hésite pas à fixer à présent la plus-value minime à 80 francs par hectare, soit :

98 × 80 francs	7,840f
Moins : entretien et surveillance	1,000
Reste	6,840
Moins : l'intérêt à 5 p. o/o du capital engagé	2,650
Reste pour amortissement et grosses réparations	2,650f

« Or, d'après les constructions similaires, les grosses réparations seront nulles pendant un très grand nombre d'années et l'amortissement sera complet dans douze ans.

« En résumé, ma dépense me produira pendant douze ans un revenu net de 5 p. o/o; après douze ans, je serai remboursé du capital dépensé, et mon revenu sera ce que j'appelle un revenu de jouissance, soit 6,000 francs au minimum. »

Société anonyme d'irrigation dans la Déhéra (Égypte).

Directeur : M. Boghos Pacha Nubar.

(MÉDAILLE D'OR.)

L'Égypte a dû son ancienne richesse aux eaux du Nil, mais peu à peu le fleuve lui-même, en creusant le seuil de ses cataractes et de ses rapides, a fait baisser le niveau de ses eaux ; la surface qu'elles peuvent arroser s'est rétrécie, la richesse et la population ont diminué dans la même proportion. Pour reconstituer cette richesse, il faut rétablir aujourd'hui ce que les siècles ont détruit, et élever artificiellement les eaux et leur permettre d'atteindre de plus grandes surfaces.

Dans la Basse-Égypte, une Société anonyme formée en 1880, et dirigée d'abord par M. Édouard Caston, puis par M. Boghos Pacha Nubar, ancien élève de notre École centrale des arts et manufactures, a été chargée d'élever les eaux du Nil et de les déverser, pendant la saison sèche, dans les canaux du Khatatbeh et du Mahmoudich qui servent à arroser la Déhéra, la province qui s'étend du fleuve jusqu'à Alexandrie. Malheusement, les vis d'Archimède que M. Édouard Caston installa à l'usine de Khatatbeh ne réussirent pas plus que les pompes centrifuges qu'il employa pour celle du Mahmoudich, à Atfeh, et, lorsqu'en 1883, il fut remplacé par M. Boghos Pacha Nubar, celui-ci y substitua, d'après les conseils et les plans de son ancien professeur, notre éminent ingénieur M. Vigreux, de nouvelles machines qui ont parfaitement bien fonctionné; ce sont dans la première usine des pompes centrifuges à axe vertical construites par MM. Farcot, de Saint-Ouen, et dans la deuxième des roues à palettes planes, à faible vitesse et à rendement élevé, comme les roues Sagebica, qui ont été faites par MM. Féray et Cie, d'Essonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Epuration des eaux d'usines et utilisation du limon qui salit les blés d'Egypte par l'irrigation des prairies,

Par M. Louis Méeus, distillateur à Wyneghem-les-Anvers (Belgique).

(HORS CONCOURS.)

Fertiliser les sables de la Campine belge, au moyen des limons du Nil, paraît au premier abord insensé, et cependant, c'est ce que fait M. Louis Méeus, distillateur à Wyneghem, près d'Anvers, mais sur une petite échelle, il est vrai.

Voici comment :

M. Méeus importe en moyenne par an 10 millions de kilogrammes de blés d'Egypte. Ces blés, cultivés dans la vallée du Nil et battus ou plutôt dépiqués sur le sol même, arrivaient en Europe chargés de 5 à 10 p. 100 de matière terreuse, c'est-à-dire de limon du Nil qui contient 7 p. 1,000 d'azote et 8 p. 1,000 d'acide phosphorique. Avant d'employer ces grains dans la distillerie, il faut les laver.

M. Méeus fait arriver ses eaux de lavage dans une série de 9 bassins de décantation où elles déposent la plus grande partie du limon dont elles sont chargées. Ces dépôts forment des composts qui sont portés directement dans les champs à fertiliser.

Les eaux qui s'écoulent des bassins sont réunies aux autres eaux sales des usines et servent à irriguer des prairies qui se trouvent près de ces usines sur les bords de la rivière, le Sohyn. Ces prairies disposées en ados, d'après les plans de l'ingénieur Keelhoff, auquel on doit les belles irrigations de la Campine, donnent en 4 coupes près de 14,000 kilogrammes de foin par hectare, tandis que les meilleures de la Campine n'en donnent que 6,000 à 8,000, même si l'on ajoute divers engrais aux eaux du canal de jonction de la Meuse à l'Escaut qui arrose ces dernières.

Société agricole et industrielle de Batna et du Sud-algérien.

Administrateur délégué : M. Georges Rolland, ingénieur des mines, 7, rue Saint-Lazare.

(MÉDAILLE D'OR.)

Cette Société a été constituée en 1880 et, depuis cette époque, elle a créé dans l'Oued-Rir 3 oasis et 3 villages (Ourir, Sidi Gahia et Ayeta); elle a fait 9 puits jaillissants, dont les débits réunis fournissent un volume d'eau de près de 23 mètres cubes par minute, défriché sur les 1,500 hectares de terres qu'elle a achetées plus de 400 hectares, planté 50,000 palmiers, creusé plus de 40 kilomètres de fossés d'écoulement et construit de grands bordjs avec logements pour ses agents français, maisons ouvrières pour ses cultivateurs indigènes, magasins pour ses produits, etc.

