

Encyclopédie agricole

É. SAILLARD

TECHNOLOGIE AGRICOLE

SUCRERIE

MEUNERIE, BOULANGERIE

FÉCULERIE, AMIDONNERIE



PARIS

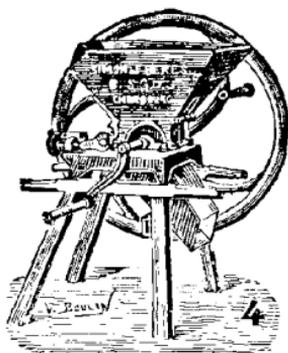
J.B. SAILLIÈRE & FILS

Établissements SIMON Frères

CHERBOURG

3 GRANDS PRIX

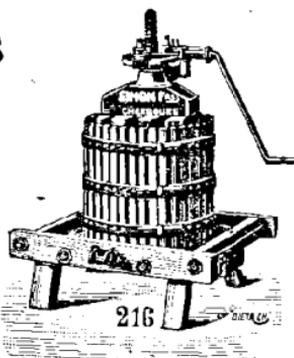
A l'Exposition Universelle de Paris 1900



NOUVEAUX
BROYEURS
de Pommes

NOUVEAUX
FOULOIRS
pour raisins

PRESSOIRS
Avec claies circulaires et
à charge carrée
avec toiles et claies



Presses à 4 Colonnes et Presses continues SIMON

Brevetés S. G. D. G.

Nouvelles Écrémeuses

" La Couronne "

Nouvelles Barattes

Mono batteur SIMON

Nouveaux Malaxeurs

Horizontaux et Verticaux



NOUVEAUX APLATISSEURS ET CONCASSEURS DE GRAINS
Manèges de toutes forces

Catalogues et Guides pratiques de la production et de la fabrication du cidre et du beurre sont adressés franco sur demande.

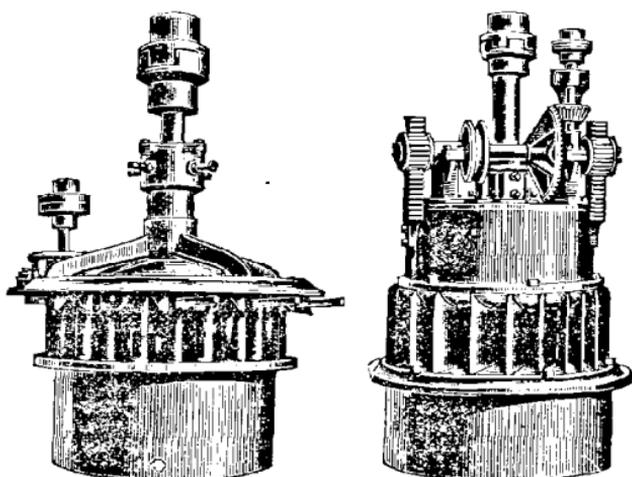
Turbines Hydrauliques “ AMÉRICA ”

*Pour hautes et basses chutes,
grandes et petites forces*

Les meilleurs pour débits variables

AXE VERTICAL OU HORIZONTAL

Rendement garanti au frein 80 à 85 %



Machines et tous appareils de meunerie. — Machines à vapeur et chaudières. — Broyeurs, pulvérisateurs pour tous produits. — Machines de Briqueterie, etc. — Transmissions, courroies, élévateurs, bluteurs et tous accessoires.

SLOAN & C^{ie}, Ingénieur-Constructeur
17, rue du Louvre, PARIS

Adresse Télégraphique : **CYLINDRES-PARIS**
TÉLÉPHONE avec la Province et l'Étranger : 264-06

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

Publiée par une réunion d'Ingénieurs agronomes

SOUS LA DIRECTION DE

G. WERY

Ingénieur agronome

Sous-Directeur de l'Institut National Agronomique

Introduction par le D^r P. REGNARD

Directeur de l'Institut National Agronomique

Membre de la Société Nationale d'Agriculture de France.

24 volumes in-16 de chacun 400 à 500 pages, illustrés de nombreuses figures.

Chaque volume : broché, 5 fr. ; cartonné, 6 fr.

<i>Agriculture générale</i> *	M. P. DIFFLOTH, ingénieur agronome, professeur spécial d'agriculture.
<i>Industries agricoles de fermentation</i> (Cidricrie, Brasserie, Hydromels, Distillerie) *	M. BOULLANGER, ingénieur agronome, chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille.
<i>Engrais</i> *	M. GAROLA, ingénieur agronome, professeur départemental d'agriculture à Chartres.
<i>Plantes fourragères</i>	
<i>Drainage et irrigations</i>	M. RISLER, directeur honoraire de l'Institut national agronomique, Membre de la Société Nationale d'Agriculture de France.
<i>Plantes Industrielles</i>	M. G. WERY, ingénieur agronome, sous-directeur de l'Institut national agronomique.
<i>Céréales</i>	M. DUCLOUX, ingénieur agronome, professeur à l'École d'agriculture de Lille.
<i>Cultures potagères</i> *	M. LAVALETTE, ingénieur agronome, ancien chef des travaux de la Station expérimentale agricole de Cappelle.
<i>Arboriculture</i>	
<i>Sylviculture</i> *	M. LEON BUSSARD, ingénieur agronome, chef des travaux de la Station d'essais de semences, à l'Institut national agronomique, professeur à l'École nationale d'horticulture.
<i>Viticulture</i>	M. FRON, ingénieur agronome, professeur à l'École forestière des Barres (Loiret).
<i>Vinification</i> (Vin, Vinaigre, Eau-de-Vie) *	M. PACOTTET, ingénieur agronome, répétiteur à l'Institut national agronomique.
<i>Zoologie agricole</i>	M. PACOTTET, ingénieur agronome.
<i>Entomologie agricole</i> *	M. Georges GUÉNAUX, ingénieur agronome, répétiteur à l'Institut national agronomique.
<i>Zootchnie générale</i> *	
<i>Zootchnie spéciale (Races)</i>	M. P. DIFFLOTH, ingénieur agronome, professeur spécial d'agriculture.
<i>Machines agricoles</i>	M. COPPAN, ingénieur agronome, répétiteur à l'Institut national agronomique.
<i>Moteurs agricoles</i>	M. DANGLY, ingénieur agronome, directeur des études à l'École nationale d'agriculture de Grignon.
<i>Constructions rurales</i> *	
<i>Economie agricole</i> *	M. JOUZIER, ingénieur agronome, professeur à l'École nationale d'agriculture de Rennes.
<i>Législation rurale</i>	M. SAILLARD, ingénieur agronome, professeur à l'École nationale des industries agricoles de Douai.
<i>Technologie agricole</i> (Sucrierie, féculerie, meunerie, boulangerie) *	
<i>Laiterie</i>	M. MARTIN, ingénieur agronome, ancien directeur de l'École nationale d'industrie laitière de Mamirolle.
<i>Aquiculture</i>	M. DELONGLE, ingénieur agronome, inspecteur général de la pisciculture.

Les volumes marqués * sont en vente.

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

Publiée sous la direction de G. WERY

ÉMILE SAILLARD

TECHNOLOGIE AGRICOLE

SUCRERIE,

MEUNERIE, BOULANGERIE, FÉCULERIE, AMIDONNERIE, GLUCOSERIE

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

Publiée par une réunion d'Ingénieurs agronomes

SOUS LA DIRECTION DE

G. WERY

Ingénieur agronome

Sous-Directeur de l'Institut National Agronomique

Introduction par le D^r P. REGNARD

Directeur de l'Institut National Agronomique

Membre de la Société Nationale d'Agriculture de France.

22 volumes in-16 de chacun 400 à 500 pages, illustrés de nombreuses figures.

Chaque volume : Broché, 5 fr. ; cartonné, 6 fr.

<i>Agriculture générale</i>	M. P. DIFFLOTH, ingénieur agronome, professeur spécial d'agriculture.
<i>Industries agricoles de fermentation</i> (Cidrerie, Brasserie, Hydromels, Distillerie).....	M. BOULANGER, ingénieur agronome, chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille.
<i>Engrais</i>	M. GAROLA, ingénieur agronome, professeur départemental d'agriculture à Chartres.
<i>Plantes fourragères</i>	M. RISLER, directeur honoraire de l'Institut national agronomique, Membre de la Société nationale d'agriculture de France.
<i>Drainage et irrigations</i>	M. G. WERY, ingénieur agronome, sous-directeur de l'Institut national agronomique.
<i>Plantes industrielles</i>	M. DUCLOUX, ingénieur agronome, professeur départemental d'agriculture à Lille.
<i>Céréales</i>	M. LAVALLÉE, ingénieur agronome, ancien chef des travaux de la Station expérimentale agricole de Cappelle.
<i>Cultures potagères</i>	M. LÉON BUSSARD, ingénieur agronome, chef des travaux de la Station d'essais de semences à l'Institut national agronomique, professeur à l'École nationale d'horticulture.
<i>Arboriculture</i>	M. FROX, ingénieur agronome, professeur à l'École forestière des Barres (Loiret).
<i>Sylviculture</i>	M. PACOTTET, ingénieur agronome, répétiteur à l'Institut national agronomique.
<i>Viticulture</i>	M. PACOTTET, ingénieur agronome.
<i>Vinification</i> (Vin, Vinaigre, Eau-de-Vie).....	M. Georges GRÉNAUX, ingénieur agronome, répétiteur à l'Institut national agronomique.
<i>Zoologie agricole</i>	M. P. DIFFLOTH, ingénieur agronome, professeur spécial d'agriculture.
<i>Zootéchnie générale</i>	M. COUPAN, ingénieur agronome, répétiteur à l'Institut national agronomique.
<i>Zootéchnie spéciale</i> (Haces).....	M. DANGUY, ingénieur agronome, directeur des études à l'École nationale d'agriculture de Grignon.
<i>Machines agricoles</i>	M. JOZIER, ingénieur agronome, professeur à l'École nationale d'agriculture de Rennes.
<i>Constructions rurales</i>	M. SAILLARD, ingénieur agronome, professeur à l'École nationale des industries agricoles de Douai.
<i>Économie rurale</i>	M. MARTIN, ingénieur agronome, ancien directeur de l'École nationale d'industrie laitière de Mamirolle.
<i>Legislation rurale</i>	M. DELONCLE, ingénieur agronome, inspecteur général de la pisciculture.
<i>Technologie agricole</i> (Sucrerie, meunerie, boulangerie, féculerie, amidonnerie, glucoiserie).....	
<i>Laiterie</i>	
<i>Aquiculture</i>	

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

Publiée par une réunion d'Ingénieurs agronomes
SOUS LA DIRECTION DE G. WERY

TECHNOLOGIE AGRICOLE

SUCRERIE,

MEUNERIE, BOULANGERIE, FÉCULERIE, AMIDONNERIE, GLUCOSERIE

PAR

Émile SAILLARD

INGÉNIEUR AGRONOME

PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE DES INDUSTRIES AGRICOLES A DOUAI
DIRECTEUR DU LABORATOIRE DU SYNDICAT DES FABRICANTS DE SUCRE DE FRANCE

Avec la collaboration de Jean Beziat

Préparateur à l'École nationale des Industries agricoles

Introduction par le D^r P. REGNARD

DIRECTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ N^{le} D'AGRICULTURE DE FRANCE

Avec 163 figures intercalées dans le texte



PARIS

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

49, rue Hautefeuille, près du Boulevard Saint-Germain

1904

Tous droits réservés.

INTRODUCTION

Si les choses se passaient en toute justice, ce n'est pas moi qui devrais signer cette préface.

L'honneur en reviendrait bien plus naturellement à l'un de mes deux éminents prédécesseurs.

A Eugène TISSERAND, que nous devons considérer comme le véritable créateur en France de l'enseignement supérieur de l'Agriculture : n'est-ce pas lui qui, pendant de longues années, a pesé de toute sa valeur scientifique sur nos gouvernements, et obtenu qu'il fût créé à Paris un Institut agronomique comparable à ceux dont nos voisins se montraient fiers depuis déjà longtemps ?

Eugène RISLER, lui aussi, aurait dû plutôt que moi présenter au public agricole ses anciens élèves devenus des maîtres. Près de douze cents Ingénieurs Agronomes, répandus sur le territoire français, ont été façonnés par lui : il est aujourd'hui notre vénéré doyen, et je me souviens toujours avec une douce reconnaissance du jour où j'ai débuté sous ses ordres et de celui,

proche encore, où il m'a désigné pour être son successeur.

Mais, puisque les éditeurs de cette collection ont voulu que ce fût le directeur en exercice de l'Institut agronomique qui présentât aux lecteurs la nouvelle *Encyclopédie*, je vais tâcher de dire brièvement dans quel esprit elle a été conçue.

Des Ingénieurs Agronomes, presque tous professeurs d'agriculture, tous anciens élèves de l'Institut national agronomique, se sont donné la mission de résumer, dans une série de volumes, les connaissances pratiques absolument nécessaires aujourd'hui pour la culture rationnelle du sol. Ils ont choisi pour distribuer, régler et diriger la besogne de chacun, Georges WERY, que j'ai le plaisir et la chance d'avoir pour collaborateur et pour ami.

L'idée directrice de l'œuvre commune a été celle-ci : extraire de notre enseignement supérieur la partie immédiatement utilisable par l'exploitant du domaine rural et faire connaître du même coup à celui-ci les données scientifiques définitivement acquises sur lesquelles la pratique actuelle est basée.

Ce ne sont donc pas de simples Manuels, des Formulaires irraisonnés que nous offrons aux cultivateurs; ce sont de brefs Traités, dans lesquels les résultats incontestables sont mis en évidence, à côté des bases scientifiques qui ont permis de les assurer.

Je voudrais qu'on puisse dire qu'ils représentent le véritable esprit de notre Institut, avec cette restriction qu'ils ne doivent ni ne peuvent contenir les discussions, les erreurs de route, les rectifications qui ont fini par établir la vérité telle qu'elle est, toutes choses que l'on développe longuement dans notre enseigne-

ment, puisque nous ne devons pas seulement faire des praticiens, mais former aussi des intelligences élevées, capables de faire avancer la science au laboratoire et sur le domaine.

Je conseille donc la lecture de ces petits volumes à nos anciens élèves, qui y retrouveront la trace de leur première éducation agricole.

Je la conseille aussi à leurs jeunes camarades actuels, qui trouveront là, condensées en un court espace, bien des notions qui pourront leur servir dans leurs études.

J'imagine que les élèves de nos Écoles nationales d'Agriculture pourront y trouver quelque profit, et que ceux des Écoles pratiques devront aussi les consulter utilement.

Enfin, c'est au grand public agricole, aux cultivateurs que je les offre avec confiance. Ils nous diront, après les avoir parcourus, si, comme on l'a quelquefois prétendu, l'enseignement supérieur agronomique est exclusif de tout esprit pratique. Cette critique, usée, disparaîtra définitivement, je l'espère. Elle n'a d'ailleurs jamais été accueillie par nos rivaux d'Allemagne et d'Angleterre, qui ont si magnifiquement développé chez eux l'enseignement supérieur de l'Agriculture.

Successivement, nous mettons sous les yeux du lecteur des volumes qui traitent du sol et des façons qu'il doit subir, de sa nature chimique, de la manière de la corriger ou de la compléter, des plantes comestibles ou industrielles qu'on peut lui faire produire, des animaux qu'il peut nourrir, de ceux qui lui nuisent.

Nous étudions les manipulations et les transformations que subissent, par notre industrie, les produits de la terre : la vinification, la distillerie, la panifica-

tion, la fabrication des sucres, des beurres, des fromages.

Nous terminons en nous occupant des lois sociales qui régissent la possession et l'exploitation de la propriété rurale.

Nous avons le ferme espoir que les agriculteurs feront un bon accueil à l'œuvre que nous leur offrons.

D^r PAUL REGNARD,

Membre de la Société nationale
d'Agriculture de France,

Directeur de l'Institut national
agronomique.

PRÉFACE

Le présent ouvrage comprend cinq parties :

- 1° *La sucrerie proprement dite ;*
- 2° *La meunerie ;*
- 3° *La boulangerie ;*
- 4° *La féculerie et l'amidonnerie ;*
- 5° *La glucoserie.*

Il contient la description rapide des procédés de travail qui sont les plus employés dans la grande pratique industrielle, ainsi que l'exposé sommaire des méthodes analytiques qui peuvent permettre de suivre la marche de la fabrication. C'est un traité simple et concis pouvant permettre, même à ceux qui ne sont point de la partie, de savoir comment on fabrique le sucre, comment on obtient la farine, le pain, l'amidon, etc.

Nous avons fait des emprunts à divers auteurs ; si nous n'avons point cité de noms, c'est simplement parce que nous avons reculé devant la grande multiplicité des travaux qu'il aurait fallu invoquer.

La SUCRERIE, qui occupe plus de la moitié de l'ouvrage, comprend un certain nombre de chapitres qui se suivent dans l'ordre de la fabrication.

Viennent d'abord :

Des données générales sur les conditions législatives dans lesquelles se trouvent maintenant la sucrerie française et la sucrerie européenne, ainsi que des statistiques sur la production, les exportations et la consommation du sucre dans chaque grand pays ;

Des données techniques sur la production de la vapeur

et sur l'utilisation de celle-ci, soit comme force motrice, soit en vue des chauffages ;

Des données chimiques permettant de comprendre les phénomènes de la fabrication.

A la betterave, nous avons consacré un chapitre spécial qui traite de la composition chimique, du choix des meilleures variétés pour la sucrerie, etc.

Les opérations préparatoires du travail de fabrication (achat, transport, lavage, découpage en cossettes) ; l'extraction du jus par les divers procédés de diffusion ; les moyens de prévenir les accidents de marche dus à des ferments (gaz à la diffusion), le travail des presses, le séchage des pulpes et l'emploi de ces dernières comme fourrage, ont été décrits et même soumis à discussion.

En ce qui concerne l'épuration des jus, nous avons fait ressortir l'influence qu'exercent la qualité des pierres à chaux et la température de cuisson dans le four sur la marche des carbonatations.

Les divers systèmes de fours à chaux, les chaudières à carbonater continues et discontinues, la filtration sont présentés en termes succincts mais suffisamment précis.

Le poste de l'évaporation *des jus* est celui qui a le plus d'influence sur les dépenses de combustible. Tout en faisant la description des appareils à multiple effet, nous avons montré les avantages qu'il y a à faire des chauffages par la vapeur de jus et discuté les causes qui amènent des pertes d'alcalinité, etc.

La préparation des masses cuites dans l'appareil à cuire, la cristallisation au repos et en mouvement sont l'objet de nombreuses discussions en ce moment ; nous avons essayé d'y apporter un peu de clarté en nous aidant surtout des derniers travaux parus. Les nouveaux procédés de sucrerie ont fait l'objet d'un chapitre spécial, de même que les opérations de turbinage, de clairçage, etc.

Nous avons enfin donné de nombreux détails sur le contrôle chimique tel qu'il peut être exercé en sucrerie : analyse des matières premières, analyse des produits de fabrication ; établissement du bilan du sucre ; contrôle des générateurs, des fours à chaux, etc. ; sur la sélection des porte-graines, etc., et sur les appareils de laboratoire marchant à l'alcool.

La MEUNERIE est surtout une industrie mécanique. Après avoir fait l'étude du grain de blé et décrit les divers modes de nettoyage qui sont employés : nettoyage à sec,

nettoyage à l'eau, nous avons insisté sur chacun des modes de mouture qui se disputent aujourd'hui l'industrie minotière : mouture par meules, mouture par cylindres ; sur les divers modes de blutage, de sassage ; sur le transport et l'ensachement des farines. Pour terminer, nous avons donné sommairement quelques méthodes d'analyse du blé, de la farine, et quelques résultats d'analyse.

La **BOULANGERIE** est une industrie à la fois chimique et mécanique. Nous avons dit quelques mots sur la fermentation panaire, sur la mise en levain, sur les divers procédés de panification, sur la digestibilité des différents pains, etc.

Des détails ont été donnés également sur le pétrissage : pétrissage à la main et pétrissage mécanique ; sur la cuisson du pain ; sur les divers fours que l'on emploie aujourd'hui, etc.

La **FÉCULERIE** et l'**AMIDONNERIE** sont des industries similaires, quoiqu'elles portent des noms différents ; elles livrent des produits qui sont absolument identiques au point de vue chimique : la première, la fécule, issue de la pomme de terre ; la seconde, l'amidon, issu des céréales.

En ce qui concerne la *féculerie*, nous avons indiqué la composition, les modes de lavage et d'épierrage de la pomme de terre, ainsi que les modes d'extraction, de purification et de dessiccation de la fécule. Quelques mots ont été ajoutés sur l'utilisation de la fécule et des résidus de la féculerie.

Quant à l'*amidonnerie*, nous avons décrit les divers procédés employés pour extraire l'amidon de froment, l'amidon de maïs, l'amidon de riz, et le parti qu'on tire des produits obtenus et des déchets de fabrication.

Enfin, au sujet de la **GLUCOSERIE**, nous avons dit quelques mots du phénomène de la saccharification et insisté plus particulièrement sur la fabrication du sirop de glucose et du glucose massé. Les détails techniques ont été complétés par des données sur la composition des produits industriels et sur les statistiques françaises de production.

Les industries que nous avons décrites s'alimentent toutes de matières premières qui sont d'origine agricole. De leur prospérité dépend la prospérité agricole elle-même.

La plus importante est certainement la sucrerie ; elle met en œuvre des capitaux considérables par les betteraves, les machines et le charbon qu'elle achète, par le sucre et la mélasse qu'elle vend, par les bestiaux qu'elle

nourrit de ses résidus. La culture de la betterave, plante sarclée, a permis d'augmenter les récoltes de céréales partout où elle a été introduite.

Il faut ajouter aussi que la fabrication du sucre, n'ayant lieu que pendant les deux ou trois derniers mois de l'année, procure du travail aux petits cultivateurs, aux ouvriers agricoles au moment où les travaux des champs deviennent moins pressants ou sont terminés. Elle tend ainsi à augmenter leur bien-être et à les retenir au village.

Si la sucrerie a fait tant de progrès dans ces vingt dernières années, il faut en attribuer la cause à ce fait qu'elle s'aide largement de la chimie industrielle. Des laboratoires se sont, en effet, installés dans toutes les fabriques; partout on suit scientifiquement le travail des ouvriers; partout ou presque partout on est outillé pour établir le bilan du sucre soit par jour, soit par semaine, soit pour toute la campagne. Le Syndicat des fabricants de sucre de France a même installé à Paris un laboratoire très bien outillé dont le rôle est d'étudier les procédés nouveaux de fabrication ou les points obscurs du travail ordinaire, dans le but de fournir d'utiles renseignements pratiques à tous ses adhérents.

Il n'en est pas de même, tout au moins d'une façon générale, pour les autres industries qui sont traitées dans le présent ouvrage.

Ici, les procédés de fabrication se transmettent, pour ainsi dire, par tradition, de main en main, et l'empirisme règne souvent en maître. Trop souvent aussi le progrès nous vient de l'étranger, alors qu'il est déjà un peu tard et que nos usines se sont déjà laissé prendre une partie de leur clientèle. On ne se rend pas bien compte de la marche du travail, des pertes en cours de route, et il en résulte une insuffisance des rendements et une augmentation des prix de revient.

C'est par la chimie industrielle et les études techniques que ces industries pourront se perfectionner et soutenir la concurrence étrangère.

Si notre traité peut avoir pour résultat, en faisant connaître les divers procédés de travail, de susciter des études comparatives, de montrer la voie du mieux, il aura rempli notre but et nous serons heureux de l'avoir fait.

Paris, septembre 1903.

ÉMILE SAILLARD.

TECHNOLOGIE AGRICOLE

SUCRERIE

I. — HISTORIQUE. — LÉGISLATION. — STATISTIQUES.

Le sucre remonte à la plus haute antiquité. On en faisait déjà usage dans la Perse, lors de la conquête par Alexandre le Grand. Il était alors produit par un « roseau sucré » qui n'était autre que la canne à sucre.

De la Perse, il pénétra en Grèce par les Macédoniens, puis à Rome; mais il n'était employé que comme produit pharmaceutique.

Les Arabes, devenus maîtres de la Perse, introduisirent la culture de la canne en Arabie, en Syrie, dans le nord de l'Afrique, en Espagne et même dans le midi de la France. De là, elle se répandit dans les îles de la Méditerranée et les îles qui avoisinent la côte occidentale de l'Afrique.

C'est surtout par les Croisés que l'idée et l'habitude de consommer du sucre se répandirent en France et en Europe.

Après la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb, la culture de la canne fut importée dans les Antilles et devint bientôt un des éléments principaux de leur prospérité économique.

La consommation européenne allait en même temps en

grandissant, de sorte que le sucre, à cause de nos possessions des Indes et des Antilles, prenait une place de plus en plus grande dans notre commerce maritime.

Les choses ne durèrent pas longtemps ainsi. Nous perdîmes la plupart de nos possessions de l'Inde sous Louis XV et notre commerce maritime passa, pour la meilleure part, entre les mains de l'Angleterre.

C'est vers cette époque, c'est-à-dire vers 1747-1789, que Margraf et Achard appelèrent l'attention du monde scientifique et industriel sur le sucre de betteraves. Achard, aidé par le roi de Prusse, construisit même une petite fabrique dans sa ferme de Künern, en Silésie.

Des essais furent faits également en France par une Commission que l'Académie des sciences prit dans son sein. Le prix de revient auquel on arrivait rendait impossible toute concurrence avec le sucre de canne.

France. — Il fallut le blocus continental pour donner de l'essor à la sucrerie de betteraves. Elle se développa rapidement sous l'Empire, puis sous la Restauration, et en 1825 il y avait 100 usines qui produisaient 2600 tonnes de sucre.

Nous n'étudierons point les diverses législations sucrières qui furent appliquées en France de 1825 à 1884; nous dirons seulement qu'elles furent tantôt favorables au sucre de betteraves, tantôt favorables au sucre de canne. Ce que l'État visait par-dessus tout, c'étaient les revenus qu'il tirait de l'impôt sur le sucre.

En 1870, la France était néanmoins le premier pays producteur de sucre en Europe. Elle perdit petit à petit cette prédominance et en 1879-1880 elle ne venait qu'au quatrième rang, après l'Autriche-Hongrie, l'Allemagne et la Russie.

C'est alors qu'intervint la loi du 24 juillet 1884 qui substitua à l'impôt sur le produit fabriqué l'impôt sur la matière première elle-même et institua le régime de la prise en charge et des bonis de fabrication.

Elle subit d'année en année des modifications et, à l'heure actuelle, elle comporte les dispositions générales suivantes :

Le rendement légal par 100 kilogrammes de betteraves est fixé à 7^{kg},75, et pour ces 7^{kg},75 il est dû le droit plein de 60 francs pour 100 kilogrammes.

Il est fait une décharge de 30 francs par 100 kilogrammes pour le sucre, qui correspond aux rendements compris entre 7,75 et 10,50, et enfin une décharge de 15 francs par 100 kilogrammes pour l'excédent.

Le rendement en question comprend deux parties : la partie afférente au sucre extrait des turbines et une partie fictive qui représente les 0,14 des mélasses amenées à 44 p. 100 de sucre au moins, qui vont en distillerie ou à l'étranger (loi de 1888) ou qui sont destinées à des usages agricoles (loi du 14 juillet 1897).

Pour le sucre extrait des turbines, on ne compte que le rendement régie, c'est-à-dire la polarisation diminuée de quatre fois les cendres.

A la loi allemande de 1896, qui instituait des primes à l'exportation du sucre, on opposa en France la loi du 7 avril 1897, qui réalise le même but.

Pour subvenir aux dépenses qu'exigeraient les primes, il fut établi un droit de raffinage et un droit de fabrication, et c'est d'après le produit total de ce dernier pendant un exercice que se règle la prime pour l'exercice suivant.

Cette même loi du 7 avril 1897 établissait aussi des détaxes de distance et formulait, au sujet de la pesée des betteraves et de la prise de densité, certaines prescriptions qui sont détaillées et précisées dans le règlement d'administration publique du 23 juillet 1897.

La loi du 14 juillet 1897 fermait la porte de la France aux mélasses étrangères par une augmentation du droit de douane; elle établissait, en même temps, que les mélasses destinées aux usages agricoles jouiraient du bénéfice de la décharge des 14 p. 100. Les détails d'application de cette dernière disposition de la loi sont contenus

dans le décret du 3 novembre 1898 qui a été complété par plusieurs circulaires ultérieures.

C'est grâce à toutes ces lois protectrices que l'industrie sucrière française a pu se développer et soutenir la concurrence étrangère sur le marché extérieur; on peut même dire que la loi de 1884 a été pour elle une loi de salut.

De 294 000 tonnes en 1884, la production française est passée à 1 100 000 tonnes en 1901.

Allemagne. — A l'encontre de ce qui se passait en France, l'Allemagne eut l'impôt sur la betterave dès 1841. Le fabricant avait donc un intérêt immédiat à retirer le plus de sucre possible d'une quantité déterminée de betteraves. Cependant, cette disposition ne rapporta réellement de grands avantages qu'à partir du moment où l'on put, par une sélection bien comprise, produire des variétés riches.

Jusqu'en 1870, la production sucrière de l'Allemagne se développa à peu près parallèlement à celle de la France, tout en lui restant légèrement inférieure.

Mais dès l'année 1877 elle grandit rapidement pour arriver à un million de tonnes en 1884. Il était temps que nous adoptions aussi en France l'impôt sur la betterave.

L'Allemagne l'abandonna définitivement par la loi de mai 1891, après un régime de transition qui dura trois années; avec l'impulsion donnée, sa production continua néanmoins à augmenter, en même temps d'ailleurs que celle de la France. Son commerce d'exportation devenant de plus en plus difficile, elle donna à l'industrie sucrière la loi de mai 1896, qui établissait des primes fixes à l'exportation et réglementait la production par le système des « contingents ».

Cette loi ne produisit pas l'effet désiré, car les grands pays betteraviers de l'Europe instituèrent des primes analogues.

Après l'échec de la première conférence de Bruxelles (1898), qui avait pour but de préparer la suppression de toutes les primes, les producteurs allemands « fabricants de sucre et raffineurs » établirent un cartel.

La deuxième conférence de Bruxelles (1902), en aboutissant à une convention, va mettre fin à ce système économique qui avait pour résultat d'abaisser les cours sur le marché d'exportation du sucre au-dessous du prix de revient.

Autriche-Hongrie. — L'impôt sur la betterave fut établi en Autriche par la loi du 27 juin 1878. La quantité de betteraves travaillées se déterminait d'après la capacité et le nombre des diffuseurs de la batterie de diffusion.

On revint à l'impôt sur le sucre en 1888; on accorda des primes à l'exportation, à la suite de la loi allemande de 1896, et enfin on établit un cartel pour favoriser le commerce d'exportation.

Nous ne voulons pas entreprendre de passer en revue la législation sucrière des pays betteraviers d'Europe; cela nous entraînerait beaucoup trop loin. Nous voulons seulement faire remarquer que le système de primes à surenchères qui a été pratiqué pendant quelques années a eu pour effet d'abaisser les cours et de faire vendre le sucre au-dessous du prix de revient, abstraction faite de l'impôt.

C'est ce régime qu'a voulu abolir la deuxième conférence de Bruxelles. Elle a abouti à une convention dite *de Bruxelles*, qui supprime toutes les primes intérieures et d'exportation et rend les cartels peu dangereux en abaissant le droit de douane à 6 francs et 5 fr. 50 par 100 kilogrammes de sucre.

Tous les pays contractants l'ont adoptée; beaucoup ont en même temps voté l'abaissement de l'impôt de façon à provoquer l'accroissement de la consommation.

Nous allons reproduire quelques statistiques sucrières, ainsi que le texte de la convention de Bruxelles, qui, à partir du 1^{er} septembre 1903, fera loi en Allemagne, en Autriche-Hongrie, en Belgique, en Espagne, en France, en Angleterre, en Italie, en Hollande et en Suède. (Nous empruntons nos statistiques à l'ouvrage de M. Hélot, *Le sucre de betterave en France de 1800 à 1900.*)

PRODUCTIONS EN SUCRE BRUT. — TONNES DE 1 000 KILOS.

CAMPAGNES.	FRANCE.	ALLEMAGNE.	AUTRICHE-HONGRIE.	RUSSIE.	BELGIQUE.	HOLLANDE.	AUTRES PAYS.
1899-1900	805.000	1.790.000	1.120.000	900.000	300.000	180.000	275.000
1898-1899	781.975	1.722.429	1.041.768	750.000	204.000	432.000	440.000
1897-1898	811.185	1.844.359	821.693	730.000	234.000	120.000	469.000
1896-1897	742.827	1.821.223	927.890	720.000	280.000	456.000	490.000
1895-1896	659.606	1.637.057	781.085	717.000	220.000	403.000	463.000
1894-1895	747.989	1.827.973	1.044.576	601.000	240.000	80.000	457.000
1893-1894	548.198	1.336.001	834.005	647.000	220.000	72.000	408.000
1892-1893	534.768	1.230.834	793.057	450.000	166.000	65.000	90.000
1891-1892	616.263	1.198.025	774.498	560.000	180.000	37.000	80.000
1890-1891	659.454	1.332.000	778.000	544.000	205.000	72.000	80.000
1889-1890	734.761	1.261.000	799.000	526.000	173.000	56.000	87.000
1888-1889	446.503	978.000	515.000	520.000	125.000	36.000	30.000
1887-1888	375.260	953.000	400.000	441.000	122.000	38.000	29.000
1886-1887	466.553	1.024.000	550.000	472.000	118.000	37.000	30.000
1885-1886	285.216	838.000	370.000	525.000	63.000	25.000	24.000
1884-1885	294.035	1.147.000	650.000	405.000	115.000	40.000	21.000
1883-1884	473.675	961.000	470.000	358.000	139.000	40.000	15.000
1882-1883	425.193	849.000	490.000	319.000	108.000	29.000	42.000
1881-1882	593.268	622.000	440.000	290.000	95.000	25.000	9.000
1880-1881	550.869	573.000	540.000	277.000	89.000	28.000	9.000
1879-1880	277.941	415.000	420.000	300.000	75.000	24.000	8.000
1878-1879	452.636	450.000	390.000	273.000	93.000	27.000	7.000
1877-1878	398.432	381.000	350.000	292.000	62.000	26.000	7.000
1876-1877	243.000	291.000	290.000	240.000	69.000	22.000	6.000
1875-1876	462.000	358.000	280.000	210.000	105.000	31.000	7.000
1874-1875	451.000	256.000	230.000	180.000	90.000	24.000	7.000
1873-1874	397.000	291.000	240.000	210.000	92.000	31.000	8.000
1872-1873	408.000	263.000	230.000	220.000	90.000	26.000	5.000
1871-1872	337.000	486.000	210.000	170.000	94.000	19.000	5.000
1870-1871	289.000	263.000	220.000	140.000	60.000	16.000	3.000

NOMBRE DE FABRIQUES ET QUANTITÉS DE BETTERAVES MISES EN ŒUVRE.

ANNÉES.	FRANCE		ALLEMAGNE		AUTRICHE	
	Nombre de fabriques.	Quantités de betteraves travaillées. tonnes.	Nombre de fabriques.	Quantités de betteraves travaillées. tonnes.	Nombre de fabriques.	Quantités de betteraves travaillées. tonnes.
1900	340	7.300.000	399	12.100.000	213	8.500.000
1899	344	6.405.614	402	12.150.642	214	7.614.000
1898	344	6.402.058	402	13.697.891	214	7.866.000
1897	358	6.765.000	399	13.721.601	215	5.760.000
1896	367	5.411.484	397	11.672.816	217	14.521.029
1895	368	7.137.737	405	14.521.029	216	6.401.000
1894	370	5.230.020	405	10.644.351	214	
1893	368	5.472.891	401	9.811.939	214	
1892	368	5.628.804	403	9.488.002	213	7.045.900
1891	377	6.499.906	406	10.623.319	212	
1890	373	6.676.051	401	9.822.635	228	
1889	380	4.222.967	396	7.896.483	226	
1888	375	3.614.632	391	6.963.960	203	
1887	391	4.897.079	401	8.306.674	217	
1886	413	3.385.439	399	7.070.316	212	
1885	449	4.556.796	408	10.402.688	229	
1884	483	7.310.923	376	8.918.130	230	
1883	497	7.211.274	358	8.747.453	232	
1882	485	6.528.678	343	6.271.947	230	
1876	525		332	4.161.284	231	
1871	476		304	3.050.745		

TABLEAU DES RENDEMENTS POUR LA FRANCE, L'ALLEMAGNE ET L'AUTRICHE.

ANNÉES.	FRANCE			ALLEMAGNE			AUTRICHE		
	Prix de la betterave par 4.000 kil.	Nombre d'hectares cultivés.	Rendement en sucre par hectare de betteraves.	Prix de la betterave par 4.000 kil.	Nombre d'hectares cultivés.	Rendement en sucre par 100 kil. de betteraves.	Prix de la betterave par 4.000 kil.	Nombre d'hectares cultivés.	Rendement en sucre par hectare de betteraves.
1900	305 »	235.342	27.860 k		426.846	29.001 k		322.200	26.331 k
1899	30 24	237.469	25.744		426.458	28.500		310.100	24.543
1898	25 97	231.050	27.708		437.174	31.300		302.100	
1897	24 30	246.204	27.477		424.881	32.300		349.700	
1896	26 43	204.600	26.434		376.669	31.000		288.900	
1895	29 97	241.500	29.553		441.441	32.900		376.460	
1894	28 20	220.000	23.863		386.481	27.300		350.400	
1893	26 98	217.600	23.605		352.015	27.900		330.700	
1892	26 33	222.900	25.199		336.454	28.200		327.900	
1891	24 76	221.600	29.319		329.917	32.200		298.500	
1890	30 98	206.200	32.364		298.560	32.900		272.700	
1889	27 55	172.200	24.537		280.361	28.200			
1888	26 26	161.300	22.469		263.786	26.400			
1887	23 97	155.800	31.900		276.889	30.000			
1886	22 73	142.800	29.457		234.416	30.200			
1885	19 08	148.800	31.289		316.491	32.900			
1884	20 64	206.800	35.356		298.271	29.900			
1883	20 99	206.000	34.328		254.278	34.400			
1882	20 87		33.791		221.623	28.300			
1861									
1851									
1841									
1837									
1833									

10 4 20 5
% 0 0 2 6 1

CONSOMMATION DU SUCRE DANS DIVERS PAYS.

CAMPAGNES.	FRANCE.		ALLEMAGNE.		ANGLETERRE.	
	Consommation totale.	Consommation par tête.	Consommation totale.	Consommation par tête.	Consommation totale.	Consommation par tête.
	tonnes.	kilos.	tonnes.	kilos.	tonnes.	kilos.
1899	417 590	14,98	757 900	13,78	1 526 751	40,09
1898	385 681	14,07	636 398	13,07	1 541 592	41,42
1895	430 245	13,89	552 694	11,87	1 513 240	39,05
1890	456 602	12,24	447 116	10,12	1 207 478	
1885	425 225	11,20	476 477	9,90	1 172 400	
1880	322 209	8,60	286 190	6,30	945 135	
1875	270 755	7,49	270 182	6,50	957 409	
1871	283 892	7,57	219 374	6,60	713 153	
1870	243 820	6,04			676 763	
1865	237 401	6,35			534 295	
1861	247 998	6,43			485 497	
1855	160 852	4,54	145 706	4,30	380 261	14,00
1851	117 644	3,22	97 219	2,47	333 706	12,12
1845	117 295	3,42			247 378	8,84
1842	111 120	3,29	66 707	2,40	204 558	7,50

CONSOMMATION DU SUCRE DANS DIVERS PAYS (Suite).

AUTRES PAYS.	CONSOMMATION PAR TÊTE.			ANNÉES.	ÉTATS-UNIS	
	1898-99	1897-98	1895-96		Consommation totale.	Consommation par tête.
EUROPE.					tonnes.	kilos.
Autriche-Hongrie...	5,90	7,81	8,91	1899	2.427.285	30,13
Russie.....	4,61	4,98	4,59	1898	2.034.147	26,90
Hollande.....	8,13	10,39	11,64	1897	2.403.265	29,50
Belgique.....	9,62	9,57	10,28	1896	4.970.334	27,88
Danemark.....	17,38	19,75	21,21	1895	1.980.129	28,10
Suède et Norvège...	9,58	10,73	13,64	1894	2.044.412	30,22
Italie.....	4,04	3,18	2,72	1893	1.935.593	28,95
Roumanie.....	2,20	2,06	3,02	1892	1.882.282	28,92
Espagne.....	4,04	5,62	4,93	1891	4.901.009	30,59
Portugal et Madère.	5,48	5,68	5,80	1890	4.546.485	24,61
Bulgarie.....	1,80	2,76	2,28	1889	4.462.160	23,87
Grèce.....	4,80	3,55	2,67	1888	1.479.997	24,59
Serbie.....	2,15	1,91	1,95	1887	4.414.638	24,09
Turquie.....	2,70	3,46	3,55	1886	4.376.959	23,83
Suisse.....	13,50	14,34	20,04	1885	4.273.680	22,65
				1884	4.271.902	23,13
				1883	4.188.632	
				1882	4.077.775	
				1881	4.009.031	
				1855		17,03
En 1852, l'Autriche	consommait par tête 1kg,467					
1854, les Etats romains	consommait — 2kg,15					
— l'Espagne	consommait — 0kg,79					
— le Portugal	consommait — 3kg,26					
1855, la Hollande	— 6kg,07					
— la Belgique	— 3kg,40					
— la Suisse	— 9kg,36					

LE SUCRE DE BETTERAVES EN FRANCE.
STATISTIQUES SUCRIÈRES DES DIX DERNIÈRES CAMPAGNES (Réforme économique).

PRODUCTION UNIVERSELLE.							
CAMPAGNES (1 ^{er} sept. au 31 août).	Sucre de betterave.		Sucre de canne.		Totale.		Stocks au 1 ^{er} sept. tonnes.
	tonnes.	p. 100.	tonnes.	p. 100.	tonnes.	p. 100.	
1899-1900.....	5.249.000	147	2.634.000	123	7.883.000	135	653.000
1898-1899.....	4.798.000	135	2.619.000	123	7.417.000	129	788.000
1897-1898.....	4.688.000	132	2.555.000	119	7.243.000	125	970.000
1896-1897.....	4.822.000	136	2.432.000	114	7.254.000	125	1.088.000
1895-1896.....	4.232.000	119	2.556.000	119	6.788.000	119	1.118.000
1894-1895.....	4.691.000	132	3.137.000	147	7.828.000	139	528.000
1893-1894.....	3.786.000	106	3.260.000	152	7.046.000	129	398.000
1892-1893.....	3.444.000	96	2.769.000	129	6.113.000	112	432.000
1891-1892.....	3.445.000	96	2.285.000	107	6.230.000	101	358.000
1890-1891.....	3.640.000	102	2.597.000	121	6.237.000	111	290.000

PRODUCTION FRANÇAISE ET COLONIES								
CAMPAGNES (1 ^{er} sept. au 31 août).	Colonies françaises.		France.		Totale.		Stocks au 1 ^{er} sept. tonnes.	PRIX MOYEN (impôt non compris). Raffiné.
	tonnes.	p. 100.	tonnes.	p. 100.	tonnes.	p. 100.		
1899-1900.....	110.000	113	805.000	113	915.000	100 kil.	100 kil.	41.66
1898-1899.....	104.903	104	737.902	104	842.805	32.40	41.66	87
1897-1898.....	100.418	103	730.006	103	831.024	30.46	37.35	78
1896-1897.....	121.700	98	668.516	98	790.216	26.33	36.74	77
1895-1896.....	111.132	87	593.646	87	704.778	31.06	41.93	88
1894-1895.....	93.346	99	704.454	99	797.800	29.97	39.37	85

Convention de Bruxelles relative au régime des sucres.

ARTICLE PREMIER. — Les Hautes Parties contractantes s'engagent à supprimer, à dater de la mise en vigueur de la présente convention, les primes directes et indirectes dont bénéficieraient la production ou l'exportation des sucres, et à ne pas établir de primes de l'espèce pendant toute la durée de ladite convention. Pour l'application de cette disposition, sont assimilés au sucre les produits sucrés tels que confitures, chocolats, biscuits, lait condensé et autres produits analogues contenant en proportion notable du sucre incorporé artificiellement.

Tombent sous l'application de l'alinéa précédent tous les avantages résultant directement ou indirectement, pour les diverses catégories de producteurs, de la législation fiscale des États, notamment :

a. Les bonifications directes accordées en cas d'exportation ;

b. Les bonifications directes accordées à la production ;

c. Les exemptions d'impôt, totales ou partielles, dont bénéficie une partie des produits de la fabrication ;

d. Les bénéfices résultant d'excédents de rendement ;

e. Les bénéfices résultant de l'exagération du drawback ;

f. Les avantages résultant de toute surtaxe d'un taux supérieur à celui fixé par l'article 3.

ART. 2. — Les Hautes Parties contractantes s'engagent à soumettre au régime d'entrepôt, sous la surveillance permanente de jour et de nuit des employés du fisc, les fabriques et les raffineries de sucre, ainsi que les usines dans lesquelles le sucre est extrait des mélasses.

A cette fin, les usines seront aménagées de manière à donner toute garantie contre l'enlèvement clandestin des sucres, et les employés auront la faculté de pénétrer dans toutes les parties des usines.

Des livres de contrôle seront tenus concernant une ou

plusieurs phases de la fabrication, et les sucres achevés seront déposés dans des magasins spéciaux offrant toutes les garanties désirables de sécurité.

ART. 3. — Les Hautes Parties contractantes s'engagent à limiter au chiffre maximum de 6 francs par 100 kilogrammes pour le sucre raffiné, et de 5 fr. 50 pour les autres sucres, la surtaxe, c'est-à-dire l'écart entre le taux des droits ou taxes dont sont passibles les sucres étrangers et celui des droits ou taxes auxquels sont soumis les sucres nationaux.

Cette disposition ne vise pas le taux des droits d'entrée dans les pays qui ne produisent pas de sucre; elle n'est pas non plus applicable aux sous-produits de la fabrication et du raffinage du sucre.

ART. 4. — Les Hautes Parties contractantes s'engagent à frapper d'un droit spécial, à l'importation sur leur territoire, les sucres originaires des pays qui accorderaient des primes à la production ou à l'exportation.

Ce droit ne pourra être inférieur au montant des primes, directes ou indirectes, accordées dans le pays d'origine. Les Hautes Parties se réservent la faculté, chacune en ce qui la concerne, de prohiber l'importation des sucres primés.

Pour l'évaluation du montant des avantages résultant éventuellement de la surtaxe spécifiée au littéra *f* de l'article 1^{er}, le chiffre fixé par l'article 3 est déduit du montant de cette surtaxe : la moitié de la différence est réputée représenter la prime, la Commission permanente instituée par l'article 7 ayant le droit, à la demande d'un Etat contractant, de reviser le chiffre ainsi établi.

ART. 5. — Les Hautes Parties contractantes s'engagent réciproquement à admettre au taux le plus réduit de leur tarif d'importation les sucres originaires soit des États contractants, soit de celles des colonies ou possessions desdits États qui n'accordent pas de primes et auxquelles s'appliquent les obligations de l'article 8.

Les sucres de canne et les sucres de betterave ne pourront être frappés de droits différents.

ART. 6. — L'Espagne, l'Italie et la Suède seront dispensées des engagements faisant l'objet des articles 1^{er}, 2

et 3, aussi longtemps qu'elles n'exporteront pas de sucre.

Ces États s'engagent à adapter leur législation sur le régime des sucres aux dispositions de la convention, dans le délai d'une année — ou plus tôt, si faire se peut — à partir du moment où la Commission permanente aura constaté que la condition indiquée ci-dessus a cessé d'exister.

ART. 7. — Les Hautes Parties contractantes conviennent de créer une Commission permanente chargée de surveiller l'exécution des dispositions de la présente convention.

Cette Commission sera composée de délégués des divers États contractants et il lui sera adjoint un bureau permanent. La Commission choisit son président; elle siégera à Bruxelles et se réunira sur la convocation du président.

Les délégués auront pour mission :

a. De constater si, dans les États contractants, il n'est accordé aucune prime directe ou indirecte à la production ou à l'exportation des sucres;

b. De constater si les États visés à l'article 6 continuent à se conformer à la condition spéciale prévue audit article;

c. De constater l'existence des primes dans les États non signataires et d'en évaluer le montant en vue de l'application de l'article 4;

d. D'émettre un avis sur les questions litigieuses;

e. D'instruire les demandes d'admission à l'Union des États qui n'ont point pris part à la présente convention.

Le Bureau permanent sera chargé de rassembler, de traduire, de coordonner et de publier les renseignements de toute nature qui se rapportent à la législation et à la statistique des sucres, non seulement dans les États contractants, mais également dans les autres États.

Pour assurer l'exécution des dispositions qui précèdent, les Hautes Parties contractantes communiqueront par la voie diplomatique au Gouvernement belge, qui les fera parvenir à la Commission, les lois, arrêtés et règlements sur l'imposition des sucres qui sont ou qui seront en vigueur dans leurs pays respectifs, ainsi que les ren-

seignements statistiques relatifs à l'objet de la présente convention.

Chacune des Hautes Parties contractantes pourra être représentée à la Commission par un délégué ou par un délégué et des délégués adjoints.

L'Autriche et la Hongrie seront considérées séparément comme parties contractantes.

La première réunion de la Commission aura lieu à Bruxelles, à la diligence du Gouvernement belge, trois mois au moins avant la mise en vigueur de la présente convention.

La Commission n'aura qu'une mission de constatation et d'examen. Elle fera, sur toutes les questions qui lui seront soumises, un rapport qu'elle adressera au Gouvernement belge, lequel le communiquera aux États intéressés et provoquera, si la demande en est faite par une des Hautes Parties contractantes, la réunion d'une Conférence qui arrêtera les résolutions ou les mesures nécessitées par les circonstances.

Toutefois, les constatations et évaluations visées aux lettres *b* et *c* auront un caractère exécutoire pour les États contractants ; elles seront arrêtées par un vote de majorité, chaque État contractant disposant d'une voix, et elles sortiront leurs effets au plus tard à l'expiration du délai de deux mois. Au cas où l'un des États contractants croirait devoir faire appel d'une décision de la Commission, il devra, dans la huitaine de la notification qui lui sera faite de ladite décision, provoquer une nouvelle délibération de la Commission ; celle-ci se réunira d'urgence et statuera définitivement dans le délai d'un mois à dater de l'appel. La nouvelle décision sera exécutoire, au plus tard, dans les deux mois de sa date. — La même procédure sera suivie en ce qui concerne l'instruction des demandes d'admission prévues au littéra *c*.

Les frais résultant de l'organisation et du fonctionnement du Bureau permanent et de la Commission — sauf le traitement ou les indemnités des délégués, qui seront payés par leurs pays respectifs — seront supportés par tous les États contractants et répartis entre eux d'après un mode à régler par la Commission.

ART. 8. — Les Hautes Parties contractantes s'engagent, pour elles et pour leurs colonies ou possessions, exception faite des colonies autonomes de la Grande-Bretagne et des Indes orientales britanniques, à prendre les mesures nécessaires pour empêcher que les sucres primés qui auront traversé en transit le territoire d'un État contractant ne jouissent des avantages de la convention sur le marché destinataire. La Commission permanente fera à cet égard les propositions nécessaires.

ART. 9. — Les États qui n'ont point pris part à la convention seront admis à y adhérer sur leur demande et après avis conforme de la Commission permanente.

La demande sera adressée par la voie diplomatique au Gouvernement belge, qui se chargera, le cas échéant, de notifier l'adhésion à tous les autres Gouvernements. L'adhésion emportera, de plein droit, accession à toutes les charges et admission à tous les avantages stipulés par la présente convention, et elle produira ses effets à partir du 1^{er} septembre qui suivra l'envoi de la notification faite par le Gouvernement belge aux autres États contractants.

ART. 10. — La présente convention sera mise à exécution à partir du 1^{er} septembre 1903.

Elle restera en vigueur pendant cinq années à partir de cette date, et, dans le cas où aucune des Hautes Parties contractantes n'aurait notifié au Gouvernement belge, douze mois avant l'expiration de ladite période de cinq années, son intention d'en faire cesser les effets, elle continuera à rester en vigueur pendant une année, et ainsi de suite d'année en année.

Dans le cas où l'un des États contractants dénoncerait la convention, cette dénonciation n'aurait d'effet qu'à son égard; les autres États conserveraient, jusqu'au 31 octobre de l'année de la dénonciation, la faculté de notifier l'intention de se retirer également à partir du 1^{er} septembre de l'année suivante. Si l'un de ces derniers États entendait user de cette faculté, le Gouvernement belge provoquerait la réunion à Bruxelles, dans les trois mois, d'une conférence qui aviserait aux mesures à prendre.

ART. 11. — Les dispositions de la présente convention seront appliquées aux provinces d'outre-mer, colonies et possessions des Hautes Parties contractantes. Sont exceptées, toutefois, les colonies et possessions britanniques et néerlandaises, sauf en ce qui concerne les dispositions faisant l'objet des articles 5 et 8.

La situation des colonies et possessions britanniques et néerlandaises est, pour le surplus, déterminée par les déclarations insérées au protocole de clôture.

ART. 12. — L'exécution des engagements réciproques contenus dans la présente convention est subordonnée, en tant que de besoin, à l'accomplissement des formalités et règles établies par les lois constitutionnelles de chacun des États contractants.

La présente convention sera ratifiée, et les ratifications en seront déposées à Bruxelles, au ministère des Affaires étrangères, le 1^{er} février 1903, ou plus tôt si faire se peut.

Il est entendu que la présente convention ne deviendra obligatoire de plein droit que si elle est ratifiée au moins par ceux des États contractants qui ne sont pas visés par la disposition exceptionnelle de l'article 6. Dans le cas où un ou plusieurs desdits États n'auraient pas déposé leurs ratifications dans le délai prévu, le Gouvernement belge provoquera immédiatement une décision des autres États signataires quant à la mise en vigueur, entre eux seulement, de la présente convention.

Protocole de clôture.

Au moment de procéder à la signature de la convention relative au régime des sucres conclue, à la date de ce jour, entre les Gouvernements de l'Allemagne, de l'Autriche et de la Hongrie, de la Belgique, de l'Espagne, de la France, de la Grande-Bretagne, de l'Italie, des Pays-Bas et de la Suède, les plénipotentiaires soussignés sont convenus de ce qu'il suit :

A L'ARTICLE 3. — Considérant que le but de la surtaxe est de protéger efficacement le marché intérieur des pays producteurs, les Hautes Parties contractantes se réservent

la faculté, chacune en ce qui la concerne, de proposer un relèvement de la surtaxe dans le cas où des quantités considérables de sucres originaires d'un État contractant pénétreraient chez elles ; ce relèvement ne frapperait que les sucres originaires de cet État.

La proposition devra être adressée à la Commission permanente, laquelle statuera à bref délai, par un vote de majorité, sur le bien fondé de la mesure proposée, sur la durée de son application et sur le taux du relèvement ; celui-ci ne dépassera pas 1 franc par 100 kilogrammes.

L'adhésion de la Commission ne pourra être donnée que dans le cas où l'invasion du marché considéré serait la conséquence d'une réelle infériorité économique et non le résultat d'une élévation factice des prix provoquée par une entente entre producteurs.

A L'ARTICLE 11. — A. — 1° Le Gouvernement de la Grande-Bretagne déclare qu'aucune prime directe ou indirecte ne sera accordée aux sucres des colonies de la Couronne pendant la durée de la convention ;

2° Il déclare aussi, par mesure exceptionnelle et tout en réservant, en principe, son entière liberté d'action, en ce qui concerne les relations fiscales entre le Royaume-Uni et ses colonies et possessions, que, pendant la durée de la convention, aucune préférence ne sera accordée dans le Royaume-Uni aux sucres-coloniaux vis-à-vis des sucres originaires des États contractants ;

3° Il déclare enfin que la convention sera soumise, par ses soins, aux colonies autonomes et aux Indes orientales pour qu'elles aient la faculté d'y donner leur adhésion.

. Il est entendu que le Gouvernement de Sa Majesté Britannique a la faculté d'adhérer à la convention au nom des colonies de la Couronne.

B. — Le Gouvernement des Pays-Bas déclare que, pendant la durée de la convention, aucune prime directe ou indirecte ne sera accordée aux sucres des colonies néerlandaises et que ces sucres ne seront pas admis dans les Pays-Bas à un tarif moindre que celui appliqué aux sucres originaires des États contractants.

Le présent protocole de clôture, qui sera ratifié en même temps que la convention conclue à la date de ce jour, sera considéré comme faisant partie intégrante de cette convention et aura mêmes force, valeur et durée.

La convention de Bruxelles a été approuvée par tous les pays qui avaient contribué à son élaboration (Allemagne, Autriche-Hongrie, Belgique, Espagne, France, Angleterre, Italie, Hollande, Suède et Norvège).

Pour favoriser le développement et la consommation, le Parlement français a en même temps abaissé le droit de consommation de 60 à 25 francs et prévu des dispositions spéciales pour la fabrication de produits sucrés destinés à l'exportation.

Voici donc le texte de la nouvelle législation française qui entrera en vigueur à partir du 1^{er} septembre 1903.

I. RÉGIME DES SUCRES. — II. CONVENTION INTERNATIONALE.

Promulgation des deux lois.

(*Journal officiel*, 29 janvier 1903.)

I. LOI RELATIVE AU RÉGIME DES SUCRES.

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE PREMIER. — A partir du 1^{er} septembre 1903, les droits sur les sucres de toute origine livrés à la consommation sont ramenés aux taux ci-après fixés, décimes compris :

Sucres bruts et raffinés, vingt-cinq francs (25 fr.) par 100 kilogrammes de sucre raffiné ;

Sucres candis, vingt-six francs soixante-quinze centimes (26 fr. 75) par 100 kilogrammes de poids effectif.

A partir de la même date, le droit de fabrication de 1 franc par 100 kilogrammes, institué par l'article 4 de la loi du 7 avril 1897, est supprimé ; le droit de raffinage

établi par ledit article 4 est ramené de quatre francs à deux francs (2 fr.).

Est autorisée, pour l'emploi aux usages agricoles, dans les conditions qui auront été déterminées par décrets, l'expédition en franchise de mélasses épuisées n'ayant pas plus de cinquante pour cent (50 p. 100) de richesse saccharine absolue.

ART. 2. — Les surlaxes de douane sur les sucres étrangers de toute origine sont, à partir de la même date, modifiées ainsi qu'il suit :

Sucres raffinés et sucres bruts d'un titrage de quatre-vingt-dix-huit pour cent (98 p. 100) au moins, six francs (6 fr.) par 100 kilogrammes de poids effectif.

Autres sucres, cinq francs cinquante centimes (5 fr. 50) par 100 kilogrammes de poids effectif.

Les sucres candis seront comptés à raison de cent sept kilogrammes (107 kil.) de sucre raffiné par 100 kilogrammes de candi, poids effectif.

Sont maintenues les dispositions des articles 5 de la loi du 7 avril 1897 et 1^{er} et 2 de la loi du 14 juillet 1897.

ART. 3. — Les détaxes de distance instituées par les articles 2 et 3 de la loi du 7 avril 1897 seront dorénavant allouées à raison du montant effectif des frais de transport dont il sera justifié, sans que, toutefois, les taux fixés par les articles précités puissent être dépassés.

ART. 4. — Les sucres destinés à entrer dans la préparation de produits alimentaires en vue de l'exportation pourront être reçus et travaillés en franchise des droits dans des établissements spécialement affectés à cette fabrication. Ces établissements, érigés en entrepôts réels, seront soumis à la surveillance permanente des employés des contributions indirectes; les frais de cette surveillance seront à la charge des fabricants. Des décrets détermineront les conditions d'agencement des fabriques, les obligations à remplir par les fabricants et, d'une manière générale, toutes les mesures d'application du présent article. Les contraventions aux dispositions de ces décrets seront passibles des peines édictées par l'article 3 de la loi du 30 décembre 1873.

ART. 5. — Sont abrogés à partir du 1^{er} septembre 1903 ;

Les articles 2 de la loi du 29 juillet 1884 et 2 de la loi du 5 août 1890, qui accordent une modération de taxe aux sucres employés au sucrage des vins, cidres et poirés, ainsi que l'article 3 de la loi de finances du 29 décembre 1888;

L'article 7 de la loi du 4 juillet 1887;

L'article 1^{er} de la loi du 7 avril 1897;

Parmi les dispositions de la loi du 29 juillet 1884 et des lois subséquentes, celles qui ont organisé la prise en charge du sucre imposable dans les fabriques, d'après le poids des betteraves mises en œuvre, et qui ont accordé le bénéfice d'une immunité d'impôt aux sucres indigènes ou coloniaux français représentant des excédents de rendement ou des déchets de fabrication.

Sont remises en vigueur les dispositions légales antérieures à la loi de 1884, qui ont réglé la tenue des comptes dans les fabriques et la prise en charge de la production effective, avec un minimum de rendement basé sur le volume et la densité des jus reconnus avant la défécation. Le taux de cette prise en charge est fixé à quinze cents grammes (1 500 gr.) par hectolitre et par degré de densité au-dessus de 100 (densité de l'eau).

Sont maintenues toutes les dispositions en vigueur relatives au mode d'imposition des sucres bruts d'après les méthodes saccharimétriques, ainsi que les dispositions des lois des 5 août 1890 et 26 juillet 1893, concernant l'exercice des raffineries, et, d'une manière générale, toutes les dispositions des lois antérieures qui ne sont pas contraires à la présente loi.

ART. 6. — Il sera procédé à l'inventaire des sucres et des sirops de toute nature (à l'exception des mélasses) qui existeront, au 1^{er} septembre 1903, dans les raffineries et établissements assimilés.

Les sucres raffinés seront comptés pour leur poids intégral et les sucres candis pour sept pour cent (7 p. 100) en sus. Les autres sucres et les sirops en cours de fabrication seront évalués en sucre raffiné dans les conditions fixées par l'article 18 de la loi du 19 juillet 1880.

Les quantités inventoriées seront, jusqu'à due concurrence, imputées aux obligations d'admission temporaire

en cours, lesquelles seront apurées, soit par la représentation de certificats d'exportation ou d'entrée en entrepôt postérieurs au 31 août 1903, soit par le paiement du droit de vingt-cinq francs (25 fr.) par 100 kilogrammes de sucre raffiné.

Les obligations d'admission temporaire pour lesquelles il n'aura pas été représenté, au moment de l'inventaire, des quantités correspondantes de sucres raffinés ou de matières en cours de fabrication ne pourront être apurées qu'au moyen de certificats d'exportation ou d'entrée en entrepôt antérieurs au 1^{er} septembre 1903 ou par le paiement de l'ancien tarif sur les quantités de sucre raffiné prises en charge.

A titre exceptionnel, le délai d'apurement des obligations d'admission temporaire souscrites du 1^{er} au 30 juin 1903 est porté de deux à trois mois.

Dans les quinze jours qui précéderont le 1^{er} septembre 1903, les employés des douanes et des contributions indirectes seront admis, de jour et de nuit, dans les raffineries et établissements assimilés. Ils pourront suivre les opérations industrielles et procéder à toutes les constatations et vérifications préparatoires qu'ils jugeront nécessaires.

Pendant les opérations d'inventaire, le travail sera complètement arrêté dans les ateliers et magasins; les raffineurs ou assimilés ou leurs représentants auront, au fur et à mesure des opérations, à déclarer le poids et le titrage des produits de toute nature existant dans chaque atelier ou magasin.

ART. 7. — Quiconque voudra ajouter du sucre à la vendange est tenu d'en faire la déclaration trois jours au moins à l'avance, à la recette buraliste des contributions indirectes. La quantité de sucre ajoutée ne pourra pas être supérieure à dix kilogrammes (10 kil.) par trois hectolitres de vendanges.

Quiconque voudra se livrer à la fabrication de vin de sucre pour sa consommation familiale est tenu d'en faire la déclaration dans le même délai. La quantité de sucre employée ne pourra pas être supérieure à quarante kilogrammes (40 kil.) par membre de la famille et par domes-

tique attaché à la personne, ni à quarante kilogrammes (40 kil.) par trois hectolitres de vendanges récoltées.

Toute personne qui, en même temps que des vendanges, moûts ou marcs de raisins, désire avoir en sa possession une quantité de sucre supérieure à 50 kilogrammes est tenue d'en faire préalablement la déclaration et de fournir des justifications d'emploi.

Le service des contributions indirectes est chargé de contrôler l'exactitude des déclarations faites en exécution des dispositions ci-dessus.

Des règlements d'administration publique détermineront les conditions d'application du présent article.

Les contraventions aux dispositions qui précèdent et aux règlements qui seront rendus pour leur exécution sont punies des peines édictées par l'article 4 de la loi du 6 avril 1897. Ces peines sont doublées dans le cas de fabrication, de circulation ou de détention de vins de sucre en vue de la vente. S'il y a récidive, les contrevenants encourent, indépendamment de l'amende, une peine d'emprisonnement de six jours à six mois.

Les mêmes peines sont applicables aux complices des contrevenants.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 28 janvier 1903.

ÉMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

Le ministre des Finances, ROUVIER.

II. LOI PORTANT APPROBATION DE LA CONVENTION SIGNÉE A BRUXELLES LE 5 MARS 1902, ET RELATIVE AU RÉGIME DES SUCRES, AINSI QUE DU PROTOCOLE DE CLÔTURE ANNEXÉ A CETTE CONVENTION.

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté,
Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE UNIQUE. — Le Président de la République fran-

caise est autorisé à ratifier et, s'il y a lieu, à faire exécuter la convention signée à Bruxelles le 3 mars 1902, et relative au régime des sucres, ainsi que le protocole de clôture annexé à cette convention.

Une copie authentique de ces documents demeurera annexée à la présente loi.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 27 janvier 1903.

ÉMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

Le ministre des Affaires étrangères, DELCASSÉ.

Le ministre des Finances, ROUVIER.

II. — DONNÉES TECHNIQUES.

Dans l'industrie sucrière, comme dans la plupart des industries, on a besoin de vapeur pour faire des chauffages et pour actionner les outils mécaniques qui servent à effectuer le travail.

Nous sommes ainsi amenés à étudier :

- a. Les appareils producteurs de vapeur ou chaudières ou générateurs de vapeur ;
- b. Le chauffage par la vapeur ;
- c. Les moteurs à vapeur ;
- d. Les machines actionnées par les moteurs : pompes à liquides, pompes à gaz, élévateurs, etc.

A. Générateurs ou chaudières à vapeur. — Tout générateur de vapeur, pris dans son ensemble, se compose d'un certain nombre de parties qui méritent d'être considérées à part.

Ce sont :

- 1° Le générateur proprement dit ;
- 2° La maçonnerie qui le soutient et où se trouve placé le foyer ;

- 3° La cheminée qui détermine le tirage dans le foyer ;
 4° Les organes de contrôle et de sûreté.

1° Des générateurs, nous ne dirons rien pour l'instant ; nous y reviendrons quand il s'agira de l'étude des diverses chaudières ;

2° La maçonnerie (fig. 1), qui supporte le générateur, loge, en même temps, le foyer ainsi que la grille, le cendrier et la chambre de combustion. Elle est construite de

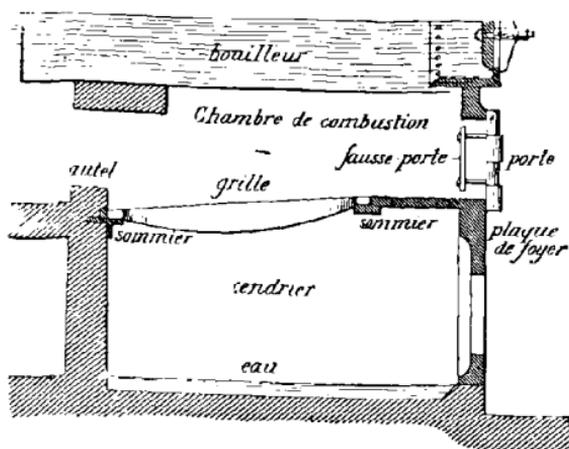


Fig. 1. — Schéma de foyer de chaudière à vapeur.

telle façon que les gaz chauds de combustion puissent circuler plusieurs fois le long des parois de la chaudière.

Les parties exposées à l'action directe du feu sont faites en briques réfractaires ; les autres, en briques ordinaires.

La grille (fig. 2) est constituée généralement par des barreaux en fonte qui reposent, par leurs deux extrémités, sur des traverses d'appui. Afin qu'ils puissent résister au poids qu'ils supportent, même quand ils sont amenés au rouge par le feu, on leur donne la forme des solides d'égale résistance. Ils sont plus larges à la partie supérieure qu'à la partie inférieure, afin de permettre

l'évacuation facile des cendres. Ils laissent entre eux, pour le passage de l'air, des fentes qui représentent à peu près le quart de la surface totale.

On a modifié la forme des barreaux de façon à mieux



Fig. 2. — Barreaux de grille.

répartir l'air qui arrive dans la couche de charbon en combustion. Nous citerons quelques noms : grille Wagner, grille à air, etc.

Au-dessous de la grille est le cendrier qui reçoit les cendres et les escarbilles.

En avant est la porte par laquelle l'ouvrier lance le charbon dans le foyer.

On admet généralement que la couche de combustible doit avoir une épaisseur de 0^m,08 à 0^m,10.

Quant à la distance qui sépare la grille du bouilleur, on la fixe généralement à $e + 0,30$, e étant l'épaisseur du combustible.

Les *carneaux* (fig. 3) sont des canaux réservés dans la maçonnerie et qui permettent aux gaz de parcourir et de se déplacer plusieurs fois le long des parois extérieures de la chaudière avant de se rendre dans la cheminée. De

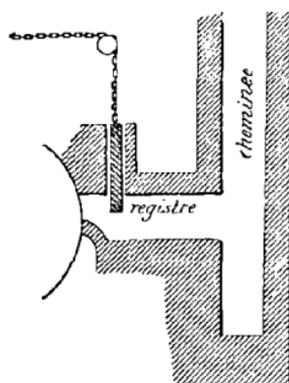


Fig. 3. — Registre de la cheminée.

cette façon, ils peuvent céder à l'eau la plus grande partie de la chaleur qu'ils importent avec eux.

L'entrée du carneau dans la cheminée est commandée par un registre sur lequel le chauffeur, au moyen d'une chaîne placée à sa portée, peut agir à volonté.

3° La *cheminée* sert à l'élimination des gaz de combustion. Ceux-ci, au sortir des carneaux, ont une température qui oscille autour de 280° à 300°.

Le tirage dépend, comme dans les cheminées ordinaires, de la différence qui existe entre la température des gaz chauds et la température de l'extérieur, ainsi que de la hauteur et de la section de la cheminée.

La vitesse des gaz à la sortie se détermine généralement au moyen de la formule

$$V = 0,18 \sqrt{2g H \alpha (t' - t)},$$

dans laquelle

- H = hauteur de la cheminée;
- g = 9,61 ou accélération due à la pesanteur;
- α = coefficient de dilatation des gaz;
- t' = température des gaz;
- t = température de l'air extérieur.

Une fois en possession de V, on trouve S par la formule approximative suivante :

$$S = \frac{P}{300},$$

dans laquelle P représente la quantité de houille à brûler en 1 heure sur la grille.

Quant à la hauteur, on lui donne entre 16 et 40 mètres, suivant les dispositions des lieux.

Les foyers de sucrerie ne fonctionnent guère que par le tirage naturel; on n'a généralement pas recours au tirage artificiel.

4° *Appareils de contrôle et de sûreté.* — La matière est régie par le décret du 1^{er} mai 1880,

Aucune chaudière à vapeur ne doit être mise en fonctionnement avant d'avoir été éprouvée par les ingénieurs des mines. L'opération se fait au moyen d'une presse hydraulique.

L'épreuve a lieu aux pressions suivantes :

A une pression double, quand la pression de la vapeur doit se tenir entre $0^{\text{kg}},5$ et 6 kilogrammes par centimètre carré ;

Avec un excédent de pression de $0^{\text{kg}},5$ quand la pression de la chaudière doit être inférieure à $0^{\text{kg}},5$ et un excédent de 6 kilogrammes quand la pression de la chaudière doit dépasser 6 kilogrammes.

Un timbre placé sur la chaudière atteste que l'épreuve a été faite et indique la pression maximum que la chaudière ne doit pas dépasser.

La maçonnerie qui entoure la chaudière est refaite tous les dix ans ; l'épreuve est renouvelée en même temps.

Les appareils de sûreté prévus par la loi sont :

1° *Un manomètre* (fig. 4) que l'ouvrier puisse voir facilement.

C'est le manomètre métallique de Bourdon qui est le plus souvent employé.

Il indique soit en kilogrammes, soit en atmosphères (1 atmosphère = $1^{\text{kg}},033$), la pression effective de la vapeur, c'est-à-dire l'excédent de la pression de la vapeur sur la pression atmosphérique ;

2° *Deux indicateurs de niveau* (fig. 5). On emploie comme tels :

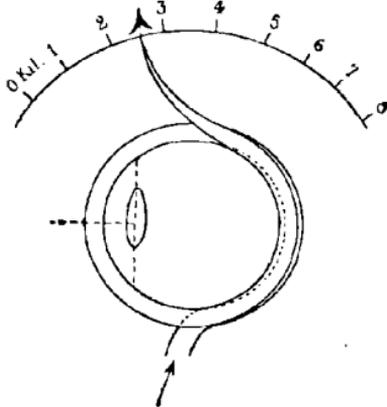


Fig. 4. — Manomètre.

Le *tube de niveau*, qui repose sur le principe des vases communicants (Voy. fig. 5) ;

Le *système des trois robinets* placés verticalement l'un au-dessus de l'autre ; l'inférieur doit donner de l'eau ; le supérieur, de la vapeur ; celui du milieu, de la vapeur humide ;

Le *flotteur magnétique* (fig. 6). Un flotteur est surmonté d'une tige que

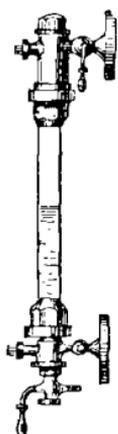


Fig. 5. — Indicateur de mercure.

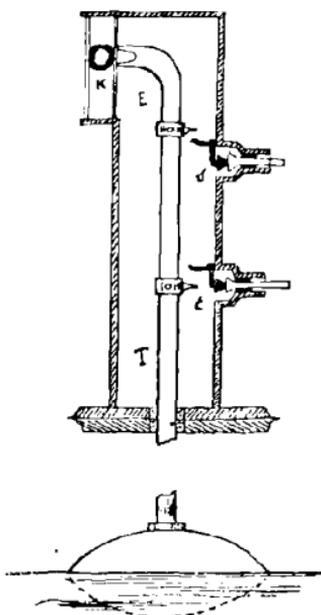


Fig. 6. — Flotteur magnétique.

termine un aimant. Le mouvement de l'aimant, qui dépend de celui du flotteur, commande le déplacement d'un index de fer doux sur un cadran rectangulaire que peut voir l'ouvrier ;

3° *Deux soupapes de sûreté* (fig. 7). La figure fait comprendre leur mode de fonctionnement. Elles doivent se soulever quand la pression de la vapeur dépasse la limite permise ;

4° *Deux clapets de retenue* (fig. 8), dont un pour l'eau et un pour la vapeur. Le premier empêche l'eau de la

chaudière de retourner vers la bêche d'alimentation quand on cesse d'alimenter; la deuxième a pour but de fermer la sortie de la vapeur dès qu'il se produit une détente (rupture, par exemple) dans les tuyaux qui transportent la vapeur.

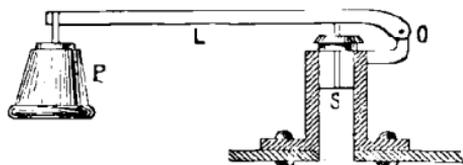


Fig. 7. — Soupape de sûreté.

Alimentation de la chaudière. — Pour alimenter les chaudières, on peut employer l'un ou l'autre des appareils suivants :

1° Une pompe, actionnée soit par une machine à vapeur placée à proximité, soit par un moteur spécial. Quand le moteur et la pompe sont sur le même bâti et que leurs pistons ont une tige commune, on a le petit cheval alimentaire (témoin la pompe Burton) ;

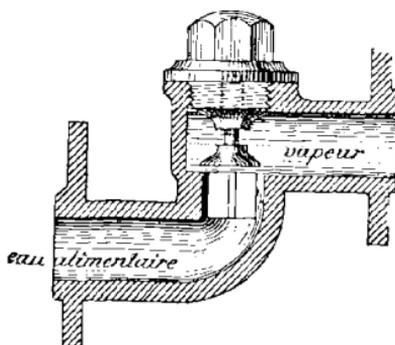


Fig. 8. — Deux clapets de retenue.

2° Un injecteur, système Giffard. (Voy. la description dans des ouvrages spéciaux.)

3° Une bouteille alimentaire (fig. 9). La figure en fait comprendre le fonctionnement.

On remplit d'abord le ballon en ouvrant le robinet R_1 ; on le transforme ensuite en un vase communicant de la chaudière, en ouvrant les robinets R_2 et R_3 , le robinet R_1 étant fermé.

En sucrerie, l'alimentation des chaudières est faite avec des eaux de « retours » provenant de la condensation des vapeurs de chauffage.

Les « retours » de jus peuvent contenir soit du sucre,

soit de l'ammoniaque et quelquefois même de l'acide sulfureux. Les retours directs qui se forment dans le ballon des échappements contiennent souvent des huiles provenant du graissage des machines.

Sous l'action de la température élevée qui règne dans les générateurs, le sucre se détruit et donne naissance à des corps acides qui attaquent la tôle.

Il en est de même des graisses animales ou végétales qui, sous l'effet de la même cause, peuvent se saponifier.

Quant à l'ammoniaque, elle peut attaquer les tubes du triple effet et entraîner du cuivre dans les générateurs. Il se forme alors de petits couples qui, à la longue, rongent les parois, par petites places.

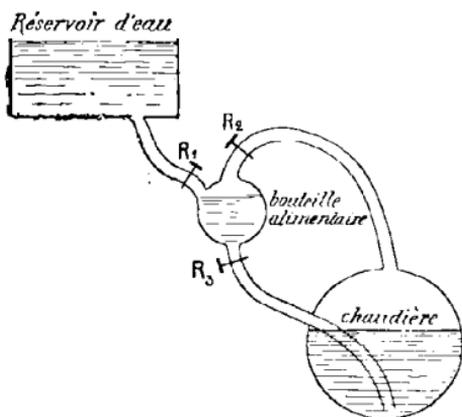


Fig. 9. — Bouteille alimentaire.

Contre le sucre, on conseille l'emploi de la soude ; il faut que l'eau du générateur ait une réaction très faiblement alcaline. Pour éviter les acides gras, il n'y a qu'à graisser les machines à vapeur avec des graisses minérales ; pour éviter le dégagement d'acide sulfureux, il faut surveiller la réaction des jus pendant le travail, et enfin, pour rendre inoffensives une bonne partie des vapeurs ammoniacales, on peut faire entrer par le dernier corps les jus qui vont à l'évaporation. Elles s'en vont alors dans les eaux du condenseur, lesquelles ne servent pas à l'alimentation des générateurs. Ce moyen expose aux fermentations dans le dernier corps.

Dans les râperies (petites usines où l'on extrait simplement le jus de la betterave; ce jus, additionné de 1 p. 100 de chaux environ, est ensuite envoyé à la fabrique centrale par une canalisation souterraine) où l'on n'a pas de « retours » de jus, on fait l'alimentation avec de l'eau ordinaire tirée du puits placé à proximité.

Si cette eau est chargée de sels (on s'en rend compte par le titrage hydrotimétrique), elle donne lieu à des incrustations qui gênent la transmission de la chaleur du foyer à l'eau.

Pour éviter les mauvais effets des incrustations, on a plusieurs moyens à sa disposition. Le meilleur est celui qui consiste à épurer l'eau avant de l'employer à l'alimentation. Les épurants varient avec la nature des impuretés.

L'eau ne contient-elle que du carbonate de chaux à l'état de bicarbonate? On la chauffe au moyen d'un réchauffeur ou bien on l'additionne de chaux ou de carbonate de soude (sel de Solway).

Contient-elle du carbonate et du sulfate de chaux? On emploie de la chaux et du carbonate de soude.

Toujours l'épuration est suivie d'une filtration ou d'une décantation.

Il ne semble pas qu'il y ait intérêt à faire descendre le degré hydrotimétrique au-dessous de 7 degrés.

La quantité d'épurants à employer varie avec la quantité d'impuretés.

Ainsi, nous avons pu amener à 10 degrés une eau accusant 32 degrés totaux (dont 17 temporaires dus au carbonate de chaux et 15 permanents dus au sulfate de chaux) avec 30 grammes de chaux et 30 grammes de sel de Solway par hectolitre d'eau.

Dans un autre cas, il a fallu 15 grammes de carbonate de soude et 25 grammes de chaux par hectolitre d'eau.

Il est facile, en procédant par tâtonnements, de trouver la quantité d'épurants qui est la plus recommandable.

Contre les incrustations, on recommande bien aussi de

vider souvent les générateurs, de mettre dans l'eau des corps inertes, tels que la fécule, l'amidon, des copeaux de fer, des fragments de verre, etc., d'enduire la paroi interne de la chaudière d'une couche de goudron de houille; mais nous ne retiendrons que ce dernier moyen.

Généralités sur le fonctionnement des chaudières. — C'est grâce à la différence entre la température des gaz de combustion et la température de l'eau chauffée que la chaleur peut se transmettre à celle-ci à travers la paroi en tôle. Le coefficient de transmission est insignifiant quand la différence ne dépasse pas 150°.

On entend par *surface de chauffe* la surface léchée par le feu (surface directe) et par les gaz chauds (surface indirecte).

Elle doit être en rapport avec la surface de la grille. Il y a généralement une relation de $\frac{1}{30}$ pour la chaudière cylindrique à bouilleurs.

On appelle *puissance de vaporisation* d'une chaudière la quantité de vapeur produite par mètre carré de surface de chauffe et par heure. Elle est généralement de 15 à 20 kilogrammes pour les chaudières de sucrerie.

On entend par *pouvoir calorifique du charbon* la quantité de calories dégagées pendant la combustion complète de 1 kilogramme de charbon.

Le pouvoir calorifique est variable avec la nature du combustible. On le fixe généralement aux chiffres suivants :

	Calories.
Bois.....	3.800
Tourbe.....	3.800
Houille.....	8.000
Anthracite.....	9.000
Coke.....	8.000
Pétrole.....	10.000

Pour le déterminer exactement, on se sert de l'obus de Mahler. Dans l'industrie, on le déduit souvent de la

teneur en cendres et en matières volatiles, au moyen de la formule de Goutal :

$$P = 8.150 C + A,$$

dans laquelle

P = pouvoir calorifique ;

C = teneur en carbone fixe ;

A = un coefficient variant avec la richesse en matières volatiles.

Ainsi,

A = 13.000 entre 2 et 15 p. 100 de matières volatiles.

= 10.000 — 15 et 30 p. 100 — —

Cette formule conduit souvent à de grosses erreurs.

La quantité de chaleur dégagée par le charbon pendant la combustion n'est jamais utilisée complètement à vaporiser l'eau. Il y a toujours des pertes qui se produisent. Elles s'élèvent à 40 p. 100 en moyenne et sont dues :

1° Au rayonnement ;

2° A la chaleur emportée par les gaz chauds qui pénètrent dans la cheminée ; cette quantité augmente si l'on fait arriver de l'air en excès ;

3° A la combustion incomplète du charbon.

Elles sont d'ailleurs variables avec l'installation et les chaudières.

Le régime de la combustion est déterminé :

1° Par la quantité de charbon qui est brûlée par mètre carré de surface de grille et par heure. Pour les chaudières ordinaires, le chiffre à adopter est de 75 à 85 kilogrammes ;

2° Par le tirage mesuré au bas de la cheminée. En marche normale, et avec les chaudières ordinaires, il équivaut à une colonne d'eau de 14 à 15 millimètres de hauteur ;

3° Par la richesse des gaz de combustion en oxygène, en acide carbonique et en oxyde de carbone. La richesse en

acide carbonique doit atteindre 10 à 12 p. 100; mais elle reste souvent en dessous.

Un poids déterminé de charbon brûlant complètement donne un poids déterminé d'acide carbonique qui se répartit dans un volume d'air plus ou moins grand. Connaissant la teneur en acide carbonique des gaz de combustion, on peut se rendre compte de la quantité d'air qui pénètre dans le foyer, car l'acide carbonique se substitue volume à volume à l'oxygène (loi de Gay-Lussac). La présence d'oxyde de carbone indique une combustion incomplète, tout au moins en certaines parties de la couche de charbon;

4° Par la *température des gaz* pénétrant dans la cheminée. On ne peut guère l'abaisser au-dessous de 200° à 300°, sinon on compromettrait le tirage.

On appelle *coefficient de vaporisation* la quantité d'eau vaporisée par kilogramme de charbon brûlé.

Dans les sucreries, où l'alimentation est généralement faite avec des eaux de retour qui accusent une température moyenne d'environ 90°, le coefficient est plus élevé que dans les cas ordinaires. Il s'élève à 8^kg,5, 9 kilogrammes et même 10 kilogrammes, avec des charbons à 8 000 calories; mais, pour que les données soient comparables, on les exprime par rapport à l'eau prise à 0° et l'on tombe alors à 7 kilogrammes ou 7^kg,5.

Ainsi, d'un côté, on apporte sous forme de charbon 8 000 calories; d'un autre côté, on vaporise 7 kilos d'eau qui représentent (formule de Regnault : $606,5 \times 0,3051$) environ $630 \times 7 = 4550$ calories.

Le rapport $\frac{4550}{8000}$ est ce qu'on appelle le *rendement de la chaudière*. Il varie de 0,40 à 0,85, suivant les cas.

Essais de vaporisation. — Il est nécessaire de faire de temps en temps des essais de vaporisation pour se rendre compte de la valeur que prennent, dans une ins-

tallation déterminée, les divers facteurs que nous venons d'énumérer.

Un essai de vaporisation doit toujours comporter :

1° Le mesurage de l'eau introduite dans la chaudière, au moyen d'un bon compteur contrôlé (compteur Schmidt, par exemple) ou de deux bacs jaugeurs fonctionnant alternativement (tenir compte de l'eau restant dans la chaudière au commencement et à la fin de l'expérience);

2° La détermination de la température de l'eau d'alimentation et de la vapeur obtenue;

3° La quantité de charbon brûlée, ainsi que l'analyse et la détermination du pouvoir calorifique de celui-ci;

4° La quantité de cendres et de mâchefer produite et leur composition;

5° L'analyse des gaz de combustion (appareil d'Orsat), l'échantillonnage étant fait au moyen de l'appareil de Ridder (ou bien de l'appareil Leurs et Lallement);

6° La détermination de la température des gaz de combustion, au pied de la cheminée ou dans les carneaux;

7° La détermination du tirage au pied de la cheminée.

Connaissant la surface de chauffe et la surface des grilles, on a alors tous les éléments pour connaître :

L'activité de la combustion;

Le coefficient de vaporisation par kilogramme de charbon;

La puissance de combustion par mètre carré de surface de chauffe, par mètre carré de surface de grille et le rendement de la chaudière.

TYPES DE GÉNÉRATEURS. — Ces généralités, qui s'appliquent à toutes les chaudières, quelles qu'elles soient, étant terminées, nous allons faire une étude succincte des types de chaudières qui sont le plus fréquemment employés en sucrerie.

Nous mentionnerons :

1° *Les chaudières à foyer extérieur* (fig. 10). — Parmi elles

nous citerons : la chaudière à deux bouilleurs, le corps principal ou les deux bouilleurs étant chauffés directe-

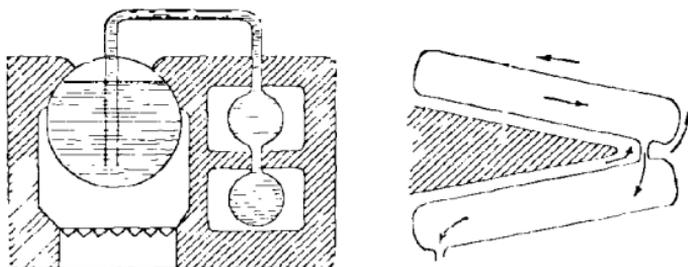


Fig. 10. — Chaudière à foyer extérieur.

ment ; la chaudière avec réchauffeurs latéraux (système Farcot) ;

2° Les chaudières à foyer intérieur. — On y range généralement : la chaudière à simple foyer (fig. 41) dite de

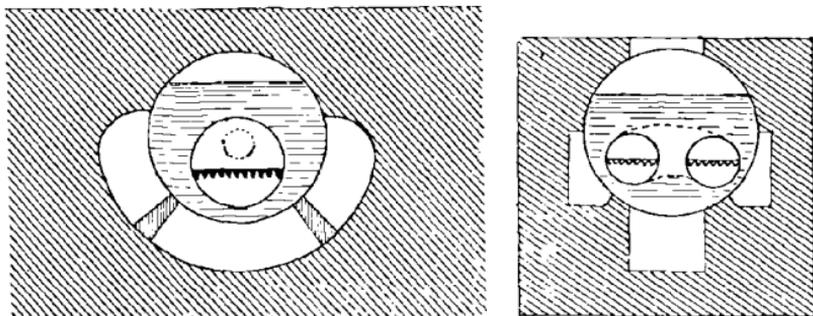


Fig. 41. — Chaudière à foyer intérieur, dite de Cornouailles.

Cornouailles ; la chaudière de Lancastre, qui possède deux tubes-foyers ;

La chaudière de Galloway (fig. 12). Les deux tubes-foyers se réunissent en arrière de la chambre de combustion en un seul tube à section aplatie qui est traversée

de part en part par des tubes tronconiques entre-croisés où peut circuler l'eau chaude.

Les gaz chauds parcourent trois fois la longueur de la chaudière ; ils vont en arrière par le tube-foyer, reviennent en avant par deux carneaux latéraux et s'en vont dans la cheminée par un carneau inférieur.

Les gaz les plus chauds se trouvant entourés d'eau, il y a moins de pertes de chaleur par rayonnement.

La vaporisation par mètre carré de surface de chauffe est plus élevée que pour les chaudières à bouilleurs.

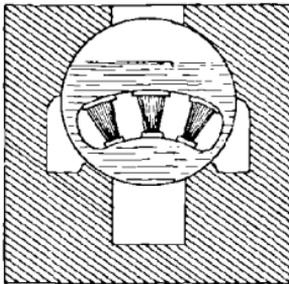


Fig. 12. — Chaudière de Galloway.

Les chaudières à foyer intérieur sont très employées dans les sucreries allemandes, pour produire de la vapeur à 4 ou 6 kilogrammes de pression. La surface de chauffe qu'elles représentent est d'environ 1^m9,10 par tonne de betteraves travaillées journellement.

3° *Les chaudières tubulaires et semi-tubulaires.* — Le type des chaudières tubulaires est la chaudière de Seguin, qui est encore appliquée, dans son principe, pour les locomobiles.

Elle se compose d'un corps principal cylindrique traversé, suivant sa longueur, par des tubes en laiton ou en fer qui relient les deux plaques tubulaires.

Les gaz chauds produits dans la boîte à feu placée en avant circulent dans les tubes en chauffant l'eau qui entoure ceux-ci ; ils se rendent ensuite dans la boîte à fumée, puis dans la cheminée.

Ces chaudières peuvent vaporiser jusqu'à 50 kilogrammes d'eau par mètre carré de surface de chauffe.

Les chaudières semi-tubulaires sont une combinaison de la chaudière tubulaire et de la chaudière cylindrique à bouilleurs.

Le foyer est extérieur et chauffe les bouilleurs. Le corps principal est traversé, suivant sa longueur, par des tubes dans lesquels circulent les gaz chauds pour revenir d'arrière en avant; ils se rendent ensuite dans la cheminée par deux carneaux latéraux.

La chaudière semi-tubulaire (fig. 13) est celle qui est la plus répandue dans les sucreries françaises.

Elle y représente une surface de chauffe de 2^mq,20 à 2^mq,50 par tonne de betteraves travaillées journellement.

On lui donne diverses formes (chaudières Farcol, chaudières Fairbairn, etc.), mais le principe reste toujours le même;

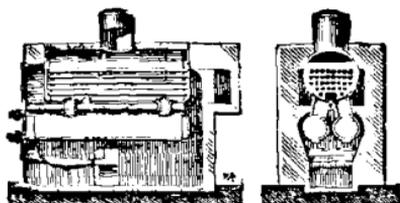


Fig. 13. — Chaudière semi-tubulaire à deux bouilleurs et à foyer extérieur.

4^e Les chaudières multitubulaires. — Elles commencent à se répandre dans les sucreries et sont surtout employées à produire de la vapeur à haute pression (10 kilogrammes) pour alimenter les machines à vapeur.

Le type des chaudières multitubulaires est la chaudière de Belleville (fig. 14).

Elle se compose de plusieurs rangs de deux tubes inclinés successivement d'avant en arrière et communiquant, à la partie inférieure, avec un collecteur d'eau d'alimentation et, à la partie supérieure, avec un collecteur de vapeur.

La vapeur produite, obligée de contourner une cloison courbe, se débarrasse des gouttelettes entraînées, puis se rend dans un tuyau qui alimente un faisceau de tubes sécheurs formant le plafond de la chambre où circulent les gaz chauds.

L'eau d'alimentation entre dans le collecteur supérieur où elle s'échauffe, puis se rend dans le collecteur inférieur

en passant par un déjecteur où elle se débarrasse d'une partie des substances salines qu'elle contient. De temps en temps, on fait la vidange du déjecteur.

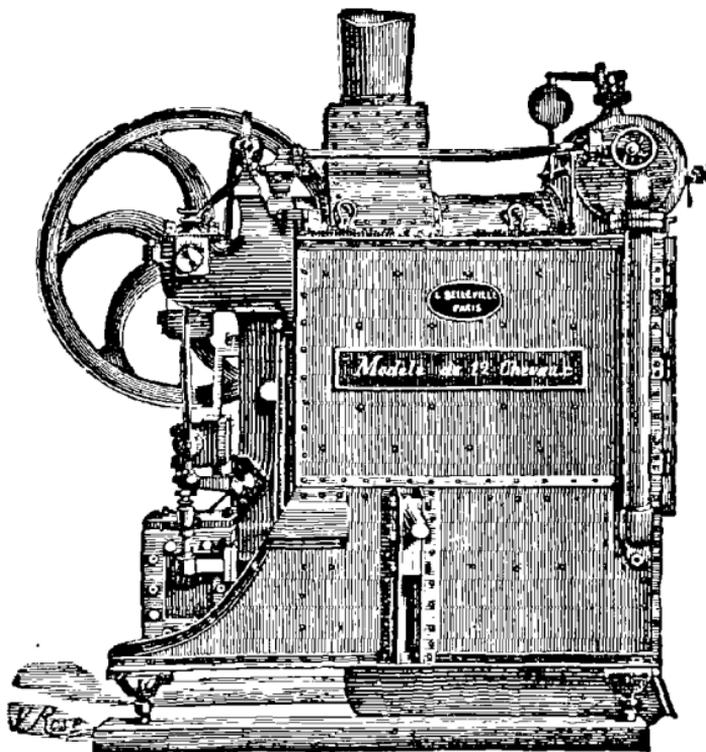


Fig. 14. — Générateur Belleville.

L'épuration se fait mieux si la pression est maintenue au-dessus de 7 kilogrammes.

Si les machines sont construites pour utiliser de la vapeur à 5 ou 6 kilogrammes, on détend la vapeur venant du générateur au moyen du détendeur Belleville ou d'un autre.

Ainsi qu'on peut s'en rendre compte, le générateur de

Belleville renferme relativement peu d'eau, et il serait, de ce fait, très sensible aux variations de marche du foyer, si on ne le pourvoyait d'un régulateur de tirage et de pression et d'un régulateur d'alimentation.

Le générateur est supporté par une maçonnerie qui contient le foyer. Les gaz chauds lèchent l'extérieur des

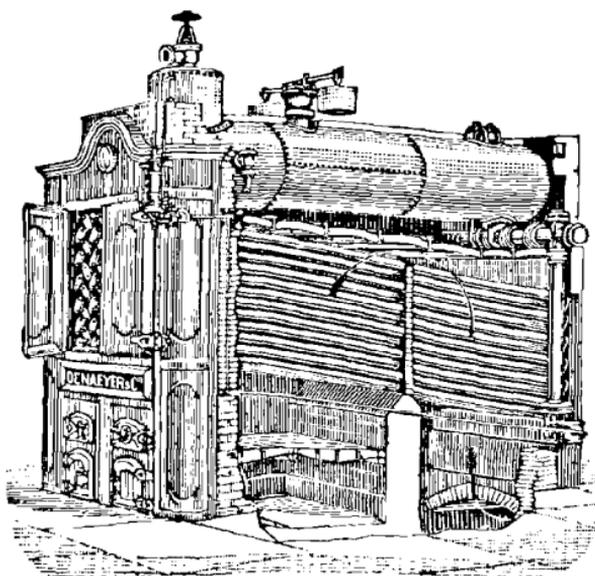


Fig. 15. — Chaudière de Naeyer.

tubes contenant l'eau à vaporiser, puis s'en vont dans la cheminée.

Les chaudières multitubulaires qui sont le plus fréquemment employées dans l'industrie sucrière sont : la chaudière de *Naeyer* (fig. 15), la chaudière de *Babcock et Wilcox* (fig. 16), la chaudière *Mathot*, etc.

Nous laissons de côté les autres types, qui présentent moins d'intérêt au point de vue de l'industrie qui nous occupe.

Pendant que nous sommes à la question production de vapeur, nous devons dire deux mots des surchauffeurs.

Les surchauffeurs ont pour but d'amener la vapeur saturante qui sort des générateurs à l'état de vapeur sèche, et cela en élevant la température, sans changer la pression.

Plusieurs points sont déjà acquis au point de vue pratique. Il y a économie de vapeur à employer de la vapeur

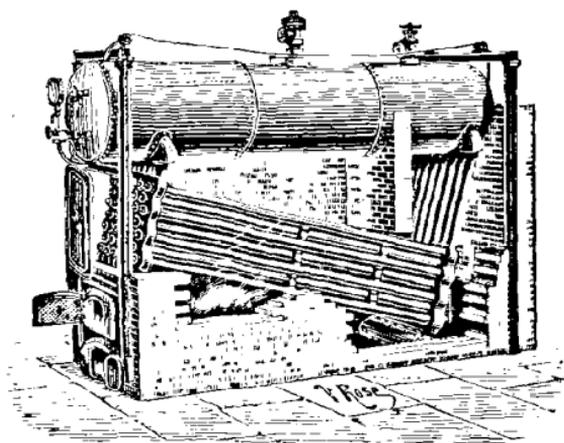


Fig. 16. — Chaudière Babcock et Wilcox.

surchauffée pour actionner les machines à vapeur; mais il passe moins de calories dans la vapeur d'échappement.

Il est acquis aussi que la vapeur sèche se comporte comme un gaz permanent et qu'elle perd moins de chaleur que la vapeur humide par le transport en tuyaux, mais le « coefficient de transmission » de la chaleur à elle afférent est plus faible que pour celle-ci.

Y a-t-il avantage à employer de la vapeur surchauffée pour actionner les machines de sucrerie ou pour faire des chauffages? La question est encore à l'étude.

Chargeurs automatiques de foyer. — En terminant

l'étude des chaudières, nous voulons dire quelques mots des chargeurs automatiques de foyer qui sont déjà en usage dans l'industrie.

Parmi les chargeurs de charbon en morceaux de la grosseur d'une cerise, nous citerons le chargeur Leach, que nous avons vu fonctionner à la raffinerie d'Amsterdam sur des générateurs à foyer intérieur. Il se compose d'une trémie recevant le charbon et alimentant un tambour tournant à cinq compartiments. Le charbon est lancé dans le foyer par un batteur à deux bras. Un opercule force le charbon à arriver sur les divers points de la grille.

Comme chargeur comportant l'emploi de charbon pulvérisé, je mentionnerai :

1° Le chargeur Freitag, que nous avons vu également à la raffinerie d'Amsterdam sur six générateurs à double foyer intérieur.

Chaque générateur est pourvu de deux sécheurs de charbon, de deux moulins-ventilateurs qui lancent, à travers un tamis à fentes, la poudre de charbon dans le foyer garni de briques réfractaires.

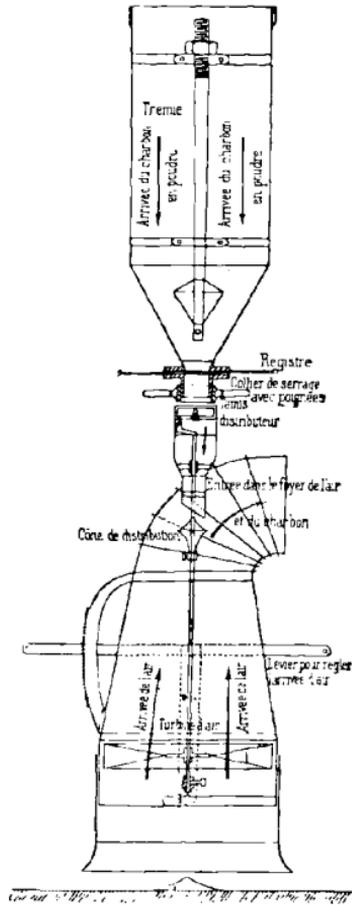


Fig. 17. — Chargeur Wegener.

Ce chargeur, essayé sur une chaudière semi-tubulaire par les soins du Syndicat des fabricants de sucre de France, n'a pas donné des résultats satisfaisants ;

2° Le *chargeur Wegener* (fig. 17 et 18). — Il ne comporte qu'un broyeur auquel est adapté un ventilateur qui lance la poudre de charbon dans une chambre d'attente.

Le charbon pulvérisé est amené à chaque générateur par une canalisation spéciale, puis projeté dans le foyer. Nous l'avons vu en fonctionnement sur un des générateurs

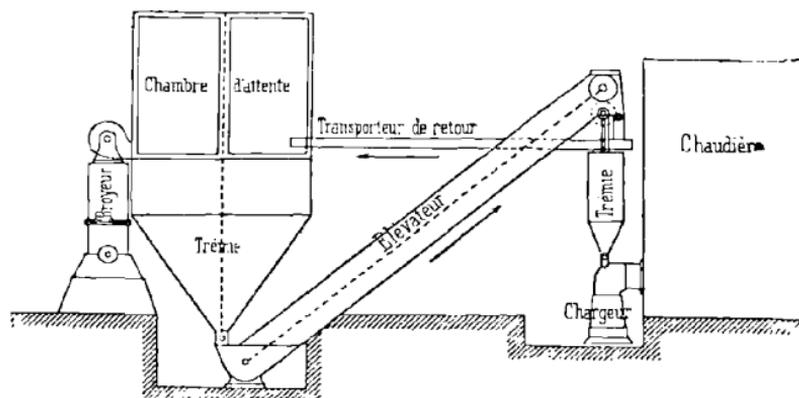


Fig. 18. — Chargeur Wegener (Plan d'installation).

semi-tubulaires de la Compagnie des tramways électriques de Versailles ;

3° Le *chargeur de Camp*, qui est employé sur des générateurs à foyer intérieur de la fabrique de produits chimiques Schering, à Berlin.

Tous ces chargeurs de charbon pulvérisé, quand ils fonctionnent bien, assurent une meilleure utilisation du combustible ; mais il se développe dans les foyers une température très élevée qui, cependant, est atténuée, dans les chaudières à foyer intérieur, par la température de l'eau environnante.

La question des chargeurs automatiques mérite d'être

étudiée même en vue des usines qui ne travaillent que quelques mois de l'année. Pour l'instant, elle ne semble pas encore au point.

B. Chauffage par la vapeur. — Dans beaucoup de fabriques, on divise les générateurs en deux sous-batteries : l'une marchant à 3 ou 4 kilogrammes de pression pour les chauffages, l'autre marchant à 7 ou 10 kilogrammes pour la force motrice.

Les chauffages qui viennent d'être mentionnés sont des chauffages par la vapeur directe; en sucrerie, la tendance est de plus en plus marquée à employer, dans le même but, de la vapeur de jus. On réalise, par cette voie, des économies importantes de combustible.

Tout chauffage à la vapeur nécessite :

1° Des tuyaux transporteurs ;

2° Un organe où la vapeur abandonne sa chaleur, en se condensant ;

3° Enfin, un dispositif permettant d'éliminer les eaux de condensation ou « retours » qui prennent naissance et les gaz qui peuvent être apportés par la vapeur (vapeur de jus).

1° Les *tuyaux transporteurs* sont en fer, en tôle ou en cuivre. Il faut les envelopper de calorifuge pour éviter les pertes par rayonnement et les pourvoir de parties coudées pour permettre les dilatations, ainsi que de robinets purgeurs pour évacuer les eaux de condensation qui prennent naissance à la mise en route.

2° Les *organes ou appareils* qu'on emploie pour le chauffage à la vapeur sont :

Le *barboteur* ou l'*injecteur*. Ils ne sont plus guère employés en sucrerie parce que l'eau de condensation dilue le liquide chauffé. Quelques usines chauffent encore la diffusion avec des injecteurs, mais elles deviennent de plus en plus rares ;

Le *serpentin*. Souvent les « retours » s'accumulent à la partie inférieure et la surface de chauffe est mal

utilisée. Le serpentin ne peut être employé avec les vapeurs de jus qui apportent presque toujours des gaz non condensables ;

Le *tube en lyre*. C'est un tube contourné suivant une ligne circulaire dans un plan horizontal. Plusieurs tubes, disposés en étage, constituent un faisceau en lyre. On peut s'en servir pour faire des chauffages avec de la vapeur de jus ;

Le *faisceau tubulaire vertical* avec vapeur à l'extérieur des tubes, et le faisceau tubulaire horizontal avec vapeur à l'intérieur des tubes. Tous les deux

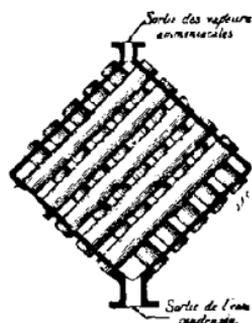


Fig. 19. — Faisceau Witkowicz.

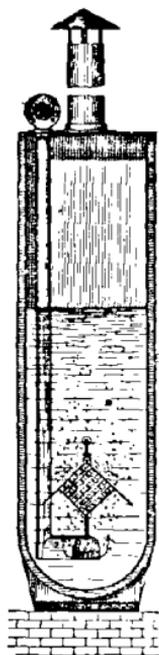


Fig. 20. — Chaudière avec faisceau Witkowicz.

permettent d'utiliser la vapeur directe et la vapeur de jus ;

Le *faisceau Witkowicz* (fig. 19). Il se compose de quatre plaques tubulaires qui sont réunies deux à deux par des tubes entre-croisés à 90°. La vapeur lèche l'extérieur des tubes. On place le faisceau (fig. 20) de façon que l'une de ses diagonales soit dans un plan vertical. On peut y envoyer soit de la vapeur directe, soit de la vapeur de jus.

Quant à l'élimination des « retours » et des gaz non condensables, elle a généralement lieu par des tuyaux qui prennent naissance à la partie inférieure de l'organe pour les « retours » et à la partie supérieure pour les gaz non condensables.

Tous les « retours », qu'ils soient des retours de vapeur directe ou des retours de vapeurs de jus, peuvent être extraits avec une pompe bien construite.

Quant aux autres modes d'extraction, ils diffèrent suivant qu'on a affaire à des « retours » sous pression effective supérieure à 1 atmosphère ou à des « retours » sous un vide plus ou moins intense.

Dans le premier cas, lorsque la pression n'est pas très élevée (ballon des échappements), on peut avoir recours à un siphon renversé débouchant dans un bac collecteur. Il suffit que la pression de résistance offerte par la tuyauterie dépasse la pression effective de la vapeur; dans ces conditions, il ne peut y avoir sortie de vapeur non condensée.

Toujours pour l'extraction des retours directs, on peut aussi employer la bouteille allemande primitive ou modifiée. Elle consiste en une boîte cylindrique fermée contenant un récipient flotteur dans l'intérieur duquel commence le tuyau d'évacuation.

Les retours arrivent d'abord dans la boîte extérieure et maintiennent (principe des corps flottants) le fond du récipient contre l'ouverture du tuyau de sortie. Puis les retours débordent dans le récipient, qui s'abaisse alors par son propre poids, et ils sont chassés à l'extérieur par la pression même de la vapeur.

Quelquefois, le récipient flotteur est remplacé par un flotteur sphérique qui est accroché à l'extrémité d'un levier, lequel commande, à son tour, par une soupape, l'ouverture de sortie. Quand le niveau des retours monte, le flotteur se soulève et soulève en même temps la soupape de sortie.

L'extraction par une pompe se fait mieux qu'avec les bouteilles allemandes qu'on désigne souvent dans l'industrie sous le nom de *boîtes à chagrin*.

Quand il s'agit de « retours » de vapeur de jus qui se trouvent sous un vide plus ou moins grand, l'évacuation se fait de la manière suivante :

1° Dans un « marais ». On désigne sous le nom de *marais* un réservoir collecteur contenant de l'eau et placé au-dessous des chambres à « retours ». Celles-ci se vident par l'intermédiaire d'un tuyau dont l'extrémité plonge dans l'eau du marais. Ce mode d'extraction fonctionne bien, à condition, évidemment, que la hauteur d'eau qui se forme dans le tube puisse compenser au minimum le vide qui existe dans la chambre à « retours ». Plus le vide est grand, plus la hauteur du tube doit être grande. Avec le vide parfait, elle devrait être de 10^m,33 ;

2° Quand on emploie le mode d'extraction par une pompe, souvent on dispose sur le tuyau d'aspiration un récipient vertical cylindrique dit *séparateur*, pourvu de deux fenêtres opposées et dont l'extrémité supérieure est en communication avec un espace à vide plus grand.

La sortie des retours se fait mieux et l'on peut la voir s'effectuer par les fenêtres du « séparateur ».

Extraction des gaz non condensables. — Elle a lieu par la partie supérieure des chambres à « retours ». On la facilite en reliant celles-ci avec un espace à vide plus grand. Il ne faut pas cependant que l'ouverture de sortie soit trop grande, car il peut y avoir, en même temps, entraînement d'une trop grande quantité de vapeur.

C. Utilisation de la vapeur comme force motrice. — La machine à vapeur est l'appareil qui sert à transformer en travail la chaleur apportée par la vapeur.

Elle se compose essentiellement d'un cylindre dans lequel se déplace un piston qui s'anime d'un mouvement de va-et-vient sous l'action de la vapeur qui arrive alter-

nativement sur l'une et l'autre de ses faces. La tige du piston, qui est dirigée suivant l'axe du cylindre, fait joint étanche avec le fond de celui-ci, grâce à un presse-étoupe; elle se termine par une crosse qui repose sur deux glissières et communique un mouvement de rotation à une grande roue, dite *volant*, par l'intermédiaire d'une bielle et d'une manivelle.

L'arrivée de la vapeur à l'avant et à l'arrière du piston est commandée par le « tiroir », qui reçoit son mouvement de va-et-vient d'un excentrique, lequel fait corps avec l'arbre du volant.

La vitesse de marche de la machine est réglée par un régulateur de Watt ou un autre.

Nous renvoyons le lecteur aux ouvrages spéciaux sur la question et nous ne voulons insister que sur les points particuliers qui intéressent la sucrerie.

En restant à ce point de vue spécial, nous classerons les machines d'après le mode d'utilisation de la vapeur.

Nous distinguerons :

1° *Les machines à pleine pression et sans condenseur.*

— La vapeur arrive dans le cylindre pendant toute la course du piston. Au retour du piston, la vapeur restant dans le cylindre et qui fait résistance est refoulée soit à l'extérieur, soit dans un ballon dit « des échappements ».

Le tiroir est à simple coquille et ses bandes ont la même largeur que la lumière d'admission de la vapeur. Cette largeur est égale au rayon d'excentricité.

L'angle de calage est égal à 90°.

Si l'on représente par p la pression initiale de la vapeur en kilogrammes par centimètre carré, par p' la pression de la vapeur résistante, par c la course du piston en mètres, par S la surface du piston exprimée en centimètres carrés, on a, pour le travail utile apporté par la vapeur,

$$T = Sc (p - p').$$

Représenté graphiquement, il équivaut à la surface d'un rectangle construit sur la longueur du cylindre et ayant pour hauteur la différence des pressions.

C'est la machine à pleine pression et sans condenseur qui est encore employée dans la plupart des fabriques de sucre ;

2° *Les machines à pleine pression et à condenseur.* — Elles ne nous intéressent pas.

3° *Les machines à détente et sans Condensation.* — Ici, la vapeur directe, au lieu d'arriver dans le cylindre pendant toute la course du piston, n'arrive que pendant une partie de celle-ci; le mouvement se continue ensuite par l'effet de la détente de la vapeur.

On appelle *indice de détente* le rapport de la course sous pleine pression à la course totale, c'est-à-dire à la longueur du cylindre.

Si nous admettons que la détente se produit suivant la loi de Mariotte, nous pouvons, par le calcul, établir que le travail théorique utile apporté par la vapeur est représenté par la formule

$$T_u = p_0 V_0 \left(1 + \log \text{hyp} \frac{p_0}{p_1} - \frac{p_2}{p_1} \right),$$

dans laquelle

p_0 = pression initiale ;

V_0 = volume introduit à pleine pression ;

p_2 = pression résistante ;

p_1 = pression de la vapeur à la fin de la détente.

Comme, dans les machines bien construites, $p_2 = p_1$, la formule devient

$$T_u = p_0 V_0 \log \text{hyp} \frac{p_0}{p_1}$$

Si $\frac{p_0}{p_1} = 2,72$ on a Trav. de détente = Travail à pleine pression ;

$\frac{p_0}{p_1} = 7,39$ — — = 2 × Trav. à pleine pression ;

$\frac{p_0}{p_1} = 20$ — — = 3 × — —

C'est au moyen du tiroir que l'on détermine la détente de la vapeur, et cette détente peut être fixe ou variable.

Pour les faibles détentes fixes dont l'indice ne descend pas au-dessous de $\frac{4}{5}$, on peut avoir recours à un tiroir à recouvrement, mû par un excentrique.

Pour les grandes détentes fixes, on se sert des tiroirs superposés de Trézel, ou bien on emploie un dispositif permettant de fermer au moment opportun l'arrivée de la vapeur dans la boîte de distribution.

Mais on s'adresse souvent, même en sucrerie, aux systèmes qui permettent des détentes variables. C'est ainsi qu'on rencontre beaucoup de machines :

A détente Meyer (un tiroir et une glissière composée de deux parties pouvant se déplacer, à la main, sur tige filetée) ;

A détente Rider (deux tiroirs superposés dont les surfaces de contact sont à section circulaire) ;

A distribution Corliss et Sulzer (distribution, admission et échappement indépendants obtenus au moyen de 4 robinets (Corliss) ou de 4 soupapes (Sulzer), etc.

Les machines compound sont encore peu répandues dans l'industrie sucrière.

On appelle *rendement d'une machine* le rapport qui existe entre le travail utile apporté dans le cylindre par la vapeur et le travail disponible sur le volant.

Le travail utile effectué par la vapeur est obtenu comme il a été dit précédemment ; on mesure la pression de la vapeur à l'aller et au retour au moyen d'un indicateur (tel l'indicateur Richard).

Le travail disponible sur le volant se mesure au moyen du frein de Prony.

Le rendement varie de 0,70 à 0,85 pour les bonnes machines.

Mais on peut comparer aussi le travail disponible sur

le volant au travail exprimé en chaleur qui était contenu dans le charbon.

On obtient ainsi ce qu'on appelle le *rendement thermique*.

On s'aide, à cet effet, de l'équivalent mécanique de la chaleur, qui est

$$1 \text{ calorie} = 425 \text{ kilogrammètres.}$$

Les machines à vapeur reliées au ballon d'échappements consomment, par cheval-heure indiqué, de 30 à 50 kilogrammes de vapeur directe quand elles marchent à pleine pression et 12 kilogrammes quand elles marchent à détente. Les pertes dues aux condensations pendant la marche s'élèvent à environ 17 p. 100.

On admet enfin qu'il faut $0^{\text{chx}},6$ de travail effectif, soit $0^{\text{chx}},75$ de travail indiqué, par tonne de betteraves travaillées journellement.

D. Appareils mus par les machines à vapeur. — Dans une sucrerie, les machines actionnent au moyen de courroies ou par l'intermédiaire de dynamos :

- a. Des élévateurs et transporteurs;
- b. Des pompes à liquides et à gaz.

Les élévateurs et transporteurs le plus fréquemment employés sont :

1° *Le transporteur à courroie.* — Il consiste en une courroie sans fin tournant autour de deux tambours qui reposent par leurs tourillons dans des paliers graisseurs.

Si le transporteur est placé obliquement, on pourvoit la courroie de palettes;

2° *L'élévateur à godets.* — Sa construction repose sur le même principe que celle de l'élévateur à palettes; seulement, la courroie est remplacée par une chaîne qui supporte des godets.

Quand il est placé horizontalement, les godets son

quelquefois remplacés par des peignes. On a alors le transporteur à peigne ou à râteau dit *de Puschen*;

3° Quand les deux élévateurs précédents se développent en circonférence, ils deviennent la roue élévatrice qui peut servir à élever soit l'eau seule, soit les betteraves seules, soit l'eau et les betteraves ;

4° *La vis d'Archimède*. — Elle se compose d'une auge demi-cylindrique dans laquelle tourne un arbre qui porte sur son pourtour une lame contournée en hélice ;

5° *Le transporteur à secousses*. — Il consiste en un tablier légèrement incliné auquel on communique un mouvement alternatif de va-et-vient, soit au moyen d'une came, soit au moyen d'un excentrique.

Pour déplacer les liquides et les gaz, on se sert de pompes de constructions diverses. Nous citerons :

1° *La pompe à cylindre et piston*. — Tantôt elle est à action directe (pompe Burton), tantôt la tige du piston est commandée par une transmission à courroies.

Si la pompe est destinée à alimenter un appareil à marche discontinue, on pourvoit le tuyau de refoulement d'un tuyau de retour débouchant dans le tuyau d'aspiration et commandé par une soupape à contrepoids, ou bien on place sur le tuyau de refoulement une chambre à air qui, en se mettant en pression, agit sur la soupape de vapeur qui commande le moteur.

On peut élever les masses cuites avec des pompes à piston plongeur ;

2° *La pompe centrifuge*. — On en connaît la construction. Elle se répand de plus en plus dans les sucreries. Elle peut servir à élever l'eau des puits d'alimentation de l'usine, ou les jus à un poste quelconque. Elle demande peu de force, tient peu de place et donne surtout de bons résultats quand elle n'a pas à aspirer. Il vaut donc mieux que les bacs contenant les liquides à élever ou à déplacer soient en charge sur elle ;

3° *La pompe rotative.* — Elle est formée de deux arbres parallèles qui tournent dans une même enveloppe et qui sont pourvus d'ailettes latérales qui occupent toute la longueur de l'enveloppe. Les ailes alternent dans leur mouvement de rotation et s'ajustent mutuellement l'une sur l'autre.

Elle a été peu employée jusqu'ici ;

4° *Le monte-jus.* — Il consiste en un cylindre en tôle portant un tuyau d'arrivée du liquide à élever, un tuyau d'arrivée de vapeur ou d'air comprimé, un tuyau de refoulement qui va jusqu'au fond et un robinet de vidange pour l'air.

Le liquide ayant pénétré dans le monte-jus par différence de niveau, on ferme l'arrivée du jus et l'on ouvre l'arrivée de vapeur ou d'air et le tuyau de refoulement.

Quant aux pompes à gaz ou à air, elles peuvent être à tiroirs ou à clapets.

Les pompes à tiroirs sont, en somme, l'inverse de la machine à vapeur. L'intérieur du tiroir est en communication avec le tuyau d'aspiration (four à chaux ou caisse d'évaporation), et c'est grâce au mouvement de l'excentrique que les gaz aspirés peuvent pénétrer à l'une ou l'autre des extrémités du cylindre.

Par l'adjonction d'un deuxième tiroir, on a pu diminuer l'influence des espaces nuisibles et, d'une manière générale, augmenter le rendement des pompes à tiroir.

La pompe à clapets est une pompe aspirante et foulante construite d'après le même principe que les pompes ordinaires et pouvant servir à la fois pour l'eau et les gaz, mais donnant un rendement beaucoup moins élevé que les pompes à tiroirs perfectionnées.

On a enfin besoin de *compresseurs d'air*. Nous ne pouvons entrer dans les détails de leur construction ; nous dirons seulement qu'ils refoulent l'air dans un ballon

muni d'une soupape de sûreté. Du ballon partent des tuyaux qui conduisent l'air aux postes d'utilisation.

III. — DONNÉES CHIMIQUES.

On appelle *substances sucrées* des corps qui ont une saveur plus ou moins douce et qui se rapprochent, par leur composition moléculaire, de certaines substances connues, telles que la saccharose, la lévulose, la glucose, etc.

Les unes peuvent s'invertir, c'est-à-dire donner naissance, par fixation d'eau, à d'autres sucres : on les appelle des *polyglucoses*. Elles sont bioses, s'il se forme deux sucres : telles sont la saccharose, la maltose ; trioses, si elles peuvent engendrer trois sucres : telle est la raffinose, etc.

Parmi les sucres qui ne s'invertissent pas, il y en a qui sont des alcools polyatomiques à fonction simple, se rapprochant de la mannite. On les appelle *mannites*. D'autres sont des alcools polyatomiques à fonction mixte et renferment tantôt la fonction aldéhydrique (aldoses), tantôt la fonction acétone (cétoles). Les aldoses et les cétoles réduisent la liqueur de Fehling.

Nous n'entrerons pas dans le détail des propriétés de tous les corps qui se rattachent à l'un ou l'autre de ces groupes ; nous étudierons seulement ceux qui intéressent plus particulièrement la sucrerie.

1^o MANNITES.

La mannite à trois atomes de carbone est la glycérine ; oxydée par le noir de platine, elle donne une aldose dite *glycérosée* qui réduit la liqueur de Fehling.

La mannite à quatre atomes de carbone est l'érythrite, qui peut exister sous quatre formes isomériques. L'acide bibasique qui lui correspond est l'acide tartrique. On se

sert du tartrate double de potasse et de soude pour la préparation de la liqueur de Fehling.

Les hexites ou mannites à six atomes de carbone présentent de nombreux cas d'isomérisie.

A la mannite dextrogyre correspond une cétose connue, c'est la lévulose.

Lévulose ($C^6H^{12}O^6$).

La lévulose existe dans le miel à l'état de mélange avec la glucose, et aussi dans un grand nombre de fruits.

Elle prend naissance par l'inversion de la saccharose, soit sous l'action de la chaleur et des acides, soit sous l'action de certaines diastases.

Elle est soluble dans l'eau, presque insoluble dans l'alcool absolu. Elle est lévogyre, c'est-à-dire qu'elle dévie à gauche le plan de polarisation de la lumière. Son pouvoir rotatoire varie avec la concentration de la solution ; il diminue à mesure que la température s'élève.

La lévulose fermente directement sous l'influence de la levure de bière, mais un peu plus lentement que la glucose.

Elle réduit la liqueur de Fehling, la liqueur de Barfœd et la liqueur de Soldani.

La chaleur et les acides l'attaquent facilement ; en se combinant avec la chaux, elle forme un lévulosate qui est insoluble dans l'alcool.

Glucose ($C^6H^{12}O^6$).

La glucose est une aldose de la sorbite.

Elle existe dans le miel ; elle prend naissance quand on chauffe de l'amidon en présence d'acide sulfurique étendu, ou par inversion de la saccharose. Elle existe enfin dans l'urine des diabétiques.

La glucose cristallise dans l'eau en retenant une molécule d'eau qu'elle perd à 100° ; elle cristallise sans eau

dans l'alcool. Elle est soluble dans l'eau, se transforme en caramel à 170° et dévie à droite le plan de polarisation de la lumière.

Son pouvoir rotatoire varie avec la concentration de sa solution. Elle réduit les liqueurs de Fehling, de Barfœd, de Soldaini, se transforme en matières brunes amorphes quand on la chauffe en présence de certains acides minéraux étendus.

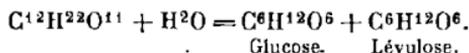
Elle se détruit facilement sous l'action des bases et donne des produits jaunes, puis bruns.

Avec la chaux, elle forme un glucosate qui est soluble dans l'alcool. Elle fermente directement et plus vite que la lévulose.

Elle forme un composé défini avec le sel marin.

Sucre inverti.

Il se forme par l'inversion de la saccharose. Il y a toujours fixation d'eau :



On peut produire cette inversion avec tous les acides minéraux ou organiques. Il en faut une proportion d'autant moins grande que la température est plus élevée. Le sucre inverti fermente directement. Son pouvoir rotatoire, qui est lévogyre, diminue avec la température.

2° POLYGLUCOSES.

Polyglucose biose : La saccharose.

La saccharose ou sucre de canne cristallise en gros prismes rhomboïdaux obliques. Sa densité est d'environ 1,6 à 15°.

Elle se dissout dans l'eau et dans l'alcool et sa solubilité augmente avec la température.

Elle est presque insoluble dans l'alcool absolu.

La saccharose dévie à droite le plan de polarisation de la lumière. Son pouvoir rotatoire est de $66^{\circ},5$ à 20° ; il change très peu avec la température et semble diminuer légèrement avec la concentration.

Le poids de sucre pur et sec qui, amené à 100 centimètres cubes à 20° C., produit la même déviation qu'une lame de quartz de 1 millimètre d'épaisseur est $16^{\text{sr}},29$.

Le sucre fond à 160° . Refroidi subitement, il se solidifie à l'état incolore et peut cristalliser.

Si on le maintient pendant quelque temps à 160° , il donne deux produits : la glucose et la lévulosane.

A une température plus élevée, ou à cette même température maintenue plus longtemps, il se colore en jaune et forme des produits caraméliques divers.

Les acides forts, aidés de la chaleur, détruisent le sucre ; Tous les acides l'invertissent, mais la rapidité de l'inversion n'est pas la même avec tous les acides employés sous la même proportion ; elle est très grande avec les acides azotique, chlorhydrique et sulfurique ; moins grande avec les acides oxalique, tartrique, citrique, lactique, formique ; enfin très faible avec les acides butyrique, acétique, etc.

Le sucre peut se combiner avec les bases alcalino-terreuses. Avec la chaux, il peut donner :

1° Du *sucrate monobasique* $C^{12}H^{22}O^{11}CaO$, qui se forme en mélangeant du lait de chaux et une solution sucrée. Il est précipitable par l'alcool.

La quantité de chaux qui se dissout pour un même poids de sucre dans une solution sucrée est d'autant plus grande que la solution est plus concentrée. Les chiffres suivants en apportent la preuve :

Sucre dissous dans 100.	Composition de l'extrait sec du mélange.	
	Sucre.	Chaux.
40 p. 100	79	21
30 —	79,9	20,1
20 —	81,2	18,8
15 —	81,5	18,5
12,5 —	81,7	18,3

Le sucrate monobasique se trouble à l'ébullition et se transforme en sucrate tricalcique;

2° Du *sucrate bibasique* : n'a pas d'intérêt industriel ;

3° Du *sucrate sesquibasique* : n'a pas d'intérêt industriel ;

4° Du *sucrate tribasique* $C^{12}H^2 O^{11}3CaO$.

On peut obtenir ce dernier soit en faisant bouillir une solution de sucrate mono- ou bibasique, soit en faisant tomber de la chaux en poudre dans une solution sucrée à 6-7 p. 100 constamment refroidie. C'est ce dernier principe qu'applique, pour l'extraction du sucre des mélasses, le procédé de séparation Steffen et ses variantes, le nouveau Steffen et le Baker-Béthany.

Avec la baryte, le sucre peut former un seul composé $C^{12}H^2O^{11}BaO$, qui est un corps cristallin, insoluble dans l'alcool, l'éther et l'eau de baryte bouillante, et décomposable par l'acide carbonique.

Il existe deux composés du sucre et de la strontiane :

Un sucrate bibasique. Il se forme quand on mélange à chaud à 100° une solution sucrée et de la strontiane.

Si l'on refroidit le mélange à 20°, le bisaccharate se décompose et donne naissance à du monosaccharate.

On peut, d'ailleurs, préparer le monosaccharate directement, en mélangeant à 20° une solution de sucre et une solution de strontiane, de façon à avoir une molécule de sucre pour une molécule de strontiane.

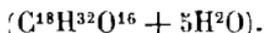
Le sucrate obtenu peut être décomposé par une carbonatation.

Le sucre est susceptible de subir un certain nombre de

fermentations : la fermentation alcoolique, la fermentation lactique, la fermentation butyrique, la fermentation visqueuse, la fermentation acétique, etc.

Les réactifs à l'aide desquels on peut déceler sa présence sont assez nombreux : nous y reviendrons plus loin.

Polyglucose triose : La raffinose



Elle existe dans la betterave et principalement dans les mélasses.

Elle est soluble dans l'eau, d'où elle cristallise en prismes rhomboïdaux droits. Elle est presque insoluble dans l'alcool éthylique, mais un peu soluble dans l'alcool méthylique.

Elle dévie à droite le plan de polarisation de la lumière et son pouvoir rotatoire est égal à 104° ; après inversion, elle est encore dextrogyre avec un pouvoir rotatoire de 53° .

Elle est fermentescible ; la levure haute la dédouble en lévulose qui fermente et en mélibiose qui reste inattaquée. La levure basse la fait fermenter complètement.

Sous l'action de la chaleur et des acides, elle s'invertit en glucose, lévulose et galactose.

Elle n'agit pas sur la liqueur de Fehling ; on peut la précipiter à chaud par la strontiane, mais non à froid.

SUCRES ARTIFICIELS.

On désigne comme tels certaines substances qui ont une saveur sucrée et qui appartiennent à la série aromatique. Tels sont :

1° La saccharine de Fahlberg, qui n'est qu'un sulfide benzoïque ;

2° La pseudo-saccharine ou méthylsulfinide benzoïque ;

3° La dulcine ou sucrol, qui est la *p*-phénétol carbamide ;

4° Le saccharinate de sodium ;

5° La sucramine.

Toutes ces substances ont un pouvoir sucrant plus grand que le sucre.

IV. — LA BETTERAVE.

La betterave est bisannuelle, c'est-à-dire qu'elle ne donne des graines qu'en deuxième année. Ce qu'on appelle la *racine* n'est autre chose qu'un renflement de la tige. Les racines sont souvent très longues ; elles s'enfoncent dans le sol et le sous-sol et peuvent atteindre jusqu'à 7 mètres de longueur.

Graines. — Les semences ont une grande importance pour la culture. De leur qualité dépend la qualité des betteraves elles-mêmes.

En France, pour qu'une graine puisse être considérée comme saine, loyale et marchande, elle doit satisfaire aux conditions suivantes :

1° Ne pas renfermer plus de 3 p. 100 d'impuretés ;

2° Ne pas renfermer plus de 15 p. 100 d'eau ;

3° Germer au moins à 70 p. 100 et donner 130 germes pour 100 graines, s'il s'agit de petites semences (plus de 45 par gramme) ; germer au moins à 80 p. 100 et livrer 150 germes, s'il s'agit de grosses semences (moins de 45 par gramme) ;

4° L'énergie de germination doit être telle qu'après cinq jours les deux tiers au moins des bonnes semences aient germé ; ceci afin d'éliminer les vieilles semences qui donnent naissance à des germes débiles ;

5° Fournir au moins 70 000 germes par kilogramme de semences brutes.

Il faut environ 25 à 30 kilogrammes de semences par hectare et, comme nous ensemençons autour de 250 000 hectares, la consommation française en graines de betteraves s'élève au chiffre approximatif de 7 500 tonnes.

Développement de la plante. — Une fois la semence mise en terre et la végétation commencée, c'est la partie foliacée qui prend d'abord le plus de développement. L'égalité de poids entre les feuilles et les racines se réalise le plus généralement en septembre, si bien que, dans les premiers jours d'octobre, la betterave sucrière riche possède environ 70-80 de feuilles pour 100 de racines.

Il n'en est pas de même de la betterave demi-sucrière dite *de distillerie*, qui ne possède guère que 30 à 38 de feuilles pour 100 de racines.

Cela ne surprend pas, si l'on songe que les feuilles constituent le laboratoire où se forme le sucre sous l'influence de la lumière solaire.

Arrivée à maturité, la betterave riche se rapproche de la composition moyenne suivante :

Eau.....	80 à 79
Sucre.....	14 à 16
Matières azotées.....	1,45
— minérales.....	0,7 à 0,95
— organiques autres.....	3,5 à 3,70

Si l'on exprime cette composition aux principes fertilisants, on peut dire que 100 kilogrammes de betteraves à 14-15 p. 100 de sucre renferment :

0,20 à 0,26 d'azote ;
 0,25 à 0,28 de potasse ;
 0,10 à 0,11 d'acide phosphorique.

En général, plus les betteraves sont riches, moins elles renferment d'azote, de substances salines et de potasse.

Si l'on fixe à 27 500 kilogrammes la récolte moyenne de betteraves riches par hectare, on peut évaluer par les chiffres suivants les quantités de principes fertilisants emportés du sol par les racines :

Azote.....	60 à 75 kilos.
Acide phosphorique.....	30 à 35 —
Potasse.....	80 à 95 —

Les betteraves demi-sucrières dites *de distillerie* contenant

autour de 12 p. 100 de sucre donnent environ 38 000 kilogrammes, c'est-à-dire plus de sucre que les précédentes par hectare. Elles emportent du sol plus d'azote, plus de potasse, un peu plus d'acide phosphorique que les betteraves riches, laissent moins de feuilles sur le sol (environ 8000 kilogrammes au moins par hectare) et sont, par conséquent, plus épuisantes.

Parmi les matières azotées qui entrent dans la composition de la betterave mûre, il y a des matières albuminoïdes, des amines-acides et des amides-acides, etc. (bétaine, asparagine, glutamine, etc.). Ces substances, chauffées en milieu alcalin, se décomposent partiellement et donnent naissance à un dégagement d'ammoniaque.

(Ainsi s'explique en partie la présence de l'ammoniaque dans les eaux de retour de l'appareil d'évaporation.)

Les matières non azotées sont surtout représentées par de la cellulose, des principes pectiques, des matières grasses.

Quant au sucre, qui est l'élément de la racine qui nous intéresse le plus, il est réparti très inégalement dans les différentes parties de la racine. C'est vers le tiers de la hauteur à partir du collet que la richesse est généralement maximum ; elle va en diminuant vers le pivot et vers le collet. Elle n'est même pas identique dans les différentes zones d'une même section droite. Les zones lâches sont en général moins sucrées que les zones dures.

Somme toute, il y a dans la substance sèche de la betterave des principes solubles et d'autres insolubles qui constituent le marc. Celui-ci représente une fraction à peu près constante du poids des betteraves riches, soit 4 à 6 p. 100. Ainsi s'explique pourquoi on multiplie quelquefois la richesse saccharine du jus aux 100 grammes par le coefficient 0,95, pour avoir la richesse saccharine de la betterave de sucrerie. Bien qu'on n'obtienne pas, par ce moyen, un résultat très exact, il est plus approché de la vérité pour les betteraves riches que pour les betteraves

demi-sucrières. Avec celles-ci, il dépasse, en moyenne, la richesse réelle de la racine.

Choix de la betterave sucrière. — A l'heure actuelle, nous n'avons en France que deux variétés industrielles, la variété riche, qui accuse 14 à 15 p. 100 de sucre, et la variété demi-sucrière, dite de distillerie, qui en renferme autour de 12 p. 100 (1).

Les chiffres suivants représentent les facteurs correspondant à l'une et à l'autre :

	Betterave riche.	Betterave demi-sucrière.
Rendement à l'hectare...	27 500 kilos.	38 000 kilos.
Richesse moyenne.....	11,90	14,75
Pertes par conservation pour toute la campagne.	0,75 0/0	1,20
Frais de production de la betterave (Comice de Laon).....	683fr,50	683fr,60
Mélasse pour 100 kilos de betterave.....	4kg à 45 0/0 de sucre.	4kg,25 à 4,7
Pertes de fabrication p. 100 de betterave.....	1,20	1,20
Pulpes aux 100 kilos.....	50 kilos.	46 kilos.
Prix de la pulpe par tonne.	3 à 6 fr.	3 à 6 fr.
Prix de la mélasse aux 100 kilos.....	6 à 9 —	6 à 9 —
Frais de fabrication par tonne (chiffre entre les deux extrêmes).....	11 —	11 —
Pureté des jus.....	85-87	81-83

Si nous supposons une fabrique ayant à produire 30 000 sacs de sucre avec l'une ou l'autre des deux variétés et recevant toutes ses betteraves dans la cour de la fabrique; si nous supposons, en outre, que le tiers des betteraves est conservé pendant toute la campagne (pertes pour la betterave riche 0,25 et pour la betterave

(1) Voy. le volume: *Plantes industrielles* (ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE, publiée sous la direction de G. Wery.

demi-sucrière 0,40) et que les pertes totales sont : $1,80 + 1,20 + 0,25 = 3,25$ pour la betterave riche et 3,53 pour la demi-sucrière, le compte de fabrication se libelle de la manière suivante :

	Betteraves riches.		Betteraves demi-sucrières.
Quantité de betteraves nécessaires Tonnes.	26 082	tonnes.	35 842
Nombre d'hectares	948 ^{ha} ,6		943 ^{ha} ,2
Prix de revient à l'hectare	683 ^{fr} ,50		683 ^{fr} ,50
Prix de revient de la tonne	24 ^{fr} ,85		17 ^{fr} ,98
<i>Recettes.</i>			
30 000 sacs sucre à 28 fr..	840 000 fr.		840 000 fr.
Pulpe 50 0/0, soit 13 043 tonnes à 6 fr.	78 258		
Pulpe 46 0/0, soit 16 487,3 à 6 fr.			98 923
Mélasse à 7 fr.	73 040		106 629
Totaux	<u>991 298 fr.</u>		<u>1 045 552 fr.</u>
<i>Dépenses.</i>			
Frais de fabrication 11 fr.	<u>286 946 fr.</u>		<u>394 262 fr.</u>
Somme disponible	704 352 fr.		651 290 fr.
Soit par tonne	27		18,10
Soit par hectare	742,60		690,50

Soit une différence de 52 fr. 10 par hectare en faveur de la betterave à 14-15 p. 100 de sucre sur la betterave à 11,9 p. 100 et moins de sucre.

La différence s'accroîtrait encore davantage et dans le même sens, si l'on mettait en ligne de compte la différence des épaissements du sol (1) et les transports

(1) Nous évaluons leur différence par hectare aux chiffres suivants :

Azote	37 kilos.
Acide phosphorique	5 —
Potasse	43 —

soit environ 75 francs par hectare.

(1 fr. 50 par tonne), et si l'on se trouvait en présence d'une fabrique travaillant à plus de 11 francs de frais (il y en a, et ce sont surtout des petites) et vendant sa mélasse à moins de 7 francs et sa pulpe à moins de 6 francs.

Inversement, elle va en diminuant si les frais de fabrication diminuent sans que les transports augmentent sensiblement, si le prix de la pulpe et celui de la mélasse augmentent, si le prix de revient de la betterave baisse, etc.

Tout cela revient à dire que, dans une question générale comme celle du choix de la betterave sucrière, où tant de facteurs et de circonstances locales jouent un rôle, il est impossible de prévoir tous les cas particuliers qui peuvent se présenter et, par conséquent, d'établir une loi qui n'admette aucune exception.

Nous pouvons dire cependant que, dans la grande majorité des cas, la betterave à 14-15 p. 100 de sucre permet, tout en tenant compte du prix de production de la betterave elle-même, d'obtenir le sac de sucre sortant de la fabrique à un prix de revient plus faible que la betterave demi-sucrière dite *de distillerie*.

V. — TRAVAUX PRÉPARATOIRES

a. *Achat des betteraves*. — Il existe plusieurs modes d'achat des betteraves que je veux mentionner :

1° *Le marché à forfait*, sans condition de richesse ni de culture. Le cultivateur est libre d'acheter sa graine où il veut et de faire sa culture comme il l'entend. Il doit fournir simplement des betteraves saines, loyales et marchandes, dont il touche un prix déterminé par tonne. Ce mode d'achat n'est plus guère employé ;

2° *Les betteraves sont achetées à la tonne sur graine imposée*. Le fabricant fournit généralement les semoirs. Ce mode d'achat est surtout pratiqué dans les départements de l'Ouest.

3° *Les betteraves sont achetées à la densité*, c'est-à-dire que le prix varie suivant la densité du jus. Le prix de la tonne s'entend du prix des 1000 kilogrammes à 7 de densité.

Quand la densité dépasse 7, il y a une augmentation de prix qui s'élève, avec la nouvelle législation, à 0 fr. 30 ou 0 fr. 50 par dixième de degré.

Au-dessous de 7, la réfaction est d'environ 0 fr. 60 ou 0 fr. 80 par dixième de degré. Le fabricant se réserve de refuser livraison quand la densité descend au-dessous de 6,5.

4° *Achat à la richesse saccharine*. — Ce mode est déjà fort répandu à l'étranger. Il consiste à payer les betteraves d'après leur richesse saccharine réelle déterminée par la méthode de digestion instantanée à froid.

b. *Réception des betteraves*. — La réception des betteraves comprend, le plus souvent, trois opérations. Ce sont :

1° *La pesée des betteraves*. — Le poids brut s'obtient en retranchant du poids du chariot plein le poids du chariot vide.

2° *La détermination du déchet*. — On prend autour de 25 kilos de betteraves dans un chariot en déchargement. Une fois qu'elles ont été pesées dans une manne d'osier, on en sépare la terre, les collets et les radicules. La perte de poids représente le déchet ou tare, qu'on ramène au poids brut tout entier. La différence représente le poids net à payer.

3° *La détermination de la densité*. — C'est une opération fort délicate. Le résultat qu'elle donne peut être influencé par la construction de la râpe que l'on emploie, par l'intensité de la pression qu'on exerce, par le poids de râpure que l'on prend pour obtenir un volume déterminé de jus, par la température du jus, par le temps qui s'écoule entre le pressage et la prise de densité, par la forme et la graduation de l'aréomètre, et même par le diamètre de l'éprouvette, etc.

Il faut opérer dans des conditions toujours semblables si l'on veut obtenir des résultats comparables. Régulièrement la prise de densité est faite à la température de 15°. Des tables de correction existent, qui permettent de ramener la densité à 15° au cas où la lecture aurait été faite à une température différente.

4° *La détermination de la richesse saccharine.* — Elle a lieu, ainsi qu'il est dit plus haut, au moyen de la méthode de digestion instantanée à froid.

c. *Transport des betteraves.* — Les réceptions ont lieu soit à la fabrique même, soit à des « bascules » installées par le fabricant à proximité des fournisseurs. Dans ce dernier cas, le transport des betteraves jusqu'à la fabrique reste à la charge du fabricant.

Les divers modes de transport qui sont employés sont les suivants :

1° Le transport par bœufs ;

2° Le transport par chevaux ;

3° Le transport par chemin de fer. Certaines compagnies viennent de faire des conditions particulièrement avantageuses pour le transport des betteraves, sucres et mélasses, quand il y a des séries de 10 wagons ;

4° Le transport par canaux ;

5° Le transport par câbles ;

6° Le transport par locomotive routière ;

7° Le transport par tramways ;

8° Le transport par wagonnets équilibrés roulant sur rail sur un plan incliné (système des funiculaires).

Il n'est pas possible de dire quel est le système le plus économique. Il faut tenir compte, en effet, de la quantité à transporter et de la distance à laquelle elle doit être transportée. On doit tenir compte aussi des subventions industrielles qui sont demandées par les départements, ainsi que des circonstances locales, etc.

D'après des calculs auxquels je me suis livré, en mettant en ligne de compte le prix d'achat du matériel de trans-

port, l'intérêt et l'amortissement du capital engagé, les frais d'exploitation, les subventions industrielles, j'arrive au prix de revient de 0 fr. 37 par tonne kilométrique pour transporter, avec des bœufs, soit 5 000 tonnes, soit 10 000 tonnes à 6 kilomètres de distance.

Avec des chevaux, le prix serait un peu plus élevé.

Par tramway, j'arrive à 0 fr. 40 par tonne kilométrique si l'on transporte 5 000 tonnes et à 0 fr. 24 si l'on en transporte 10 000 à cette même distance de 6 kilomètres.

Comme on le voit, il est impossible d'indiquer un mode de transport qui soit toujours le plus avantageux quelles que soient les conditions dans lesquelles on se trouve.

Le déchargement est généralement fait à la main ; il existe cependant des déchargeurs automatiques de wagons et de chariots : on amène le chariot ou le wagon sur une plaque rectangulaire qu'on fait tourner autour d'un axe horizontal au moyen d'un piston hydraulique.

d. *Ensilage des betteraves*. — En France, les fabricants de sucre conservent généralement les betteraves soit en silo couvert, soit en tas non couverts.

Quel que soit le mode de conservation adopté, la plante continue à respirer en tas en dégageant de l'acide carbonique et il y a toujours perte d'une certaine quantité de sucre. Il y a même un dégagement de chaleur qui peut déterminer la pousse.

Suivant les années, suivant les conditions climatiques de l'endroit, suivant aussi la betterave elle-même, etc., on estime que ces pertes portant sur toute la période de fabrication peuvent s'élever à 0,010 à 0,015 p. 100 et par jour.

On peut les atténuer et améliorer la conservation en aérant le silo, soit par un mode de construction spécial du silo, soit par le retournement. L'aération, quand la température du dehors est très basse, expose les betteraves à la gelée.

Pendant la conservation, il se produit aussi des chan-

gements de poids qui sont difficiles à évaluer, mais qui se chiffrent souvent par une perte pouvant aller jusqu'à 5 à 10 p. 100.

Les modes de conservation dans des hangars refroidis artificiellement n'ont pas obtenu droit de cité dans l'industrie sucrière, à cause de leur prix d'installation qui est trop élevé.

e. *Arrivée des betteraves à l'usine.* — Des silos, les betteraves sont amenées dans la fabrique :

1° Soit au moyen de brouettes ou de mannes. Ce système est primitif et n'existe plus en France ;

2° Soit au moyen de wagonnets Decauville roulant sur rails ;

3° Soit au moyen de transporteurs hydrauliques.

Nous dirons deux mots de ces derniers.

Ils consistent en un caniveau à fond curviligne qui est généralement placé au fond du silo et qui donne passage à un courant d'eau. On y jette les betteraves et celles-ci sont emportées par le courant jusqu'à l'endroit voulu.

Dans les usines où l'on n'a pas beaucoup d'eau à sa disposition, une pompe prend les eaux qui s'échappent du transporteur et les envoie dans des bassins de décanation.

De là elles reviennent en tête des caniveaux et le même cycle recommence sans cesse. On les additionne généralement d'un peu de chaux ; mais, à cause du sucre qu'elles contiennent toujours, quoique en quantité très faible, elles deviennent à la longue le siège de fermentations nombreuses (fig. 21).

Voici quelques chiffres représentant les dimensions des caniveaux :

Profondeur.....	40	centimètres.
Largeur.....	35 à 37	—
Épaisseur du mur.....	22	—
Épaisseur du plancher à claire-voie formé au-dessus.....	2	—

Les caniveaux peuvent être faits en béton, en fonte, en bois ou même avec des produits de fabrique : chaux et mâchefer. On leur donne une pente de 8 à 10 millimètres par mètre. Il faut environ 8 à 10 litres d'eau par kilogramme de betteraves et un peu plus avec des betteraves gelées. Les pertes de sucre qui se produisent par les

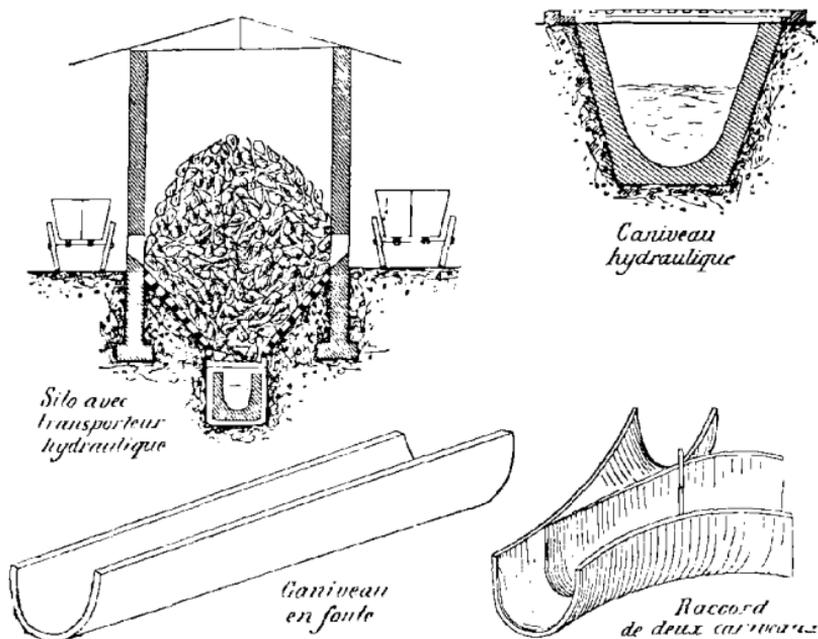


Fig. 21. — Silo de betteraves et transporteur hydraulique.

transporteurs hydrauliques varient avec l'état des betteraves, avec la température de l'eau.

Elles ne dépassent guère 0,17 pour 100 kilogrammes de betteraves.

En quittant les transporteurs, les betteraves sont saisies :

- Soit par une roue élévatrice pour betteraves seules ;
- Soit par une roue mixte pour eau et betteraves ;

Soit par un élévateur à palettes ;

Soit par une vis d'Archimède ;

Et elles sont envoyées dans les laveurs. Si l'on ne veut élever que les betteraves, on les sépare de l'eau au moyen d'une tôle perforée.

f. *Lavage des betteraves.* — Le laveur à tambour tournant qui existait autrefois a disparu complètement des sucreries ; on ne rencontre plus maintenant que le laveur à bras qui est formé d'un arbre horizontal de 3 à 9 mètres de longueur portant, dans des alvéoles, des bras disposés en hélice et tournant dans une auge demi-cylindrique en tôle perforée à raison de 15 à 25 tours par minute.

Les betteraves séjournent d'autant moins longtemps dans le lavoir que l'arbre tourne plus vite et que le nombre de spires formé par les bras est moins grand.

Avec les bras d'Hennezel, qui sont fixés dans une douille mobile autour de l'arbre, on peut augmenter ou diminuer le nombre des spires et, par conséquent, faire durer le lavage plus ou moins longtemps.

Les betteraves arrivent à l'une des extrémités ; l'eau circule en sens contraire.

Quant à la séparation des pierres, elle se fait au moyen d'épierreurs qui affectent des constructions différentes :

Tantôt ils consistent en des bras formant peignes qui soulèvent les betteraves et non les pierres ;

Tantôt la séparation s'effectue dans un bac au moyen d'un courant d'eau qui soulève les betteraves et laisse tomber les pierres au fond.

Ce dernier système est le meilleur et le dessin ci-jointe, qui représente l'épierreur Loze, en laisse voir facilement le fonctionnement (fig.24).

Le courant d'eau est déterminé vers la droite par l'arbre à ailettes horizontal. Les betteraves, soulevées par l'eau, tombent sur la grille inclinée ; elles sont rejetées au dehors par un tambour à palettes.

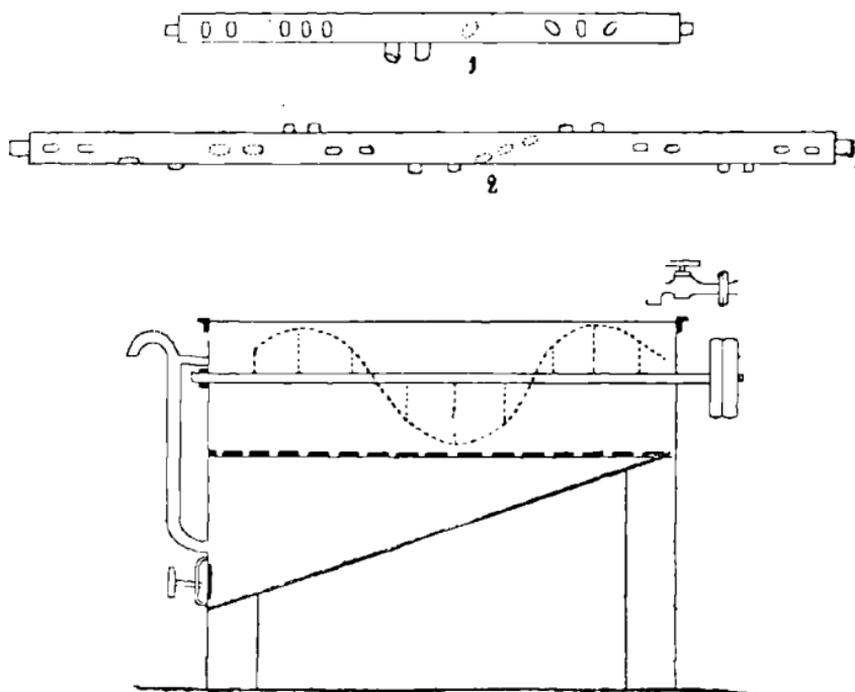


Fig. 22. — Laveur à bras.

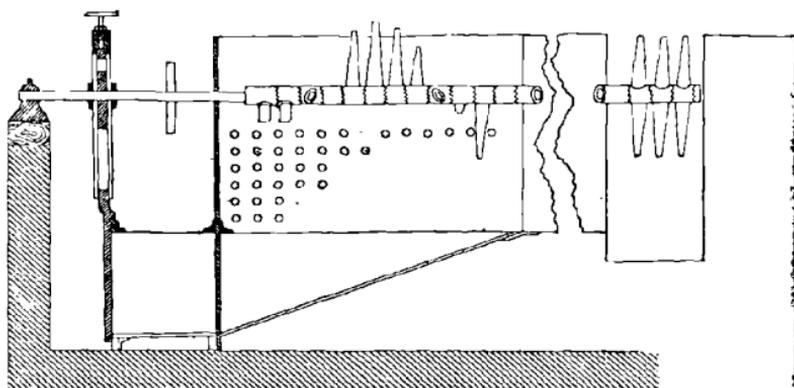


Fig. 23. — Laveur d'Hennezel.

Le plus souvent il y a deux laveurs dans les fabriques. On compte qu'un laveur de 3 mètres de long exige autour de 3 chevaux.

Sous l'ancienne législation, on égouttait les betteraves avant de les faire arriver dans la bascule de la Régie. Il

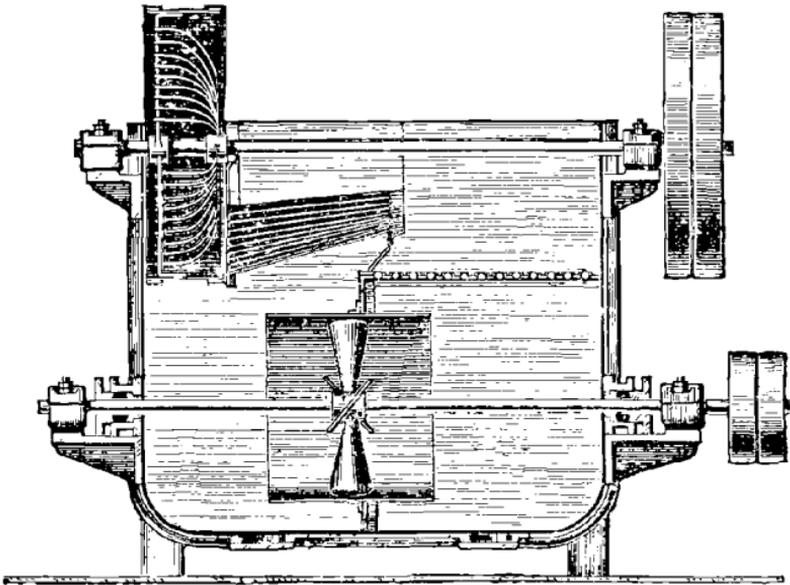


Fig. 24. — Épierreur Loze.

y avait intérêt, en effet, à ce que leur poids ne fût pas augmenté par l'eau retenue, et cela à cause de la prise en charge et des bonis de fabrication.

On employait à cet effet :

- 1° Le *jeu de brosses Denis-Lefèvre* (fig. 25) présentant un développement d'environ 3 mètres et dont les pinces fixés dans les tambours sont en baleine tannée ;
- 2° Le *transporteur-égoutteur Pickhardt*, consistant en deux tambours à gorges portant des câbles sans fin ;

3° La table à secousses (fig. 26), qui est formée d'une

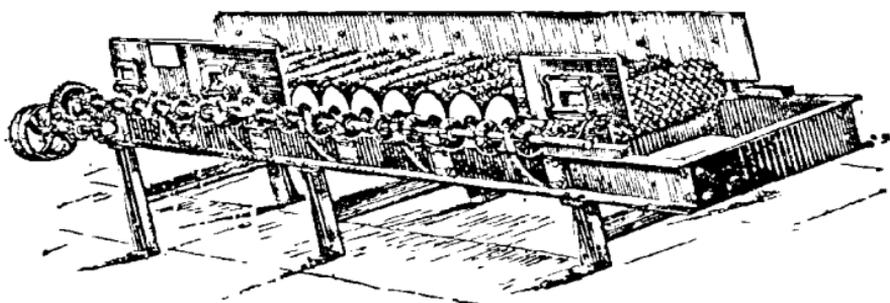


Fig. 25. — Transporteur essuyeur (Denis-Lefèvre).

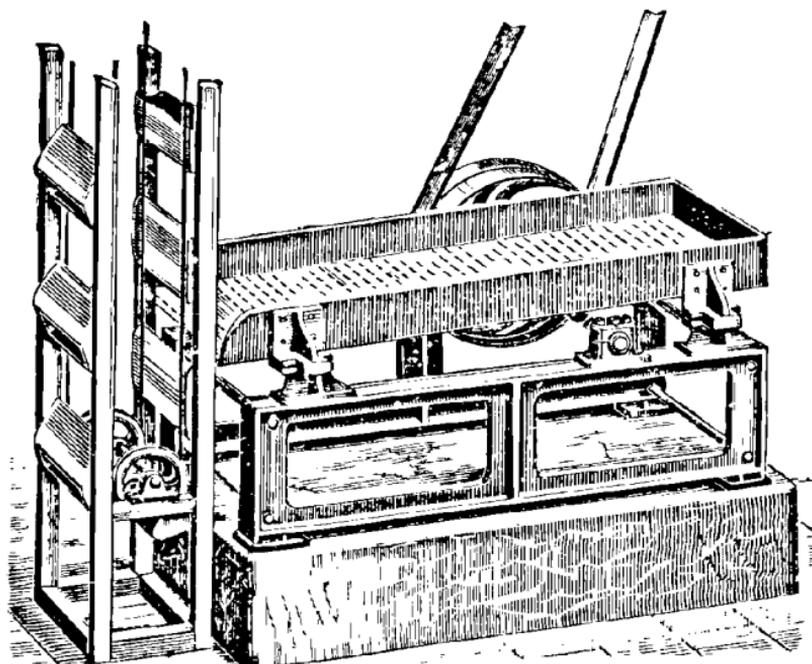


Fig. 26. — Secoueur (Ateliers de constructions mécaniques, Maguin & Saint-Quentin).

table en tôle perforée reposant sur galets et à laquelle on

communiqué un mouvement de va-et-vient à l'aide d'un arbre coudé et d'une bielle ;

4° *L'appareil Garez*, qui se compose d'un cylindre en tôle perforée de 3 mètres de longueur et de 1 mètre de diamètre, dans lequel se trouve une spire de faible pas, et tournant avec une vitesse de 25 tours par minute.

Au sortir des égoutteurs, les betteraves étaient prises par un élévateur à godets et emportées jusque dans la bascule de la Régie qui, d'après la circulaire du 20 mai 1885, devait satisfaire aux conditions suivantes :

1° Empêcher l'arrivée de nouvelles betteraves quand la benne en renferme le poids voulu ;

2° La porte de décharge ne devait pouvoir s'ouvrir sans que la porte de charge fût fermée ;

3° La porte de charge devait barrer le passage à l'arrivée des betteraves, si la porte inférieure n'était pas fermée ;

4° La bascule devait avoir une sensibilité de 0^{kg},200 par 500 kilogrammes.

Avec la nouvelle loi, ces bascules ne serviront plus que pour établir les entrées de sucre en fabrique et mettre en évidence les pertes pendant le travail.

Il serait à désirer qu'on pût les remplacer par des bascules fonctionnant automatiquement.

VI. — EXTRACTION DU JUS DE LA BETTERAVE.

Pour extraire le jus de la betterave, on a employé successivement :

1° *Le procédé des râpes et des presses*. — On se servait d'une râpe à tambour armé de lames à dents de scie. La râpure obtenue était placée dans des sacs qui étaient soumis à l'action d'une presse hydraulique. On extrayait 83 à 85 p. 100 du jus. On parle en ce moment d'un procédé Steffen pour l'extraction des jus par pression. On opérerait maintenant à chaud. Le procédé n'est pas encore assez connu pour qu'on puisse le juger ;

2° *Les appareils centrifuges.* — Ils étaient basés sur le même principe que les turbines actuelles. On arrosait la pulpe d'eau et l'on donnait à la turbine une vitesse de rotation de 900 à 1 000 tours ;

3° *Les presses continues.* — Elles sont encore employées dans certaines distilleries. Elles permettent d'extraire 88 p. 100 du jus ;

4° *La macération.* — Elle représente une première application des principes de la diffusion ;

5° Schutzenbach proposait la macération des cossettes

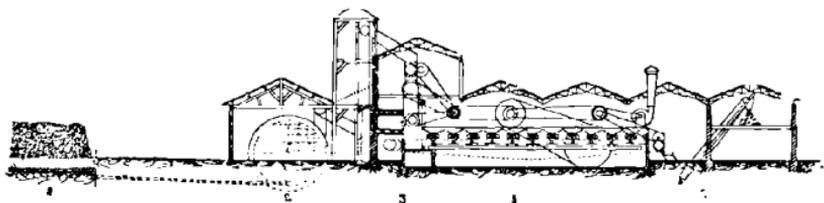


Fig. 27. — Four et sécherie Lafeuille.

desséchées, ce qui aurait permis de travailler toute l'année.

Le procédé Lafeuille, dont on parle beaucoup en ce moment, vise au même but. D'après l'inventeur, les cossettes séchées donneraient, par lessivage, un sirop très pur qui serait facile à clarifier et qui pourrait être soumis directement à la cuite. Nous estimons que ce procédé mérite d'être étudié et suivi.

On préconise aussi le procédé Lafeuille pour sécher la betterave fourragère ou la betterave demi-sucrière et en faire un fourrage facile à transporter et à conserver.

Une sécherie serait déjà en voie de construction dans le Pas-de-Calais. Nous en donnons ci-joint le plan d'ensemble, en ajoutant qu'à cet égard encore le procédé Lafeuille appelle l'attention des agriculteurs eux-mêmes ;

6° *La diffusion.* — Ce n'est que vers 1878 qu'on a commencé à appliquer la diffusion, qui est le système actuel

d'extraction des jus et qui repose sur des lois que nous voulons d'abord rappeler :

1° Pour une même substance, les quantités diffusées en des temps égaux, à travers une membrane non poreuse, sont proportionnelles à la concentration de la dissolution ;

2° Elles varient d'une substance à l'autre ;

3° Elles augmentent avec la température ;

4° Elles augmentent avec la différence de concentration, quand il s'agit de deux solutions d'une même substance inégalement concentrées ;

5° Avec des solutions mixtes, les pouvoirs diffusifs relatifs sont modifiés.

Ces lois sont encore applicables quand il s'agit de la membrane qui entoure les cellules végétales, à condition cependant que celles-ci soient mortes. Quand elles sont encore vivantes, il se produit des phénomènes d'osmose qui consistent uniquement en des mouvements d'eau dans un sens ou dans l'autre jusqu'à ce qu'il y ait équilibre osmotique. D'après de nombreuses expériences, on peut réaliser l'équilibre osmotique entre une cellule végétale et une solution saline quelconque. On remarque alors que les concentrations de ces solutions sont entre elles comme les poids moléculaires des corps dissous. On peut tuer la cellule soit par la chaleur, soit par l'immersion dans l'alcool pur.

Le poste de la diffusion nécessite :

a. Un coupe-racines ;

b. Une batterie de diffusion avec bacs jaugeurs ;

c. Des presses à cossettes ;

d. Et quelquefois un appareil permettant le séchage des pulpes.

A. Coupe-racines. — Les coupe-racines employés actuellement sont de deux types :

1° *Le type à disque tournant.* — Il se compose d'un pla-

teau généralement horizontal dont l'axe est suspendu par la partie supérieure ou repose sur un point fixe à sa partie inférieure. Il est percé d'ouvertures radiales qui reçoivent des boîtes portant des couteaux. Le nombre des ouvertures peut varier de 8 à 14, et le diamètre du

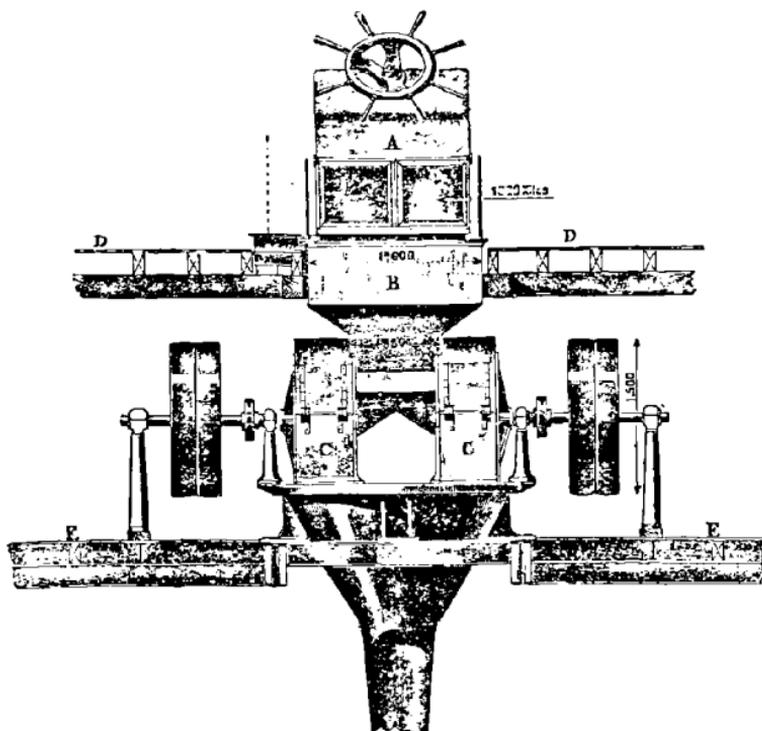


Fig. 23. — Coupe-racines à tambour tournant.

disque peut aller jusqu'à 2 mètres. La vitesse de rotation est de 60 à 120 tours par minute. Le mouvement de rotation est obtenu par un système d'engrenages et de courroies. Le disque est placé au fond d'une cuvette dans laquelle arrivent les betteraves. A cause du poids qu'elles supportent, les betteraves qui touchent le disque ne

peuvent être entraînées en même temps que lui ;

2° *Le type à tambour tournant* (fig. 28). — Il consiste en un cylindre tournant dont les boîtes à couteaux sont dirigées suivant les génératrices, les arêtes coupantes regardant l'intérieur du cylindre. Les betteraves arrivent dans celui-ci, sont saisies par les couteaux et découpées en cossettes qui s'échappent ensuite au dehors.

Quant aux couteaux qui peuvent être employés avec l'un ou l'autre des coupe-racines, on peut les ramener à trois types principaux, dont tous les autres ne sont que des modifications :

1° *Le couteau Naprawil* (fig. 29). — La partie coupante se

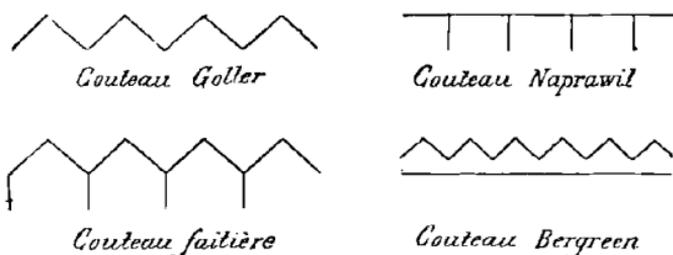


Fig. 29. — Couteaux.

compose d'une arête principale rectiligne, et d'arêtes secondaires qui sont perpendiculaires à cette dernière ;

2° *Le couteau Goller* (fig. 29). — L'arête coupante représente une ligne brisée ;

3° *Le couteau à faitière* (fig. 29). — Il est une combinaison des deux précédents. La partie coupante a également la forme d'une ligne brisée ; et, des arêtes qui se trouvent situées d'un même côté, partent des arêtes coupantes secondaires comme dans le Naprawil ;

4° *Le couteau Bergreen*. — C'est, en réalité, un assemblage d'un couteau Goller et d'un couteau rectiligne.

Comme le Naprawil, il laisse derrière lui dans la betterave une surface plane. C'est le couteau-faitière et le couteau Goller qui sont le plus répandus.

Les couteaux se montent dans des porte-couteaux (fig. 30) ou au moyen de boulons et d'une contre-lame.

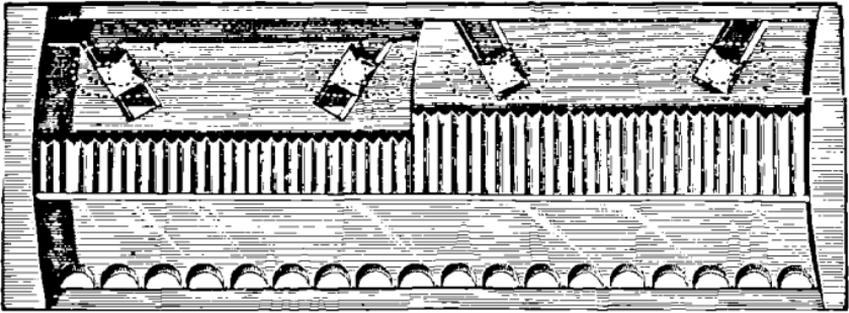


Fig. 30. — Porte-couteaux en épierreur.

Pour chaque système, il existe la grosse, la moyenne et la fine division, et, pour chaque division, la grosseur de la

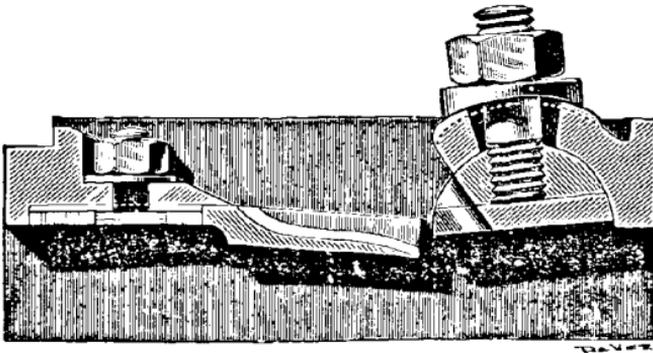


Fig. 31. — Porte-couteaux, coupe transversale.

cossette dépend de la saillie et de l'écartement des couteaux par rapport à la contre-lame.

On appelle *saillie* la hauteur du couteau au-dessus de la contre-lame, et l'on appelle *écartement* la distance qui sépare la contre-lame du couteau proprement dit.

On monte le plus souvent à 2 millimètres d'écartement et à 1^{mm},75 de saillie.

Si l'on a des betteraves un peu filamenteuses, les couteaux se bourrent et l'on est obligé de les changer souvent. Pour y remédier, on augmente la saillie et l'écartement.

Dans tous les cas, il est bon de monter au-dessus du disque une brosse, qui en est éloignée de 2 à 3 millimètres et qui tourne dans le même sens avec une vitesse un tiers plus grande. On use deux ou trois brosses pendant une campagne.

Les mêmes couteaux ne peuvent servir indéfiniment : il faut les affûter de temps en temps.

On peut les affûter à la lime ; mais ce travail est long et, par conséquent, coûteux. On préfère maintenant se servir d'affûteuses mécaniques.

On passe d'abord le couteau devant une meule d'émeri, de façon à rendre rectiligne la partie coupante ; puis devant une meule *ad hoc* qu'on fait entrer dans toutes les encoches du couteau.

Il existe des dispositions qui permettent de fixer sur le même porte-couteaux des couteaux inégalement usés.

A l'heure actuelle, on a une tendance à faire des cossettes de plus en plus fines, de façon à abaisser, à la diffusion, la quantité de jus soutirée. Quand on a des betteraves bien épierrées, le coupe-racines à tambour paraît pouvoir donner des cossettes plus fines et plus régulières que le coupe-racines à disque.

B. Batterie de diffusion. — La batterie de diffusion est composée de récipients en tôle ou en fonte, en nombre variant de 7 à 16 et dont chacun d'eux peut communiquer avec le suivant, avec une canalisation d'eau et avec une tuyauterie spéciale qui se termine dans les bacs jaugeurs. Le tuyau de communication entre deux diffuseurs se confond, sur une partie de sa longueur, avec le calorisateur qui sert à chauffer le jus.

Les diffuseurs ont une forme soit cylindrique, soit cylindro-conique. La porte supérieure est généralement formée d'un couvercle circulaire suspendu à une chape dans laquelle passe une vis de pression. Le joint est rendu étanche au moyen d'un caoutchouc. Le couvercle est muni d'un robinet. Quelquefois aussi la porte supérieure est à bascule et à *contrepois*. La porte inférieure est généralement à bascule. Elle peut être consolidée dans son siège au moyen d'un verrou qui se déplace dans le même plan qu'elle. Le joint est rendu étanche au moyen d'un tuyau de caoutchouc placé entre la porte et la paroi inférieure du diffuseur et qu'on peut gonfler en y envoyant de l'eau sous pression. Le joint hydraulique est quelquefois remplacé par une bande en caoutchouc.

La porte inférieure est munie d'une plaque percée de trous généralement carrés de 5 à 10 millimètres de diamètre et qui sert à tamiser le jus. Quand le diffuseur est cylindro-conique, la partie conique est aussi doublée d'une plaque perforée. La porte inférieure s'ouvre au moyen de volants qu'on meut à la main ou par un piston hydraulique. Elle est quelquefois remplacée par une porte latérale. Les dimensions des diffuseurs sont très variables, mais en général la hauteur est plus grande que le diamètre. Leur capacité peut aller jusqu'à 80 hectolitres. La colonne de diffusion, c'est-à-dire la colonne que l'on obtient en superposant les diffuseurs actifs, a une hauteur qui varie entre 20 et 35 mètres, suivant les fabriques.

Chauffage. — Le chauffage du jus est fait soit au moyen de calorisateurs à serpentins, soit au moyen de calorisateurs tubulaires (fig. 32), soit au moyen d'injecteurs.

Le calorisateur à serpentins se place sur le parcours du tuyau de communication entre deux diffuseurs consécutifs. Il consiste en un cylindre dans lequel se trouve le

serpentin. On fait arriver dans celui-ci de la vapeur directe et les « retours » s'éliminent à la façon ordinaire (Voy. *Evaporation*).

Les calorisateurs à serpentin peuvent servir pour le chauffage avec la vapeur directe ou avec la vapeur d'échappement des machines.

Les calorisateurs tubulaires sont formés de deux plaques tubulaires réunies par des tubes et placées dans le cylindre de communication. Le jus circule dans les tubes et la vapeur de chauffe en lèche l'extérieur. Les calorisateurs tubulaires peuvent recevoir soit de la vapeur directe, soit de la vapeur d'échappement, soit des vapeurs de jus ammoniacales. Les « retours » sont éliminés à la façon ordinaire. Quant aux vapeurs ammoniacales, elles sont aspirées par

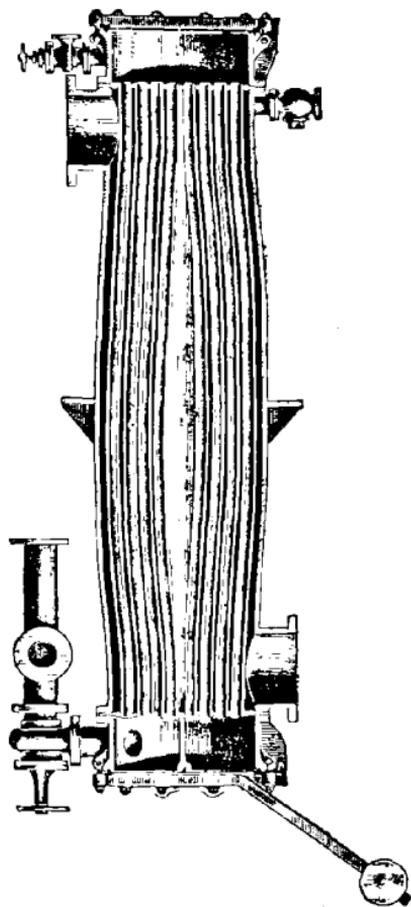


Fig. 32. — Calorisateur tubulaire.

un tuyau spécial qui part de la partie supérieure de la chambre de chauffe.

Le chauffage par injecteur n'est plus guère employé aujourd'hui.

Thermomètres. — La température est un des facteurs qui exercent le plus d'influence sur la marche de la diffusion. On emploie, pour la mesurer, soit des thalpotassimètres, soit des thermomètres à mercure. Ces derniers seuls sont à conseiller. On les place généralement sur le tuyau de communication entre deux diffuseurs consécutifs. A l'heure actuelle, on construit un thermomètre à mercure, dit *Hydra*, dont les parties sont démontables et interchangeables. Le réservoir à mercure est entouré d'une gaine d'acier et la tige est placée devant une *plaque graduée*.

La marche du jus peut être commandée au moyen de soupapes.

L'ensemble des diffuseurs et calorisateurs nécessaires pour la marche industrielle prend le nom de *batterie de diffusion*.

On appelle *diffuseur de tête* celui qui reçoit les cossettes fraîches et *diffuseur de queue* celui qui reçoit l'eau.

La batterie doit être construite de telle façon que :

1° Chaque diffuseur puisse devenir diffuseur de tête ou diffuseur de queue ou prendre un rang quelconque dans la batterie en marche ;

2° Il doit pouvoir s'ouvrir et se fermer aisément ;

3° Il doit pouvoir communiquer facilement avec les diffuseurs voisins par l'intermédiaire des calorisateurs ;

4° Le jus doit entrer dans chaque diffuseur par la partie supérieure, en sortir par la partie inférieure et aller à la partie supérieure du suivant, en traversant le calorisateur. De sorte que la marche normale du jus peut se résumer dans la formule suivante : De haut en bas dans le diffuseur, de bas en haut dans le calorisateur. Il n'est fait d'exception à cette règle que pour le diffuseur de tête qui vient d'être rempli avec des cossettes fraîches. On pratique, pour celui-là, l'opéra-

tion du mechage, qui consiste à faire arriver le jus par le bas, et cela dans le but de chasser l'air. On peut donner à la batterie de diffusion diverses dispositions et il existe :

1° Des *batteries en ligne*. Les diffuseurs sont placés sur une seule ligne ou sur deux lignes parallèles. Le tuyau d'eau longe la batterie à l'intérieur et peut communiquer avec chaque diffuseur par une soupape à eau. Le tuyau à jus longe l'extérieur de la batterie; il est placé sous le plancher et il communique avec la partie supérieure de chaque calorisateur par un tuyau muni d'une soupape dite *soupape à jus*.

A la partie supérieure de chaque calorisateur se trouve également une soupape dite *de communication*, qui est ouverte quand le jus est en marche normale. Quant aux cossettes venant du coupe-racines, elles sont amenées dans les diffuseurs soit au moyen d'un transporteur à courroie (en face de chaque diffuseur se trouve une ouverture pour la sortie des cossettes), soit par un transporteur à peigne dit *transporteur Paschen* (le transporteur à peigne permet de placer le coupe-racines sur le même plancher que la batterie), soit par une vis d'Archimède ;

2° Des *batteries circulaires fixes*. Les diffuseurs sont placés sur une ligne circulaire, mais les tuyauteries et les soupapes restent les mêmes. L'alimentation est faite par une nochière tournante inclinée qu'on peut amener au-dessus de chaque diffuseur. Les batteries circulaires exigent que le coupe-racines soit placé à une hauteur assez grande au-dessus de la batterie. Elles ont l'avantage de permettre au chef du poste de suivre plus facilement le travail de ses aides, ainsi que les indications des thermomètres ;

3° Des *batteries circulaires tournantes*. Les diffuseurs tournent sur des galets autour d'une colonne centrale à laquelle aboutissent les conduites d'eau, de jus et de

vapeur. Elle fait 20 à 25 tours en vingt-quatre heures. Elle dispense de construire un bâtiment élevé. A l'heure actuelle, on n'en fait plus de pareilles.

4° Des *batteries mixtes*. Quand on veut augmenter le nombre des diffuseurs d'une batterie circulaire, on déplace légèrement les deux diffuseurs qui sont à l'entrée, et l'on place en ligne simple ou double les diffuseurs que l'on veut ajouter. Pour alimenter ces derniers, on a un transporteur horizontal dans lequel on fait déboucher, au moment voulu, la nochère tournante;

5° Des *sous-batteries*. Dans beaucoup de sucreries françaises, la batterie d'ensemble est divisée en deux sous-batteries qui fonctionnent alternativement et sous la conduite de la même équipe d'ouvriers. Tantôt les diffuseurs de l'une des sous-batteries alternent avec les diffuseurs de l'autre : alors le travail suit l'ordre ordinaire. Tantôt les diffuseurs des sous-batteries sont consécutifs ; il en résulte alors un déplacement des ouvriers de l'une à l'autre des sous-batteries, ce qui occasionne une perte de temps.

Mise en route d'une batterie à douze diffuseurs. — La mise en route d'une batterie de douze diffuseurs peut être faite de la façon suivante : on remplit d'eau successivement les six premiers diffuseurs en opérant par meichage, l'eau étant chauffée à son passage dans les calorificateurs et la circulation étant renversée après chaque remplissage ; on met alors des cossettes dans le diffuseur 7, puis dans le diffuseur 8 et dans le diffuseur 9, etc., et l'on fait arriver le jus par meichage dans chaque diffuseur chargé. La circulation est rendue normale après chaque meichage par le renversement de la circulation. C'est sur le diffuseur 8 que l'on fait un premier soutirage, lequel est égal à la moitié environ d'un soutirage normal. Puis on continue en augmentant le soutirage de chaque diffuseur jusqu'à ce que l'on arrive à la marche normale, qui est la suivante :

Arrivée d'eau déjà chaude dans le diffuseur de queue ;

110 litres environ de soutirage par 100 kilogrammes de cossettes ;

Température élevée dans tous les diffuseurs et surtout dans ceux de tête ;

Épuisement de 0,20 à 0,25 p. 100 environ dans la pulpe épuisée et de 0,10 dans les eaux de vidange ;

Durée de séjour des cossettes dans la batterie : soixante à soixante-quinze minutes.

On a apporté, à la marche générale de la batterie, les modifications suivantes :

1° *Marche à l'air comprimé.* — On peut faire soit le meichage, soit le soutirage à l'air comprimé. L'air nécessaire est amené par une tuyauterie qui longe la batterie et qui vient d'un ballon d'air où refoule un compresseur quelconque. Quand on fait le soutirage à l'air comprimé, on met la pression d'eau sur le diffuseur suivant à la fin du meichage. On peut, dans ce cas, pousser plus loin les épaissements ;

2° *Soutirage dans le même sens que le meichage.* — Quand on renverse la circulation après le meichage, le jus qui sort le premier au soutirage et qui était resté dans le calorisateur de tête n'a pas touché les cossettes fraîches.

La densité du jus va donc en augmentant jusque vers le milieu du soutirage ; elle diminue ensuite.

Pour obtenir des jus plus homogènes, on ne renverse la circulation qu'après le soutirage. Il faut alors une troisième tuyauterie généralement placée à l'intérieur de la batterie et qui débouche dans les bacs jaugeurs.

Le jus qui arrive dans ces derniers a donc traversé tout le diffuseur de tête.

3° *Marche à l'eau sale.* — Elle est employée dans les usines où l'on n'a pas assez d'eau à sa disposition. On se sert, dans ce cas, des eaux de presses que l'on conduit aux diffuseurs, grâce à une tuyauterie spéciale. Cette

eau est d'abord soumise à la décantation dans un bac *ad*

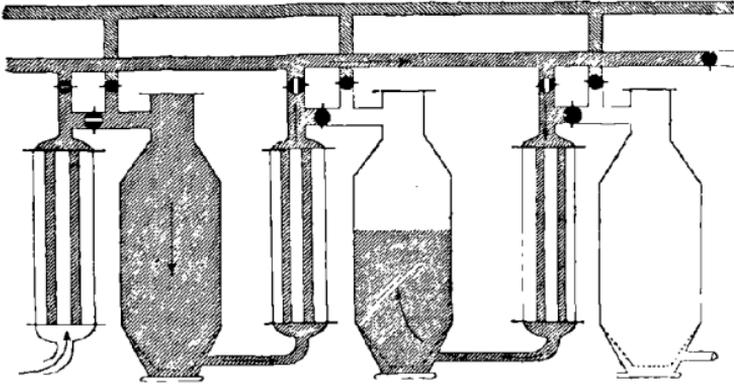


Fig. 33. — Diffusion (meichage).

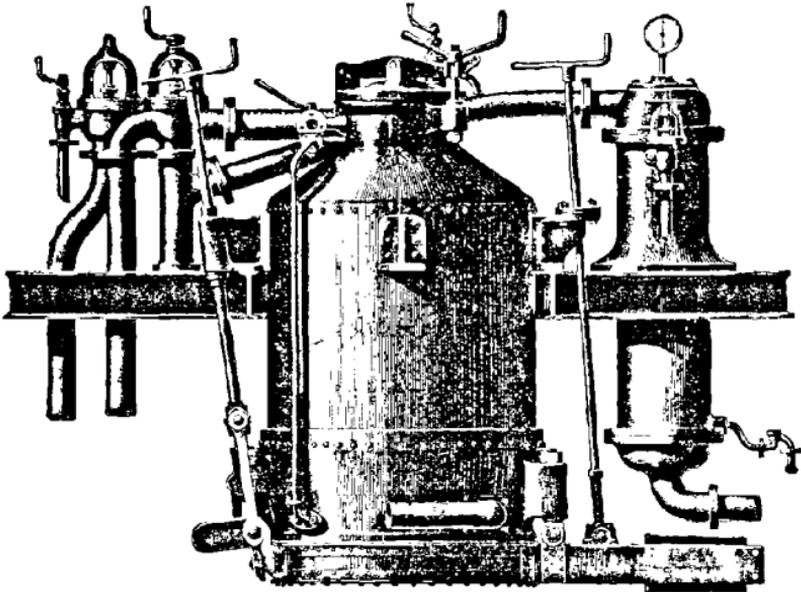


Fig. 34. — Diffuseur avec caloriser (Fives-Lille).

hoc, puis au chaulage dans un deuxième bac, et ce n'est

qu'après avoir subi cette double épuration qu'elle est envoyée dans la batterie. La marche à l'eau sale n'est pas à conseiller, car elle ramène dans le jus un véritable levain de ferments dont l'importance va sans cesse en augmentant, et elle contribue à faire développer plus vite des fermentations dans la batterie.

4° *Procédé Garez.* — Il nécessite un réchauffeur et une tuyauterie spéciale. Le jus venant de l'avant-dernier diffuseur de tête se divise en deux parties : l'une qui va au bac jaugeur, l'autre qui se rend au diffuseur de tête qu'on va remplir de cossettes fraîches. Le jus est chauffé à 100° et les cossettes arrivent en même temps dans le diffuseur vide, de sorte que le meichage est terminé en même temps que l'emplissage, et la température du mélange est d'environ 60 à 65°. Ce procédé a l'avantage de donner des jus plus purs, et cela sans porter la cossette fraîche à une température trop élevée.

5° *Procédé Naudet.* — Avec le travail ordinaire de la diffusion, il règne une grande inégalité de température dans le diffuseur de tête à la fin du meichage. Les cossettes qui touchent le fond sont les plus chaudes ; elles ont la température du jus venant du diffuseur précédent, lequel a passé dans deux calorisateurs chauffés. Ce jus, au fur et à mesure qu'il s'élève dans le diffuseur, s'enrichit en sucre et se refroidit si bien que, au moment où il touche la porte supérieure, sa température ne dépasse que de quelques degrés celle des cossettes fraîches.

Quand, après avoir renversé la circulation, on fait le soutirage, les phénomènes inverses se produisent, ce qui fait que, pendant ces deux opérations, meichage et soutirage, on n'arrive pas à réaliser l'uniformité de température dans le diffuseur de tête. Il en résulte une irrégularité dans l'extraction du jus.

Le procédé Naudet a précisément pour but d'établir une circulation forcée du jus au moyen d'une pompe centrifuge et de le faire revenir plusieurs fois, et dans le

même sens, sur les mêmes cossettes jusqu'à ce qu'elles aient toutes acquis la même température maximum que l'on adopte pour la batterie de diffusion.

Il en résulte, en même temps, que la dialyse du jus sucré s'effectue plus vite (loi des vitesses). Le procédé Naudet équivaut, en quelque sorte, à un prolongement de la batterie sans l'installation de nouveaux diffuseurs. Il doit donc en augmenter la puissance, soit en permettant de travailler plus de betteraves par jour, soit en diminuant le soutirage aux 100 kilogrammes, soit en produisant les deux effets, sous la réserve qu'on fera toujours des cossettes de même grosseur.

L'installation du procédé comporte :

Un épulpeur ;

Un compensateur ;

Une pompe centrifuge ;

Des réchauffeurs ;

Et les tuyauteries à jus nécessaires.

L'épulpeur peut être formé de deux tamis cylindriques concentriques, à ouvertures ayant respectivement 3^{mm},5 (tamis extérieur) et 1^{mm},5 (tamis intérieur).

Le compensateur est formé par un cylindre surmonté d'un tuyau qui s'élève jusqu'au niveau de la bêche à eau ou qui se termine dans l'un des bacs jaugeurs. Dans son intérieur se trouve généralement un flotteur qui actionne un papillon, lequel commande l'arrivée du jus dans la pompe.

Les réchauffeurs sont construits à la façon ordinaire et reçoivent généralement de la vapeur de jus. Il importe qu'ils chauffent le jus toujours à la même température.

La marche du procédé varie suivant qu'on a affaire à une batterie simple ou à une batterie divisée en deux sous-batteries. Comme nous ne pouvons entrer dans tous les détails du fonctionnement, nous dirons seulement que les cossettes fraîches ne doivent pas être maintenues trop longtemps à une température trop élevée, sinon

elles deviennent difficiles à épuiser. Il ne suffit pas non plus de chauffer le diffuseur circulé ; il faut aussi chauffer les diffuseurs de queue. C'est par la pratique qu'on peut déterminer les températures à adopter.

6° Procédé Pfeiffer. — Il permet de faire la vidange des diffuseurs par l'air comprimé et d'envoyer tout le contenu à l'atelier des presses à cossettes épuisées. Il supprime donc les ouvriers placés au-dessous des diffuseurs, la fosse de vidange, les élévateurs de cossettes. Il s'adapte à une batterie ordinaire dont on prolonge les diffuseurs par une partie conique. Tous ces derniers débouchent dans le même tuyau collecteur qui sert de tuyau de refoulement.

Quant à l'air comprimé qui vient d'un compresseur, il pénètre dans chaque diffuseur par un bourrelet situé à la partie inférieure, s'accumule au-dessous de la porte supérieure et refoule jusqu'aux presses les cossettes épuisées et les eaux de vidange. Pour que les petits jus ne s'échappent pas avant les cossettes quand on ouvre le clapet de vidange, il y a une deuxième tuyauterie d'eau qui fait vase communicant avec le diffuseur à vider. La vidange Pfeiffer permet de maintenir la batterie dans un état de propreté parfaite.

Nous allons maintenant fournir quelques données sur la marche de la diffusion.

Charge par hectolitre de capacité utile. — Le tassement doit être uniforme. On met 52 à 56 kilogrammes de cossettes par hectolitre de capacité utile.

Avec la fine division, on peut même aller jusqu'à 58 et 60. Les cossettes ne sont jamais trop pressées quand la circulation peut s'effectuer dans de bonnes conditions.

Marche lente et à froid. — On envoie de l'eau froide dans le diffuseur de queue et l'on s'arrange pour que la température s'élève petit à petit suivant l'ordre des diffuseurs. Vers les deux tiers de la longueur se trouvent

trois ou quatre diffuseurs qui possèdent la température maximum.

A cause des cossettes fraîches, il y a un abaissement de température en tête et le jus de soutirage accuse 28° à 32°, alors que la partie moyenne de la batterie est à 75°-80°.

Dans ces conditions, avec une batterie de douze diffuseurs, et en faisant six à sept diffuseurs par heure (durée de contact : 85 à 100 minutes), on peut travailler journellement 9000 kilogrammes de betteraves par hectolitre de capacité utile.

Pour des batteries de quatorze à seize diffuseurs fonctionnant de la même façon, les quantités de betteraves sont entre elles comme le nombre des diffuseurs actifs.

Marche rapide et à chaud. — Tous les diffuseurs sont - maintenus à peu près à la même température.

Appliquée à deux sous-batteries de sept diffuseurs, elle permet, avec une durée de contact de soixante à soixante-dix minutes, et un tassement de 56 kilogrammes par hectolitre de capacité utile, de travailler journellement de 15000 à 17500 kilogrammes par hectolitre.

Si le nombre des diffuseurs augmente, les quantités travaillées restent entre elles comme le nombre des diffuseurs actifs.

Quantité de jus soutiré. — A l'heure actuelle, on tend à soutirer 110 litres par 100 kilogrammes de cossettes et à maintenir les épuisements dans les cossettes épuisées entre 0,20 et 0,25. Il est d'autant plus facile d'arriver à ce résultat que la colonne de diffusion est plus haute et que la durée de contact est plus longue.

L'expérience montre que, avec la durée de contact ordinaire, on est obligé de soutirer plus de 110 litres si la colonne est inférieure à 22 mètres.

Avec le procédé Naudet, les conditions restant les mêmes, on peut descendre jusqu'à 104 et même moins de 100 litres.

Pureté des jus de diffusion. — La pureté des jus de diffusion va en croissant du diffuseur de queue jusque vers le diffuseur le plus chauffé et diminue ensuite progressivement si les diffuseurs de tête accusent un abaissement de température.

Quant au quotient salin il augmente à peu près régulièrement du diffuseur de queue au diffuseur de tête.

Ces deux constatations prouvent que la diffusibilité du sucre est plus sensible à l'influence de la température que celle des cendres. Cela prouve aussi que la diffusibilité des cendres est plus influencée par le temps que celle du sucre.

On peut en conclure, et l'expérience démontre, en effet, que : 1° la marche rapide et à chaud donne des jus plus purs que la marche lente et à froid et plus purs que la pureté du jus de pression de la betterave;

2° Qu'en chauffant la tête on peut augmenter la pureté du jus soutiré. C'est ce que recommandent avec raison les procédés Garez et Naudet.

Il faut ajouter toutefois que la marche rapide et à chaud ne donne ces résultats que si elle est régulière et sans arrêts.

Si la batterie est trop chauffée, les cossettes perdent leur fermeté, rendent la circulation plus difficile, voire même impossible, et les jus sont plus difficiles à carbonater et à filtrer. D'une manière générale, la marche rapide et à chaud donne des cossettes épuisées qui perdent moins d'eau pendant le pressage, qui sont légèrement colorées en gris et qui sont plus difficiles à conserver si l'on ne les met pas immédiatement en silo.

À titre d'indication, nous allons citer quelques chiffres représentant la pureté dans les différents diffuseurs :

Numéros d'ordre des diffuseurs.	Température.	Pureté.
Queue 1.....	44	»
— 2.....	63	64
— 3.....	67	72
— 4.....	70	»
— 5.....	70	81
— 6.....	70	82
— 7.....	70	84
— 8.....	71	86
— 9.....	»	86,5
Tête 10.....	82	87,5

Fermentations dans la batterie. — Dans beaucoup de batteries il se développe, surtout en fin de campagne, des fermentations diverses qui se manifestent généralement par une production de gaz.

Ces gaz sont le plus souvent composés d'oxygène, d'hydrogène, d'acide carbonique et d'azote ; l'hydrogène peut les rendre détonants au contact d'une flamme.

Pour prévenir ces fermentations, on peut employer dès le commencement de la campagne des bisulfites, de façon à apporter de 20 à 36 grammes d'acide sulfureux par 100 kilogrammes de betteraves. On introduit le bisulfite dans le troisième ou le quatrième diffuseur de queue au moyen d'une petite tuyauterie en cuivre alimentée par une pompe. Si l'on a laissé les fermentations s'établir, il faut liquider la batterie, la laver avec un désinfectant et employer du bisulfite dès la remise en route.

D'une manière générale, l'emploi des bisulfites se recommande surtout dans les râperies où la batterie de diffusion est souvent arrêtée à cause d'encombrement à l'usine centrale.

Installation des râperies. — Les râperies sont de petites usines dépendant d'une sucrerie centrale et où l'on extrait purement et simplement le jus de la betterave. Une fois obtenu, le jus est additionné de 1 p. 100 de chaux, puis refoulé par une pompe dans une canalisation souterraine qui le conduit à la sucrerie proprement dite.

Il y a donc, dans une râperie :

- 1° Une bascule de réception ;
- 2° Des silos pour emmagasiner les betteraves reçues ;
- 3° Des lavoirs ;
- 4° Un coupe-racines ;
- 5° Une batterie de diffusion ;
- 6° Un atelier de chaulage (La chaux est généralement envoyée par la sucrerie centrale) ;
- 7° Enfin une pompe pour refouler le jus dans la conduite.

Cette dernière est généralement formée de tuyaux en fonte de 80 à 250 millimètres de diamètre et de 3 mètres de longueur qu'on place, à une profondeur de 0^m,80, sur les accotements des chemins.

Elle est pourvue de reniflards qui servent à l'évacuation de l'air, lors de la mise en route. Pour éviter les dilatations que produirait une température élevée, on n'y envoie que des jus froids.

Il est indispensable que la quantité de chaux employée soit d'au moins 1 p. 100, sinon des fermentations pourraient se déclarer, qui rendraient le travail d'épuration et de filtration plus difficile.

Les râperies sont généralement reliées à l'usine centrale par un téléphone.

Elles ont leurs avantages et leurs inconvénients :

Elles permettent de diminuer les frais de transport, de ramener plus facilement la pulpe à la ferme qui a produit les betteraves, de réduire les subventions industrielles et de recruter plus facilement des ouvriers.

Mais elles exposent à des pertes plus grandes, la surveillance y étant très difficile ; à cause du fonctionnement irrégulier des batteries, elles sont souvent la cause inconnue d'accidents de travail.

Bacs jaugeurs. — Les bacs jaugeurs communiquent avec la tuyauterie à jus qui entoure la batterie. Ils sont au nombre de deux et sont munis d'un flotteur relié à

un contrepoids qui se déplace devant une règle graduée. Ils permettent de mesurer le volume de jus soutiré par diffuseur.

Souvent on leur adapte un échantillonneur de jus, qui consiste en un tube de verre relié au bac jaugeur par un robinet à trois voies.

En prenant tout le jus qui est passé dans le tube de verre, on a un échantillon moyen du jus.

On fait la correction qu'exige la température pour avoir le volume exact.

En Belgique, on rencontre des bacs à débordement : ce sont les meilleurs.

On peut contrôler les emplissages et les vidanges des bacs jaugeurs au moyen d'un enregistreur automatique Horsin Déon.

C. Travail des cossettes épuisées. — A la vidange du diffuseur (excepté pour la batterie Pfeiffer), les cossettes épuisées tombent dans la fosse inférieure, d'où elles sont prises par un élévateur (vis d'Archimède ou chaîne à godets) pour être conduites à l'atelier des presses.

Les presses à cossettes les plus employées sont :

1° *La presse Klusemann.* — Elle se compose d'un arbre creux en fonte qui tourne dans un cylindre en tôle perforée. Il porte sur son pourtour des palettes inclinées et disposées en hélices. Le tout est entouré d'un manteau plein.

Les cossettes tombent à la partie supérieure entre la tôle perforée et l'arbre ; elles sont poussées dans le bas par les bras propulseurs et sortent par la lumière qui sépare l'arbre de l'enveloppe.

Quant à l'eau éliminée, elle coule entre les deux enveloppes, puis s'échappe au dehors.

Le mouvement de rotation est communiqué à l'arbre au moyen d'un arbre horizontal et de deux engrenages coniques.

Küntz a perfectionné la presse Klusemann en prati-

quant des lumières longitudinales sur l'arbre conique.

La vitesse de rotation est de deux à quatre tours par minute. Une presse ordinaire suffit à un travail journalier de 60 000 à 70 000 kilogrammes par jour. Il reste 88 à 90 d'eau dans les cossettes pressées ;

2° *La presse Bergreen* (fig. 35). — Elle est formée de deux troncs de cône emmanchés l'un dans l'autre et tournant en sens contraire. Le supérieur recouvre l'inférieur : il porte des palettes disposées en spires, tandis que le second est entouré d'une lame contournée en hélice.

Ces deux presses sont à peu près les seules employées en France.

En Allemagne, on rencontre surtout la presse Selwig et Lange. La presse Skoda est fort répandue en Autriche-Hongrie. Nous ne nous en occuperons pas.

Voici la composition moyenne qu'on attribue aux cossettes pressées :

Matières albuminoïdes.....	0,89	p. 400.
— grasses.....	2,39	—
Cellulose.....	0,05	—
Autres matières azotées.....	6,32	—
Cendres.....	0,58	—
Eau.....	89,77	—

Quant aux eaux qui s'échappent des presses, elles contiennent aussi des principes nutritifs ; mais ces principes sont perdus, à moins qu'on ne mette les pulpes en silos sans les presser.

Une fois ramenées à la ferme, les cossettes pressées sont mises dans des fosses dites *silos*, creusées en terre et quelquefois bordées de maçonnerie. Un canal longitudinal pratiqué au fond du silo aboutit à une pompe et permet de rejeter constamment sur la pulpe le liquide qui s'en sépare à la partie inférieure.

Pendant la conservation en silos, il se produit des pertes de principes immédiats qui sont loin d'être négligeables.

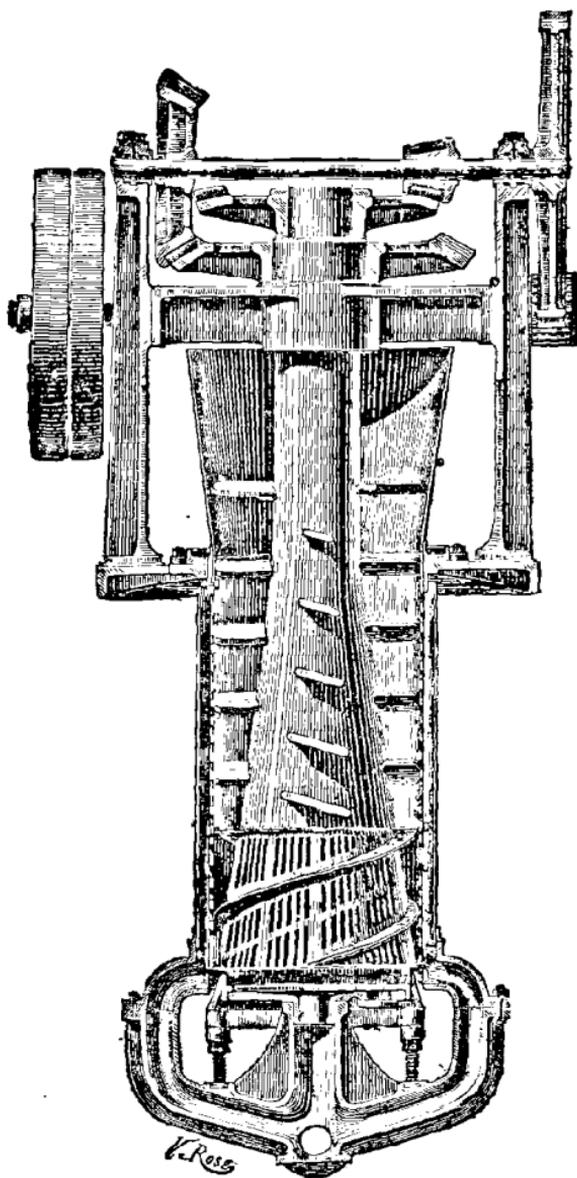


Fig. 35. — Presse Bergreen (Anciens Établissements Cail à Douai).

On les estime à 15 à 20 p. 100 de la matière sèche après 1 mois.

—	20 à 33	—	—	—	2	—
—	25 à 30	—	—	—	3	—
—	30 à 35	—	—	—	4	—
—	35 à 40	—	—	—	5	—

Ces pertes sont dues en grande partie à des fermentations : butyrique, acétique, lactique, dont les produits n'ont pas toujours une odeur agréable. Quand elles sont bien conservées, les pulpes constituent un excellent fourrage pour les bœufs : on peut leur en donner 35 à 50 kilogrammes par jour.

Pour éviter les pertes qui se produisent pendant la conservation et aussi pour en rendre le transport plus facile et moins onéreux, on sèche maintenant les cossettes dans des fours spéciaux.

Les plus employés sont :

1° Le *four Meyer et Buttner*, qui existe déjà dans un grand nombre de sucreries allemandes. Il se compose de deux chambres réunies par la partie supérieure. Dans la première, on brûle du coke sur une grille inclinée. La seconde est divisée en trois étages par des cloisons horizontales.

Les cossettes tombent dans l'étage supérieur, sont saisies par des arbres tournants à bras propulseurs, tombent dans le second, puis dans l'étage inférieur. Quant aux gaz chauds du foyer, ils sont aspirés par un ventilateur placé à la partie inférieure de la chambre de séchage ; ils suivent le même chemin que les cossettes.

A la sortie, celles-ci ne contiennent plus que 12 à 15 p. 100 d'eau.

L'installation d'un appareil Meyer et Buttner coûte de 70 000 à 150 000 francs, suivant l'importance. En Allemagne, les frais de dessiccation s'élèvent à environ 0 fr. 20 par 100 kilogrammes de pulpe, soit 2 francs environ par 100 kilogrammes de cossette sèche. Il y a avantage à

faire passer les pulpes dans de fortes presses avant de les envoyer à la dessiccation. On compte que 800 à 1 000 kilogrammes de pulpe donnent 100 kilogrammes de cossettes sèches.

Dans beaucoup de sucreries allemandes, le four Meyer et Büttner sert à préparer de la cossette mélassée.

A cet effet, la pulpe sortant des presses tombe dans une nochère où l'on fait tomber en un léger filet la quantité de mélasse produite dans l'usine. Le tout est ensuite séché. La conservation peut être longue, quand la teneur en eau est inférieure à 20 p. 100 ;

2° Le four *Mukensen* est également un four à air chaud. Il se compose de deux cylindres tournants dans lesquels passent successivement les cossettes. L'air chaud circule en sens contraire ;

3° L'appareil dit *Excelsior*, construit par la maison Sperber (de Vienne), est un four chauffé à la vapeur.

C'est une sorte de grande étuve divisée en quatre étages par des cloisons demi-cylindriques à double enveloppe, dans chacune desquelles tourne un faisceau tubulaire recevant également de la vapeur et portant des bras propulseurs. Ce dernier est de construction trop récente pour qu'on puisse porter sur lui un jugement définitif. Il exige environ 80 kilogrammes de charbon pour 100 kilogrammes de pulpe sèche.

Les cossettes séchées constituent un excellent fourrage pour les animaux de la ferme ; mais il faut prendre la précaution, ayant de les donner, d'éliminer les cendres entraînées, par un tamisage, et de les faire tremper pendant vingt à vingt-quatre heures dans 20 à 50 p. 100 de leur poids d'eau.

Les quantités qu'on peut donner chaque jour sont les suivantes :

6.

	Quantités courantes.	Quantités maxima.
Vaches laitières.....	3 kilos.	4 ^{kg} ,50
Bœufs à l'engrais.....	5 —	7 ^{kg} ,50
— de trait.....	3 —	6 kilos.
Moutons.....	0 ^{kg} ,33	1 —
Jeunes bovidés.....	1 kilo.	2 —

On peut en donner aussi aux porcs et même aux pou-lains.

VII. — ÉPURATION DES JUS.

Nous ne voulons pas entrer dans les détails de tous les moyens qui ont été proposés pour l'épuration des jus : nous nous contenterons d'étudier ceux qui ont été employés pendant longtemps dans la grande pratique ou qui le sont encore aujourd'hui.

Parmi ceux-ci, nous considérerons :

a. *L'épulpage.* — Les jus bruts de diffusion contiennent toujours une quantité plus ou moins grande de pulpe folle, de fibres qui, en se déposant dans les tubes des réchauffeurs, nécessitent des nettoyages plus fréquents ou qui, en se dissolvant partiellement dans les jus, peuvent rendre l'épuration plus difficile.

Les épulpeurs les plus employés sont formés de deux ou plusieurs tamis cylindriques et concentriques placés dans un cylindre fermé et faisant joint étanche avec les deux bases.

Les tamis ont des ouvertures de grosseur différente ; les plus finés sont vers l'extérieur. Le jus arrivé à l'intérieur, les traverse successivement, puis s'en va au dehors. Le diamètre des ouvertures varie de 1^{mm},5 à 3^{mm},5.

On fait un nettoyage toutes les cinq ou six heures.

D'autres épulpeurs sont aussi employés.

b. *Défécation à la chaux.* — On ajoute au jus 0,5 à 1 p. 100 de chaux, et l'on porte le mélange à la température de 80° à 90°. Il se forme une couche d'écume à la partie supé-

rieure et un dépôt dans le fond de la chaudière. On soutire la partie claire intermédiaire.

Les impuretés étaient, ou bien mises dans des sacs et soumises à l'action de la presse hydraulique, ou bien soumises à la carbonatation et envoyées dans des filtres-presses.

La défécation s'effectuait dans des chaudières demi-sphériques en cuivre, possédant un double fond dans lequel on faisait arriver la vapeur de chauffe.

c. Défécation et carbonatation. — La défécation est encore employée aujourd'hui, mais elle n'est pas considérée comme un mode suffisant d'épuration; elle est complétée par les carbonatations.

On ajoute d'abord au jus de diffusion une quantité de chaux représentant 2^{ks,2} à 3 kilogrammes d'alcalinite par hectolitre de jus; le mélange est fait intimement par le malaxage et la durée de contact doit être d'au moins dix minutes à un quart d'heure. Ce dernier point a une grande importance quand la fabrique possède des carbonateurs continus.

La chaux peut être employée soit à l'état de lait, soit à l'état de morceaux, soit à l'état de poudre très fine.

Il serait bien difficile de dire la forme sous laquelle la chaux produit le meilleur effet épuratoire; il faut noter cependant que, employée en morceaux avec du jus chauffé, elle se dissout plus rapidement et qu'elle détermine une meilleure utilisation de l'acide carbonique pendant la carbonatation. Enfin, elle partage avec la chaux en poudre l'avantage de ne faire rentrer dans les jus que les eaux de lavage des filtres-presses, alors que celles-ci sont presque toujours insuffisantes pour la préparation du lait de chaux.

La quantité de chaux qui se dissout dans les jus augmente avec la concentration et diminue avec la température.

Quant à la rapidité avec laquelle elle se dissout, elle

est toujours plus grande à chaud qu'à froid et elle est plus faible quand la chaux est trop cuite. Toutefois, l'influence du degré de cuisson sur la vitesse avec laquelle la chaux se dissout est moins grande à chaud qu'à froid.

L'action chimique exercée par la chaux s'explique de la manière suivante, si l'on se reporte à la composition même de l'extrait sec du jus qui a été donnée précédemment : la chaux précipite l'acide phosphorique, la magnésie, les oxydes de fer et de manganèse ; elle donne, avec les acides oxalique, citrique, pectique, des composés insolubles ou peu solubles. Certaines matières albuminoïdes sont précipitées par la chaux ; d'autres, ainsi que les substances amidées, se dédoublent et donnent naissance à un sel organique soluble et à un dégagement d'ammoniaque.

Le sucre inverti (il y en a toujours dans les jus de betteraves) disparaît en donnant des composés solubles.

Le sucre passe à l'état de sucrate monobasique soluble. Quant à la potasse et à la soude, qui étaient combinées avec des substances pouvant être précipitées par la chaux, elles sont mises en liberté.

Dans la plupart des sucreries françaises, le chaulage est effectué à la température que possède le jus de diffusion, sauf toutefois dans les fabriques où l'on emploie la chaux en morceaux. En Allemagne, on chauffe généralement le jus avant de le mélanger à la chaux. Enfin, dans certaines fabriques centrales françaises, on chauffe d'abord le jus chaulé à 1 p. 100, venant des râperies, et l'on ajoute à chaud le supplément de chaux. Cette dernière méthode paraît causer souvent des difficultés de filtration aux filtres-presses de première carbonatation. On y remédie en faisant le chaulage complet avant le chauffage.

À l'heure actuelle, la défécation est complétée par une carbonatation double ou triple.

La première carbonatation est généralement effectuée à la température de 70° à 75°. Dans le jus qui contient environ 2,5-3,5 d'alcalinite dissoute par litre, on fait arriver un courant de gaz carbonique qu'on répartit aussi uniformément que possible dans toute la masse. Tout d'abord, des mousses apparaissent et il se forme en même temps un précipité gélatineux qui paraît être du suro-carbonate de chaux. Puis les mousses diminuent de volume et deviennent plus bruyantes ; le jus perd petit à petit sa consistance gélatineuse et bientôt, si on le place dans une louche, il laisse déposer facilement un précipité blanc grisâtre, qui se sépare nettement du liquide clair surnageant. C'est ce que l'on appelle le *point de dépôt facile*. La première carbonatation est terminée et l'on peut envoyer le tout dans les filtres.

Si l'on détermine pendant la marche l'alcalinité du jus filtré, on voit qu'elle tombe rapidement de 1,8 à 1,7 ; elle reste ensuite sensiblement stationnaire. Elle tombe enfin à 1^{er},2 ou 1 gramme à la phtaléine, quand le point de dépôt facile est atteint.

Les phénomènes chimiques qui se passent pendant la première carbonatation n'ont pas encore été expliqués clairement. Nous savons cependant que la quantité de chaux employée dépasse de beaucoup celle qui serait rigoureusement nécessaire pour l'épuration. L'excédent se transforme en carbonate de chaux pulvérulent qui se dissémine dans toute la masse du précipité ou enveloppe les fines particules dont il est formé et rend la filtration possible.

Nous savons aussi que l'augmentation de la dose de chaux rend souvent le travail plus facile et plus beau et permet de travailler même des betteraves malsaines. Seulement, il y a l'inconvénient d'avoir une carbonatation plus longue, une plus grande quantité de tourteaux et des pertes en sucre plus grandes.

Il ne faut pas dépasser le point de dépôt facile dont nous venons de parler, sinon certaines combinaisons de

chaux et de non-sucre organique se décomposent; le jus se colore et l'épuration est moins bonne.

Au sortir de la chaudière, le jus tombe dans des bacs malaxeurs pourvus d'un agitateur mécanique. La chaux qui ne s'est pas dissoute pendant la carbonatation et qui, par conséquent, n'a pas été précipitée, continue à se dissoudre lentement, de sorte que l'alcalinité soluble subit une augmentation dans les bacs malaxeurs.

Cette augmentation est surtout sensible quand on a de la chaux trop cuite, dont la dissolution ne peut s'effectuer aussi vite que la carbonatation. Alors, on réalise le point de dépôt facile sans que le travail d'épuration ait été bien fait.

Il faut tenir compte de cette circonstance pour fixer la quantité d'alcalinité soluble à laisser dans les jus à la fin de la carbonatation.

Le jus carbonaté, envoyé dans les filtres-presses, laisse dans ceux-ci un dépôt qu'on désigne sous le nom de *tourteau de première carbonatation*. La composition en est très variable, et nous ne citerons les chiffres suivants qu'à titre d'exemple et pour fixer les idées :

Eau.....	40	à 45 p. 100	de substances sèches.
Chaux CaO.....	46,1	—	—
Chaux CaO ² H ²	1,1	—	—
Magnésie.....	4,17	—	—
Oxyde de fer et alumine	0,54	—	—
Acide phosphorique..	1,44	—	—
Sucre.....	1,87	—	—
Substances organiques	10,95	—	—
Acide carbonique....	31,43	—	—
Acide phosphorique..	0,92	—	—
Potasse.....	0,30	—	—
Azote.....	0,18 à 0,20	—	—

Le sucre, en particulier, paraît s'y trouver sous plusieurs états.

1° A l'état de sucrate monobasique soluble qui imbibe la masse ;

2° A l'état de sucrate insoluble qui ne saurait être entraîné par les lavages. Ce dernier semble se produire

plus abondamment quand le jus chaulé est surchauffé par endroits, ou, en général, quand on fait le chaulage avant le chauffage; mais il règne encore des incertitudes à cet égard.

En ce qui concerne la température à laquelle il faut opérer, on peut dire que la première carbonatation effectuée à la température du jus de diffusion donne des jus plus purs, moins colorés; mais elle est plus longue que la carbonatation à chaud et elle exige de la chaux bien cuite à point qui se dissolvent facilement.

Même quand on carbonate à froid, on chauffe avant de filtrer.

Les jus venant des filtres-presses et accusant une alcalinité d'environ 1 gramme par litre sont soumis à une deuxième et quelquefois à une troisième carbonatation.

Pour la deuxième, on ajoute le plus souvent de la chaux; puis on chauffe à 90° environ et l'on fait arriver l'acide carbonique jusqu'à ce que l'alcalinité soit tombée à 0,20 ou 0,25 par litre. On fait bouillir avant de filtrer.

Si l'on doit faire une troisième carbonatation, on arrête la deuxième à 0^{sr},5-0^{sr},6 et l'on pousse la dernière jusqu'à 0,20 ou 0,25. La troisième carbonatation est quelquefois remplacée par une sulfitation.

La deuxième carbonatation n'enlève pas beaucoup de non-sucre au jus. On peut s'en rendre compte en regardant la composition des tourteaux auxquels elle donne naissance. En voici un exemple :

Eau.....	35	à 38 p. 100	de matières sèches.
Carbonate de chaux.....	87,05	—	—
Magnésie.....	6,40	—	—
Sucre.....	0,50	—	—
Silice.....	0,62	—	—
Matières organiques.....	5,43	—	—
Acide phosphorique.....	0,55	—	—
Potasse.....	0,50	—	—
Azote.....	0,08	—	—

En d'autres termes, la deuxième carbonatation enlève aux jus une quantité de non-sucre à peu près égale au dixième de celle qu'enlève la première.

Quant aux tourteaux de troisième carbonatation, ils sont presque exclusivement formés de carbonate de chaux avec quelques principes colorants. C'est ce qui explique pourquoi son utilité est très contestée. On ne peut nier cependant qu'elle permet de mieux régler la qualité du travail de dernière saturation ; mais elle exige des appareils supplémentaires et expose à de nouvelles pertes.

Le degré d'alcalinité à laisser dans les jus achevés varie avec la nature des jus. Il faut s'arranger pour qu'il en reste jusque dans les produits de queue.

La filtration des jus de deuxième et de troisième carbonatation a lieu dans des filtres-presses ou des filtres mécaniques. Nous y reviendrons plus loin.

Généralement les carbonatations élèvent la pureté des jus de 5 à 6 unités. Ainsi, un jus de diffusion à 85-86 de pureté prend une pureté de 90-91 après l'épuration.

Appareils servant pour les carbonatations. — a. *Préparateurs de lait de chaux* (fig. 36). — Ils consistent généralement en un bac cylindrique dans lequel tourne un agitateur horizontal portant des bras mélangeurs. On éteint la chaux avec de l'eau ordinaire et l'on porte le lait jusqu'à 22°-23° B. avec des eaux de lavage des filtres-presses de première carbonatation.

Au sortir du préparateur, le lait passe dans un tambour rotatif qui joue le rôle de tamis.

Un lait de chaux à 22°-24° B. renferme environ 220 à 240 grammes de chaux par litre. On en met 10 à 12 p. 100 environ dans le jus de diffusion pour la première carbonatation et 2 p. 100 pour la seconde.

Le lait de chaux à employer est généralement mesuré dans un bac jaugeur *ad hoc*. On le mélange au jus pendant dix à quinze minutes au moyen d'un bac à agitateur.

Cela vaut mieux que de le faire arriver directement dans la chaudière de carbonatation.

Le mesureur Cerny et Stolz permet de régler le volume de lait à employer d'après la densité de celui-ci.

b. *Chauleurs*. — Ce sont des bacs dans lesquels on fait l'addition de chaux en morceaux. Les plus employés en France sont ceux de Dufay et de König.

Le premier (fig. 37, p. 111) consiste en un bac à section

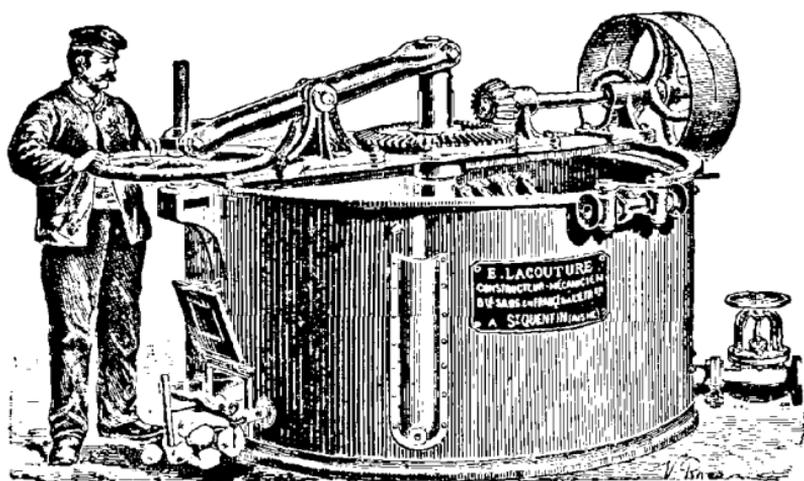


Fig. 36. — Préparateur de lait de chaux (Lacouture à Saint-Quentin).

rectangulaire dans lequel est suspendu un panier qui reçoit la chaux et auquel, par une transmission appropriée, on communique un mouvement de va-et-vient. A la fin de chaque opération, on enlève du panier, si besoin est, les parties non délayées (fig. 38).

Le chaaleur König (fig. 38, p. 112) est basé sur le même principe ; mais la chaux est placée dans une cuvette tournante et le jus vient la dissoudre petit à petit en arrivant par le bas.

Avant de recevoir la chaux en morceaux, le jus est porté à la température de 70° à 80°.

c. *Chaux en poudre.* — La chaux en poudre est simplement projetée dans le jus, puis intimement mélangée avec lui dans des bacs pourvus d'agitateurs appropriés. Si le jus n'a pas été chauffé au préalable, il y a à redouter la formation de sucrate tribasique insoluble.

La préparation de chaux en poudre est toujours assez coûteuse.

d. *Chauffage des jus.* — Il est obtenu soit au moyen de serpentins à vapeur directe placés dans les chaudières de carbonatation, soit au moyen de réchauffeurs à plusieurs circulations chauffés avec de la vapeur de jus venant de l'appareil d'évaporation.

e. *Chaudières de carbonatation* (fig. 39). — Elles se composent généralement de chaudières à section carrée ou circulaire, à hauteur plus ou moins grande et qui sont pourvues de tuyaux d'arrivée pour le jus, pour le lait de chaux ou pour le jus chaulé, pour l'acide carbonique, pour la vapeur de chauffe qui alimente le serpentin, d'une cheminée pour l'élimination des gaz non utilisés, d'une ouverture de vidange et d'émousseurs. Quelquefois elles possèdent aussi un agitateur qui mélange intimement toute la masse pendant la carbonatation.

Les gaz qui viennent du four à chaux contiennent 28 à 35 p. 100 d'acide carbonique. On cherche à les répartir le mieux possible dans toute la masse du jus. L'acide carbonique est mieux utilisé quand la hauteur de jus est plus grande ; on donne généralement à celle-ci 2 à 3 mètres.

Pour abattre les mousses, on emploie du beurre de coco et l'on se sert d'agitateurs mécaniques tournant à la surface du jus ou d'émousseurs à injection superficielle et horizontale de vapeur.

La première carbonatation dure de trente à quarante minutes ; elle est terminée quand on a atteint le point de dépôt facile. Ce critérium suffit à l'ouvrier. Néanmoins, il dose l'alcalinité du jus filtré avec une liqueur sulfu-

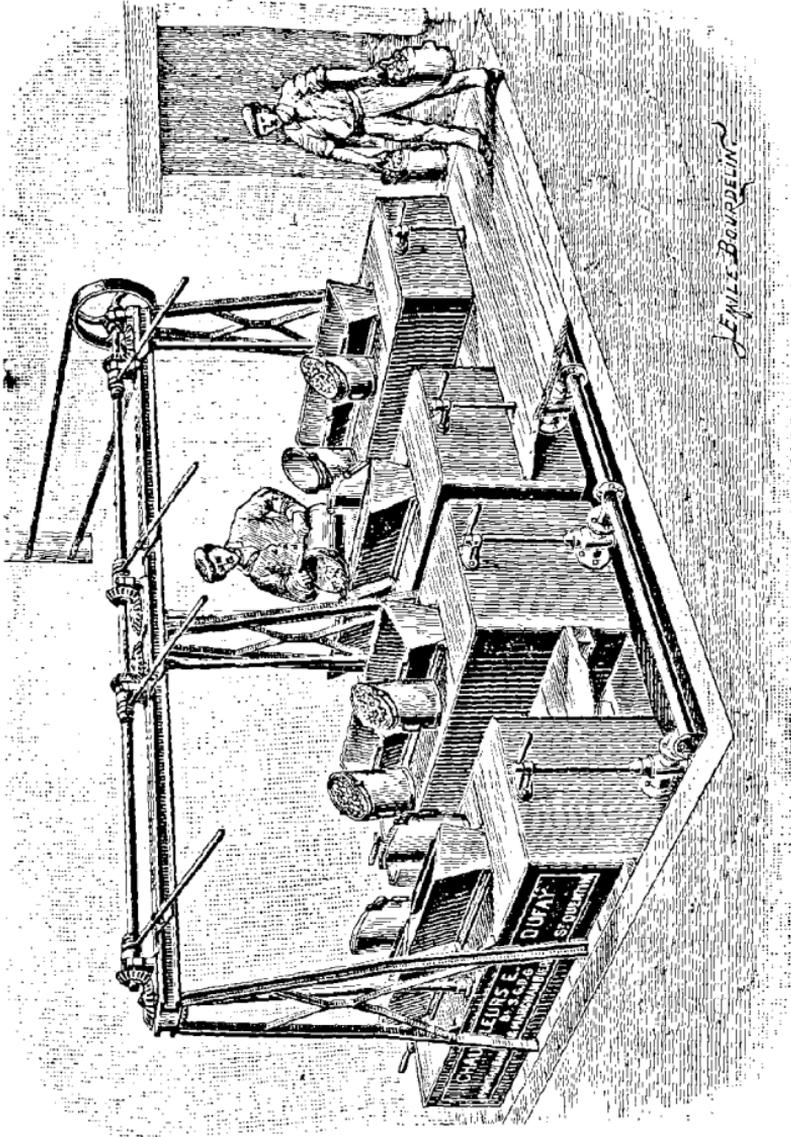


Fig. 37. — Châtelier Dufay.

rique titrée, mise en présence de phtaléine du phénol.

La chaudière que nous venons de décrire donne un travail discontinu.

Dans beaucoup de fabriques françaises, on a maintenant des carbonateurs continus. Disons tout de suite qu'ils ne peuvent donner un bon travail que si la chaux

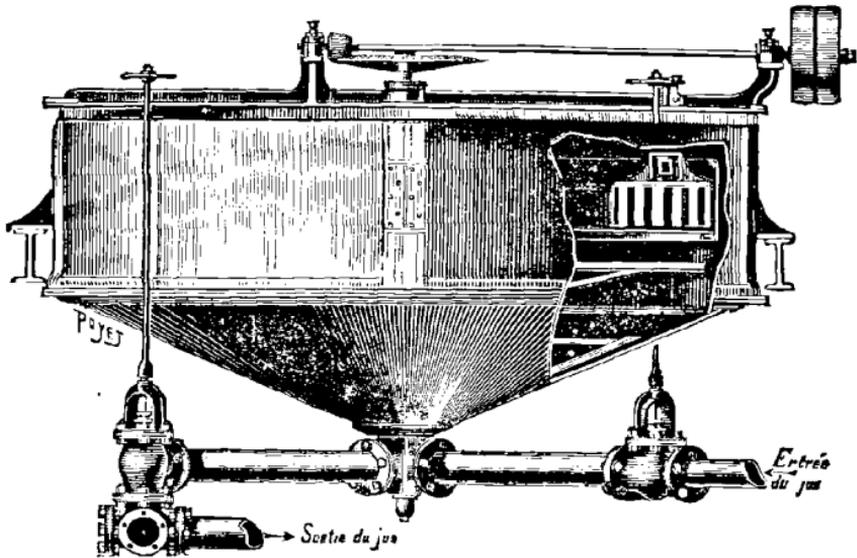


Fig. 38. — Chaaleur König [Maguin, à Charmes (Aisne)].

est bien mélangée au jus, si elle est bien cuite à point et si elle est au préalable agitée assez longtemps avec le jus.

Nous citerons les plus connus :

1° *Le carbonateur Camuset.* — Il se compose d'une chaudière cylindro-conique, surmontée d'une cheminée qui se continue jusque vers le fond de l'appareil. Le gaz carbonique et le jus chaulé sont pulvérisés dans l'intérieur par un grand nombre d'ajutages. Les gaz non utilisés, en s'accumulant à la partie supérieure, font pression et refoulent les jus dans la cheminée où un arbre à hélice

continue l'agitation. De là, ils s'échappent au dehors par une ouverture *ad hoc*.

2° Le carbonateur des « *Constructions mécaniques Saint-Quentin* » (fig. 40). — Le jus chaulé et les gaz venant du four à chaux arrivent au fond de la chaudière; ils s'élèvent parallèlement pendant qu'ils se mélangent

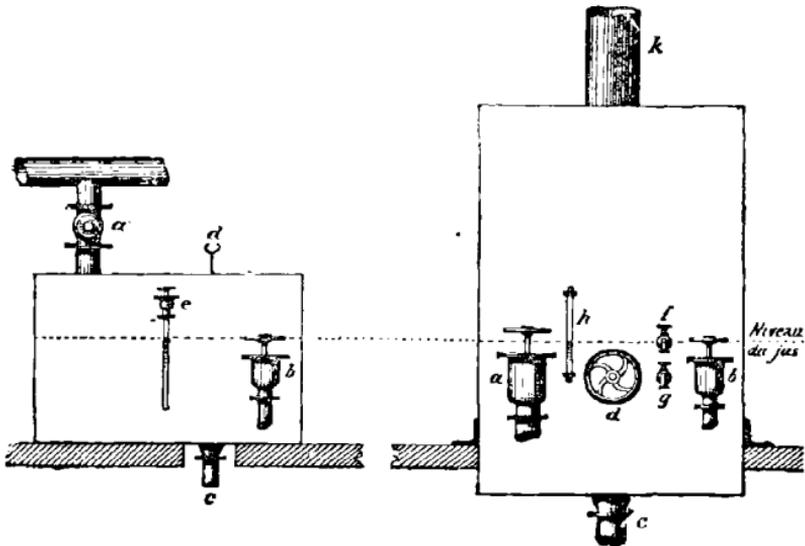


Fig. 39. — Chaudières à carbonater (Voy. p. 410).

intimement et que la carbonatation se fait. Suivant l'alcalinité finale obtenue, on agit sur l'arrivée d'acide carbonique ou sur l'arrivée de jus chaulé.

Le système Naudet rend ce réglage automatique : il est basé sur ce fait que le jus carbonaté à point n'a pas la même densité que le jus non complètement carbonaté.

f. Au-dessous des chaudières de carbonatation sont généralement des malaxeurs où le jus est agité avant d'être envoyé dans les filtres-presses. Ils se composent

d'une chaudière cylindrique où tourne un arbre portant des bras horizontaux. Les jus ou écumes, avant d'arriver dans la pompe, passent dans un tamis dit *épierreur*.

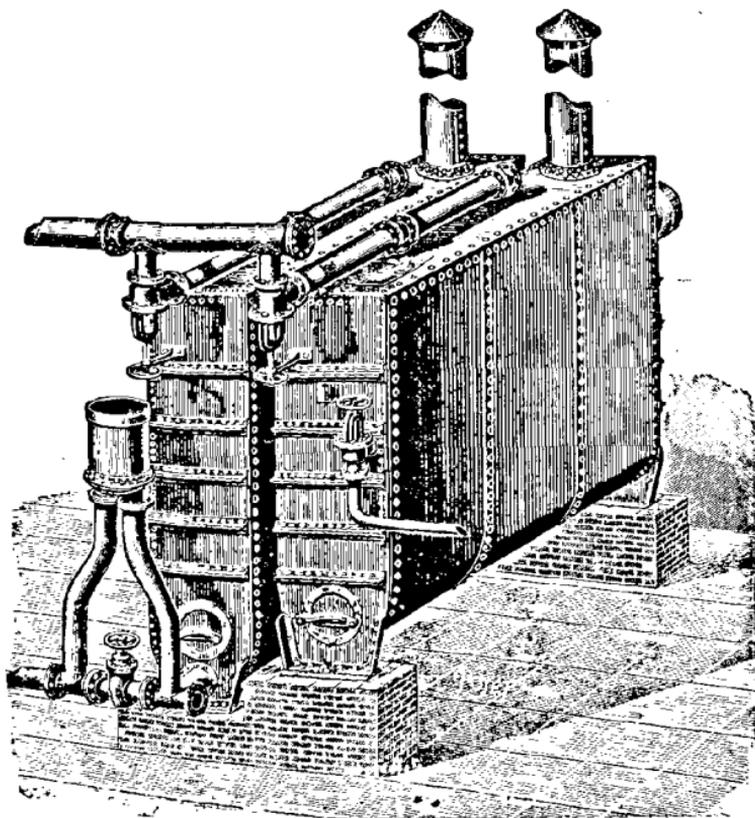


Fig. 40. — Carbonateur continu.
(Société des constructions mécaniques de Saint-Quentin).
(Voy. p. 113.)

Les «*décanteurs*», qui étaient autrefois très répandus, ont aujourd'hui à peu près complètement disparu.

Les chaudières de deuxième et troisième carbonatation peuvent être construites comme celles de première. La troisième carbonatation est généralement faite

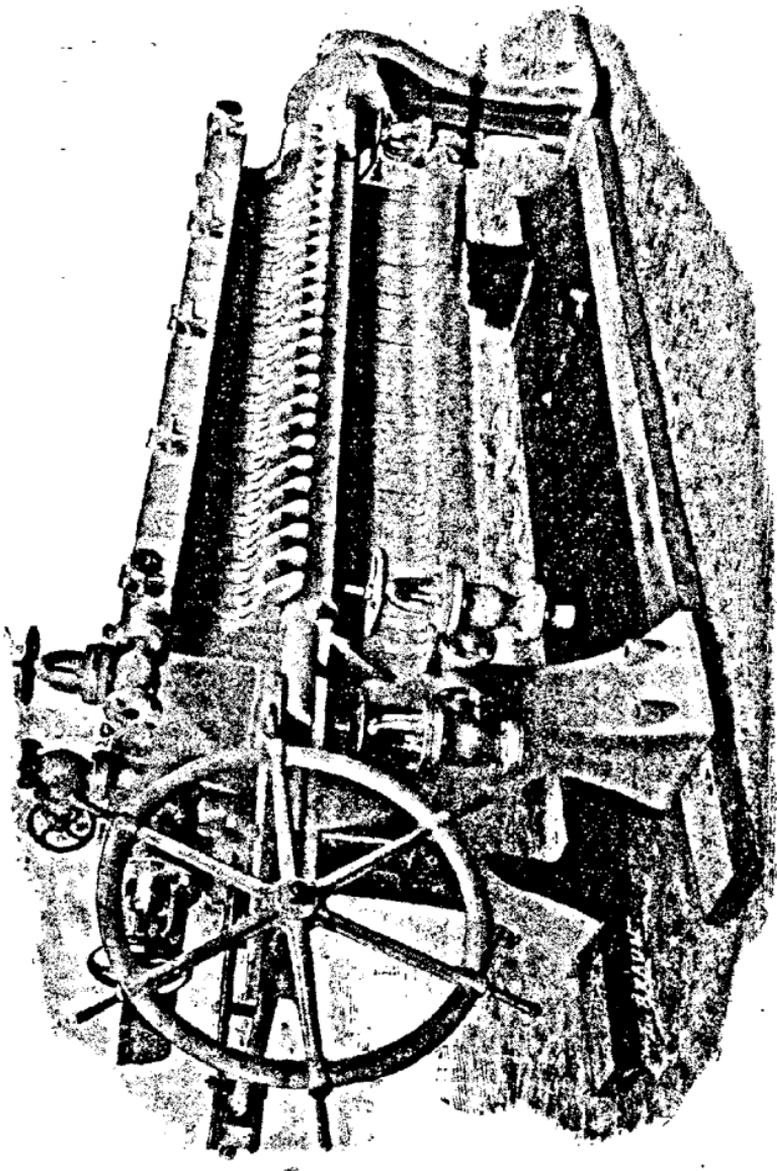


Fig. 41. — Filtre-pressé (Anciens établissements Cail).

en chaudières à travail discontinu : on est plus maître de l'alcalinité finale.

g. *Filtres-presses*. — Les filtres-presses employés aujourd'hui se ramènent à deux types : les filtres à plateaux, les filtres à cadres et plateaux.

1° Les *filtres à plateaux* (fig. 41) se composent de plateaux serrés les uns contre les autres entre deux sommiers dont l'un est fixe et l'autre mobile, et supportés par deux tirants parallèles. Le plateau porte dans son intérieur soit une tôle plissée, soit deux plaques perforées parallèles qui sont pourvues d'une ouverture centrale ; il est percé dans son épaisseur d'un canal longitudinal inférieur qui aboutit à un robinet extérieur.

Chaque plateau est entouré d'une toile.

Le jus arrive par le canal central, se répand entre les plateaux, traverse les toiles et sort par les robinets. Le tourteau se forme peu à peu, et au bout d'une demi-heure le filtre est plein. Alors, on procède au lavage.

L'eau chaude de « retours », qu'on emploie à cet effet, arrive par un canal qui longe l'angle supérieur du filtre en traversant tous les plateaux, se répand par une dérivation secondaire dans tous les plateaux impairs, dont on a fermé les robinets, traverse les tourteaux placés de chaque côté, et sort par les robinets pairs.

Quelquefois, le canal d'arrivée de l'eau longe l'angle inférieur : alors il y a, à l'angle supérieur, opposé en diagonale, des robinets spéciaux pour l'élimination des eaux de lavage. La marche de l'opération reste la même.

Les filtres-presses à plateaux sont très répandus et il n'est pas de maison de construction qui n'ait son type spécial.

Les plateaux peuvent avoir jusqu'à 1 mètre de côté ; il y en a jusqu'à 30 dans un filtre.

2° Les *filtres à cadres et plateaux* (fig. 42) se composent de plateaux entourés de toile et alternant avec des cadres. Les jus arrivent dans les cadres, traversent les toiles et

sortent par les robinets dont sont pourvus les plateaux.

L'eau de lavage pénètre dans les plateaux impairs, comme précédemment, et sort par les plateaux pairs.

On obtient en général, pour 100 kilogrammes de bette-

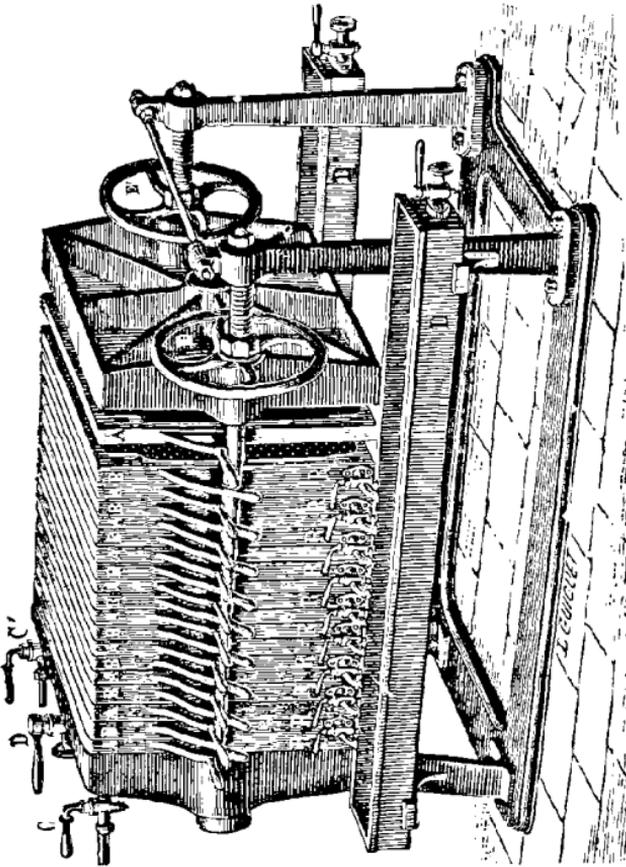


Fig. 42. — Filtre à cadres et plateaux (E. Fourrey).

raves, 10 à 12 kilogrammes de tourteaux de première carbonatation qui, après lavage, contiennent entre 0,2 et 1 p. 100 de sucre.

On compte qu'il faut de 0^{lit},8 à 1^{lit},20 d'eau par kilo-

7.

gramme de tourteau. On peut diminuer cette quantité en faisant du lavage méthodique. L'opération se divise alors en trois temps, et l'eau de lavage en trois parties : la première partie va dans les jus, la seconde servira comme première et la troisième comme seconde pour le lavage du premier filtre-pressé à débâter.

On peut aussi faire du lavage alternatif, c'est-à-dire envoyer l'eau d'abord dans les plateaux impairs, puis dans les plateaux pairs, de façon que les deux faces du tourteau puissent être touchées par l'eau qui arrive.

Enfin, avant de commencer le lavage, on peut chasser la plus grande partie du jus d'imbibition des tourteaux par de l'air comprimé.

Il est à recommander de ne pas faire arriver l'eau sous une pression supérieure à 2 atmosphères ; il faut aussi que le lavage s'effectue lentement et dure au moins quinze à vingt minutes.

Généralement on ne lave pas les tourteaux de deuxième et troisième carbonatation ; ils rentrent dans les jus carbonatés de première carbonatation et vont avec eux dans les filtres-pressés correspondants.

La quantité de tourteaux se trouve alors portée à 13 kilogrammes environ par 100 kilogrammes de betteraves.

Pour faire le lavage, on emploie généralement des « retours » chauds de l'appareil d'évaporation.

h. *Filtres mécaniques.* — Les filtres à noir, qu'on rencontrait autrefois dans toutes les fabriques, ont aujourd'hui à peu près complètement disparu ; ils ont été remplacés par les filtres mécaniques.

Ceux-ci se composent de sacs en toile de coton dans lesquels la filtration s'effectue, soit de l'intérieur à l'extérieur, soit de l'extérieur à l'intérieur.

Parmi les premiers, nous citerons le filtre à escargot qui est formé d'un sac de 3 à 4 mètres de longueur, enroulé plusieurs fois sur lui-même. L'ouverture du sac est

ligaturée au collier d'arrivée du jus ou du sirop, et le filtre est placé dans le bac.

Les derniers, c'est-à-dire ceux dans lesquels la filtration s'effectue de l'extérieur à l'intérieur, sont beaucoup plus

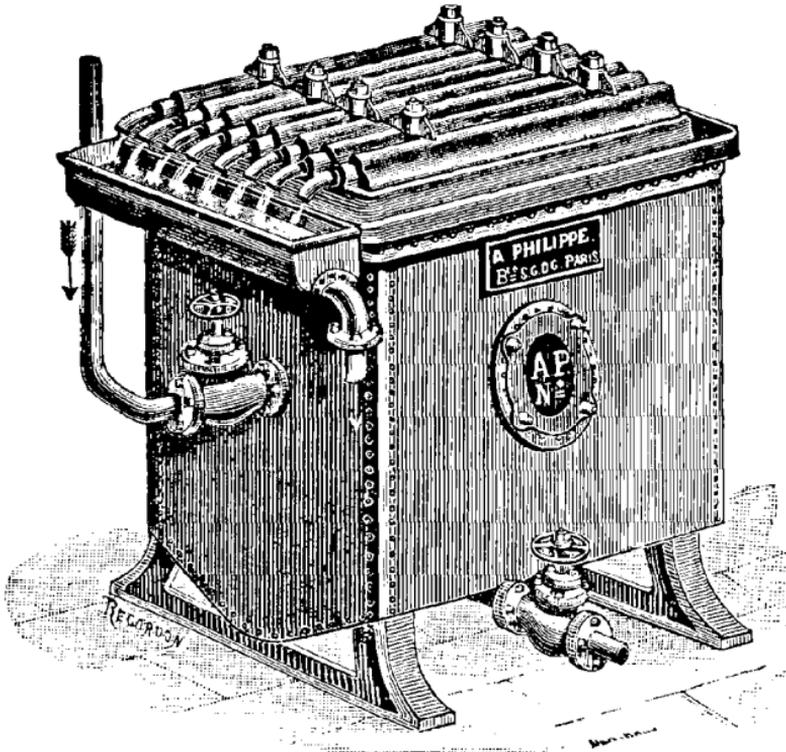


Fig. 43. — Filtre Philippe.

répandus. Tous se composent d'un sac à l'intérieur duquel est placée une carcasse métallique de forme généralement rectangulaire. Le liquide entré dans le sac s'échappe par un tuyau supérieur qui débouche au dehors. Suivant la construction de la carcasse métallique, suivant la disposition des tubes collecteurs, ces filtres

mécaniques s'appellent *filtres Daniëk*, *filtres Kasalowsky*, *filtres Philippe* (fig. 43), etc.

Tantôt ils marchent sous pression, tantôt ils marchent sans pression. Dans ce dernier cas, le jus à filtrer arrive dans un bac collecteur pourvu d'un flotteur qui commande, par un papillon, l'ouverture de sortie.

La filtration sans pression est toujours plus efficace que la filtration sous pression.

Quand il s'agit des jus, on peut admettre que le débit sans pression est d'environ 5 hectolitres par mètre carré-heure.

Avec des sirops à 25°-30° B. filtrant sous 2 kilogrammes de pression, le débit peut être de 2 hectolitres.

Quant aux toiles, elles sont généralement faites en tissu de coton. On les nettoie de temps en temps en les lavant successivement avec de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique et de l'eau alcalinisée avec du carbonate de soude.

Dans quelques usines, on se sert, pour la filtration mécanique des jus, de kieselguhr qu'on place purement et simplement dans le filtre mécanique. Il vient se déposer de lui-même à la surface des toiles et y forme une couche assez uniforme. On emploie 100 grammes de kieselguhr par 55-60 hectolitres de jus.

Enfin on a essayé, mais jusqu'ici l'emploi ne s'en est pas généralisé, de préconiser l'emploi des filtres à sable, des filtres à amiante, des filtres à cellulose.

Toujours est-il que la nécessité d'une bonne filtration est reconnue aujourd'hui par tous les industriels.

DÉPENDANCES DU POSTE DE L'ÉPURATION.

Comme dépendances du poste de l'épuration nous citerons :

- 1° Le choix des pierres à chaux;
- 2° Les fours à chaux (fours, laveurs, pompes à gaz);
- 3° Les fours à soufre.

1° Choix des pierres à chaux.

La pierre à chaux n'est autre chose que du carbonate de chaux accompagné d'une certaine quantité d'impuretés.

Comme substances étrangères, on y rencontre surtout de la silice et des silicates, du carbonate de magnésie, de l'oxyde de fer et de l'alumine, du sulfate de chaux, des matières organiques et de faibles quantités de chlore, de potasse et de soude. Quand la température est trop élevée dans le four, la présence simultanée de la silice, d'oxyde de fer et d'alumine expose à la production de silicates fusibles qui déterminent des « collages ». La présence d'une faible quantité de fer abaisse la température à partir de laquelle la production de « chaux morte » est à craindre.

La silice, la magnésie, le sulfate de chaux peuvent se dissoudre partiellement dans les jus et former des incrustations dans l'appareil d'évaporation.

Pour être considérées comme étant de bonne qualité, les pierres à chaux doivent :

1° Contenir au moins 97,5 p. 100 de carbonate de chaux dans la matière sèche et peu d'oxyde de fer, de silice et d'alumine ;

2° Ne pas contenir plus de 0,6 p. 100 de magnésie ou de sulfate de chaux ;

3° Ne pas être trop humides, sinon elles exigent plus de coke. En général, les calcaires durs renferment très peu d'humidité ; les calcaires tendres en peuvent renfermer jusqu'à 20 p. 100

D'une manière générale, il faut éviter que la température ne s'élève trop dans le four, même avec les bons calcaires, sinon on obtient de la chaux très cuite qui se dissout très lentement et peut occasionner une mauvaise épuration.

La quantité de chaux réellement active que contient une chaux cuite dépend de la quantité d'impuretés que

contenait le calcaire et de la façon dont a été menée la cuisson.

On appelle *pureté* le rapport de la chaux active à l'extrait sec déterminé par l'aréomètre Baumé. Quand la pureté est élevée et que la chaux se dissout facilement, on peut dire que le poste du four à chaux marche bien.

Le coke est le combustible que l'on emploie généralement pour produire la chaleur nécessaire à la décomposition du calcaire. Il est de bonne qualité quand il ne contient pas plus de :

Eau.....	4	p. 100
Cendres.....	7 à 8	—
Soufre.....	0,5 à 0,6	—

Nous avons trouvé de la potasse dans les cendres d'un grand nombre de cokes; il y en a aussi dans la plupart des calcaires. Rien d'étonnant que les cokes riches en soufre donnent naissance à des sulfates alcalins qui ne sont pas toujours arrêtés au passage par le laveur à gaz, et qui viennent s'accumuler, soit dans la pompe à acide carbonique, soit dans les ajutages qui pulvérisent l'acide carbonique dans les chaudières de carbonatation.

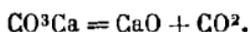
Les sulfates sont presque toujours accompagnés de chlorures; ce qui est curieux à noter, c'est que ces sels alcalins, qui sont solubles, ne se dissolvent pas par leur passage dans l'eau; ils seraient plus facilement retenus par lavage s'ils étaient à l'état de vapeur au lieu d'être à l'état de poussières.

La quantité de coke que l'on emploie est à peu près le dixième en poids de la quantité de calcaire.

2° Fours à chaux.

La préparation de la chaux repose sur cette propriété que possède le carbonate de chaux de se décomposer, par la chaleur, en chaux anhydre et en acide carbonique.

L'équation qui traduit cette décomposition est la suivante :



Les fours employés à l'heure actuelle se ramènent à trois types principaux :

1° *Le four ancien ou four ordinaire.* — Il consiste en une sorte de cuve en maçonnerie dont l'intérieur est garni de briques réfractaires et dont l'extérieur est le plus souvent entouré d'une enveloppe métallique. Le fond du four est un cône à sommet tourné vers le haut. Sur la périphérie du cône se trouvent réparties plusieurs ouvertures de vidange.

Quant à l'ouverture supérieure, par laquelle se font les chargements, elle est fermée soit par un tronc de cône placé au-dessous de l'ouverture, soit par un obturateur ovoïde placé au-dessus, soit par un registre. Le tronc de cône et l'obturateur peuvent être mus au moyen d'une chaîne à contrepoids.

Le four ordinaire n'a pas toujours la forme que nous venons de décrire ; il se compose souvent aussi de deux troncs de cône se touchant par leur grande base. Il y a alors une ouverture centrale inférieure. Si le four a un diamètre relativement grand, l'ouverture inférieure ne suffit pas et il faut réserver des ouvertures latérales surtout pour les appels d'air. Si le four a un diamètre très étroit (tel le four Khern), l'ouverture inférieure suffit, et pour le passage de l'air et pour la vidange de la chaux.

Le four Khern mérite une mention spéciale. Il est formé de deux troncs de cône dont la grande base a un diamètre de 2 mètres au plus. La hauteur du four atteint 10 mètres et il n'y a qu'une porte inférieure. Il se répand de plus en plus.

Quel que soit le mode de construction du four ordinaire, la mise en route est toujours la même.

Trois jours avant le commencement de la fabrication,

on allume le four avec de la paille, du bois et du coke. Quand la zone inférieure est bien chaude, on introduit poids égaux de pierre et de coke. A partir de la sixième heure, on diminue petit à petit la quantité de coke par rapport à celle de la pierre, pour arriver, au bout de deux ou trois jours, à 1 partie de coke en volume par 3 à 4 de pierre.

Alors, on ferme le gueulard et l'on met le four en communication avec la pompe à gaz.

Quand le four est en marche, il y a trois zones qui se déterminent dans l'intérieur :

- 1° La zone d'échauffement ;
- 2° La zone de combustion et de décomposition ;
- 3° La zone de refroidissement.

A la porte inférieure, on ne doit trouver ni morceaux de coke non brûlés, ni pierres encore rouges, ni incuits.

On appelle *incuits* des morceaux qui sont encore à l'état de carbonate de chaux. Ils peuvent avoir deux origines : ou bien provenir de calcaire non décomposé par manque de chaleur, ou de carbonate de chaux recomposé par suite d'un appel d'air insuffisant.

Dans le premier cas, il faut mettre plus de coke ; dans le second, il faut faire marcher plus vite la pompe à gaz carbonique. La zone de combustion doit toujours être aux deux tiers environ de la hauteur du four actif.

La quantité de coke doit être bien proportionnée aux besoins du four ; si l'on n'en met pas assez, la température dans l'intérieur du four devient insuffisante, la zone de combustion s'abaisse et l'on a des « incuits ». La richesse du gaz en acide carbonique est faible.

Si l'on en met trop, il se développe trop de chaleur dans le four, la zone de combustion s'élève et l'on peut avoir de la chaux trop cuite qui est toujours plus lente à se dissoudre. Au surplus, la richesse du gaz en acide carbonique est également faible. On s'en rend d'ailleurs facilement compte : le coke, en brûlant, peut donner du

gaz ayant une richesse maximum de 21 p. 100 en CO^2 (l'air contient 21 p. 100 en volume d'oxygène), et plus est grande la quantité de calcaire décomposée pour une

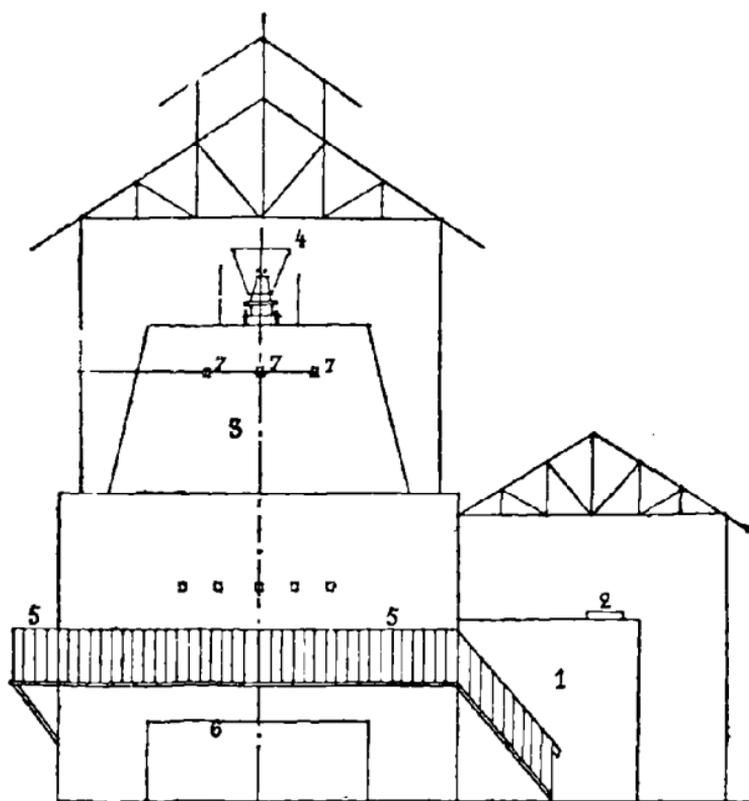


Fig. 44. — Four Hignette, à Escaudœuvres.

même quantité de coke brûlée dans un même volume d'air, plus aussi s'élève la richesse en CO^2 . C'est ainsi qu'on peut obtenir des gaz renfermant jusqu'à 34 p. 100 de CO^2 . Dans la pratique, on se tient autour de 30 p. 100.

2° *Fours à foyers latéraux.* — Le four à chaux ordinaire a un inconvénient. Les cendres du coke restent

avec la chaux et sont emportées en même temps qu'elle dans les jus de diffusion.

On a essayé d'éviter cette source d'impuretés en employant des fours à foyers latéraux. Le coke brûle dans quatre foyers qui sont répartis sur la périphérie inférieure du four ; les gaz chauds sortant du foyer sont répartis dans le four par des carneaux qui sont pratiqués dans la paroi. Quant aux cendres du coke, elles tombent dans le cendrier du foyer, mais restent séparées de la chaux. Ces fours sont très séduisants en principe ; mais, en pratique, ils ont une marche assez capricieuse et donnent souvent lieu à des « incuits ». Ils ne sont guère employés dans l'industrie.

3° *Fours à foyer gazogène.* — Il n'en est pas de même des fours à foyer gazogène qu'on rencontre déjà dans beaucoup de fabriques aussi bien en France qu'à l'étranger. Leur construction repose sur le principe suivant : on brûle du combustible dans une quantité insuffisante d'oxygène et en présence de vapeur d'eau. Il se forme un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène, mélange éminemment combustible qui est conduit ensuite dans le four où il est réparti aussi uniformément que possible. Grâce à l'air appelé par la partie inférieure du four, il subit la combustion et produit la chaleur nécessaire à la décomposition du calcaire.

Le foyer est pourvu d'une grille inclinée ou horizontale sur laquelle on fait tomber le combustible par une ouverture supérieure.

Il est fermé par une porte qui permet de limiter l'arrivée de l'air. Un dispositif permet d'envoyer de l'eau ou de la vapeur d'eau dans le foyer.

Une fois le four en marche, si l'on emploie un combustible renfermant des matières volatiles, il y a dans la couche de charbon qui repose sur la grille trois zones qui sont, en allant de bas en haut :

a. *La zone de combustion ou d'oxydation*, au contact

de la grille ; là, le charbon brûle et donne de l'acide carbonique, tandis que l'eau se vaporise.

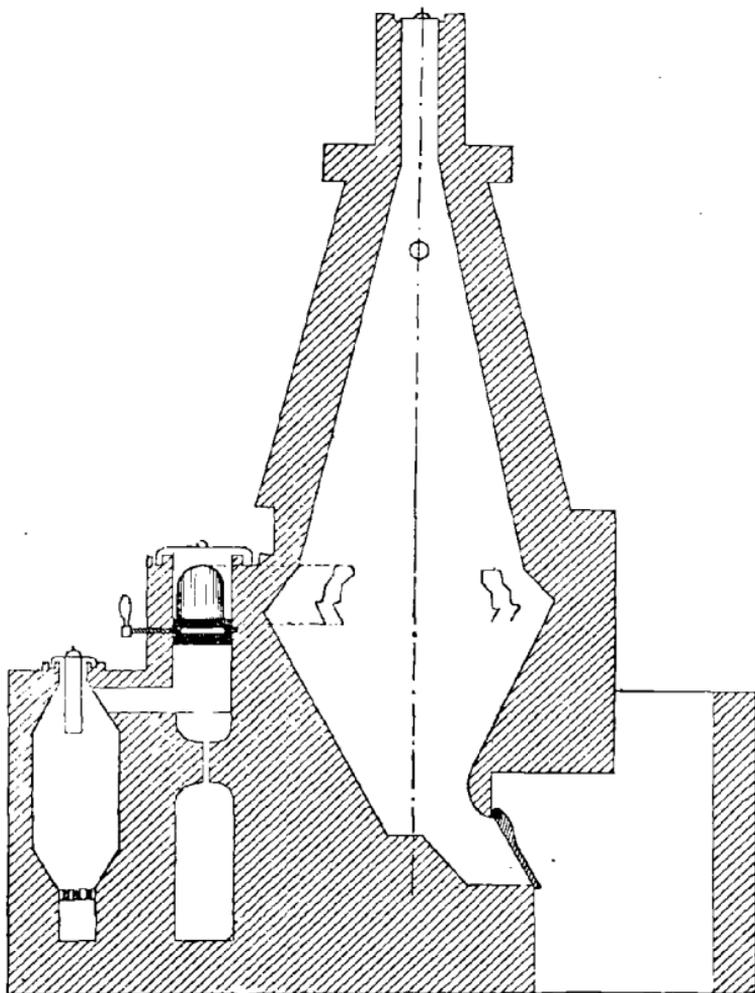
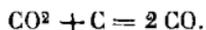


Fig. 45. — Four Steinmann.

b. La zone de réduction : l'acide carbonique et la vapeur d'eau, au contact du charbon incandescent, sont réduits et

donnent respectivement de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène :



c. *La zone de distillation* : elle n'existe pour ainsi dire pas quand on emploie du coke ; elle est plus importante quand on a affaire à des charbons contenant des matières volatiles. En tout cas, les gaz qui s'en dégagent sont aussi très combustibles.

C'est donc le mélange de ces trois gaz : oxyde de carbone, hydrogène et matières volatiles, qui est entraîné dans le four proprement dit.

La mise en route a lieu comme avec un four ordinaire ; une fois qu'elle est réalisée, on met en marche le foyer gazogène. La température élevée du four suffit pour enflammer les gaz combustibles.

Les fours à gazogène sont de types assez divers : nous citerons seulement le four Heurtey et Fichet, le four Hignette (fig. 44) et le four Steinmann (fig. 45).

Outre l'avantage qu'ils présentent de séparer les cendres du coke de la chaux, les fours à gazogène permettent aussi des économies de combustible. On peut s'en rendre compte en comparant entre elles les exigences en coke de chacun des trois systèmes de four :

Four ordinaire..	10	de coke à 44	kg. par Hl p. 100	de calcaire.	
Four à foyers latéraux.....	15	—	—	—	—
Four à gazogène.	8	—	—	—	—

Nous estimons qu'il n'est pas nécessaire de recourir au foyer gazogène pour obtenir de bonne chaux et de bon gaz.

Le four Khern ou l'ancien four modifié peuvent donner de très bons résultats si l'on emploie du bon coke et du bon calcaire.

Laveurs à gaz. — Ils se placent entre le four et la

pompe à gaz. Ils ont pour but d'arrêter les poussières qui

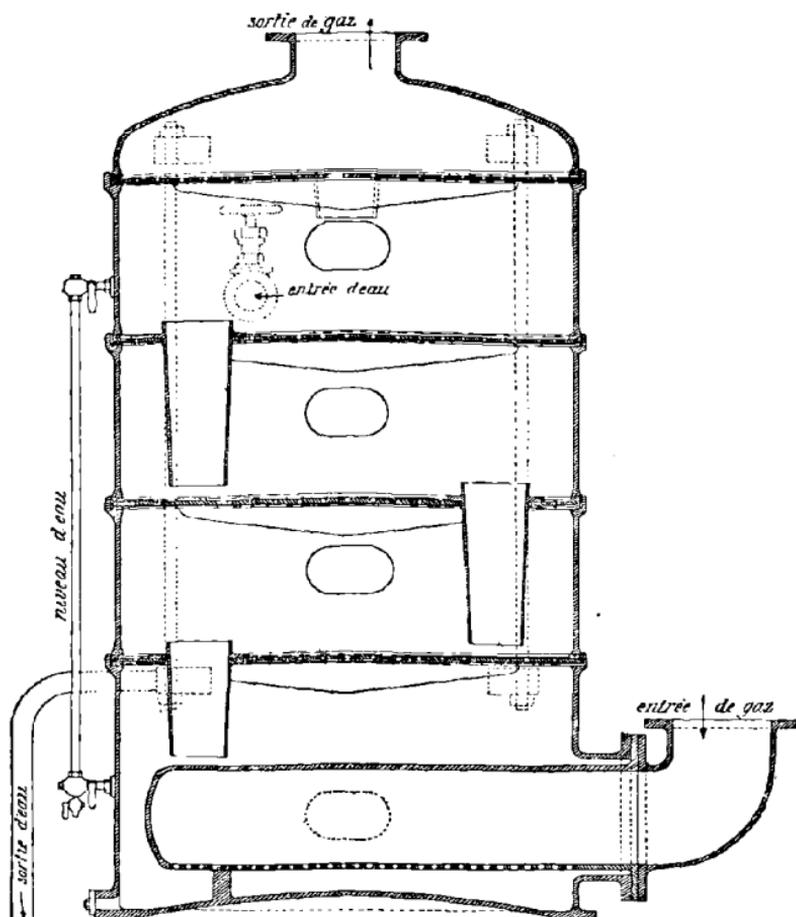


Fig. 46. — Laveur (Anciens établissements Caill).

sont entraînées par les gaz sortant du four et de refroidir ces derniers.

Les laveurs (fig. 46) se composent généralement d'un cylindre qui reçoit de l'eau froide à sa partie supérieure,

et les gaz à la partie inférieure. L'eau et les gaz circulent en sens contraire.

A cause de l'aspiration produite par la pompe, il y a un léger vide dans le laveur; voilà pourquoi le tuyau d'échappement de l'eau doit se terminer en siphon. La différence de hauteur des deux branches doit être au moins égale au vide exprimé en colonne d'eau.

Pour éviter qu'il n'y ait pas d'eau aspirée en même temps que les gaz, on place à la suite du laveur un bac intermédiaire dans lequel l'eau s'arrête. Ce bac débouche à l'extérieur par un tube à siphon qui élimine l'eau au fur et à mesure qu'elle est captée au passage.

Nous avons déjà dit qu'il est presque toujours impossible de retenir les chlorures et les sulfates alcalins par un simple lavage à l'eau.

Pompes à gaz carbonique. — Elles sont destinées à aspirer les gaz venant du four à chaux et à les refouler dans les chaudières de carbonatation.

Étant donné le but du travail que nous faisons, nous ne pouvons entrer dans les détails de construction, pas plus que dans les calculs à faire pour établir les dimensions de ces pompes.

Nous dirons seulement qu'elles appartiennent à deux types principaux : la pompe à clapets et la pompe à tiroirs (fig. 47 et 48).

Elles peuvent d'ailleurs être construites de la même façon que les pompes à vide, et nous y reviendrons au chapitre de l'évaporation.

3° Fours à soufre.

L'acide sulfureux employé dans les usines pour la sulfitation des sirops, des jus ou des égouts s'obtient soit en brûlant du soufre, soit en brûlant des pyrites (on sait que ces dernières sont formées surtout de sulfure de fer). La combustion du soufre s'effectue dans des fours

où l'on fait arriver, par compression ou aspiration, de l'air

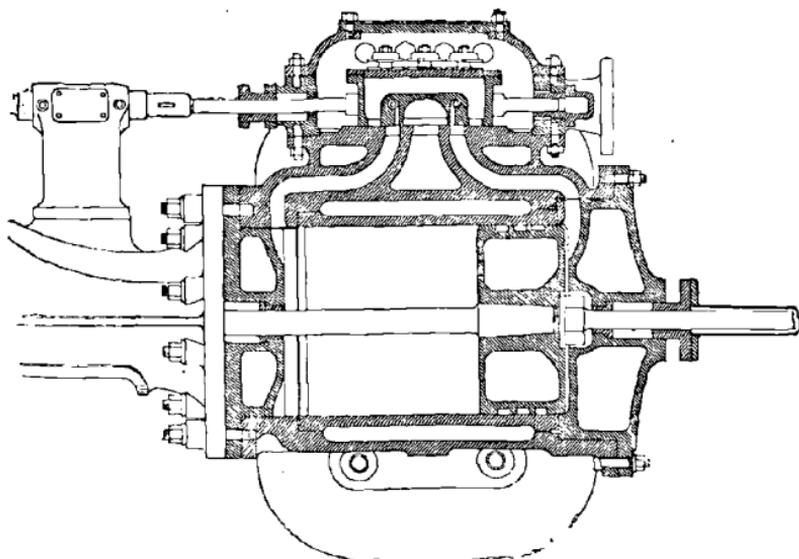


Fig. 47. — Pompe à acide carbonique (Mollet-Fontaine, à Lille).

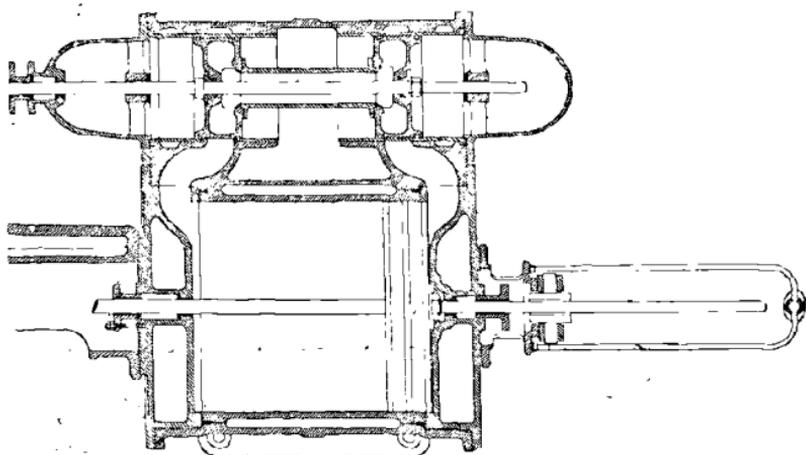


Fig. 48. — Pompe à gaz carbonique (Mollet-Fontaine).

séché au préalable en passant sur de la chaux vive. Les

gaz de la combustion sont d'abord refroidis par un manchon à circulation d'eau froide, puis ils se rendent par un tuyau en plomb dans un laveur. De là, ils vont aux chaudières à sulfiter.

Les principaux fours employés dans l'industrie sont les suivants :

1° *Le four Vivien et Messian.* — Le four, de section rectangulaire, renferme une coupelle où l'on met le soufre. Il est placé à la partie supérieure d'un cylindre dans lequel on introduit le liquide laveur : eau ou lait de chaux. Il est fermé en avant par une porte qu'il faut ouvrir à chaque chargement. Le tuyau de dégagement est entouré du manchon réfrigérant ; l'eau froide qui s'échappe de ce dernier s'écoule dans une sorte de cuvette qui forme la partie supérieure du four et en refroidit constamment les parois. Quant à l'air nécessaire à la combustion, il est refoulé dans le four par un compresseur et il se sèche en traversant une colonne de chaux vive. On distribue l'acide sulfureux aux postes où l'on en a besoin par des tuyaux en plomb.

2° *Le four Lacouture* (fig. 49). — Il se compose des mêmes organes que le précédent, mais ces organes sont placés différemment les uns par rapport aux autres. Le four est horizontal, la coupelle peut rouler sur galets ; la porte est en avant et doit s'ouvrir également à chaque chargement. Le manchon et la cuvette de réfrigération sont traversés comme précédemment par le tuyau de dégagement des gaz de la combustion.

Le sécheur d'air se compose d'une sorte d'armoire à tiroirs contenant de la chaux qu'on peut remplacer étage par étage. C'est la chaux de l'étage inférieur qui s'éteint le plus vite.

3° *Le four Vonhoff.* — Il ne diffère guère du précédent, quant au principe, que par la porte de chargement qui est double et qui empêche les fuites de gaz sulfureux au moment où l'on introduit le soufre. Ces deux portes sont placées l'une au-dessus de l'autre. On ouvre d'abord la

porte supérieure ; puis, quand on a mis la charge de soufre, on la ferme et l'on ouvre la porte inférieure. Le soufre tombe directement dans le four.

4° *Le four Quarez* (fig. 50). — Il comporte les mêmes organes que les précédents ; seulement, l'air arrive par

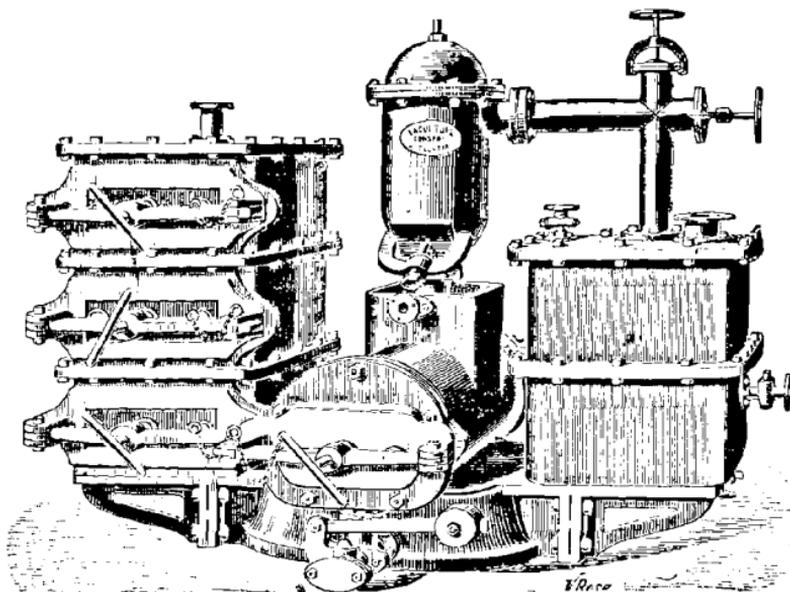


Fig. 49. — Four Lacouture à Saint-Quentin (Voy. p. 132).

aspiration grâce à une trompe qui est actionnée par le jus à sulliter.

5° *Fours à pyrite*. — La pyrite est un minéral contenant du sulfure de fer et qui livre l'unité de soufre dans les meilleures conditions de bon marché. Pour obtenir le gaz sulfureux, on grille la pyrite dans des fours spéciaux composés de plusieurs étages que la pyrite parcourt de haut en bas, l'air circulant de bas en haut. Les gaz, au sortir du four, passent dans deux laveurs en plomb où l'on fait circuler de l'eau.

Quel que soit le four que l'on emploie (à soufre ou à

pyrite), les gaz qui s'en échappent renferment toujours de l'acide sulfurique, qu'il est bien difficile de retirer par un lavage à l'eau. D'après des essais récents, il semble bien qu'on puisse les en purger en les faisant passer à tra-

vers du sable. Ce serait un grand progrès, car l'acide sulfurique est un grand destructeur de sucre. Nous étudions la question.

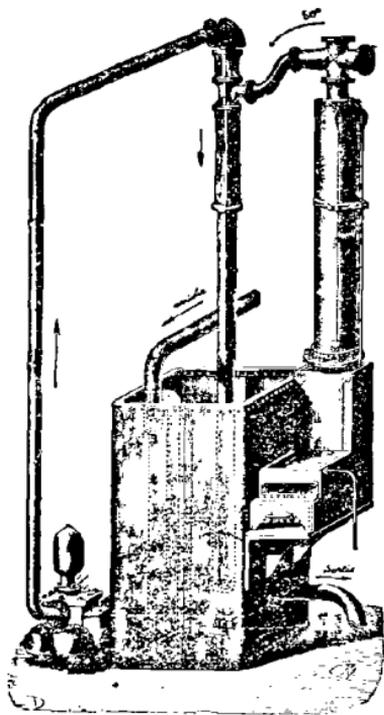


Fig. 50. — Procédé de sulfitation continue des sirops et des égouts. système Quarez [Maguin, à Charnies (Aisne)].

Chaudières à sulfiter. — Elles sont de construction très simple. Elles consistent en un bac généralement cylindrique dans lequel l'acide sulfureux arrive par barbotage, amené par des tuyaux en plomb. On y installe quelquefois un serpentín ; il est toujours à recommander d'y mettre un agitateur, pour empêcher un contact prolongé de l'acide sulfureux avec la même partie de jus.

Le four Quarez ne comporte pas de chaudière à sulfiter proprement dite ; la sulfitation se fait dans la trompe même. A la partie inférieure de celle-ci se trouve un bac d'où le jus est aspiré par une pompe et d'où il s'écoule, sulfité à point, par un trop-plein.

VIII. — ÉVAPORATION DES JUS.

L'évaporation a pour but de transformer les jus de dernière saturation qui accusent 10 à 12 p. 100 de sucre en sirops à 25° ou 30° B. qui renferment 45 à 50 p. 100 de sucre. Elle est généralement effectuée dans des appareils marchant sous pression réduite et dont la construction repose sur les lois suivantes :

1° Un liquide bout toujours à la même température quand la pression extérieure reste la même, et cette température est la température à laquelle la tension maximum de sa vapeur est égale à la pression extérieure.

Si celle-ci augmente, la température d'ébullition s'élève, et inversement.

Ainsi l'eau pure bout à 100° sous la pression de 760 millimètres.

Elle bout à 120° sous la pression de 1491^{mm},28.

Elle bout à 50° sous la pression de 91^{mm},982 ;

2° Une solution aqueuse, saline ou sucrée bout toujours à une température plus élevée que l'eau pure placée dans les mêmes conditions, mais la température de la vapeur est la même dans les deux cas ;

3° Pour un même sel dissous ou pour un même groupe de substances dissoutes, la différence entre la température de la solution bouillante et la température de la vapeur émise par cette solution va en augmentant à mesure que la concentration augmente ;

4° Quand une enceinte fermée à températures inégales contient de la vapeur, il se produit une distillation de celle-ci, de la partie la plus chaude vers la partie la plus froide, et l'équilibre n'est établi qu'au moment où la vapeur possède dans toutes les parties la tension maximum correspondant à la température la plus basse.

Cet équilibre n'est jamais obtenu, mais tend à se réaliser sans cesse quand, parallèlement à la condensation,

il se produit, sans interruption, une arrivée de vapeur nouvelle. On fait l'application de ce principe pour produire le vide dans les appareils d'évaporation. Une simple injection d'eau froide suffirait pour abaisser beaucoup la pression, si l'eau envoyée au condenseur et le jus ne renfermaient en dissolution des gaz qui doivent être éliminés par une pompe à air ;

5° Quand un liquide est en ébullition, la température est toujours plus élevée dans les couches inférieures que dans les couches supérieures du liquide ;

6° La chaleur totale de vaporisation comprend deux parties : la chaleur d'échauffement qui porte le liquide jusqu'au point d'ébullition, et la chaleur latente de vaporisation qui transforme le liquide bouillant en vapeur à la même température. La chaleur totale de vaporisation L est représentée par la formule de Regnault :

$$L = 606,5 + 0,305 t,$$

dans laquelle t représente la température.

Il s'ensuit que :

A 60° la chaleur totale est.....	624,8
99° — —	636,7
142°,8 — —	650
158° — —	654,7

Inversement, la chaleur latente de vaporisation est égale à la chaleur totale diminuée de la chaleur d'échauffement :

A la température de 60° elle est.....	564,7
— — 119°,6 —	526,6
— — 132°,8 —	513,2
— — 169°,5 —	486,7

En d'autres termes, si nous admettons que les « retours » possèdent la même température que la vapeur dont ils proviennent, le nombre de calories que peut fournir, pour

le chauffage, 1 kilogramme de vapeur arrivant dans un espace séparé du liquide à chauffer diminue à mesure que la température s'élève ;

7° Quand la vapeur effectue un travail, il se produit, aux dépens de sa chaleur latente, la disparition de 1 calorie par 424 kilogrammètres ;

8° Quand de la vapeur saturante se détend sans être en communication avec son liquide générateur, il se produit, aux dépens de sa chaleur latente, un certain travail qui provoque une condensation. C'est une perte de force motrice, car l'eau n'a pas de force élastique ;

9° Il se produit toujours des pertes par rayonnement et par convection. Cette dernière perte est due à ce fait que l'air entourant les tuyaux à jus ou à vapeur se renouvelle sans cesse parce qu'il s'échauffe. Il emporte de la chaleur avec lui, et cela en quantités d'autant plus grandes que le renouvellement de l'air est plus rapide.

La quantité d'eau à évaporer par 100 kilogrammes de betteraves peut se calculer de la manière suivante :

Supposons un jus renfermant :

Eau	88,8
Sucre.....	10,50

Nous voulons le transformer par l'évaporation en un sirop à 27° B. renfermant :

Eau.....	48,7
Sucre.....	48,1

On peut écrire, si l'on admet 125 kilogrammes de jus de dernière saturation par 100 kilogrammes de betteraves et si l'on représente par x le poids du sirop obtenu :

$$125 \times 10,5 = x \times 48,1,$$

d'où

$$x = 27^{\text{kg}},286 \text{ de sirop,}$$

d'où quantité d'eau à évaporer

$$125 - 27,286 = 97,714,$$

soit par hectolitre de jus :

$$\frac{97,714 \times 100}{125} = 78,171,$$

ou, en chiffre rond, 100 litres d'eau par 100 kilogrammes de betteraves ou 80 litres d'eau par hectolitre de jus épuré.

Appareils d'évaporation. — A l'origine, l'évaporation se faisait dans des chaudières marchant à feu nu ; puis, petit à petit, on les a remplacées par des chaudières chauffées à la vapeur, puis par des chaudières chauffées à la vapeur et fonctionnant sous un vide partiel (Howard).

C'est vers 1830 que Rillieux imagina son appareil à effets multiples.

Supposons une chaudière unique pourvue d'un double fond et en communication avec un condenseur et une pompe à vide. Le liquide bouillira à une température plus faible qu'à l'air libre, mais plus élevée que celle de l'eau de condensation.

Le double fond de cette chaudière pourra servir de condenseur aux vapeurs venant d'une caisse précédente semblable ; mais ce condenseur sera moins puissant que l'eau froide elle-même et la température d'ébullition dans la caisse précédente sera plus élevée que dans la caisse communiquant avec le condenseur. Les mêmes choses se produiront si l'on met de nouvelles caisses en tête de l'appareil. En d'autres termes, le vide va en diminuant de la dernière caisse à la première, et la température d'ébullition suit une marche inverse.

Mais ceci n'est vrai que si le condenseur de chaque chaudière détermine réellement une diminution de pression, ce qui ne peut arriver si l'on n'élimine pas l'air

et les gaz non condensables, qui existent ou se produisent quand on met en marche un appareil et quand on

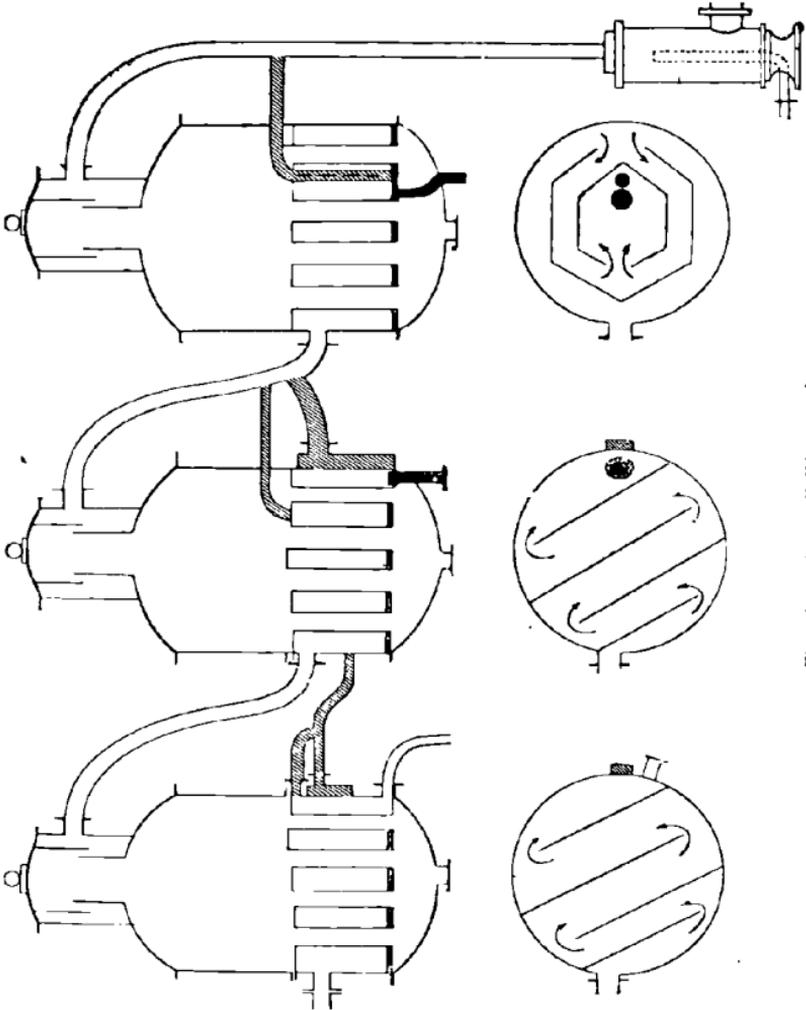


Fig. 51. — Appareil d'évaporation.

chauffe des jus alcalins qui contiennent des matières organiques azotées. La présence de tuyaux extracteurs

de vapeurs ammoniacales ou gaz non condensables est donc nécessaire.

Il faut aussi des tuyaux pour éliminer les « retours » à mesure que la vapeur se condense ; des désucreurs pour arrêter au passage les vésicules sucrées qui pourraient être entraînées par la vapeur ; enfin, un certain nombre d'organes accessoires, tels que : tubes de niveau, robinets d'épreuve, robinets à beurre, manomètres, thermomètres, trou d'homme, etc.

Les *appareils d'évaporation* (fig. 51) les plus répandus en France sont des appareils verticaux à triple, à quadruple et quelquefois à quintuple effet. Ils se composent de caisses cylindriques renfermant un faisceau tubulaire dans lequel arrive la vapeur de chauffe. La première caisse est chauffée soit avec de la vapeur directe, soit avec de la vapeur d'échappement ; la deuxième caisse avec de la vapeur du premier corps ; la troisième caisse, avec de la vapeur de la seconde, etc. La dernière caisse est en communication avec le condenseur et la pompe à vide.

La distribution de la vapeur de chauffe dans chaque faisceau tubulaire se fait différemment suivant les constructeurs ; mais toujours elle comporte un système de chicanes qui obligent la vapeur à se répartir aussi également que possible dans les diverses parties de la chambre de chauffe (fig. 51).

La vapeur produite dans chaque chaudière passe dans un désucreur avant d'arriver dans la chambre de chauffe de la caisse suivante.

D'une manière générale, les désucreurs séparent les vésicules sucrées, soit en obligeant la vapeur de jus à parcourir un chemin sinueux, soit en la faisant passer à travers des tôles perforées, soit en lui offrant un large espace pour la circulation, soit en faisant agir la force centrifuge.

Les désucreurs que l'on rencontre le plus souvent sont :

1° Le *désucreur Robert* ou *brise-mousse* ou ses dérivés (fig. 52); le désucreur Cail, le désucreur Fives-Lille, etc.;

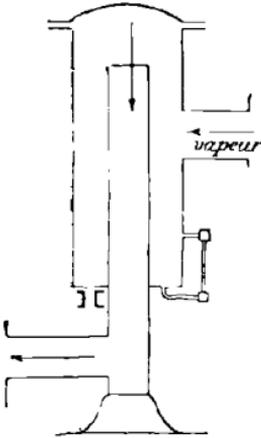


Fig. 52. — Désucreur Robert ou brise-mousse.

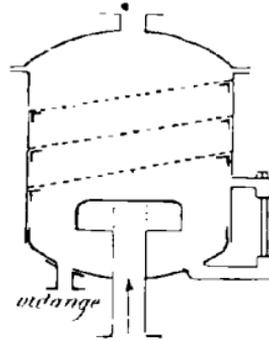


Fig. 53. — Désucreur Hodeck.

tous les trois obligent la vapeur à suivre un chemin contourné;

2° Le *désucreur Hodek* (fig. 53). — C'est un renflement cylindrique de la conduite de vapeur.

Souvent, il contient des tôles perforées. Toujours il produit un ralentissement de marche qui tend à faire tomber les gouttelettes sucrées. Il est placé tantôt verticalement, tantôt horizontalement;

3° Le *désucreur Décluy*, qui consiste en des couches perpendiculaires de tubes parallèles. Il lamine la vapeur et lui offre une surface de contact considérable;

4° Le *désucreur ou récupérateur König* (fig. 54, p. 142);

5° Le *désucreur Bouillaud* ou récupérateur centrifuge. Il se compose d'une turbine à fond supérieur plein, à ailes courbes calées sur un arbre vertical qui tourne

avec une vitesse de 300 tours par minute. Quand la

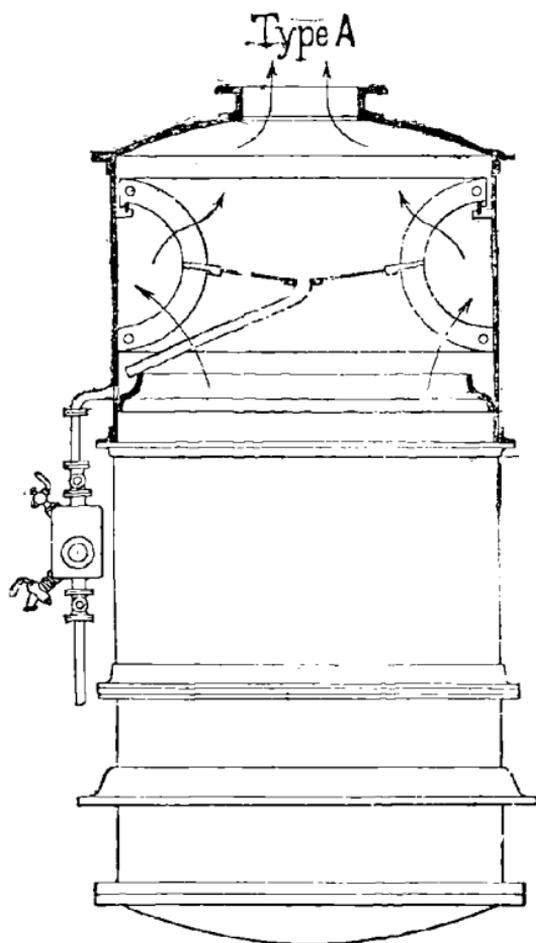


Fig. 54. — Récupérateur König [A. Maguin, à Charmes (Aisne)].

vapeur le traverse, les gouttelettes sucrées sont séparées par la force centrifuge.

Dans tous les cas, le contenu des désucreurs peut rentrer dans la caisse suivante par aspiration ; mais il

vaut mieux, surtout quand il s'agit des désucreurs des dernières caisses, éliminer au dehors ce qu'ils contiennent, et cela pour éviter des fermentations.

Les vapeurs de la dernière caisse sortant du désucreur se rendent directement dans un condenseur recevant de l'eau froide.

La construction des condenseurs est très variable.

On emploie : 1° soit des *condenseurs à injection d'eau froide*. L'eau froide, refoulée par une pompe, pénètre dans le condenseur par un tuyau cylindrique percé de trous sur sa périphérie et jaillit sous forme de pluie, ou bien elle vient buter contre un cône qui forme chapeau à la partie supérieure du tube et elle se répand en nappe conique ;

2° Soit des *condenseurs débourbeurs* qui se composent d'un prisme à base rectangulaire dans lequel on introduit, à des hauteurs différentes, des plaques métalliques percées de lumières longitudinales et rectangulaires. Le tout se ferme en avant.

La vapeur arrive en même temps que l'eau à la partie supérieure et s'en va dans la pompe par la partie inférieure. Ces condenseurs sont surtout employés quand on a des eaux très riches en matières minérales ;

3° Soit des *condenseurs en cascade*. Ils se composent de deux cylindres concentriques dont l'intérieur est pourvu d'un axe qui porte des disques alternant avec des couronnes fixées sur la paroi. L'eau arrive entre les deux cylindres et entre en même temps que la vapeur dans le cylindre intérieur et par la partie supérieure.

Très souvent, on n'effectue pas en une seule fois la condensation des vapeurs et l'on fait de la condensation fractionnée. Quelquefois aussi on n'a qu'un condenseur unique assez puissant pour ne laisser arriver que des gaz non condensables dans la pompe. Celle-ci est alors une pompe à air sèche, et les eaux du condenseur s'échappent par un tuyau *ad hoc* sans traverser la pompe.

Pompes à vide.

Les pompes à vide qu'on rencontre dans les usines sont désignées sous le nom de *pompes humides* et sous le nom de *pompes sèches*.

La pompe humide se compose d'un cylindre où se déplace un piston qui aspire l'eau et la refoule au dehors.

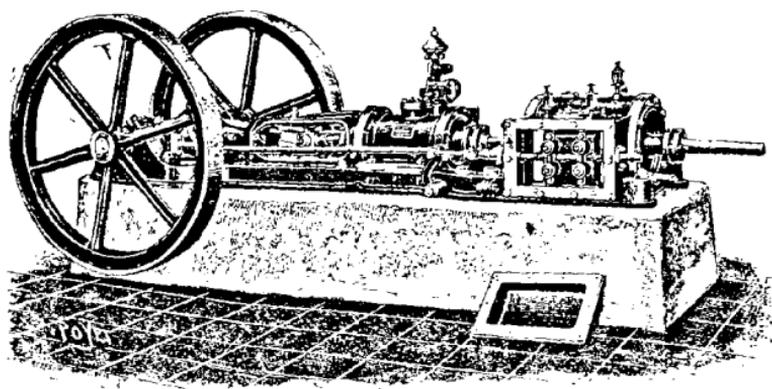


Fig. 55. — Pompe à vide. (Société anonyme de constructions mécaniques de Saint-Quentin).

Elle possède des clapets d'aspiration et des clapets de refoulement (fig. 55).

La pompe sèche n'a à aspirer que les gaz non condensables et une faible quantité d'eau. Elle se compose généralement d'un cylindre avec double tiroir ou avec tiroir à recouvrement, et elle fonctionne en sens inverse de la machine à vapeur.

Élimination des retours.

L'élimination des retours se fait d'une façon différente, suivant qu'on a affaire à des retours sous pression ou à des retours sous un vide partiel. Les retours sous pression sont extraits soit avec une pompe, soit avec une bou-

teille allemande, soit avec un siphon (retours de la vapeur d'échappement).

Les retours sous vide partiel peuvent être éliminés :
 1° *Dans un marais* (le marais est un bac à eau, dans lequel plongent tous les tuyaux d'extraction des retours; la hauteur de la plaque tubulaire inférieure au-dessus de l'eau du marais peut être de 10^m,33 au maximum);

2° *Soit par une pompe*;

3° *Soit par une pompe aidée d'un séparateur* qui communique avec un espace à vide plus grand.

Quel que soit le mode d'élimination des retours, ils servent soit à alimenter les générateurs, soit à faire le lavage des filtres-presses, soit à alimenter partiellement la diffusion.

Élimination des vapeurs ammoniacales.

De la plaque tubulaire supérieure de chaque faisceau chauffeur partent des tuyaux d'élimination des vapeurs ammoniacales qui se rendent dans un tuyau collecteur, lequel débouche dans la chambre de chauffe suivante ou directement dans le condenseur. L'ouverture des robinets d'évacuation doit être juste suffisante pour permettre le passage de tous les gaz non condensables : si elle est trop grande, il peut y avoir des entraînements importants de vapeur; si elle est trop petite, il peut se déposer du carbonate d'ammoniaque dans les parties refroidies, c'est-à-dire dans l'extrémité du tuyau d'eau froide de lavage.

Contre l'attaque des tubes par les vapeurs ammoniacales, on recommande l'étamage.

Mouvement des jus.

Les jus sont envoyés dans la première caisse par une pompe; ils passent de la première dans la seconde en vertu du principe des vases communicants et aussi à cause de la différence de pression. Les sirops sont extraits de la dernière caisse au moyen d'une pompe et quelquefois,

mais de moins en moins, avec un monte-jus. Dans ce cas, le monte-jus se compose d'un bac cylindrique fermé, qui peut être mis en communication et faire vase communiquant avec la dernière caisse. Dès qu'on l'a rempli de sirop, par différence de niveau, on supprime toute communication avec le dernier corps et l'on fait agir de l'air comprimé à la surface du liquide; le refoulement se produit par un tuyau central qui pénètre jusque vers le fond du bac.

A l'heure actuelle, on marche généralement à niveau bas, dans chaque caisse, et, pour que le jus se maintienne toujours à la même hauteur, on peut régler son arrivée dans chaque caisse au moyen de systèmes à flotteur.

Mise en marche de l'appareil d'évaporation.

La mise en route d'un appareil d'évaporation comporte les opérations suivantes :

1° Mettre en marche la pompe à vide et le condenseur. On obtient un vide égal dans les caisses;

2° Introduire du jus dans les caisses en ouvrant les robinets *ad hoc*;

3° Faire arriver la vapeur de chauffe dans le premier corps : au bout de quelques instants, le vide s'abaisse et il devient, pour un triple effet, dans la première, 4 pouces; dans la seconde, 14; dans la troisième, 24. On ouvre de temps en temps les robinets de vapeurs ammoniacales pour éviter qu'une contre-pression se produise dans les chambres de chauffe;

4° Veiller à ce que la hauteur de jus ne soit pas trop grande pendant la marche;

5° Surveiller le désucreur et faire écouler, si besoin, les vésicules sucrées entraînées par le tuyau *ad hoc*;

6° Faire agir de temps à autre la solution de naphтол α sur les retours pour voir s'il y a entraînement de sucre;

7° Peser de temps en temps les sirops pour s'assurer qu'ils ont bien la densité voulue;

8° Mesurer l'arrivée de vapeur de chauffe et régler la marche du condenseur de façon à assurer la marche régulière de l'appareil ;

9° Maintenir les tubes constamment propres, pour que la transmission de la chaleur ne soit pas empêchée par les incrustations.

Quand des rousseurs se produisent, on est quelquefois obligé d'employer du beurre de coco. Il ne faut y avoir recours que dans les cas d'absolue nécessité.

Nous venons de dire qu'il se produit souvent des incrustations sur les tubes des faisceaux tubulaires.

Voici la composition de quelques-unes de ces incrustations (Pellet) :

	1 ^{re} caisse.	2 ^e caisse.	3 ^e caisse.
Humidité et matières organiques.	29,8	26,7	18,6
Silice.....	0,4	23,4	69,80
Oxyde de fer et alumine.....	3,8	9,80	2,80
Chaux.....	46,3	25,8	0,8
Magnésie.....	1,36	0,81	0,8
Acide phosphorique.....	17,10	11,70	traces.

On les fait disparaître par un lavage à l'eau acidulée et suivi d'un lavage à la soude. Quand les caisses ont été remplies d'eau acidulée à l'acide chlorhydrique jusqu'au niveau de la plaque tubulaire supérieure, on fait bouillir jusqu'à ce que les glaces soient claires, puis on élimine l'eau acidulée; on fait le deuxième lavage à la soude, et enfin un troisième à l'eau.

Considérés au point de vue de la construction, les appareils d'évaporation se classent en *appareils verticaux* et *appareils horizontaux*.

Les appareils verticaux sont très répandus en France et en Allemagne; on trouve surtout des appareils horizontaux en Autriche-Hongrie. Les appareils verticaux ne diffèrent entre eux que par quelques détails de construction. Ils répondent assez exactement,

quelle que soit la maison qui les construit, au type général que nous avons décrit plus haut.

Quelquefois, pour activer la circulation, on adapte à chaque caisse une pompe centrifuge qui aspire les jus et les refoule dans la même caisse ou dans la caisse suivante (système Chapman).

Les appareils horizontaux sont généralement composés de caisses à section rectangulaire se terminant vers le haut par une partie demi-cylindrique, et ressemblant, par conséquent, à une malle. Elles sont chauffées au moyen de faisceaux tubulaires horizontaux dirigés suivant la longueur de la caisse. Dans l'appareil Wellner et Jelinek, il y a trois séries de faisceaux de chaque côté de la ligne médiane. La vapeur de chauffe les parcourt d'avant en arrière, puis d'arrière en avant, et enfin d'avant en arrière en restant dans un même plan horizontal.

L'élimination des retours, l'élimination des vapeurs ammoniacales, la circulation des jus se font de la même façon que dans les appareils verticaux.

Il n'y a pas bien longtemps encore, les appareils d'évaporation servaient uniquement à évaporer l'eau des jus. A l'heure actuelle, ils fournissent de la vapeur pour faire les chauffages dans l'usine et la vapeur d'échappement des machines ne suffit plus pour chauffer le premier corps ; on est donc obligé d'employer de la vapeur directe.

C'est ainsi qu'on a été amené à adjoindre au premier corps des caisses supplémentaires (Pauly ou circulateur) qui sont chauffées avec de la vapeur directe.

Pauly. — Le Pauly se rencontre dans la plupart des fabriques allemandes. C'est une caisse verticale tubulaire, construite comme nos caisses d'évaporation et qui reçoit, dans sa chambre de chauffe, de la vapeur directe détendue ou non. On la maintient sous la pression de 0^{atm},7, 1 atmosphère, quelquefois 1^{atm},25. Afin que la température du jus ne dépasse pas la limite qu'on

s'est fixée, le Pauly est muni d'une soupape de sûreté ou bien d'un régulateur de pression. Celui-ci diminue l'arrivée de la vapeur quand la pression de la vapeur de jus tend à devenir excessive et l'augmente quand elle s'abaisse. Le jus ne fait que passer dans l'appareil. Il va ensuite dans le premier corps proprement dit qui est chauffé avec de la vapeur d'échappement. Dans quelques fabriques, le jus qui arrive au Pauly et le jus qui le quitte passent en sens contraire dans une sorte d'échangeur de température. Quelquefois aussi le Pauly envoie de la vapeur au premier corps proprement dit, concurremment avec le ballon d'échappement, mais ce n'est qu'en cas de nécessité. Le Pauly présente l'avantage de donner des vapeurs à température élevée qui n'exigent point, pour produire leur effet, des surfaces de chauffe excessives. La vapeur d'échappement, n'ayant plus qu'à effectuer l'évaporation restante, peut suffire à cette tâche sans posséder une température très élevée. On peut donc diminuer la pression à l'échappement des machines et, par conséquent, augmenter le rendement de celles-ci. Il est bon d'ajouter que le Pauly, en marchant à température élevée, fait courir le risque d'une destruction partielle du sucre.

Tantôt le Pauly est simple, tantôt il est double et ressemble à un double effet.

Circulateur. — Le circulateur est une petite caisse à faisceau tubulaire qui est adjointe au premier corps. Il reçoit de la vapeur directe dans sa chambre de chauffe, et sa chambre à jus communique par la partie supérieure et par l'inférieure avec la chambre à jus du premier corps. Par conséquent, la température d'ébullition du jus est la même dans les deux caisses.

Nous allons montrer par quelques exemples l'intérêt qu'il peut y avoir, au point de vue de la dépense en charbon, à faire des chauffages avec de la vapeur de jus, au lieu de les faire avec de la vapeur directe.

Dans une fabrique, il y a trois causes de dépense de vapeur :

1° La vapeur nécessaire pour les chauffages et les clairçages, abstraction faite de celle qu'exige l'évaporation proprement dite. Il en faut à peu près 55 kilogrammes par 100 kilogrammes de betteraves ;

2° La vapeur exigée pour les machines. Si l'on a des machines à détente, il faut environ 20 kilogrammes de vapeur par 100 kilogrammes de betteraves et il reste autour de 16 kilogrammes de vapeur d'échappement ;

3° La vapeur exigée par l'évaporation proprement dite. Si l'on admet que la vapeur d'échappement a 112°, que la vapeur émise par le dernier corps est à 60°, que la chute totale de température se répartit également entre les différents corps, on trouve, en tablant sur les formules de Regnault, que :

1 kg de vapeur vaporise....	0 ^{kg} ,96	d'eau en simple effet.
1 — — — ...	1 ^{kg} ,90	— en double effet.
1 — — — ...	2 ^{kg} ,85	— en triple effet.
1 — — — ...	3 ^{kg} ,79	— en quadruple effet.
1 — — — ...	4 ^{kg} ,72	— en quintuple effet.

Supposons maintenant une usine soutirant 110 litres de jus par 100 kilogrammes de betteraves et poussant l'évaporation jusqu'à 30° B. Si elle ne fait aucun chauffage par la vapeur de jus, la quantité théorique de vapeur qu'elle consomme par 100 kilogrammes de betteraves est :

Avec un triple effet.....	92 ^{kg} ,33
— quadruple effet.....	84 kilos.
— quintuple effet.....	79 —

Si elle chauffe, avec de la vapeur directe, la diffusion, la dernière carbonatation, les sirops et les deux tiers des cuites, les autres postes recevant de la vapeur du premier corps, la dépense théorique en vapeur sera :

Avec un triple effet, de.....	83 ^{kg} ,4
— quadruple effet, de.....	77 ^{kg} ,3
— quintuple effet, de.....	73 ^{kg} ,64

Supposons enfin que la même fabrique chauffe tous les postes avec la vapeur de jus, les deux tiers des cuites, la dernière carbonatation, les jus et sirops, la cuite des égouts recevant de la vapeur du premier corps et les autres postes étant chauffés avec le deuxième corps, la dépense en vapeur sera :

Avec un quadruple effet pourvu d'un circulateur...	63 ^{kg} ,25
— — — précédé d'un Pauly simple..	65 ^{kg} ,60
— — — — — double..	61 ^{kg} ,66

Assurément, ces résultats n'ont qu'une valeur comparative ; mais ils permettent de voir que tel système d'évaporation ou de chauffage est supérieur à tel autre. Ils permettent aussi quelques conclusions qu'il est bon de mentionner :

1° Il est avantageux, au point de vue de la dépense en charbon, de faire le plus de chauffages possibles avec de la vapeur de jus, et l'avantage absolu est d'autant plus grand qu'on emploie des vapeurs à numéro d'effet plus élevé ;

2° Le meilleur appareil d'évaporation, au point de vue théorique, est celui qui envoie le moins de vapeur au condenseur ;

3° La quantité de vapeur vers laquelle tend l'appareil parfait, sans pouvoir l'atteindre, est représentée par la vapeur qu'exigent les chauffages, les machines et les clairçages, soit 59 dans l'exemple choisi ;

4° Si l'on admet une production de 8^{kg},5 de vapeur par kilogramme de charbon dépensé, la consommation théorique de charbon, pour l'exemple précité, serait de 70 kilogrammes. Dans la pratique, il y a toujours des pertes par rayonnement, par les vapeurs ammoniacales, etc., et à l'heure actuelle il y a bien peu d'usines qui arrivent au chiffre de 70 kilogrammes.

Quoi qu'il en soit, dans l'état actuel de nos connaissances, l'appareil d'évaporation qui paraît le plus avan-

tageux est le quadruple effet complété par un circulateur ou un Pauly. Le premier corps, qui est maintenu à 107°-108°, chauffe une partie des cuites, la dernière carbonatation, le jus avant son entrée dans le premier corps,

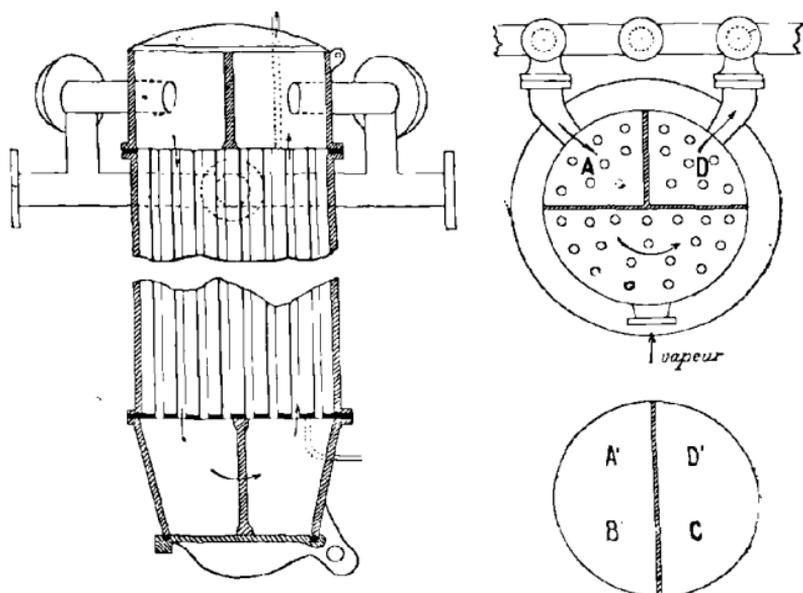


Fig. 56. — Réchauffeur.

les sirops avant filtration. Les vapeurs du dernier corps chauffent partiellement le jus de diffusion, avant carbonatation et l'eau allant à la diffusion. On chauffe les autres postes avec des vapeurs du deuxième corps.

Quant au chauffage du jus, il est réalisé par l'intermédiaire de réchauffeurs à plusieurs circulations (fig. 56).

IX. — ÉPURATION ET FILTRATION DES SIROPS.

Ainsi qu'on a pu le voir, les sirops ont une concentration qui est à peu près cinq fois plus grande que celle des

jus dont ils proviennent. Leur alcalinité devrait donc être aussi cinq fois plus grande. En réalité, il n'en est pas ainsi, parce qu'il y a des pertes qui se produisent à l'évaporation. Ces pertes sont attribuables à plusieurs causes :

1° A l'action des alcalis sur les matières organiques azolées que contiennent les jus ;

2° A l'action de la chaleur sur le sucre ;

3° A des fermentations qui se produisent souvent, surtout dans les dernières caisses, et qui sont d'autant plus à craindre que le sirop est moins concentré et que la température est plus basse. De sorte que, si l'on part d'un jus de dernière carbonatation renfermant 0^{sr},25 d'alcalinité par litre, il n'en reste guère que 1 gramme par litre de sirop. Souvent même, et cela se produit surtout en fin de campagne, la perte d'alcalinité est plus grande et les sirops n'accusent que 0^{sr},4-0^{sr},5 d'alcalinité par litre à la sortie du dernier corps.

On a préconisé de nombreux modes d'épuration des sirops. Nous nous contenterons de signaler :

1° Le *procédé Francès et Mercier*, qui comporte l'emploi de phosphate acide de baryte ou de phosphate acide de chaux ;

2° Le *procédé Aulard*, qui comporte l'emploi de baryte et la sulfitation ;

3° Le *procédé Ranson*, qui consiste en somme à faire agir sur les sirops de l'acide hydrosulfureux, obtenu en faisant une sulfitation en présence de zinc ou d'étain ;

4° Le *procédé Besson*, d'après lequel les jus sont évaporés en présence d'aluminium en poudre impalpable, et les sirops soumis à une sulfitation simple ou à une sulfitation ammoniacale ;

5° La sulfitation pure et simple ou la sulfitation après addition de chaux sous forme de lait.

De tous ces modes d'épuration, c'est le dernier qui est le

plus en vigueur aujourd'hui. On le pratique en faisant barboter dans le bac à sirop les gaz venant du four à soufre.

Pour éviter les chances d'inversion, on fait la sulfitation à la température même du sirop et l'on entretient dans le bac un mouvement énergique au moyen d'un agitateur mécanique. Les chaudières à sulfiter décrites à propos de l'épuration des jus peuvent servir également pour la sulfitation des sirops. Le point d'arrêt de la sulfitation dépend de la prédisposition qu'ont les jus à perdre leur alcalinité par le chauffage. Il faut qu'il reste toujours de l'alcalinité dans les produits finaux. Le plus souvent, on peut sulfiter sans danger jusqu'à 0^{sr},10 et même 0^{sr},05 d'alcalinité par litre à la phthaléine.

Si les sirops n'ont qu'une faible alcalinité à la sortie de la dernière caisse, on leur ajoute un peu de chaux sous forme de lait et l'on fait la sulfitation comme il vient d'être dit.

Dans beaucoup d'usines, on sulfite entre les deux dernières caisses; on évite ainsi une bonne partie des dépôts qui se produisent dans la dernière et, comme le demi-sirop est moins visqueux, il y a moins de danger d'inversion et plus de facilité de filtration.

Une fois la sulfitation terminée, on chauffe les sirops jusqu'à 85°-90° C., pour que les réactions entre les sulfites et les sels de chaux se produisent plus rapidement. On filtre ensuite.

Les filtres que l'on emploie le plus souvent sont le filtre à escargot, le filtre Philippe (fig. 43), le filtre Danek, le filtre à sable, le filtre-presse Quarez. Ce dernier est un filtre à plateaux recouverts de toiles. Le sirop arrive entre les plateaux et s'écoule par des robinets inférieurs. Si l'on mélange du *kieselguhr* (variété de silice) au sirop avant son entrée dans le filtre, il se forme entre les toiles un tourteau qui, à la rigueur, peut être lavé à la façon ordinaire, mais qui peut être aussi rentré dans le travail.

Nous avons dit que, pendant l'évaporation, il y a diminution d'alcalinité et destruction de sucre, soit par la chaleur, soit par des fermentations. Ajoutons qu'il y a aussi augmentation de la coloration. Les pertes de sucre, de même que la coloration, augmentent avec le degré d'alcalinité, toutes choses étant égales d'ailleurs. Elles sont minima quand le jus approche de la neutralité.

Pendant l'évaporation, il se dépose aussi, ainsi que nous l'avons dit, des substances minérales dans les caisses, de sorte que les sirops ne possèdent pas la même pureté ni le même quotient salin que les jus dont ils proviennent.

D'une manière générale, on peut se rendre compte des pertes de sucre dues à l'action de la chaleur ou à l'action des ferments, ou à la sulfitation, en faisant le rapport des *matières organiques* aux cendres. Ce rapport augmente quand il y a perte de sucre par voie de transformation.

Pour les produits normaux, il est généralement compris entre 1,63 et 1,8. Si les jus ont été mal épurés et qu'il se produise des dépôts minéraux dans les caisses d'évaporation ; si, pendant la cuite et le malaxage, le sucre précipité entraîne avec lui des substances salines, ce même rapport peut aussi augmenter.

Inversement, il diminue si l'on ajoute du carbonate de soude, par exemple, à l'un des postes de la fabrication.

Pour terminer, nous ajouterons que, s'il y a destruction de sucre, la pureté diminue plus vite que le quotient salin. Supposons, par exemple, un produit accusant :

45 p. 100 de sucre ;
 10 — de cendres ;
 18 — de matières organiques ;
 Une pureté de 61,6 ;
 Et un coefficient salin de 4,5 ;

la destruction ou la transformation peuvent s'effectuer sans qu'il y ait changement notable de l'extrait sec ; il y

a même augmentation de celui-ci quand le sucre s'invertit; mais nous n'en tiendrons pas compte.

En admettant que la chaleur ou l'acide sulfureux décomposent une partie de sucre, nous aurons :

$$\text{Pureté} = \frac{45 - 1}{73} = 60,27.$$

$$\text{Quotient salin} = \frac{45 - 1}{10} = 4,4.$$

Il y a donc abaissement de 1,33 pour la pureté et de 0,1 pour le quotient salin. Ceci n'est qu'une simple question d'arithmétique.

Dans ce que nous venons de dire, nous avons eu en vue l'extrait réel et la pureté réelle; mais, étant donnée la multiplicité des tables françaises qui établissent la concordance entre le poids spécifique et l'extrait apparent, étant donné aussi que certaines de nos tables donnent des chiffres trop forts, surtout pour les faibles densités, on peut avoir un produit à faible pureté apparente et à quotient salin relativement élevé, sans qu'il y ait pour cela destruction de sucre. La comparaison des puretés apparentes et des quotients salins ne peut fournir d'indications que si l'on emploie toujours la même table. A cet égard, il est à désirer qu'on fasse l'unification des tables françaises.

X. — CUITE ET MALAXAGE.

A l'origine, la cuite n'était que la continuation de l'évaporation; depuis qu'on fait la cuite en grains définie plus loin, elle est à la fois une opération d'évaporation et une opération de cristallisation à chaud.

Si l'on part d'un sirop à 30° B. contenant environ 59 p. 100 de sucre, pour arriver à une masse qui en contienne autour de 85 p. 100 avec 7 p. 100 d'eau, la

quantité d'eau à évaporer pour 100 kilogrammes de sirop est

$$100 - \frac{50 \times 100}{85} = 41^{\text{k}6,2},$$

soit

$$\frac{41,2 \times 27,286}{100} = 11^{\text{k}5,24} \text{ pour 100 kilos de betteraves,}$$

puisqu'on obtient autour de 27 kilogrammes de sirop par 100 kilogrammes de betteraves.

Au sujet de l'évaporation jusqu'à saturation et cristallisation, nous rappellerons les lois suivantes :

1° A 20°, 1 partie d'eau dissout environ 2 parties de sucre ; à 90°, elle en dissout environ 4 parties ;

2° Sous pression constante, la température d'ébullition d'une solution sucrée est toujours plus élevée que celle de l'eau pure placée dans les mêmes conditions.

Ainsi, sous la pression de 760 millimètres, une solution pure contenant

67,25 p. 100 de sucre en poids bout à.....	104°,5
82,90 — — — —	112°,5

3° Quels que soient le vide ou la pression, il y a une différence constante entre la température d'ébullition d'une même solution sucrée et la température d'ébullition de l'eau distillée placée dans les mêmes conditions ;

4° La différence entre ces deux températures va en augmentant à mesure que la concentration augmente ;

5° La présence de non-sucre dans la solution sucrée augmente la solubilité du sucre d'une quantité d'autant plus grande qu'il y a plus de non-sucre et que la température est plus élevée. (Voy. les tables de Claasen et de Fradiss.)

Ces lois permettent de définir ce qu'est la cuite au point de vue physique.

Pousser l'évaporation jusqu'à déterminer dans la

masse l'apparition de cristaux, faire grossir les cristaux en alimentant l'appareil avec du sirop, c'est faire une cuite en grains.

Pousser l'évaporation à chaud jusqu'à obtention d'une solution sursaturée et ne pas chercher à faire cristalliser la masse par l'évaporation, c'est faire la cuite au filet.

Dans la pratique, on fait toujours la cuite en grains pour les sirops vierges ou de premier jet; autrefois, on faisait la cuite au filet des bas produits. Depuis quelques années, on tend à faire la cuite en grains de tous les produits : sirops et égouts.

La cristallisation ne se fait pas aussi facilement avec les sirops de fabrique qu'avec les solutions sucrées pures; car les premiers renferment toujours des substances minérales ou organiques qui augmentent la viscosité du milieu et rendent plus difficile l'attraction des molécules sucrées autour des cristaux déjà existants. On y remédie en partie, soit en faisant des filtrations nombreuses et soignées, soit en agissant sur la viscosité et l'alcalinité par la sulfitation, soit en rapprochant constamment et par l'agitation les molécules sucrées des centres d'attraction, soit en faisant de la cristallisation à chaud, soit en maintenant l'égout mère en faible sursaturation.

Les appareils dans lesquels on prépare la masse cuite sont désignés sous le nom d'*appareils à cuire*. On peut dire qu'ils sont toujours en communication avec un condenseur et une pompe à air; ils marchent donc sous pression réduite.

Tantôt ils ont la forme cylindrique, verticale ou horizontale; tantôt ils ont l'aspect d'une caisse rectangulaire, arrondie en un demi-cylindre à la partie supérieure.

L'appareil de chauffage est tantôt un serpentín, tantôt des tubes en lyre, tantôt un faisceau tubulaire avec vapeur à l'intérieur ou à l'extérieur, tantôt un faisceau tubulaire Witkowicz.

On emploie pour faire les chauffages, soit de la vapeur directe, soit de la vapeur d'échappement, soit de la vapeur de jus.

Dans ce dernier cas, il faut que les appareils de chauffe permettent l'élimination des vapeurs ammoniacales ; on ne peut donc employer que le faisceau tubulaire ou le faisceau Witkowicz ou les tubes en lyre, mais non les serpentins.

L'extraction des retours a lieu comme pour l'appareil d'évaporation.

Les sirops sont appelés dans l'appareil par aspiration. Quelquefois ils pénètrent jusqu'au milieu de la masse par le tuyau même qui les amène ; d'autres fois ils sont répartis à différentes hauteurs et en différents endroits de l'appareil par un système d'ajutages fonctionnant comme des injecteurs (système Delavierre). Il est bon d'entretenir la masse en continuelle agitation de façon à renouveler souvent les parties liquides qui sont en contact avec les cristaux. On arrive, par ce moyen, à un épuisement plus rapide et plus régulier de l'égout mère.

Les vapeurs issues de la cuite passent dans un désucreur avant d'arriver au condenseur.

Tous les appareils à cuire sont pourvus de certains organes accessoires, mais cependant indispensables, qui sont les suivants :

1° *Deux manomètres* : l'un indiquant le vide et, par conséquent, la température de la vapeur émise par la masse ; l'autre, la pression de la vapeur de chauffe ;

2° *Un thermomètre* qui plonge dans la masse cuite ;

3° *Un robinet à beurre* ;

4° *Un robinet à air* qui se prolonge dans l'intérieur jusqu'à la partie supérieure de l'appareil et qui sert à « casser » le vide avant la coulée de la masse cuite ;

5° *Un tuyau d'amenée* pour le sirop et un pour les égouts ;

6° *Un trou d'homme* ;

- 7° Une porte de vidange qu'on peut ouvrir avec un levier ;
 8° Une soupape pour commander l'arrivée de l'eau dans le condenseur ;
 9° Des soupapes pour commander l'arrivée de la vapeur de chauffe ;
 10° Un robinet à vapeur et un robinet à eau pour nettoyer l'intérieur de l'appareil quand la masse cuite vient de sortir de celui-ci.

Bien qu'on ne puisse décrire dans tous ses détails l'opération de la cuite, qui est surtout une question de pratique, nous voulons cependant donner à ce sujet quelques indications générales.

La cuite en grains se fait de la manière suivante :

- 1° Mettre en route la pompe à air et ouvrir l'arrivée d'eau dans le condenseur ;
 2° Faire arriver du sirop dans l'appareil, par aspiration, jusqu'au-dessus du premier serpent ;
 3° Chauffer lentement et voir si l'on approche du point de cuite en prenant un peu de masse cuite entre le pouce et l'index. Il doit se produire un léger filet. Le sirop marque alors autour de 43° B. et le moment est venu de « grainer ».
 4° Augmenter le vide, modérer l'arrivée de la vapeur et faire pénétrer par intervalles le sirop d'alimentation. Des cristaux apparaissent : le pied de cuite est formé ;
 5° Alimenter ensuite l'appareil soit d'une façon continue, soit d'une façon intermittente, avec du sirop préalablement chauffé et de façon à avoir un égout mère constamment fluide ;
 6° Cesser l'alimentation et, si c'est nécessaire, continuer l'évaporation jusqu'au degré de concentration voulu ;
 7° Casser le vide, ouvrir la porte, faire couler la masse cuite au dehors, laver l'appareil à cuire avec un jet de vapeur.

Le *bramoscope* permet de régler la conduite de la cuite (Voy. p. 164).

La cuite au filet est plus facile à réussir : elle comporte les opérations suivantes :

- 1° Mettre en marche la pompe à air et le condenseur ;
- 2° Faire arriver de l'égout jusqu'au-dessus du serpentín supérieur ;
- 3° Faire arriver la vapeur de chauffe et rentrer de l'égout de façon à maintenir à peu près au même niveau le contenu de l'appareil ;
- 4° Faire l'épreuve au filet ;
- 5° Casser le vide et faire la vidange de l'appareil comme à l'ordinaire.

Pour les deux modes de cuite que nous venons de décrire, l'alimentation se fait respectivement soit avec du sirop, soit avec de l'égout, c'est-à-dire avec un jus sucré qui a toujours à peu près la même pureté.

À l'heure actuelle, on applique beaucoup dans l'industrie, aussi bien pour les seconds que pour les premiers jets, le mode de cuite dit *cuite méthodique*. Il est basé sur l'observation suivante : à partir du grainage, la pureté de l'égout mère va constamment en diminuant, parce que le sucre cristallise pendant que le non-sucre reste en dissolution. Cet abaissement de la pureté peut être poussé très loin si l'on fait toujours l'alimentation avec un sirop ou un égout dont la pureté est au plus égale à celle de l'égout mère.

Ce principe, posé par Steffen, puis appliqué par lui sous les noms de *cuite méthodique* et *lessivage Steffen*, a été beaucoup simplifié. On se contente aujourd'hui de séparer les égouts de turbinage en égouts riches et égouts pauvres, ou bien en égouts riches, égouts mixtes et égouts pauvres, qu'on rentre dans l'appareil à cuire de premier jet suivant l'ordre de pureté décroissante.

On arrive à réintégrer dans la masse cuite vierge tous les égouts riches et une partie des égouts pauvres ; la pureté de l'égout mère peut être ainsi amenée jus-

qu'à 75-73-70. Il y a seulement certaines précautions à prendre, dont il faut également tenir compte quand on fait des cuites vierges :

1° Le sirop ou l'égout d'alimentation doivent être à une température au moins égale à celle de la masse cuite en cours ;

2° La cuite ne doit pas être conduite trop vite, surtout à partir du moment où commencent les rentrées d'égouts ; il faut laisser au sucre précipitable de l'égout mère le temps de se disposer autour des cristaux déjà existants ;

3° L'égout mère doit toujours être maintenu fluide ; il faut éviter qu'il soit en état de sursaturation trop marquée ;

4° Si l'on craint qu'il se forme des grains fins par la rentrée d'égouts trop concentrés, il vaut mieux les diluer légèrement ;

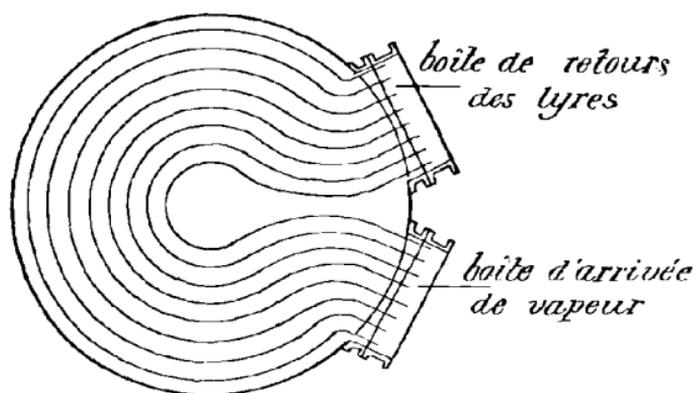
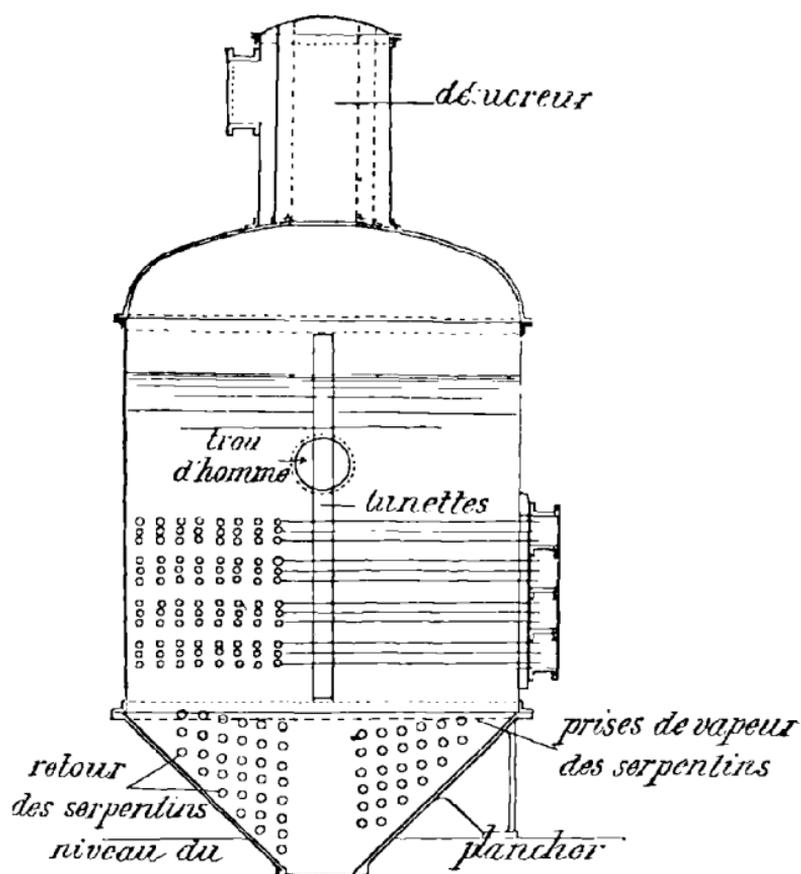
5° Il faut éviter les diminutions de pression (augmentations de vide), qui, en abaissant la température, peuvent déterminer la production de grains fins ;

6° Il ne faut pas pousser le serrage final trop loin, si la masse cuite est destinée à être travaillée dans des malaxeurs avant d'aller aux turbines, et surtout si elle doit être refroidie rapidement pendant le malaxage.

Une bonne partie de ces précautions s'explique si l'on songe que la cuite est aussi un appareil de cristallisation qui opère avec un égout mère chaud, c'est-à-dire peu visqueux, mais qui exige néanmoins un certain temps minimum pour que le sucre, en se précipitant, ne forme pas de nouveaux cristaux et grossisse, au contraire, ceux qui existent déjà.

On peut classer les appareils à cuire en appareils verticaux et appareils horizontaux :

Les *appareils verticaux* consistent simplement en une caisse cylindrique ressemblant beaucoup à une caisse d'évaporation. Afin d'éviter les entraînements de sucre,



devant de la chaudière

Fig. 57. — Appareil à cuire avec tubes en lyre (Lèves-Lille).

les vapeurs allant dans le condenseur passent dans un désucreur, ou dans un récupérateur et souvent aussi à travers une couche de paille de fer. Le chauffage est fait au moyen de serpentins ou de tubes en lyre (fig. 57) ou de faisceau Witkowitz. La cuite Grossé, qui sert pour le travail des bas produits, possède des serpentins; elle est munie en outre d'un agitateur à axe vertical.

La chaudière Freitag, qui est verticale, possède pour le chauffage un double fond ou un serpentin et un faisceau tubulaire suspendu. Il y a aussi, suivant son axe, un agitateur-malaxeur qui remue constamment la masse et permet d'obtenir une température et un épuisement plus réguliers.

En Autriche, on se sert surtout d'appareils *horizontaux*. L'appareil chauffeur est un faisceau tubulaire avec vapeur à l'intérieur des tubes. La vapeur parcourt l'appareil trois fois suivant la longueur, soit en restant toujours dans le même étage, soit en allant d'étage en étage.

On peut employer pour le chauffage soit de la vapeur directe, soit de la vapeur d'échappement, soit de la vapeur de jus prélevée sur l'un ou l'autre des deux premiers corps.

Le fond de l'appareil est formé soit par une porte à double battant, soit par deux rigoles dans lesquelles tournent des vis qui amènent la masse vers deux ou plusieurs portes.

Qu'on se serve d'appareils verticaux ou d'appareils horizontaux, il est toujours bon de pourvoir l'appareil d'un manomètre à mercure indiquant exactement le vide de l'intérieur et, par conséquent, la température de la vapeur. Connaissant, d'autre part, la température de la masse cuite, on peut, au moyen de tables, savoir approximativement quel est le degré de concentration de l'égout mère. C'est le principe sur lequel est basé l'emploi du brasmoscope, à l'aide duquel on peut régler le travail du cuiseur (procédé Claassen).

La cuite dure généralement de huit à dix heures; il ne faut point chercher à en abrégier trop la durée, sinon la cristallisation, ainsi que nous l'avons dit, ne peut s'effectuer aussi complètement.

Une fois la masse cuite obtenue, elle est travaillée de diverses façons avant d'être envoyée au turbinage.

1° Autrefois on la faisait tomber dans des bacs d'attente où elle se refroidissait peu à peu. On poussait alors le serrage jusqu'à 6-7 p. 100 d'eau; il s'agissait surtout de masses cuites vierges;

2° A l'heure actuelle, on malaxe la masse cuite pendant le refroidissement et, pour réagir contre l'accroissement de viscosité et de consistance qui se produit par l'abaissement de température et la sursaturation, on ajoute de temps en temps de l'égout provenant d'une opération précédente, après l'avoir dilué jusqu'à 35° B.

Des discussions nombreuses se sont élevées au sujet du temps qu'exige le refroidissement si l'on veut obtenir une masse facile à turbiner, et certains ont prétendu que le refroidissement lent est seul à conseiller.

Je crois qu'on n'a pas assez tenu compte des qualités de la masse cuite à la coulée.

A-t-on fait rapidement les rentrées d'égouts, sans se préoccuper de l'état de sursaturation de l'égout mère? a-t-on poussé le serrage final très loin (5 à 7 p. 100 d'eau)? Dans ce cas, le refroidissement lent s'impose; il faut même qu'il soit peu sensible dans les premiers instants du malaxage.

A-t-on, au contraire, cuit lentement à partir du moment où ont commencé les rentrées d'égouts? s'est-on arrangé pour que l'égout mère reste constamment fluide et n'entre pas en état de sursaturation trop marquée? a-t-on enfin laissé assez d'eau au serrage final (9,5 à 10,5 p. 100 d'eau réelle)? Alors on peut mener rapidement la réfrigération et le danger d'obtenir du grain fin est écarté, si l'on fait des rentrées de « claire » opportunes.

Il y a cependant un temps minimum au-dessous duquel il ne faut pas descendre.

Il dépend de la viscosité et de la pureté de l'égout mère, du nombre de cristaux disséminés dans la masse et qui constituent autant de centres d'attraction pour le sucre précipitable, du degré de sursaturation, etc.

La sulfitation réagit efficacement contre la viscosité ; il faut la pousser assez loin pour qu'il ne reste que juste l'alcalinité nécessaire pour empêcher les fermentations ou l'apparition de la réaction acide.

Dans les essais que nous avons faits, nous avons obtenu de très bons résultats en refroidissant jusqu'à 45° et en neuf heures une masse cuite de premier jet à 10 p. 100 d'eau, à 89 de pureté réelle et renfermant un égout mère à 15,30 p. 100 d'eau et à 80 de pureté réelle. En continuant le malaxage, l'épuisement ne changeait pas sensiblement.

Il convient d'insister un instant sur ce dernier point. Connaissant la composition d'une masse cuite à la coulée et celle de son égout mère, peut-on savoir quel est l'épuisement minimum que l'on peut obtenir si l'on suppose que le turbinage doit être fait à 45°, par exemple ? Si l'on établit pour chaque température le coefficient de solubilité du sucre d'égout S_e et qu'on le compare au coefficient correspondant du sucre pur S_p , on a, en faisant le rapport $\frac{S_e}{S_p}$, un nombre qui varie avec la pureté et la température (Voy. tables de Claassen et de Fradiss).

On constate également, et cela va de soi, que la teneur pour 100 de l'égout mère en eau et en non-sucre augmente constamment, alors que la teneur en sucre suit la marche inverse (cela n'empêche pas la quantité totale d'eau et de non-sucre de rester constante).

Donnons donc la composition de la masse cuite de premier jet à la coulée et celle de son égout mère.

	Masse cuite. Pour 100.	Égout mère. Pour 100.
Eau	9,14	15,3
Sucre	80,79	67,71
Cendres	3,80	6,26
Non-sucre.....	10,07	17,00
Pureté réelle.....	88,91	79,92
Quotient salin.....	21,26	10,81

Le coefficient de solubilité du sucre pur dans l'eau étant 2,48 à 45°, le sucre qui restera en dissolution dans l'égout mère à la même température pour une pureté de 73-75 sera (Voy. table de Fradiss) :

$$15,3 \times 2,48 \times 1,11 = 42,22$$

L'extrait total sera

$$\text{Non-sucre} + \text{Sucre} = 17 + 42,22 = 59,22$$

d'où

$$\text{Pureté} = 71,2.$$

En pratique, on obtient toujours un peu plus parce qu'on ajoute dans la masse de l'égout dilué qui augmente la quantité totale d'eau et, par conséquent, la quantité de sucre maintenu en dissolution. Tout cela revient à dire qu'il existe pour chaque température une durée limite de malaxage au delà de laquelle l'épuisement de l'eau mère ne change plus. La pureté peut même remonter, si l'on ajoute une quantité excessive d'égout dilué.

Par le même calcul, on voit que la mélasse saturée à 30 à 35° de température ne peut contenir que 17,2 à 17,6 p. 100 d'eau.

On voit aussi comment on peut calculer la quantité de sucre qui a été retenue au turbinage, connaissant le quotient salin de l'égout de départ, soit 10,81, et le quotient salin de l'égout final, soit 8,50.

Pour une partie de cendres, il s'est précipité

$$10,81 - 8,5 = 2,31 \text{ de sucre.}$$

Pour les 6,26 de cendres que contenait l'égout de départ, la précipitation est

$$6,26 \times 2,31 = 14,46.$$

MALAXEURS.

Les malaxeurs qui existent à l'heure actuelle sont les suivants :

1° Le malaxeur *Bocquin et Lipszinski*. Il se compose d'une auge demi cylindrique ouverte vers le haut, à double fond, et renfermant, suivant son axe longitudinal, un arbre portant des lames hélicoïdales auquel on peut communiquer un mouvement de rotation.

Le double fond est pourvu de chicanes que l'eau suit alternativement avant de gagner la sortie. La masse cuite se déplace en sens contraire dans le malaxeur ;

2° Le malaxeur *Stammer et Bock* (fig. 58), qui représente un cylindre horizontal dans lequel tourne un arbre agita-

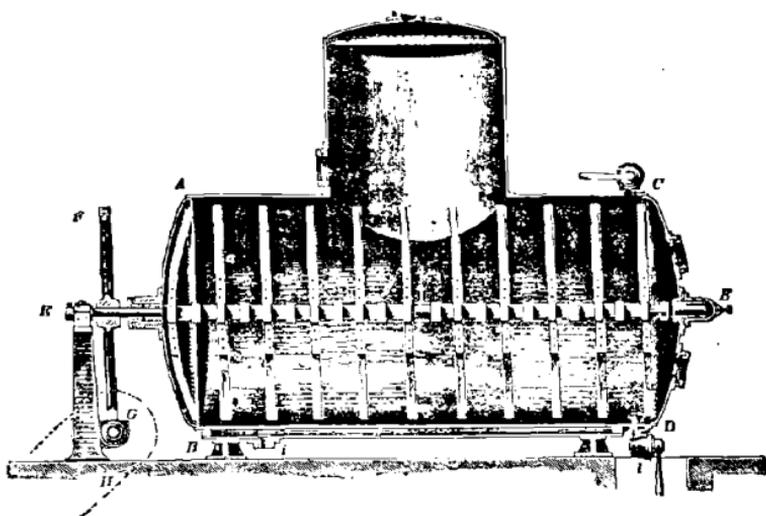


Fig. 58. — Malaxeur Stammer et Bock (Blanck, à Bruxelles).

teur. La masse cuite entre dans l'appareil par un trou d'homme qui est placé à la partie supérieure. La moitié inférieure du cylindre est pourvue d'une double enveloppe dans laquelle on peut faire circuler de l'eau ou même de la vapeur ;

3° Le malaxeur *Ragot et Tourneur* (fig. 59). Il se compose d'un bac demi-cylindrique qui reçoit la masse cuite. L'arbre porte un serpentín qui tourne en même temps que lui et dans lequel on peut faire circuler de l'eau ;

4° Le malaxeur *Huck et Lauke*. Il est constitué par un cylindre à double enveloppe renfermant un arbre malaxeur et qui peut être mis en communication avec la pompe à vide. On peut envoyer dans la double enveloppe soit de l'eau, soit de la vapeur détendue, et, par conséquent,

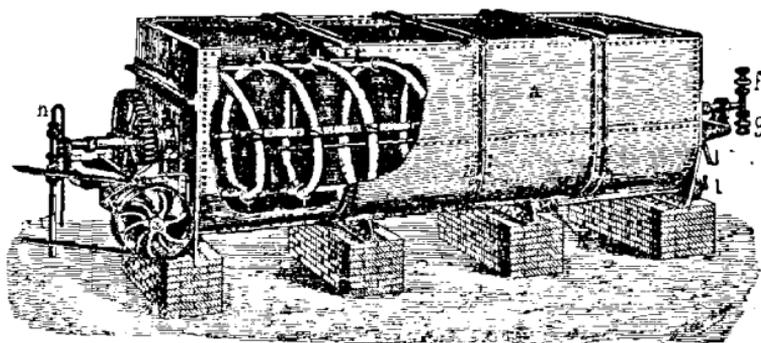


Fig. 59. — Malaxeur Ragot et Tourneur [Maguin, à Charmes (Aisne)].

continuer la cuite, en évaporant sous le vide, ou simplement refroidir.

Quel que soit le malaxeur employé, on communique généralement à l'arbre, au moyen de transmissions ou d'un moteur électrique, une vitesse de rotation de un tour à un tour et demi par minute.

On a construit, dans ces dernières années, des malaxeurs de toutes formes et de toutes dimensions qui sont destinés à refroidir la masse cuite plus ou moins vite, avant le turbinage.

Tous sont des modifications plus ou moins heureuses des malaxeurs précédemment décrits.

XI. — TURBINAGE.

Pour séparer les cristaux de l'égout mère dans lequel ils sont plongés, il faut amener la masse cuite dans des appareils spéciaux. On effectue ce transport :

1° *Au moyen de wagonnets* ou de bacs jaugeurs se déplaçant sur rails (dans le cas surtout où la masse cuite, abandonnée sans malaxage à un simple refroidissement, est très consistante) ;

2° *Au moyen d'une pompe* qui prend la masse cuite dans le malaxeur et la refoule dans une nochère qui alimente les appareils séparateurs ;

3° *Au moyen d'une pression d'air* qu'on fait agir dans le malaxeur (c'est ce que permet le système Huck et Lauke) ;

4° *Au moyen d'une vis d'Archimède* ;

5° *Au moyen de chaînes* qui, en tournant sur les deux poulies, se chargent de masse cuite et la déversent à l'endroit voulu.

La nochère précitée est généralement pourvue d'un arbre agitateur à bras et d'une double enveloppe où l'on peut, au besoin, faire arriver de la vapeur.

Les bras de l'arbre doivent être de longueur telle qu'ils plongent complètement dans la masse cuite, et cela en vue d'éviter les mousses.

Les cristaux de la masse cuite peuvent être séparés de l'égout mère par plusieurs méthodes :

1° *Par simple égouttage*. — La masse cuite, à la coulée, serrée jusqu'à 5 ou 6 p. 100 d'eau, est reçue dans des caisses portant, à quelques centimètres du fond, une tôle perforée (telles sont les caisses de Schutzenbach). L'égouttage se produit petit à petit et il reste du sucre roux dans la caisse. Ce mode de séparation n'est plus employé aujourd'hui en France ;

2° *Par le lessivage Steffen.* — La masse cuite est déversée dans des récipients qui ont environ 2 mètres de longueur, 1 mètre de largeur, 0^m,50 de hauteur, et qui possèdent, comme les caisses précédentes, à quelques centimètres du fond, une tôle perforée. Elles sont supportées par deux tourillons autour desquels elles peuvent tourner, le cas échéant. C'est par égouttage, puis par lessivage avec des « clairces » de plus en plus pures, que se fait l'élimination de l'égout mère adhérent aux cristaux. A la sortie, les égouts de lessivage sont classés par ordre de pureté et recueillis dans des bacs distincts. Ils servent ensuite à faire la cuite; ils rentrent dans l'appareil par ordre de pureté décroissante (*Voy. Cuite méthodique*, p. 161).

3° *Par des turbines.* — Les turbines constituent une application de la force centrifuge.

Si l'on désigne par P le poids d'un corps qui se meut sur une circonférence de rayon *r* avec une vitesse $V = \frac{2\pi rn}{60}$, par *g* l'accélération due à la pesanteur, par M la masse, on a, pour l'expression de la force centrifuge F :

$$F = \frac{Pv^2}{gr} = \frac{4M\pi^2 n^2 r}{3600}$$

Donc, la force centrifuge varie proportionnellement :

1° Au rayon de la turbine;

2° A la masse;

3° Au carré du nombre de tours par minute.

Dans la pratique, on emploie les turbines à petit diamètre qui ont autour de 0^m,75 de diamètre, tournent avec une vitesse de 1000 à 1200 tours par minute et peuvent recevoir 60 à 80 kilogrammes de masse cuite;

Et les turbines à grand diamètre qui ont généralement 1^m,25 de diamètre, tournent à raison de 700 tours par minute et peuvent recevoir 200 à 300 kilogrammes de masse cuite.

Les turbines se composent généralement d'un arbre vertical reposant dans une crapaudine, ou suspendu par la partie supérieure (Weston), et portant un tambour perforé garni de toile métallique sur la périphérie intérieure. Le tout est entouré d'un manteau cylindrique en fonte dans lequel se rassemblent les produits d'essorage pour être ensuite éliminés au dehors par une ouverture *ad hoc*.

On emploie surtout la toile Liebermann pour garnir le panier de la turbine.

Souvent la partie supérieure du manteau peut être fermée par un couvercle dans le but d'empêcher les condensations et les entraînements de sucre par la vapeur de clairçage.

Tantôt la turbine reçoit son mouvement de rotation par la partie supérieure au moyen de cônes de friction (turbines à mouvement en dessus); tantôt le mouvement est donné par une poulie fixée sur l'arbre au-dessous du panier (turbines à mouvement en dessous).

Quant à l'énergie nécessaire, elle est apportée par courroies et transmissions ou par l'intermédiaire d'un moteur électrique, ou par une turbine à eau placée à la partie supérieure de l'axe.

Les turbines à petit diamètre (fig. 60) peuvent être actionnées par un moteur à courant continu. Si l'on met une charge de 60 kilogrammes de masse cuite et que le panier tourne à 1 200 tours par minute, la durée d'une turbinée peut être de deux à trois minutes.

Avec les turbines à grand diamètre, il est préférable d'employer les moteurs à courants alternatifs polyphasés. Pour une turbine de 1^m,25 de diamètre, recevant 200 à 300 kilogrammes de masse cuite et tournant à la vitesse de 1 000 tours par minute, la durée d'une turbinée peut être de quatre minutes trente secondes.

Les turbines sont toujours pourvues d'un frein, à l'aide duquel on arrête le mouvement du panier quand l'essorage et le clairçage sont terminés.

Il existe même des dispositifs qui permettent de récu-

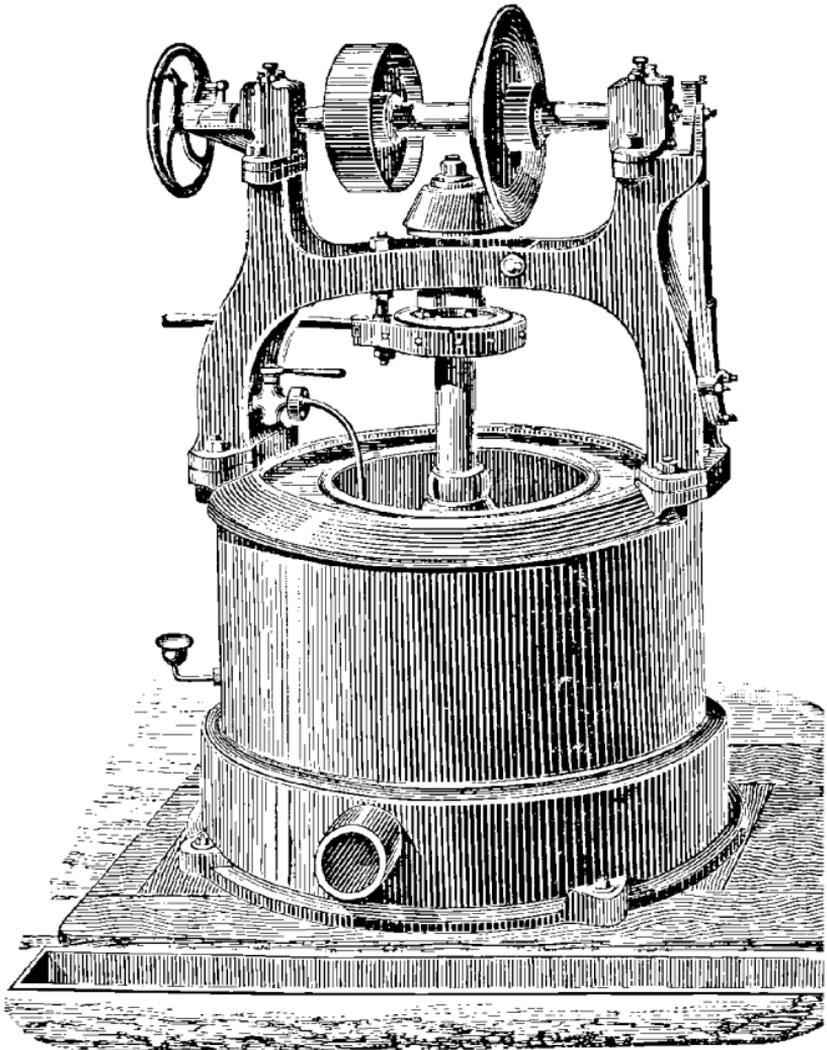


Fig. 60. — Turbine Cail (Société française de constructions mécaniques, à Douai).

pérer, au moment du démarrage, l'énergie perdue au moment du freinage.

Afin de rendre le travail d'essorage plus régulier, on mesure généralement la quantité de masse cuite à mettre dans les turbines. Les mesureurs employés à cet effet sont très variables comme construction.

Tantôt ils consistent en un seau suspendu à un rail et qui se déplace au-dessus des turbines; tantôt c'est un seau à bec supporté par deux tourillons et que l'ouvrier peut faire basculer au moyen d'un levier; tantôt le seau mesureur (Thomas) est pourvu d'un clapet d'arrivée et d'un clapet de sortie qu'on ouvre alternativement, toujours au moyen d'un levier.

Dès que la turbine commence son mouvement de rotation, on voit de l'égout mère qui s'échappe.

C'est l'égout pauvre, le seul que l'on obtienne quand on fait du sucre roux. Il est toujours un peu plus riche en sucre et a une pureté un peu plus élevée que l'égout mère proprement dit, parce qu'il y a de fins cristaux de sucre qui passent à travers les mailles de la toile métallique.

Clairçages. — Si l'on veut obtenir du sucre blanc, il est nécessaire de soumettre le sucre roux à un certain nombre de lavages dits *clairçages*, et cela pour entraîner l'égout mère resté adhérent autour des cristaux.

Les divers modes de clairçage qui sont employés dans la pratique sont les suivants :

1° *Le clairçage à la vapeur directe.* — On le pratique en lançant un jet de vapeur dans l'intérieur du panier. Pour éviter la dissolution d'une grande quantité de sucre, on emploie de la vapeur sèche, ou surchauffée. On diminue beaucoup les condensations par l'arrivée d'air froid en fermant le couvercle de la turbine ;

2° *Le clairçage à l'eau froide.* — On jette simplement une casserole d'eau froide dans le panier, ou bien on pratique, au moyen de l'injecteur Körtling, une pulvérisation d'eau froide sous pression sur le sucre contenu dans le panier. Ce dernier système est le meilleur, surtout si le tuyau

d'amenée de l'eau porte plusieurs injecteurs répartis sur toute la hauteur du panier. Généralement, on met dans l'eau un peu de bleu d'outremer, de façon à donner au sucre une couleur plus franchement blanche. On sait en effet que le bleu est la couleur complémentaire de la couleur jaunâtre du sucre. Il faut éviter l'excès de bleu, d'abord à cause de la coloration que peut prendre le sucre, ensuite parce que l'addition de bleu augmente la proportion des cendres insolubles du sucre et peut causer des surclassements ;

3° *Le clairçage avec des solutions sucrées.* — Il consiste, en somme, à entraîner l'égout mère adhérent aux cristaux au moyen de solutions sucrées plus pures et saturées ;

4° *Le clairçage russe.* — On le pratique en envoyant un jet de vapeur entre le manteau et le panier. Son but n'est pas précisément de laver le sucre, mais bien de maintenir à la masse cuite contenue dans le panier une température suffisante pour que l'égout mère adhérent aux cristaux conserve sa fluidité et puisse s'échapper plus facilement au dehors.

C'est dire qu'on l'emploie aussi bien pour l'obtention du sucre roux que pour l'obtention du sucre blanc ; et même il se recommande tout particulièrement pour le turbinage des masses cuites de bas produits.

Il faut éviter de lancer directement le jet de vapeur contre le panier ; il vaut mieux placer entre celui-ci et l'arrivée de vapeur une tôle qui, en amortissant le jet, le dirige sur toute la périphérie, suivant une ligne tangentielle. On diminue ainsi les dissolutions de sucre.

Les égouts qui s'échappent de la turbine pendant les clairçages sont désignés sous le nom d'*égouts riches*. Ils sont plus dilués et plus purs que les égouts pauvres.

~ *Séparation des égouts.* — Généralement, on sépare les premiers des seconds et on les fait couler dans deux rigoles distinctes habituellement placées côte à côte.

1^o La séparation se fait le plus souvent au moyen d'un système à bascule qui tourne autour d'un axe horizontal. Quand l'égout pauvre, qui est le plus dense, s'échappe, il fait osciller le système du côté de la rigole à égouts pauvres ; dès que commence la sortie de l'égout riche, le système fait le mouvement de bascule inverse et envoie l'égout dans la nochière *ad hoc*.

Il est évident que le centre de gravité de l'ensemble doit être du côté de cette dernière par rapport au plan vertical qui passe par l'axe de rotation ;

2^o La séparation se fait aussi au moyen d'un bec recourbé dont l'extrémité enveloppe l'ouverture par laquelle les égouts sortent du manteau de la turbine. Grâce à un système de levier, le bec s'élève ou s'abaisse quand on ouvre le robinet de clairçage et l'égout s'en va dans l'une ou l'autre des rigoles.

La séparation des égouts a une grande importance quand on fait des rentrées dans l'appareil à cuire de premier jet.

Suivant l'importance et la durée des clairçages, la pureté des égouts riches diffère plus ou moins de la pureté des égouts pauvres.

Quand la séparation est bien faite, il y a une différence d'au moins 3 ou 4 degrés. La pureté des égouts pauvres varie à son tour suivant les rentrées que l'on fait en premier jet, suivant la durée de la cuite, etc. Elle atteint quelquefois 78-80, comme elle peut descendre à 75 et même 68.

On ne peut rien dire d'absolu à cet égard.

Même avec un bon travail d'épuration et de filtration, on peut avoir à essayer des difficultés de turbinage qui ont généralement pour effet de donner des sucres non homogènes, susceptibles d'être déclassés. Cet accident, qui est dû à la présence de grains fins dans la masse, peut se produire si la cuite est menée trop rapidement à partir du moment où commence la rentrée des égouts, si les égouts rentrés n'ont pas une température au moins égale

à celle de la cuite en cours, si la cuite, trop serrée à la coulée, est refroidie trop vite et à une température trop basse. On peut y remédier soit en réchauffant la masse avant le turbinage si la noyère d'alimentation des turbines possède une double enveloppe pouvant recevoir de la vapeur, soit en faisant une addition d'égout dilué.

Une fois les clairçages terminés, le sucre est extrait de la turbine, soit par la partie supérieure, soit par des ouvertures que possède le fond même du panier et qu'on découvre au moment voulu.

Dans les deux cas, le sucre est reçu ensuite par des transporteurs divers pour être conduit dans le magasin à sucre.

En ce qui concerne les transporteurs, nous dirons seulement qu'on emploie :

1° *Soit le transporteur Kreiss.* — Il consiste en une planche supportée par des lames auxquelles on communique un mouvement circulaire de va-et-vient. Il ne donne de bons résultats qu'avec les sucres dont les cristaux se séparent facilement les uns des autres ;

2° *Soit le transporteur horizontal à hélice ;*

3° *Soit le transporteur vertical à godets ;*

4° *Soit le transporteur oblique à toile disposée en poches ;*

5° *Soit le transporteur horizontal à courroies.* — Celui-ci permet d'amener le sucre en un point quelconque du magasin ; on change la direction du sucre en plaçant, au-dessus de la courroie, des brosses disposées obliquement par rapport à la direction principale de la courroie qui amène le sucre ;

6° *Soit des wagonnets roulant sur rails.* — On y met le sucre au sortir de la turbine et on le fait basculer ensuite dans une trémie qui alimente un élévateur vertical.

Avant d'arriver au magasin, le sucre peut être mélangé intimement au moyen d'une plaque tournante horizon-

tale sur laquelle il tombe et qui le distribue ensuite dans des compartiments divers qui convergent tous vers la même ouverture de sortie.

Ensuite, il est passé dans des bluteries à mailles de grosseur croissante qui classent les cristaux suivant leur grosseur.

Si le turbinage a été fait à basse température, si l'on a effectué un clairçage final à la vapeur sèche, le sucre peut être mis en sacs immédiatement. Mais, si le sucre arrive encore chaud dans le magasin, il faut d'abord le mettre en petits tas pour qu'il puisse se refroidir.

Quand il s'agit de faire du sucre granulé, on le fait passer, avant le lamisage, dans un granulateur qui le sèche et donne généralement du brillant aux cristaux.

Celui qui est fréquemment employé consiste en un cylindre légèrement incliné sur l'horizontale et auquel on communique un mouvement de rotation.

Ce cylindre est chauffé par un tuyau de vapeur dirigé suivant l'axe.

Le sucre, arrivant à l'une des extrémités, est saisi par des palettes qui le soulèvent et le font retomber en pluie dans l'intérieur du cylindre.

En même temps, un courant d'air appelé par un ventilateur emporte l'humidité et les poussières.

Au sortir de l'appareil, le sucre passe dans une bluterie analogue à celle qu'on rencontre en meunerie et il est divisé en lots à cristaux de grosseur croissante et reçu dans des sacs.

A l'heure actuelle, il existe des dispositifs qui permettent l'ensachage du sucre et la pesée automatique des sacs.

Les sacs sont mis directement en wagons ou en bateaux. Si besoin est, on peut les transporter jusqu'au quai d'embarquement au moyen de transporteurs à câbles.

XII. — TRAVAIL DES BAS PRODUITS.

Le travail des bas produits consiste, en somme, à extraire des égouts de premier jet le sucre extractible qu'ils contiennent de façon à obtenir, comme produit résiduaire final, de la méclasse, ayant une pureté réelle de 62 à 63 environ et un quotient salin de 4,50 à 4,60.

Dans beaucoup de fabriques, les égouts ne subissent aucun traitement chimique avant d'aller au poste des bas produits; dans d'autres on les sulfite; dans d'autres enfin on les sulfite ou on les carbonate en présence de chaux ou de baryte. Dans tous les cas ils sont soumis à la filtration après un chauffage préalable.

En France, on se contente presque toujours de la sulfitation. Les égouts sont dilués jusqu'à 35°-37° B., puis sullités dans un bac à agitateur jusqu'à 0,2 à 0,3 d'alcalinité par litre. Il faut toujours laisser une certaine proportion d'alcalinité, surtout si les produits sont destinés à séjourner en emplis ou à être cuits pendant longtemps.

L'épuration, qui est obtenue par le chauffage en présence de chaux ou de baryte, n'est pas très importante; il y a, néanmoins, des matières organiques azotées qui se détruisent, car il se dégage de l'ammoniaque qu'on reconnaît facilement à son odeur. Il semble aussi que les produits deviennent plus limpides, moins visqueux et se prêtent mieux au travail ultérieur.

Les observations que nous avons faites au sujet de la cuite et du malaxage des produits de premier jet, au sujet de la teneur en eau et en non-sucre de l'égout mère pendant l'épuisement, s'appliquent aussi aux produits de deuxième jet.

Il faut ajouter, cependant, qu'avec ces derniers, qui sont moins purs et plus visqueux, il faut que la cuite et le malaxage soient menés plus lentement pour donner les mêmes effets.

Au surplus, comme la proportion de non-sucre y est plus élevée, le rapport $\frac{Se}{Sp}$ prend une valeur plus grande pendant toute la durée du refroidissement et pendant qu'on passe de la pureté 70 à la pureté 63-62.

Les procédés de travail des bas produits peuvent être classés de la façon suivante :

a. — Procédé de cuite au filet avec cristallisation au repos.

1° *Ancienne méthode.* — Elle consiste à faire une cuite de premier jet vierge sans rentrées d'égouts. On obtient au premier turbinage du sucre et un égout ayant 78-80 de pureté.

Cet égout est cuit au filet, puis envoyé dans les bacs d'empli où il séjourne de quinze jours à un mois et se refroidit jusqu'à 40°-50°. Quand l'égout mère est à son point de saturation, on fait un deuxième turbinage qui donne du sucre de deuxième jet de l'égout à 65-66 de pureté, lequel est cuit à son tour, puis abandonné à la cristallisation pendant quelques mois. Le troisième turbinage donne généralement de la mélasse. Il est rare qu'on fasse un quatrième jet.

Tel qu'il vient d'être décrit, ce procédé conduit à l'obtention de sucre roux.

Si l'on veut avoir du sucre blanc en premier jet, il faut faire des clairçages ; on obtient ainsi des égouts riches et des égouts pauvres.

Les bacs d'empli sont à section rectangulaire, ou circulaire, ou carrée ; ils reposent sur des piliers en maçonnerie. Quant au chauffage de l'empli, il est obtenu au moyen de tuyaux de vapeur qui passent sous les bacs, ou bien au moyen de calorifères. On y fait régner une température de 40° à 50°.

Dès que les premiers cristaux apparaissent dans la

masse cuite, ils descendent petit à petit vers le fond et grossissent peu à peu. C'est dans les couches inférieures que l'épuisement de l'égout mère est le plus rapide. Dans les couches supérieures, il se produit plus lentement, faute de centres d'attraction assez nombreux.

La méthode par bacs d'empli est encore employée même dans des fabriques qui font des rentrées d'égouts; mais la quantité d'égouts à traiter et la pureté de ces égouts sont plus faibles.

2^o *Procédé Dufay*. — La cuite de premier jet est commencée avec des sirops vierges; on la termine avec les sirops de refonte obtenus en dissolvant dans du jus de deuxième carbonatation le sucre resté dans les cristallisoirs.

La masse, refroidie rapidement, donne au turbinage du sucre blanc et de l'égout qui est cuit au filet, puis envoyé dans des cristallisoirs.

Ceux-ci ont une section verticale trapézoïdale de 1^m,50 de hauteur, 0^m,45 de base supérieure, 0^m,12 de base inférieure et une longueur arbitraire, généralement 3 mètres.

Comme la salle dans laquelle ils se trouvent est bien aérée, le refroidissement y est rapide, mais la cristallisation un peu confuse. Il ne se produit pas d'irrégularité d'épuisement, car les cristallisoirs sont en même temps des égoutteurs. C'est en se frayant un chemin entre les cristaux du dépôt que l'épuisement de l'égout superficiel se fait.

Une fois l'égouttage terminé, on dissout le sucre contenu dans les cristallisoirs, au moyen de jus de dernière carbonatation. Il en résulte un sirop de refonte qu'on sulfite parfois, qu'on filtre et qui sert à terminer la cuite de premier jet.

Tel qu'on le pratique à l'heure actuelle, l'égout qui s'échappe des cristallisoirs n'est pas de la mélasse. Il faut le recuire au filet et l'envoyer dans des emplis ordinaires. Si l'égout de premier jet était cuit en grain avant d'être

abandonné à la cristallisation, on pourrait sans doute obtenir de la mélasse en deuxième jet.

b. — Procédé avec cuite au filet et cristallisation en mouvement.

Procédé Brunehant-Viéville. — La cuite de premier jet comporte des rentrées d'égouts riches et d'égouts pauvres.

Les égouts pauvres non rentrés qui, par parenthèse, accusent au maximum 73 à 75 de pureté réelle et 7,5 à 8,5 de quotient salin, sont cuits au filet à la façon ordinaire ; puis ils sont envoyés dans des bacs d'empli où ils sont soumis à une agitation continuelle, grâce à un axe vertical portant des bras horizontaux. On chauffe la salle ou la partie inférieure des emplis, de façon que la température ne tombe guère au-dessous de 40°-50°.

Les orifices de vidange, situés à la partie inférieure des bacs, débouchent tous dans une noyère à arbre agitateur qui reçoit la masse cuite.

Généralement, la vidange n'est pas effectuée complètement ; on ne prend que la partie inférieure, et l'on remplit immédiatement le bac avec de la masse cuite fraîche.

Après dix à douze jours de malaxage, on a de la mélasse. Le sucre de deuxième jet, séparé par turbinage, est « refondu » dans du jus de dernière carbonatation. Il a autour de 91 de pureté, et 28-29 de quotient salin.

Dans certaines usines, qui possédaient des bacs d'empli cylindriques, on a assemblé ceux-ci deux à deux en un cylindre horizontal renfermant un arbre malaxeur tournant à raison de un tour et demi par minute.

Le résultat final est le même : au bout de dix à douze jours, on a de la mélasse.

Il faut autour de 5 hectolitres à 5^h₁,5 de bac d'empli par tonne de betteraves travaillées journellement et l'on obtient autour de 20 litres de masse cuite par 100 kilogrammes de betteraves.

La masse cuite au filet contient environ 12,5 p. 100 d'eau réelle. Le turbinage est effectué entre 30° et 35°.

c. — Cristallisation en mouvement, sans cuite et par simple refroidissement suivi de filtration.

Procédé Druelle. — Bien qu'il ne comporte que deux cuites, il donne réellement trois jets.

La masse cuite de premier jet, qui accuse 25-30 de quotient salin et qui a été obtenue au moyen de rentrées d'égouts riches et d'égouts pauvres, donne au turbinage un égout pauvre de 73-75 de pureté réelle et 7,2-8,5 de quotient salin.

Ce dernier, ou plutôt la partie qui n'est pas rentrée dans la cuite de premier jet, est envoyée dans des bacs où elle est malaxée et refroidie pendant trois jours.

Des cristaux apparaissent qui grossissent petit à petit et l'égout devient masse cristallisée par refroidissement.

On sépare les cristaux au moyen d'un filtre-pressé ; on obtient une sorte d'égout de deuxième jet à 6-6,5 de quotient salin, 67-70 de pureté, et un tourteau de sucre qui, dissous dans les eaux de lavage des filtres-pressés de première carbonatation, donne un jus à 25-30 de quotient salin et 90-91 de pureté.

L'égout de filtration est cuit au filet, puis envoyé dans des bacs d'empli à malaxeur. Au bout de huit à dix jours, on fait le turbinage et l'on obtient de la mélasse et un sucre de troisième jet qu'on rentre dans le travail en même temps que celui de deuxième jet.

Il est évident que le deuxième jet ne peut donner un rendement avantageux que si l'égout refroidi sort de la turbine au moins à l'état de saturation et si la température de filtration diffère beaucoup de la température du premier turbinage. La pureté de l'égout de filtration varie aussi avec celle de l'égout de turbinage ; elle est enfin influencée par la façon dont est faite la séparation des égouts.

d. — Procédé avec cuite en grain de bas produits suivie de malaxage.

Quand on emploie les procédés qui viennent d'être décrits, le travail est toujours assez lent parce que, la cristallisation s'effectuant à une température qui va toujours en s'abaissant, il se produit un accroissement parallèle de la viscosité qui rend plus difficile l'agglomération des molécules sucrées.

C'est pour parer à cet inconvénient et activer le travail qu'on fait la cuite en grain des bas produits, laquelle correspond, en somme, à une cristallisation à chaud.

1° *Procédé Ragot.* — Le pied de cuite de deuxième jet est fait avec du sirop mixte : sirop vierge, sirop de refonte et égouts riches.

On continue à rentrer lentement les égouts pauvres préalablement dilués à 34°-35° B., sulfités, chauffés et filtrés. C'est l'art du cuiseur de savoir faire grossir les grains déjà existants sans en former de nouveaux. La cuite de deuxième jet dure de dix-huit à vingt-quatre heures.

Elle est facilitée et l'on obtient des cristaux de grosseur plus égale et un épuisement plus homogène dans toute la masse si l'appareil à cuire est pourvu d'un agitateur.

A la coulée, la masse cuite contient autour de 10 p. 100 d'eau ; sa pureté réelle est de 74 à 75 ; celle de son égout mère est de 69 à 70.

On la fait couler dans des malaxeurs Ragot et Tourneur à serpentin, où elle peut être refroidie graduellement en trente ou quarante heures. Le turbinage a lieu à 30°-35°. De temps en temps on ajoute de la mélasse diluée pour diminuer la consistance de la masse. On obtient du beau sucre de deuxième jet et de la mélasse.

Il est à noter que le refroidissement rapide ne peut donner de bons résultats que si la masse cuite renferme assez d'eau à la coulée et si son égout mère n'est pas en état

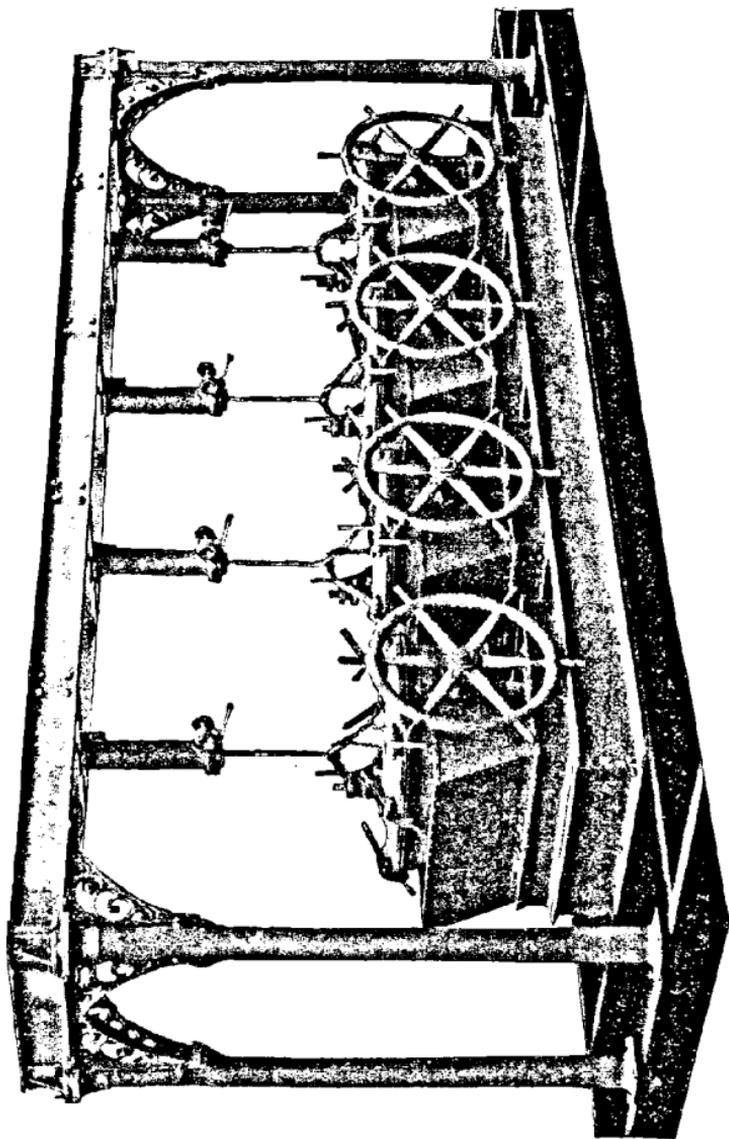


Fig. 61. — Égoutteur Bouillon (Fives-Lille).

de sursaturation trop marquée. On peut compromettre le bon épuisement de la mélasse si l'on ajoute trop d'égout dilué pendant le refroidissement.

Le sucre de deuxième jet est fondu dans du jus de deuxième carbonatation, puis rentré dans le travail.

2° *Procédé Bouillon.* — Le pied de cuite de deuxième jet est fait avec de la masse cuite de premier jet qu'on aspire dans l'appareil à cuire. On continue l'opération avec des égouts pauvres sulfités et filtrés. La cuite dure huit heures (fig. 64).

La masse cuite, refroidie jusqu'au-dessous de 40° dans des malaxeurs, est envoyée dans des égoutteurs où elle est séparée en mélasse et en sucre de deuxième jet qui, délayé dans de l'égout pauvre de premier turbinage, rentre dans les malaxeurs de premier jet.

Les égoutteurs Bouillon consistent en des bacs à section rectangulaire de 2 hectolitres de capacité, portant comme double fond une tôle perforée à ouvertures rectangulaires. Dès qu'ils ont été remplis de masse cuite de deuxième jet, on les ferme par un couvercle étanche, puis on chasse l'égout, qui n'est autre chose que de la mélasse, avec de l'air comprimé et légèrement chauffé. La compression seule suffit souvent pour donner de l'air assez chaud.

La masse égouttée est délayée dans un malaxeur placé au-dessous avec de l'égout pauvre de premier turbinage, puis rentrée dans les malaxeurs de premier jet.

3° Le procédé « Freitag » et le procédé « Claassen » comportent aussi une cuite en grain suivie de malaxage.

XIII. — UTILISATION DE LA MÉLASSE.

Elle peut être utilisée à trois fins :

- 1° Pour l'extraction du sucre ;
- 2° Pour la fabrication de l'alcool ;
- 3° Pour la préparation des fourrages mélassés.

I. — Extraction du sucre des mélasses.

L'extraction du sucre est faite, soit par l'osmose, soit par un procédé quelconque de sucraterie.

1° L'*osmose* repose sur les lois que nous avons énoncées au sujet de la diffusion et que nous allons rappeler dans leurs grandes lignes.

Si l'on fait passer de chaque côté d'une membrane non poreuse un courant de mélasse et un courant d'eau chaude, il se produit une diffusion de l'eau vers la mélasse et une diffusion du non-sucre et du sucre vers l'eau. Les substances salines, à cause de leur grande diffusibilité, passeront plus vite que le sucre et les autres matières organiques, et finalement on aura une mélasse plus diluée, mais aussi plus pure, et une eau dite *eau d'exosmose* à laquelle la mélasse aura cédé relativement plus de sels que de sucre et qui sera plus impure que la mélasse initiale.

La mélasse diluée est reprise et l'on peut en retirer du sucre par l'un ou l'autre des procédés qui viennent d'être décrits. On obtient une nouvelle mélasse qui peut être osmosée à nouveau, et ainsi de suite jusqu'à quatre fois.

Quant aux eaux d'exosmose, elles sont vendues au distillateur ou évaporées et incinérées. Dans les deux cas, elles donnent des salins riches en potasse, qui sont vendus aux usines de produits chimiques ou à des marchands d'engrais.

Les osmogènes les plus couramment employés sont :

L'*osmogène Dubrunfaut*. — Il se compose d'un certain nombre de cadres en bois, séparés par du papier parcheminé et qui sont assemblés entre deux sommiers à la façon des plateaux d'un filtre-presse.

La mélasse arrive dans les cadres pairs par un canal qui est pratiqué à l'angle inférieur du bâti ; elle sort par un canal supérieur qui lui est opposé en diagonale.

L'eau arrive dans les cadres impairs par la partie

~~l'arrivée~~ et sort par un canal inférieur qui longe le filtre et qui est opposé en diagonale au canal d'arrivée.

Pour rendre l'osmose plus rapide, l'eau et la mélasse sont préalablement chauffées. Si les mélasses contiennent beaucoup de sels de chaux, on les élimine partiellement avec du carbonate de soude.

A la sortie de l'osmogène, les eaux d'exosmose et la mélasse passent dans des éprouvettes où l'on mesure leur densité.

L'osmogène Dubrunfaut a subi de nombreux perfectionnements que nous n'étudierons pas. Il est quelquefois remplacé par ceux de Wannieck, de Hulla, de Fuchs. Celui de Fuchs, qui est un des plus récents et qui est employé dans plusieurs sucreries d'Autriche, se compose, en principe, de cent cadres placés les uns à la suite des autres, à la façon des plateaux d'un filtre-pressé, et maintenant entre eux une feuille de papier parcheminé. Chaque cadre a une section rectangulaire qui se termine vers le bas par un triangle ; il contient une cloison médiane qui lui est parallèle.

A la partie supérieure de l'osmogène sont constitués deux réservoirs qui occupent presque toute la longueur de l'appareil, mais sans communiquer directement ensemble.

La mélasse arrive par un canal inférieur que déterminent des ouvertures pratiquées dans tous les cadres, pénètre dans les cadres impairs, se divise en deux courants, grâce à la cloison médiane, et aboutit dans l'un des réservoirs supérieurs.

L'eau suit un chemin inverse en passant dans les cadres pairs.

Une chose importante à noter dans cet appareil, c'est le réglage automatique de l'arrivée et de la sortie de l'eau et de la mélasse pour une densité déterminée de la mélasse à la sortie.

Réglage de l'arrivée de l'eau et de la mélasse. — Il est obtenu au moyen d'un fléau supportant :

Par son grand bras :

1° Un flotteur qui plonge dans l'eau ou la mélasse osmosée ;

2° Une tige commandant un bouchon conique qui s'engage dans l'ouverture d'arrivée ;

Et par son petit bras : un contrepoids.

Quand le niveau de l'eau ou de la mélasse osmosée s'élève dans les réservoirs supérieurs, les flotteurs s'élèvent aussi, entraînant avec eux les bouchons coniques ; l'ouverture d'arrivée diminue de section et le débit s'abaisse.

Quand, au contraire, ce même niveau baisse, le bouchon conique suit son mouvement et il y a augmentation de la quantité de liquide qui sort.

Réglage automatique de la sortie de mélasse. — On veut, par exemple, obtenir une mélasse osmosée de densité et régler le débit de sortie sur cette densité.

La mélasse osmosée se rend dans un récipient cylindrique, suspendu à l'une des extrémités d'un fléau ; l'autre bras porte un contrepoids et la tige qui actionne le bouchon conique placé devant l'ouverture du tuyau de sortie.

La densité de la mélasse osmosée augmente-t-elle ? Le récipient, sollicité par un poids plus lourd, s'abaisse et soulève en même temps le contrepoids et le bouchon conique susdits.

L'ouverture de sortie est ainsi diminuée. La mélasse restant plus longtemps dans l'osmogène absorbe plus d'eau, perd plus de sels et reprend la densité normale.

Comme le débit se ralentit à la sortie, il y a élévation du niveau dans le réservoir à mélasse osmosée ; le flotteur s'élève et entraîne dans son mouvement le bouchon conique placé en face de l'arrivée.

Réglage automatique de la sortie d'eau d'exosmose. — Il est basé sur le même principe, mais il fonctionne en sens inverse. Si, en effet, l'eau d'exosmose accuse une densité trop élevée, cela prouve qu'elle est restée trop

longtemps dans l'osmogène. Il faut donc en activer le débit. A cet effet, le récipient cylindrique qui la reçoit et le bouchon conique qui commande la sortie sont suspendus au même bras de fléau. Quand le récipient cède sous un poids plus grand d'eau d'exosmose, le bouchon conique s'abaisse aussi et le débit est augmenté à la sortie. Par contre-coup, et grâce au flotteur contenu dans le réservoir à eau supérieur, le débit à l'arrivée est aussi augmenté.

Des essais comparatifs ont été faits avec la même mélasse sur les principaux osmogènes employés. Nous représenterons les résultats obtenus en kilogrammes de mélasse qu'on peut faire passer dans chacun d'eux, en une heure, par mètre carré de papier, pour une élévation de pureté de 1 degré :

Osmogène Wannieck	9kg,71
— Hulla.....	7kg,24
— Fuchs.....	18kg,22

Pour terminer, nous citerons quelques chiffres qui donnent une idée du résultat de l'osmose :

	Mélasse avant osmose.	Mélasse osmosée.	Eaux d'exosmose.
Coefficient salin.....	4,88	6,86	1,15
—	5,44	6,80	1,25
—	3,98	5,15	1,12
—	5,40	8,40	1,42

2° *Extraction du sucre à l'état de sucrate.* — De nombreux procédés de sucraterie sont connus à l'heure actuelle ; beaucoup sont employés dans les sucrateries d'Allemagne. Nous ne nous occuperons que de ceux qui ont, à l'heure actuelle, le plus de chances de prendre de l'extension.

Les procédés de sucraterie reposent tous sur ce fait que le sucre peut former avec certaines bases, la chaux, la

baryte, la strontiane, le plomb, des composés insolubles qu'on peut séparer par une filtration.

Procédés à la chaux. Séparation Steffen. — Il consiste à préparer à basse température du sucrate de chaux tribasique, à l'isoler au moyen de filtres-presses, puis à le soumettre à la carbonatation.

Si la sucraterie est annexée à une fabrique de sucre, le sucrate est rentré dans les jus de diffusion au lieu et place de la chaux.

La séparation Steffen, ancienne, comporte les opérations suivantes :

1° Préparer de la chaux en poudre très fine au moyen de broyeurs-tamiseurs, bluteries *ad hoc* ;

2° Diluer la mélasse, soit avec de l'eau ordinaire, soit avec de l'eau provenant d'un lavage précédent, de façon à l'amener à 10°,5-11° B. ;

3° La faire arriver dans un séparateur à faisceau tubulaire construit comme une caisse d'évaporation et la refroidir par un courant d'eau froide jusqu'à 12°-14° C. ;

4° Ajouter la chaux par charges successives de façon à mettre au total environ 140 kilogrammes de chaux par 100 kilogrammes de sucre. La température ne doit pas dépasser 12°-14° ; le liquide est agité constamment ;

5° Suivre la marche de l'opération en prélevant de temps en temps des échantillons du mélange qu'on filtre. La formation du sucrate est considérée comme terminée quand la densité du filtrat est tombée à 5° B. ;

6° Refouler le contenu du séparateur dans des filtres-presses et laver les tourteaux ;

7° Rentrer les tourteaux amenés à l'état de lait à 40° B. dans le jus de diffusion ;

8° Porter les eaux de lavage à 90°-100°. Les filtrer. Ce deuxième tourteau est mélangé au premier. Les eaux mères de la deuxième filtration contiennent autour de 0,08 p. 100 de sucre ; elles sont évacuées au dehors ou évaporées.

L'ancienne séparation Steffen a subi, ces temps derniers, des modifications qui permettent de diminuer de beaucoup la quantité de chaux à employer.

Au lieu de 140 kilogrammes pour 100 de sucre, on n'a plus besoin maintenant que de 80 à 100 kilogrammes.

Ce résultat est obtenu soit avec le nouveau séparateur Steffen, soit avec la disposition Baker et Bethany.

Il est à remarquer que la séparation Steffen peut donner d'aussi bons résultats avec des égouts à 68-70 de pureté qu'avec de la mélasse.

J'ai suivi la *nouvelle séparation Steffen* dans deux fabriques de la Bohême. L'une d'elles, qui conduit particulièrement bien son travail, obtient, pour 100 kilogrammes de betteraves, 6 kilogrammes d'égouts de deuxième jet à 55 p. 100 de sucre et à 68-70 de pureté.

La totalité de cet égout rentre dans le travail sous forme de sucrate de chaux. Comme on emploie à la sucraterie de 80 à 100 de chaux pour 100 de sucre d'égout, la quantité de chaux qui entre, de ce chef, en première carbonatation est de 3 kilogrammes à 3^{kg},3.

En mettant en ligne de compte les 0^{kg},5 qui servent pour la deuxième carbonatation, on arrive à une proportion maximum de 3^{kg},5 à 3^{kg},8 par 100 kilogrammes de betteraves en travail normal. Les tourteaux de première carbonatation se lavent très bien et ont une belle consistance.

Quant à l'eau mère obtenue (53 kilogrammes par 100 kilogrammes de betteraves), elle est mesurée, puis évacuée au dehors. Elle renferme, en moyenne, 0,6 p. 100 de sucre et représente ainsi une perte en sucre de 0,31 pour 100 kilogrammes de betteraves.

Les pertes totales s'élèvent à 1,5 ou 1,8 et l'on peut ainsi retirer, à l'état de sucre blanc, et pendant la campagne, les 90 p. 100 environ du sucre entrant dans l'usine sous forme de betteraves.

Au dire du propriétaire de la fabrique, l'installation du

procédé dans une fabrique travaillant journallement 430 000 kilogrammes de betteraves coûterait environ 400 000 francs en comptant les agrandissements d'appareils qui seraient nécessaires, car il ne faut pas oublier qu'on obtient 23 kilogrammes de masse cuite par 100 kilogrammes de betteraves, au lieu de 15 kilogrammes environ par le travail ordinaire sans rentrées.

Procédé à la baryte. — Le procédé à la baryte ne s'est pas généralisé beaucoup jusqu'ici, à cause du prix trop élevé de la baryte elle-même, mais il faut prévoir qu'on trouvera des moyens de préparation moins onéreux (témoin le procédé au four électrique, employé aux États-Unis), et c'est en escomptant cette prévision que nous allons dire quelques mots de la sucraterie à la baryte.

La préparation du sucrate de baryte est facile, quoique cependant un peu capricieuse.

La mélasse contenant 50 p. 100 de sucre est chauffée à la température de 45°-50°. On prépare, d'autre part, une eau de baryte contenant 58-60 de baryte pour 100 et on la porte à 90°.

Les deux liquides, mélasse et eau de baryte, sont mélangés intimement dans un bac *ad hoc*, puis abandonnés au repos. Au bout de quelques instants (cinq minutes), il se forme un précipité blanc, sablonneux, de sucrate de baryte.

On en fait couler l'eau mère, puis on effectue un lavage avec de l'eau de baryte (45 gr. par litre) à 90° de température jusqu'à ce que les eaux de lavage ne marquent plus que 5° B. Les premières eaux qui passent sont éliminées, celles qui viennent ensuite servent comme premières dans une opération ultérieure.

Quant à la quantité de baryte à employer, on l'établit généralement de la manière suivante. On compte qu'il en faut :

1 kilogramme par kilogramme de cendres ;

0^{kg},5 par kilogramme de matières organiques ;

1^{kg},10 par kilogramme de sucre.

Le sucrate rentre dans les jus de première ou de deuxième carbonatation, ou bien est carbonaté à part (sucraterie).

Il se forme du carbonate de baryte qui entraîne toujours quelques impuretés, et qu'on sépare de la solution sucrée au moyen d'un filtre-pressé. Soumis à la calcination dans un four *ad hoc*, il régénère la baryte.

Si le procédé fonctionne dans une sucraterie pure et simple, on précipite par une sulfatation (avec de l'acide sulfurique) la baryte restée dans les jus et ceux-ci vont ensuite à l'évaporation.

L'installation industrielle peut être faite de la manière suivante :

La mélasse et la baryte sont chauffées à part dans deux bacs à serpentins ; elles s'écoulent respectivement dans deux bacs mesureurs placés au-dessous, puis dans un bac tronconique muni d'un double fond perforé et pouvant tourner autour de deux tourillons.

Une ouverture inférieure permet l'élimination des eaux mères et des eaux de lavage.

Quant au sucrate, on le déverse dans une nochière pourvue d'une hélice et il est ainsi conduit au poste où on veut l'utiliser.

La baryte peut être régénérée soit dans un four à réverbère, soit dans un four à récupération.

Voici quelques chiffres d'analyse relatifs aux divers produits que l'on obtient pendant la préparation du sucrate de baryte (du Beaufrey) :

	Sucrate de baryte.	Eaux mères.	Jus sucré.
Sucre.....	32 p. 100	4,50	23,50
Sels.....	0,10 —	6,40	0,09
Baryte.....	34,8 —	11,50	
Eau.....	31,07 —		
Pureté.....	94,40 —		94
Salin.....	320 —		261

Ainsi que je l'ai dit plus haut, c'est l'achat de la baryte qui constitue la grosse dépense du procédé. On a essayé de la diminuer en préparant la baryte dans la fabrique elle-même et en la régénérant sans cesse. C'est là le but que poursuit le *procédé Langen et Felde*.

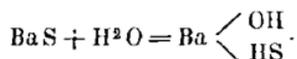
Il consiste, en somme, à préparer du sucrate de baryte en partant du sulfate de baryte et de la mélasse. La baryte parcourt un cycle qui se renouvelle sans cesse, de sorte qu'il n'est besoin que de subvenir aux pertes inhérentes à la fabrication.

La marche du travail est la suivante :

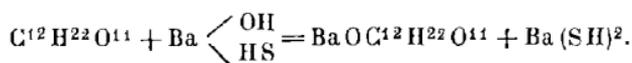
Le sulfate de baryte, roche naturelle qu'on pulvérise, est mélangé avec de la poudre de charbon et porté au rouge dans un four. Il se transforme petit à petit en sulfure de baryum et il se dégage du gaz CO^2 :



Le produit de la décomposition est lavé avec de l'eau ; il donne de l'hydroxysulfure de baryum :



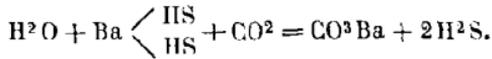
Cette solution étant chauffée avec de la mélasse, il se forme du sucrate de baryte qu'on sépare par un filtre-pressé, et du sulfhydrate de baryte $\text{Ba}(\text{SH})^2$ qui reste en solution :



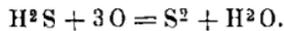
Pendant la campagne, le sucrate de baryte ainsi obtenu rentre, à l'état de lait, dans les jus avant la deuxième carbonatation.

L'eau mère qui s'échappe des filtres-pressés et qui contient $\text{Ba}(\text{SH})^2$ est soumise à une carbonatation. Il se

précipite du carbonate de baryte pendant que de l'acide sulfhydrique se dégage :



L'acide sulfhydrique est recueilli dans un gazomètre placé sur eau, et de là il vient subir la combustion dans un four où il brûle en donnant du gaz SO^2 et de la vapeur d'eau :



L'acide sulfureux est employé à décomposer le carbonate de baryte produit précédemment. Il se forme du sulfite de baryte qui, séparé par une filtration, puis évaporé à sec et mélangé avec du charbon, peut être décomposé à son tour et régénérer le sulfure de baryum, point de départ du cycle.

Les deux opérations les plus difficiles sont : la carbonatation des eaux mères de sulphydrate et l'incinération des eaux au sulfite de baryte.

Dans une fabrique que nous avons visitée, on emploie le procédé Langen et Felde, concurremment avec la séparation Steffen : 30 000 kilogrammes de mélasse sont travaillés d'après Steffen et 15 000 d'après Langen et Felde. Le sucrate Steffen rentre dans le jus avant la première carbonatation, le sucrate Langen avant la deuxième.

Les eaux mères Steffen sont évaporées et incinérées dans un four, système Porion, de sorte que, dans cette fabrique, on obtient sucre et sels sur une partie de la production. Les sels renferment environ 60 p. 100 de carbonate de potasse. Les gaz qui s'échappent du four servent à chauffer les générateurs de vapeur.

Voici, au sujet du procédé Langen, quelques chiffres extraits du cahier du laboratoire (il s'agit ici du procédé Langen employé hors campagne) :

Sucre de sirop non filtré sur noir.	{	Sucre.....	97,4
		Eau.....	1,76
		Cendres.....	0,55
		Non-sucre.....	0,2
Masse cuite de sirop filtré sur noir.	{	Rendement.....	94,68
		Sucre.....	86,5
		Eau.....	11,4
		Non-sucre.....	2,1
		Pureté.....	97,7

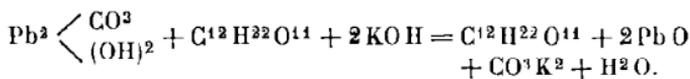
Procédé au plomb. — Procédé Wohl. — Ce procédé, employé hors campagne par la sucrerie 4, repose sur cette propriété que possède le sucre de pouvoir donner avec l'oxyde jaune de plomb un sucrate de plomb. Des expériences récentes montrent même que la réaction se fait facilement, quelle que soit la concentration de la mélasse, si l'on prend la précaution d'ajouter un alcali.

La grosse difficulté est la régénération de l'oxyde de plomb, qu'on a d'abord essayée, mais sans succès, par la voie sèche.

A l'heure actuelle, on la fait par la voie humide.

Pendant la carbonatation du sucrate de plomb obtenu aux dépens de la mélasse, en présence d'un alcali, il se forme du carbonate basique de plomb $Pb^2 \left\langle \begin{array}{l} CO^3 \\ (OH)^2 \end{array} \right.$ qui peut servir au désucrage d'une nouvelle portion de mélasse.

La réaction qui se produit est la suivante :



La potasse ajoutée passe dans l'eau mère à l'état de carbonate. Par l'addition de chaux, sous forme de lait, on la met en liberté et elle peut être réemployée à la formation du sucrate de plomb.

Au lieu de traiter la totalité de l'eau mère par la chaux, on peut en incinérer une partie dans un four Porion et

dissoudre le salin sec dans l'autre partie qui a reçu la chaux. Il faut environ 25 de chaux par 100 de mélasse.

Tel qu'il a été perfectionné, le procédé au plomb peut donner du jus ne renfermant aucune trace de plomb et accusant une pureté réelle de 95 à 96.

Au moment où je l'ai vu en fonctionnement, il y avait encore quelques difficultés d'ordre pratique à résoudre.

Nous ne dirons rien des procédés à la strontiane.

II. — Fabrication d'alcool de mélasse.

A l'heure actuelle, la presque totalité des mélasses françaises vont en distillerie.

D'après un accord passé récemment entre le Syndicat des fabricants de sucre et l'Union des distillateurs de mélasses, les conditions du marché de mélasses sont les suivantes. (Elles ne sont obligatoires pour personne et chacun reste libre de faire ses marchés à sa façon.)

Modèle de contrat d'achat de mélasses (avril 1903).

La mélasse sera saine, loyale, marchande, non osmosée et homogène dans chaque expédition.

Elle aura un degré Baumé qui ne sera pas inférieur à 37°, ni supérieur à 43° à la température de 15° centigrades; elle devra être entonnée à une température ne dépassant pas 35°.

Si la mélasse contient plus de 0,50 p. 100 (50 centièmes pour 100 kilos de mélasses) de produits réducteurs de la liqueur cuivrique, tout centième de produits réducteurs au delà de 0,50 p. 100 (50 centièmes) et jusqu'à 2 p. 100 donnera lieu à une réfaction de 0,05 p. 100 de la valeur de la mélasse.

Si la mélasse contient de 2,01 à 3 p. 100 de produits réducteurs, la réfaction pour chaque centième au delà de 2 p. 100 (2 centièmes pour 100) sera de 0,075 p. 100; au delà de 3 p. 100, la réfaction pour chaque centième sera de 0,10 p. 100.

La mélasse devra être épuisée, et son quotient salin ne devra pas dépasser 5. Tout dixième ou fraction de dixième au-dessus de ce taux donnera lieu à une réfaction de 3 centimes par 100 kilogrammes de mélasses.

La détermination du sucre cristallisable aura lieu par inversion, suivant la méthode et la formule de Clerget.

Chacune des parties choisira son chimiste.

Il y aura lieu à départage pour le sucre cristallisable, si la différence entre les titres constatés par les analyses est de plus de 1 degré.

Il y aura lieu à départage pour les produits réducteurs seuls ou pour le quotient salin seul, si l'écart entre les chiffres respectifs des analyses est de plus de 0,25.

Le sort désignera celle des deux parties qui aura le choix du chimiste départageur.

La facture sera établie sur la moyenne des deux analyses contradictoires, s'il n'y a pas lieu à départage, et, en cas de départage, sur la moyenne des deux analyses se rapprochant le plus.

La détermination du sucre cristallisable aura lieu par inversion, suivant la méthode et la formule de Clerget.

Note additionnelle aux marchés de mélasses.

On entend par *mélasse saine* celle qui n'est ni caramélisée à l'excès, ni altérée en cours de fabrication, ni fermentée.

On entend par *mélasse loyale* celle qui est pure de tout mélange.

On entend par *mélasse marchande* celle dont le sucre fermente normalement et dont la composition saline est normale.

NOTA. — Voy. plus loin (p. 217) les méthodes d'analyses prescrites.

Nous ne voulons point essayer de dire comment s'effectue la fermentation des mélasses; ce serait sortir du cadre de ce travail.

Nous dirons seulement que, pendant l'extraction, le

transport et le travail des jus de sucrerie, il se produit souvent, on peut même dire toujours, des fermentations diverses dont certaines donnent naissance à de l'acide butyrique, à de l'acide caproïque, etc.

Ces derniers corps sont des antiseptiques pour la levure de bière.

D'autre part, comme on a une tendance de plus en plus marquée à faire de la sulfitation, les mélasses contiennent aussi des quantités souvent très grandes d'acide sulfureux, lequel acide a également des propriétés antiseptiques.

De sorte que si l'on se contente d'ensemencer la mélasse diluée avec de la levure, il arrive que la fermentation ne part pas.

On y remédie en faisant, au préalable, bouillir la mélasse, pendant un quart d'heure ou vingt minutes, avec une quantité d'acide sulfurique telle que, une fois l'ébullition terminée, la mélasse, diluée et prête à être mise en fermentation, ait une acidité de 2^{gr},5 par litre (exprimée en $S(O^2)H^2$) et reconnue au tournesol.

On comprend tout de suite que l'ébullition a pour but de chasser partiellement, au moyen d'un acide fixe (l'acide sulfurique), les acides volatils antiseptiques (acide butyrique, acide sulfureux, etc.).

Le distillateur hésite à travailler avec une acidité de 2^{gr},5 par litre, car l'acide sulfurique employé transformera, au moment de l'incinération des vinasses, une partie de la potasse en sulfate et diminuera ainsi la proportion de carbonate de potasse. La valeur des salins s'en trouvera diminuée.

La présence, dans la mélasse, de substances réduisant la liqueur de Fehling est souvent un indice qu'on a affaire à une mélasse malsaine qui a subi un commencement d'altération. Il faut cependant se garder d'ériger cette observation en règle absolue.

Il y a des « glucoses » de mélasse qui ne sont pas autre chose que du sucre inverti provenant d'une sulfitation poussée trop loin et qui non seulement ne paralysent pas la fermentation, mais même sont susceptibles de fermenter et, par conséquent, de donner de l'alcool.

Cet alcool ne coûte rien au distillateur, puisqu'on ne fait entrer dans la facture que le sucre Clerget.

Si donc on rapporte la totalité de l'alcool produit au sucre cristallisable, on peut trouver un rendement supérieur au rendement théorique.

Dans la pratique industrielle, on obtient autour de 60 litres d'alcool pur à 100° par 100 kilogrammes de sucre Clerget.

III. — Préparation des fourrages mélassés.

Considérée au point de vue industriel, la mélasse française présente assez exactement la composition suivante (il s'agit ici de mélasse amenée à 44 p. 100 de sucre à cause de la décharge de l'impôt. La mélasse de turbinage contient 15 à 17,5 p. 100 d'eau) :

Extrait sec.....	73
Sucre	44
Cendres	10
Matières organiques.....	19

Voici maintenant quelques données sur la composition centésimale des cendres sèches :

Potasse.....	53,00	p. 100.
Soude	7,6	—
Chaux.....	1,5	—
Magnésie.....	0,4	—
Oxyde de fer et alumine.....	0,30	—
Acide phosphorique.....	0,01 à 0,5	p. 100.

Quant à l'azote contenu dans la mélasse, il peut être rapporté à quatre grands groupes qui prennent plus ou

moins d'importance suivant les pays et suivant les fabriques.

	MÉLASSES BELGES 0/0 de mélasse.	MÉLASSES DE MORAVIE 0/0 d'extract sec.	MÉLASSES HONGROISES 0/0 d'extract sec.	MÉLASSES POLONAISES 0/0 d'extract sec.	MÉLASSES DE BOHÈME 0/0 d'extract sec.
Azote total.....	0,61 à 1,10	1,84	2,12 et 2,66	0,739 à 1,802	2,01 à 2,50
— nitrique.....	0,20 à 0,35	»	»	»	0,04
— ammoniacal.	0,02 à 0,03	0,10	0,17 et 0,18	»	0,18
— des amides..	0,41 à 0,60	»	»	»	2,03
— albuminoïde.	0,15 à 0,24	0,06	0,18 et 0,11	0,02 à 0,27	0,118

Ces résultats montrent que la proportion d'azote total dans 100 grammes d'extract sec de mélasse varie de 1,5 à 2,36 p. 100 (mettons 1,8 p. 100 en moyenne), et que, dans ce total, l'azote albuminoïde ne figure que pour 5 à 20 p. 100, soit 10 p. 100 en moyenne.

La mélasse française, considérée au point de vue alimentaire, ne s'écarte pas beaucoup de la composition suivante :

Azote albuminoïde : 0,13, soit :

$0,13 \times 6,25 = 0,8125$ de matières albuminoïdes ;

Extractifs non azotés et hydrates de carbone :
63 environ ;

Cendres : 10 environ.

Et encore, il faut s'attendre à bien des variations, plutôt en moins qu'en plus.

Tout ceci montre que la quantité de protéine apportée est insignifiante et que c'est surtout à cause de ses hydrates de carbone et autres extractifs non azotés que la mélasse possède une valeur alimentaire.

Je ne sais si des essais ont été faits pour déterminer les coefficients de digestibilité relatifs à chaque principe immédiat ; mais je ne crois pas m'écarter beaucoup de la

vérité en admettant que tous peuvent être assimilés, en totalité, par l'animal.

Les quantités de mélasse que l'on peut donner sans danger aux animaux de la ferme sont les suivantes (d'après M. Maercker) :

Bœufs à l'engrais : 4 à 6 kilogrammes par 1000 kilogrammes de poids vivant (on peut aller jusqu'à 6 kilogrammes en hiver, mais avec de grandes précautions) ;

Chevaux : 2^{kg},5 à 3^{kg},5 par 1000 kilogrammes de poids vivant ;

Vaches laitières : 2^{kg},5 par animal ;

Moutons à l'engrais : 0,25 par tête.

Brebis mères : 0,125 par tête.

Il est entendu qu'on n'appliquera pas ces doses du jour au lendemain ; on y arrivera petit à petit au bout d'un certain nombre de jours.

Il faudra consulter surtout l'état sous lequel les fèces sont évacuées par l'animal.

Quant aux moyens d'employer la mélasse, ils sont assez nombreux, ainsi qu'on va le voir :

1^o *Le plus simple, le plus primitif* consiste à la mesurer avec des seaux, au moyen d'une réglette de bois sur laquelle on fait des encoches, dont chacune correspond à un volume déterminé.

Si la mélasse est trop visqueuse pour être maniée facilement, on peut l'étendre d'un peu d'eau.

On la répartit aussi uniformément que possible sur les fourrages, de façon que ceux-ci en soient imbibés également dans toutes leurs parties.

Le goût sucré plaît beaucoup aux animaux et, sous ce couvert, on peut leur faire manger plus de paille et même des aliments quelque peu altérés.

A condition qu'on ne dépasse pas les doses que j'ai indiquées précédemment, les bons effets de la mélasse-fourrage ne tardent pas à apparaître.

Les animaux prennent un poil luisant qui est l'indice

d'une bonne santé et bientôt ils ne mangent plus aussi volontiers les fourrages non arrosés de mélasse.

Tout est donc pour le mieux. Il y a cependant l'inconvénient d'avoir à manier un produit visqueux qui s'attache facilement aux parois des vases qui le contiennent et qui se dissout trop lentement dans l'eau froide.

2° *A l'état de cossette mélassée sèche.* — On fait couler dans la nochère qui reçoit et entraîne les cossettes pressées un mince filet de mélasse, de telle façon qu'il apporte pour 1000 kilogrammes de betteraves toute la mélasse produite.

On peut employer, à cet effet, soit le four Meyer et Buttner, soit le four Excelsior, soit l'un des fours déjà décrits.

La cossette mélassée sèche a la composition moyenne suivante.

(Il est à noter qu'elle reprend facilement de l'humidité à cause de l'hygroscopicité des sels de la mélasse.)

Humidité.....	8,5	p. 100.
Protéine brute.....	8,75	—
Cellulose.....	14	—
Graisse.....	0,25	—
Extractifs non azotés.....	62	dont 22,5 de sucre.

3° *A l'état de « pailmel ».* — La mélasse chauffée à 110° peut être facilement absorbée par la paille hachée qui en retient jusqu'à 150 p. 100 et plus de son poids.

4° *A l'état de farine-mélasse (Krug).* — La mélasse additionnée de 2 à 3 p. 100 de suif est évaporée jusqu'à 2 à 3 p. 100 d'eau dans l'appareil à cuire. Après refroidissement, elle peut être moulue. Elle est très hygroscopique.

5° *A l'état de tourbe mélassée.* — Elle est obtenue en mélangeant de la tourbe pulvérisée avec de la mélasse préalablement chauffée, et dans la proportion de 70 à 80 de mélasse pour 20 ou 30 de tourbe.

Grâce à la réaction acide de la tourbe, il se produit au moment du mélange, et avec des mélasses neutres ou peu alcalines, un dégagement d'acide carbonique et même d'acide sulfureux. Une partie des carbonates et quelque-

fois des sulfites peuvent être transformés en sels organiques. Il y a en même temps dégagement de chaleur.

6° *A l'état de mélange mélassé*, obtenu en associant à la mélasse, et dans des proportions variables, des sons, des tourteaux pulvérisés, des touraillons, des drèches, des balles, des coques d'arachides, de la paille hachée, des grains concassés, etc.

Pour faire ces préparations, on peut employer l'appareil Scholle, qui se compose, en somme, d'une nochière demi-cylindrique à double fond dans laquelle tourne un arbre agitateur et propulseur.

Les substances à mélanger, arrivant par l'une des extrémités, sont entraînées et mélangées par le mouvement de l'arbre. Quand la préparation est terminée, elle sort par une ouverture qui est placée à l'extrémité opposée.

Il est indispensable que la mélasse soit portée, au préalable, à la température de 80°-88° C. On peut maintenir au mélange qui se fait une température suffisante, en envoyant de la vapeur dans la double enveloppe de l'appareil.

Un appareil Scholle pouvant produire 250 kilogrammes de fourrage mélassé à l'heure coûte 300 francs environ avec la double enveloppe. L'appareil produisant 2500 à 3000 kilogrammes à l'heure coûte autour de 750 francs.

Une fois le fourrage préparé, il est reçu et mis à refroidir sur une surface en béton ou en briques.

Il s'est produit, en Allemagne, quelques cas d'inflammation provenant de l'échauffement de la masse, et il y avait danger d'incendie.

On y remédie en maintenant le tout sur une épaisseur de 0^m,50 seulement et en le retournant de temps en temps. Après un délai de vingt-quatre heures, on peut ensacher le mélange. On abandonne les sacs eux-mêmes au refroidissement en les laissant côte à côte pendant un ou deux jours. On peut ensuite les empiler comme des sacs de sucre, à raison de cinq par série.

Tout danger d'inflammation est alors écarté.

Il reste cependant un danger d'altération, ainsi qu'en témoignent des essais qui ont été faits à Rostock (Mecklembourg).

Le mélange de mélasse et de tourteau en poudre avait, au moment de la préparation, la composition suivante :

Humidité.....	17 p. 100
Graisse.....	4 —
Protéine.....	11 —
Sucre.....	24 —

Après huit mois de conservation, il avait subi des pertes qui s'élevaient à environ 4 p. 100 du sucre préexistant :

50 p. 100 de la graisse ;
30 — de la protéine.

Dans la perte de 4 p. 100 afférente au sucre, n'est pas compris le sucre transformé en inverti, parce que celui-ci, comme le sucre, possède une valeur alimentaire.

Une autre expérience, faite avec un mélange de drèches et de mélasse, a donné, après trois mois de conservation, un résultat analogue : les pertes se sont élevées à 60 p. 100 pour la protéine et à 30 p. 100 pour le sucre.

Tous ces phénomènes d'altération sont occasionnés sans doute par des microorganismes, qui, à la faveur de l'humidité, se multiplient et déterminent, aux dépens de la valeur alimentaire du fourrage, une destruction ou, tout au moins, une transformation des principes immédiats contenus dans celui-ci.

C'est pour remédier à cet inconvénient qu'on sèche les fourrages mélassés dans des appareils spéciaux. On obtient alors une matière pulvérulente qui se conserve beaucoup mieux et peut être transportée au loin.

L'appareil qui peut être employé à cet effet est l'appareil construit par la Société des constructions mécaniques de Saint-Quentin. Il se compose de deux parties super-

posées: dans la partie supérieure, le fourrage est mélangé à la mélasse; le mélange tombe ensuite dans un cylindre inférieur où il se déplace en sens inverse d'un courant d'air chaud qui vient d'un four à coke.

La dessiccation peut être ainsi poussée jusqu'à 10 p. 100; mais il faut avoir soin de conserver le fourrage mélassé dans un endroit sec, car il est très hygroscopique et reprend facilement de l'humidité.

7° *A l'état de pain-mélasse*, tel le pain Vaury;

8° On peut enfin mélanger la *mélasse aux pulpes* au moment de la mise en silo. Cette pratique est mauvaise, car le sucre constitue un aliment pour les ferments et il se transforme petit à petit sous l'influence de l'acidité du milieu.

XIV. — CONTRÔLE CHIMIQUE.

Le contrôle chimique comprend deux parties :

1° L'exécution des analyses, ainsi que le contrôle des pertes;

2° L'établissement des entrées et des sorties de sucre.

A. Analyses. — Dosage du sucre dans la betterave.

— Les méthodes les plus couramment employées sont les méthodes d'extraction par l'eau et par l'alcool et les méthodes de digestion aqueuse et alcoolique. Toutes les quatre donnent sensiblement le même résultat quand elles sont exécutées suivant certaines prescriptions.

En France, on emploie surtout la méthode de digestion aqueuse (Pellet): on pèse 16^{gr},29 de râpure (obtenue avec une râpe à dents de scie), que l'on place dans un ballon avec environ 85 centimètres cubes d'eau et 5 centimètres cubes de sous-acétate de plomb à 30° B.

On chauffe à 85°-90° pendant trois quarts d'heure environ au moyen d'un bain-marie. On refroidit jusqu'à 15° C.; enfin on porte le volume à 100^{cc},85 (les 0^{cc},85 représentent le volume du marc). Après filtration, on acidifie le liquide avec quelques gouttes d'acide acétique

et on le passe au saccharimètre. Le résultat de la lecture représente la richesse saccharine de la betterave.

La méthode de digestion aqueuse peut être aussi pratiquée à froid, mais il faut opérer sur de la pulpe-crème obtenue soit avec la râpe conique à disque d'acier taillé comme une lime à bois, soit, quand il s'agit de sélection, avec le foret-râpe, soit, quand il s'agit de cossettes fraîches, avec la presse « Sans-Pareille ». La râpe conique et le foret-râpe sont suffisamment connus. Inutile de les décrire. Quant à la « Sans-Pareille », elle se compose d'un cylindre dans lequel on introduit les cossettes. Celles-ci sont ensuite comprimées à l'aide d'un piston mû par un volant. Elles s'échappent à la partie inférieure, en passant entre deux surfaces, dont l'une est pourvue d'arêtes vives radiales.

La *digestion aqueuse à froid* se pratique de différentes façons : ou bien en opérant comme précédemment, mais avec de l'eau froide, ou encore en employant la méthode Kaiser-Sachs. Cette dernière repose sur ce principe que la betterave contient 4,75 p. 100 de marc, soit, pour 32^{gr},6 de râpure, 1^{gr},54 de marc et 30^{gr},96 de jus. En supposant au jus une densité moyenne de 1,07, il y aurait donc 28^{cc},93 de jus ou 28^{cc},70 en tenant compte du précipité plombique. En ajoutant 171^{cc},3 d'un mélange d'eau et de sous-acétate, on a donc 200 centimètres cubes de liquide. On fait le dosage au moyen de l'appareil Le Docte, qui comporte une pipette à jaugeage automatique pour mesurer l'eau et le sous-acétate de plomb, une capsule en cuivre étamé qui peut être fermée avec disque placé dans un capuchon en caoutchouc vaseliné.

On place dans la capsule les 32^{gr},6 de pulpe, on y fait tomber 171^{cc},3 d'eau contenant 3 centimètres cubes de sous-acétate. On agite et l'on filtre. On évite ainsi le transvasement de la pulpe et l'affleurement au trait de jauge.

La *méthode d'extraction alcoolique* (fig. 62) est surtout pratiquée en Allemagne. La râpure est placée dans un

extracteur Soxhlet qu'on attelle par sa partie inférieure à un flacon jaugé contenant l'alcool à 90° G.-L. et à la partie supérieure avec un réfrigérant. Le flacon jaugé plonge dans un bain-marie à l'ébullition.

Les vapeurs d'alcool produites se rendent dans le réfrigérant par un tube latéral de l'extracteur, retombent à l'état liquide sur la râpure et font retour dans le ballon par un siphon. L'opération dure assez longtemps : plusieurs heures. Quand elle est terminée, on refroidit l'alcool, on ajoute 2^{cc},5 à 5 centimètres cubes de sous-acétate de plomb, on affleure au trait de jauge, on filtre et l'on polarise. L'extracteur Soxhlet a été modifié différemment par divers constructeurs, mais le principe de son fonctionnement reste toujours le même. (On peut mettre le sous-acétate dans l'extracteur au début de l'opération.)

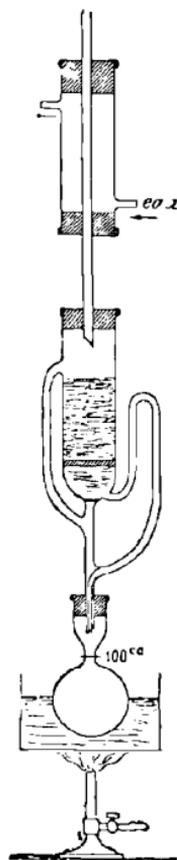


Fig. 62. — Extracteur Soxhlet.

Les méthodes qui viennent d'être décrites nécessitent l'emploi du saccharimètre, mais on peut aussi doser le sucre par inversion et au moyen de liqueurs cuivriques, comme cela se fait encore quelquefois pour la sélection des portegraines. On pèse 5 grammes de betterave divisée en petits morceaux, que l'on introduit dans un ballon jaugé à 100 centimètres cubes, puis on ajoute 10 centimètres cubes d'acide sulfurique au dixième, 60 centimètres cubes d'eau et l'on place le ballon dans un bain-marie à 70° pendant trente minutes. Après refroidissement à 15° C., on neutralise avec de la soude, on complète à 100 centimètres

cubes, on filtre et l'on fait le dosage du sucre soit par la méthode en poids, soit par la méthode en volume. On peut employer soit la liqueur de Fehling ($1^{\text{cc}} = 0,005$ d'inverti ou $0,0475$ de sucre), ou bien la liqueur de Violette ($1^{\text{cc}} = 0,005$ de saccharose ou $0,05263$ de sucre inverti).

Dosage des réducteurs dans la betterave. — Prendre le liquide de digestion aqueuse, précipiter l'excès de plomb par du carbonate de soude, filtrer et faire le dosage avec une liqueur cuivrique.

Détermination de la proportion de jus. — On dose l'eau dans la betterave, soit e pour 100 grammes ;

L'eau dans le jus, soit e' pour 100 grammes.

Le poids de jus cherché est

$$p = \frac{100 e}{e'} .$$

Ou bien on dose le sucre dans la betterave, soit s pour 100 grammes, et le sucre dans le jus, soit s' pour 100 grammes, et l'on a

$$p = \frac{100 s}{s'} .$$

Dosage de l'extrait sec insoluble ou marc. — Épuiser 5 grammes de pulpe placés dans un filtre, par des lavages successifs à l'eau froide et à l'eau tiède. Sécher le résidu dans une étuve à 100° - 105° C.

Sélection des porte-graines. — La méthode de digestion aqueuse à froid et la méthode par inversion sont, avons-nous dit, fréquemment employées pour faire la sélection chimique des porte-graines de betterave. Nous voulons dire quelques mots à ce sujet : les betteraves jugées les meilleures d'après les formes extérieures, le développement de leurs feuilles et leur aspect, sont conservées en silos ou dans des caves jusque vers les mois de février-mars. Quand arrive l'époque des analyses, on les apporte dans un hangar d'attente à proximité du laboratoire, où

l'on a installé des casiers en bois. Les betteraves y sont placées avec une fiche portant un numéro qui est, en quelque sorte, le numéro matricule. Les casiers contiennent 100 betteraves et sont désignés chacun par une lettre.

Préparation de la pulpe-crème. — La pulpe-crème est obtenue au moyen du foret-râpe qu'on actionne par un moteur et qui tourne à raison de 1 800 à 2 000 tours par minute. L'ouvrier présente la betterave devant le foret et la transperce suivant une ligne médiane inclinée par rapport à l'axe de la betterave et commençant au quart de la betterave à partir du collet. Une fois la perforation terminée, la betterave est remise en place, le foret arrêté et l'ouvrier extrait la râpüre de l'axe de l'instrument.

Pesée de la pulpe. — On pèse 4^{sr},07 de la pulpe, soit le quart du poids normal, dans une capsule en nickel à bec et au moyen d'un trébuchet sensible au centigramme.

Transvasement. — La pulpe est transvasée dans un ballon de 50 centimètres cubes à col élargi vers le haut. Un ouvrier y fait arriver ensuite un mélange d'eau et de sous-acétate de plomb, venant d'un réservoir en charge et contenant par litre 40 à 50 centimètres cubes de sous-acétate à 28° B. Un autre ouvrier affleure le liquide au trait de jauge au moyen d'eau venant également d'un flacon en charge.

Filtration. — Les ballons passent ensuite entre les mains des filtreurs qui les agitent et jettent leur contenu sur des entonnoirs recouverts de filtres. On dispose ceux-ci sur des tables à filtration qui peuvent avoir jusqu'à 50 places chacune.

Il faut de quatre à six tables si l'on veut faire 2 000 à 3 000 analyses par jour.

Acidification. — On ajoute au filtrat 3 à 4 gouttes d'acide acétique à l'effet de rendre le liquide plus clair et de faciliter la lecture au saccharimètre.

Lecture au saccharimètre. — Comme on a pris le quart du

poids normal, complété à 50 centimètres cubes, la lecture faite dans un tube de 40 centimètres de longueur donne directement la richesse saccharine de la betterave.

En se servant du tube continu Pellet, on évite d'avoir à faire le lavage du tube après chaque lecture et les opérations marchent beaucoup plus vite. D'après l'analyse, on classe généralement les betteraves en trois lots. Le premier lot comprend celles qui ont moins de 15 p. 100 de sucre, le deuxième celles qui en renferment de 15 à 17 p. 100, le troisième celles qui ont une richesse saccharine supérieure à 17.

L'avertisseur électrique dispense, dans ce cas, de faire les lectures : on n'a à s'occuper que de réaliser l'égalité de teinte des deux demi-disques.

Personnel nécessaire pour 2000 à 3000 analyses par jour :

Un ouvrier et un aide au foret-râpe ;

Un ouvrier portant les capsules en zinc aux peseurs ;

Quatre ouvriers peseurs ;

Un ouvrier pour amener au trait de jauge ;

Quatre emplisseurs de ballons ;

Deux filtreurs ;

Deux ouvriers et deux aides pour deux polarimètres ;

Deux femmes pour le lavage de la verrerie.

On peut faire aussi l'analyse des betteraves de sélection par inversion et liqueurs cuivriques.

Analyse des jus de fabrique. — Les jus des betteraves, les jus de dernière carbonatation, les sirops et masses cuites diluées peuvent être analysés suivant la même méthode. D'une manière générale, on amène d'abord à neutralité le liquide à étudier, puis on le défèque au sous-acétate de plomb.

Après filtration, on le passe au saccharimètre.

Préparation de l'échantillon. — Le jus de betterave s'obtient en soumettant à la pression de la râpure de betterave obtenue soit au moyen d'une râpe à tambour, soit au moyen d'une râpe conique. Dans les deux cas,

les râpes sont armées de lames à dents de scie. Pour que les résultats soient comparables, il faut opérer toujours avec la même râpe et la même presse, prendre toujours à peu près le même poids de râpure, presser toujours avec la même intensité et se servir toujours des mêmes éprouvettes. (Le décret du 23 juillet 1897 prescrit, pour la réception des betteraves, des râpes découpant des sections coniques longitudinales.)

Une fois le jus obtenu, on le laisse pendant quelques instants au repos dans un bain d'eau destiné à l'amener à la température de 15°. Les bulles se dégagent ; mais il ne faut pas attendre qu'un dépôt se produise au fond du vase.

S'il s'agit de sirop, on prend généralement 25 centimètres cubes qu'on amène à 100 centimètres cubes ; avec les masses cuites, on prend 20 grammes qu'on complète à 100 centimètres cubes.

Il est bon de refroidir toujours le jus de dilution à la température de 15° C.

Densité. — Elle se détermine dans une éprouvette, soit au moyen du densimètre, qui donne la densité par rapport à l'eau à 4° C., soit au moyen de la balance de Mohr ou de la méthode du flacon, qui donnent la densité par rapport à l'eau à 15° C.

Dans ces deux derniers cas, pour pouvoir se servir des tables dont nous allons parler, il faut multiplier la densité obtenue par la densité absolue de l'eau à 15° C., c'est-à-dire par 0,99913.

Si, par hasard, le jus n'était pas à 15° C. au moment de la lecture, il faudrait faire une correction. Des tables ont été construites à cet effet. En général, il faut ajouter 0,1 à la densité par 4 degrés au-dessus de 15° et retrancher 0,1 par 4 degrés au-dessous de 15°.

La correction ainsi comprise s'effectue sur la densité au-dessus de 100, c'est-à-dire ayant pour unité le troisième chiffre de la densité absolue (ainsi, la densité 1,07 devient 7).

Extrait. — L'extrait réel s'entend de la quantité de matière sèche qui reste après évaporation et dessiccation dans une étuve maintenue à 105°. On active l'opération en se servant de pierre ponce, préalablement broyée, lavée à l'acide chlorhydrique à l'eau, et séchée. On dose rarement l'extrait sec des jus, mais très fréquemment celui des sirops, masses cuites et mélasses. Si l'on veut avoir des résultats comparables, il faut toujours opérer dans les mêmes conditions. L'extrait apparent se déduit de la densité par rapport à l'eau à 4° au moyen de tables construites à cet effet. (Ces tables ont été établies avec des solutions de sucre pur.)

Les unes donnent l'extrait apparent pour 100 grammes; les autres, pour 100 centimètres cubes.

Les sucreries françaises emploient des tables différentes pour passer de la densité à l'extrait apparent; ainsi s'explique pourquoi, à une même densité, correspondent souvent des extraits qui varient d'une usine à l'autre. Quelquefois même on emploie d'anciennes tables qui sont rapportées à l'eau à 15° C. Le densimètre donne la densité par rapport à l'eau à 4°, qui est plus faible que si l'unité était l'eau à 15°. Les extraits apparents qu'elles trouvent sont donc trop faibles. Il serait à désirer qu'on réalisât l'unification des tables de façon qu'un même produit étudié dans diverses fabriques donne le même extrait apparent.

En général, nos tables donnent des extraits plus forts que la table allemande de Scheibler, laquelle en donne de plus faibles que celle établie dernièrement par l'Institut physico-technique de Charlottenbourg.

Si la prise de densité est faite sur un jus chaulé, elle est faussée par la chaux qui a été ajoutée.

Sucre pour 100 centimètres cubes. — On prend 100 centimètres cubes du liquide à étudier. On le neutralise (s'il n'approche déjà de la neutralité, comme c'est le cas pour le jus de diffusion); on désèque avec 2 centimètres cubes

à 10 centimètres cubes de sous-acétate de plomb à 30° B., et l'on affleure au trait de jauge : 110 centimètres cubes.

Après filtration, le liquide est passé au saccharimètre dans un tube de 0^m,20. Le résultat de la lecture, augmenté de 1/10^e à cause de la dilution 100-110 et multiplié par le centième du poids normal du saccharimètre, donne le sucre pour 100 centimètres cubes de liquide.

Pour les sirops et masses cuites, on remonte par le calcul à la richesse saccharine de la substance initiale.

Sucres réducteurs. — On entend sous ce nom les sucres qui réduisent la liqueur cuivrique (Fehling ou Violette).

Après avoir précipité avec du carbonate de soude le plomb contenu dans le filtrat précédent, on dose les réducteurs, à la façon ordinaire, soit par la méthode volumétrique, soit par la méthode en poids. Dans ce dernier cas, des tables permettent de passer du poids de cuivre au poids de sucre.

La liqueur de Fehling est préparée de telle façon que 1 centimètre cube correspond à 5 milligrammes de sucre inverti, soit 4^m^{gr},75 de saccharose. La liqueur de Violette représente, par centimètre cube, 5 milligrammes de saccharose, soit 5^m^{gr},263 d'inverti.

Avant de s'en servir, il faut les contrôler avec une solution de sucre pur.

La présence de la saccharose est une cause d'erreur pour le dosage des réducteurs. On peut faire des corrections approchées au moyen des tables de Meissl.

Ce qu'on désigne sous le nom de *sucres réducteurs* n'est pas toujours du sucre inverti.

Dosage des cendres sulfatées. — On prend un volume donné du liquide, 10 centimètres cubes par exemple, qu'on mélange intimement avec quelques gouttes d'acide sulfurique. Après dessiccation, on incinère dans l'étuve maintenue au rouge sombre. Le résultat de la pesée multiplié par 0,9 donne les cendres sulfatées.

Dosage de la chaux. — Le dosage exact s'effectue par

précipitation de la chaux au moyen d'oxalate d'ammoniaque et suivant la méthode ordinaire.

Le dosage approximatif n'est autre chose qu'un titrage hydrotimétrique. On se sert à cet effet d'une solution alcoolique de savon qu'on a titrée avec une solution contenant, par litre, 0^{gr},25 de chlorure de calcium pur et sec.

. *Dosage de l'alcalinité ou de l'acidité.* — Comme les jus en travail normal sont presque toujours alcalins ou neutres, on a surtout à faire des dosages d'alcalinité. On exprime les résultats, en chaux CaO, par 100 centimètres cubes ou par litre.

Les liqueurs dont on fait usage sont telles que le nombre de centimètres cubes employés représente, sans calcul, l'alcalinité pour 100 centimètres cubes. Elles sont généralement préparées avec de l'acide sulfurique, et on les contrôle par un dosage au chlorure de baryum.

Les liqueurs qui sont généralement employées sont les suivantes :

Liqueur à 175 gr. SO ⁴ H ² par litre; 1 cc. neutralise	0 ^{gr} ,1	de chaux CaO.			
—	87 ^{gr} ,5	—	—	1	— 0 ^{gr} ,05 —
—	17 ^{gr} ,5	—	—	1	— 0 ^{gr} ,01 —
—	4 ^{gr} ,375	—	—	1	— 0 ^{gr} ,0025 —
—	1 ^{gr} ,75	—	—	1	— 0 ^{gr} ,001 —
—	0 ^{gr} ,875	—	—	1	— 0 ^{gr} ,0005 —

Suivant le degré d'alcalinité du liquide à étudier, on prend une liqueur sulfurique plus ou moins concentrée.

Les indicateurs que l'on emploie sont généralement la phtaléine du phénol et le tournesol. L'alcalinité au tournesol est plus élevée que celle à la phtaléine.

Quant au dosage de l'acidité, on l'effectue avec une liqueur titrée de soude ou de baryte.

Il est bon d'avoir des liqueurs acidimétriques et alcalimétriques qui se neutralisent volume à volume.

Dosage de SO². — On l'effectue soit par la méthode volumétrique, soit par la méthode en poids.

Dans le premier cas, on sert d'une liqueur décimale

d'iode qu'on colore en bleu par de l'empois d'amidon. On fait couler le jus jusqu'à décoloration. Un centimètre cube de liqueur d'iode = 0^{gr},032 de SO².

Dans le deuxième cas, on fait un premier dosage d'acide sulfurique, puis un deuxième, après avoir oxydé l'acide sulfureux avec du chlorate de potasse et, par différence, on a, après calcul, la quantité de SO².

C'est la méthode volumétrique qui est le plus fréquemment employée dans la pratique.

Avec les résultats qu'ont donnés certains des dosages précédents, on établit :

1^o Le quotient de pureté réel }
 ou $\frac{\text{Sucre} \times 100}{\text{Extrait réel}}$; } C'est la quantité de
 2^o Le quotient de pureté appa- }
 rent ou $\frac{\text{Sucre} \times 100}{\text{Extrait apparent}}$; } d'extrait ;

3^o Le coefficient salin ou $\frac{\text{sucre}}{\text{cendres}}$ ou quantité de sucre pour 1 de cendres ;

4^o Le quotient d'impuretés ou la quantité de non-sucre pour 100 de sucre ;

5^o Le rapport $\frac{\text{matières organiques}}{\text{cendres}}$. On appelle *matières organiques* tout ce qui, dans l'extrait, n'est ni cendres sulfatées, ni sucre. C'est donc une différence. Les matières organiques et les cendres forment le « non-sucre » total.

La pureté apparente est toujours plus faible que la pureté réelle ; mais la différence n'est pas constante. D'une façon générale, cette dernière augmente à mesure que s'abaissent les puretés. Elle peut aller jusqu'à 4 pour les mélasses.

Le rapport $\frac{\text{matières organiques}}{\text{cendres}}$ permet de voir *grosso modo* si du sucre se détruit. Dans ce cas, il augmente.

Analyse des mélasses et masses cuites de bas produits. — Toutes les méthodes de dosage qui viennent d'être décrites s'appliquent également au cas présent. On ne fait de différence que pour le dosage du sucre. Au lieu de se contenter d'une simple polarisation, on applique la méthode Clerget, qui est basée sur le principe suivant :

La solution normale de sucre pur donne une polarisation dextrogyre de 100, et une polarisation lévo-gyre de 34 à 20° C. après inversion, soit au total :

$$100 + 34 = 134 \text{ à } 20^{\circ} \text{ C. (Chiffre rectifié : } 132,66).$$

Comme le pouvoir rotatoire du sucre inverti diminue légèrement avec l'élévation de la température, on en tient compte et l'on applique la formule suivante :

$$\text{Sucre Clerget} = \frac{100 (A + B)}{144 - 1/2 t'}$$

dans laquelle A représente la polarisation directe ;

B représente la polarisation après inversion ;

t' représente la température au moment de la lecture B.

Le dosage du sucre par la méthode Clerget s'effectue de la manière suivante :

Prendre 32^{sr},58 de mélasse ; ajouter la quantité de sous-acétate juste suffisante pour produire la défécation. Compléter à 200 centimètres cubes. Filtrer, polariser. Résultat de la lecture = A.

Prendre 100 centimètres cubes du filtrat. Ajouter 10 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur, agiter et mettre dans un bain qu'on porte à 68°-70° en douze minutes.

Une fois l'inversion achevée, laisser refroidir spontanément en dehors du bain jusqu'à 20° C., affleurer de nouveau au trait de jauge, agiter, filtrer, polariser. Résultat de la lecture = B + 1/10°.

Si l'on a employé trop de sous-acétate de plomb, une partie de l'acide chlorhydrique ajouté pour l'inversion

passé à l'état de chlorure de plomb et met en liberté une quantité équivalentairement égale d'acide acétique provenant du sous-acétate. L'acidité du mélange ne change pas en quantité, mais elle change en qualité. Une partie est représentée par de l'acide acétique dont le pouvoir inversif est beaucoup plus faible que celui de l'acide chlorhydrique. Dans ce cas, il peut se faire que, même en suivant ponctuellement les prescriptions de la méthode Clerget, on ait une inversion inachevée et une déviation à gauche trop faible. Le sucre Clerget est alors trop faible.

Une autre cause d'erreur réside dans ce fait que la polarisation directe est faite en milieu alcalin et la polarisation après inversion en milieu acide.

Analyse des sucrales et eaux mères. — Une fois l'échantillonnage bien fait — il doit porter sur une quantité assez grande qu'on broie dans un mortier, — on dose dans les sucrales et eaux mères :

1° *L'alcali.* — Se dose avec de l'acide acétique titré sur le poids normal. (Le titre de l'acide acétique est tel que le nombre de centimètres cubes employés représente directement la quantité de CaO, BaO, Si²O contenue dans 100 grammes de sucrale essayé.)

2° *Le sucre.* — Une fois le sucrale neutralisé, on défèque avec du sous-acétate. Compléter à 100 centimètres cubes, filtrer, polariser.

Si l'on veut connaître la composition des jus que donneront les sucrales et eaux mères par la carbonatation, on prend un échantillon de 200 grammes de sucrale qu'on délaie dans l'eau distillée ; puis on carbonate, on fait bouillir et, après refroidissement, on filtre.

L'analyse du jus filtré se fait comme celle d'un jus ordinaire.