Son exposition, une des plus intéressantes de la section algérienne, appartenait à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plusieurs classes. A la classe 49 revenaient particulièrement les plans détaillés, à l'échelle de $\frac{1}{1000}$, de ses 3 oasis, et les plans en relief, à l'échelle de $\frac{1}{2000}$, de celle de Sidi-Yahia que l'on peut citer comme une oasis modèle, les photographies à description de ses bordjs, maisons d'ouvriers, magasins de dattes, et enfin les instruments agricoles employés par les indigènes : la houe (*messaa*) et la faucille (*mendjel*).

Autres exposants de l'Algérie.

Nous devons citer également parmi les autres exposants de l'Algérie :

La *Compagnie de l'Oued Rir* (hors concours) qui a également créé des oasis et des plantations de palmiers très remarquables.

Le *Jardin d'essai du Hamma,* à Alger; son habile directeur, M. Rivière, a employé des eaux de sources pour arroser la partie inférieure (hors concours).

Un *répartiteur d'eau pour les irrigations,* très ingénieux, qui a été inventé par M. Pelletreau, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et qui a reçu une médaille d'argent.

La *commune indigène de Boghar* et son annexe de *Chellala,* qui ont exécuté des reboisements importants. Elle en a exposé les plans avec des légendes explicatives.

Enfin la *commune indigène de Djelfa,* située comme la précédente dans la province d'Alger, qui a également fait des travaux fort remarquables.

Drainage.

Le drainage des terres, depuis fort longtemps connu et appliqué, pour le captage des sources et pour l'assainissement des points trop humides dans nos champs ou nos prairies, avait pris une importance nouvelle, lorsque Smith, de Deanston, en Écosse, montra, vers 1846, que dans certaines terres à sous-sol imperméable un drainage complet et régulier (*thorough-draining*) par tuyaux cylindriques en terre cuite, placés à environ 1 mètre de profondeur et à des distances variables de 6 à 12 ou 15 mètres, pouvait beaucoup faciliter les travaux de culture et augmenter les récoltes. C'était vrai surtout pour le climat humide des Îles Britanniques de 1846 à 1860. Au moment où le rappel des lois sur les céréales vint donner un vigoureux coup de fouet à leurs améliorations agricoles, les Anglais drainèrent avec enthousiasme, et cet enthousiasme se propagea chez nous. C'est alors que M. Hervé-Mangon publia son *Traité de drainage* et le Parlement vota un crédit de 100 millions pour prêter aux propriétaires qui vou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laient faire des drainages et qui devaient les rembourser par annuités à long terme, comme cela se faisait en Angleterre. Ce crédit est loin d'avoir été employé.

Cependant le drainage prit beaucoup d'extension dans quelques contrées à sous-sol imperméable, et entre autres dans la Brie. Dès 1849, M. Chandora commença à en faire comme entrepreneur pour les propriétaires de la Brie, et son fils, M. L. Chandora, à Moissy-Cramayel (Seine-et-Marne), a continué ces entreprises, en perfectionnant de plus en plus ses procédés. Depuis son origine, la maison Chandora a drainé plus de 25,000 hectares. C'est ce qui valut à M. L. Chandora une médaille d'or.

Dans le même département, M. Abel-Albert Naudier, à Guignes-Rabutin, successeur de M. A. Camery, marche sur les traces de MM. Chandora, mais il n'en est encore qu'à 6,000 hectares.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

Composition du jury. 313

Introduction, par M. Eugène Risler, président du jury 317

Machines et instruments d'agriculture. — Rapport de M. Alfred Tresca 319

Instruments d'extérieur de ferme 325
Instruments de labour 325
Instruments de récoltes 334
Instruments d'intérieur de ferme 344

Concours de semoirs. — Rapport de M. Grandvoinnet 357

Concours de presses à fourrages. — Rapport de M. Grandvoinnet . . . . .

Presses à levier, simples 387
Presse horizontale 396
Presse verticale à double treuil de M. Laurent Vidal 398
Presse horizontale à vis et à engrenages 401
Presse Pilter 404
Presse à fourrages de Tritschler 408
Presse Albaret 410
Presse à fourrages de Whitman 415

Concours de décortiqueuses de ramie. — Rapport de M. Grandvoinnet 421

Introduction 423
Chapitre I. Notice historique 424
Chapitre II. La plante 431
Chapitre III. Culture 438

Concours de machines à décortiquer 447
Chapitre I. De la décortication des tiges de ramie 447
Chapitre II. Résultats des essais de procédés de décortication naturelle 451
Chapitre III. Décortiqueuses mécaniques 454

Concours de faucheuses, moissonneuses et moissonneuses-lieuses. — Rapport de M. Maximilien Ringelmann 483

Faucheuses 485
Moissonneuses simples et combinées 491
Moissonneuses-lieuses 496

Concours des appareils de laiterie. — Rapport de M. Lezé 507

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE GÉNÉRALE DU VOLUME.

Pages.

Classe 48. — Matériel de l'exploitation des mines et de la métallurgie. — MM. G. Petitjean, A. Habets et A. Gillon, rapporteurs 1

Classe 49. — Matériel et procédés des exploitations rurales et forestières. — MM. Alfred Tresca, Grandvoinnet, Maximilien Ringelmann, Lezé, A.-Ch. Girard et Eugène Risler, rapporteurs..... 311

Imprimerie nationale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires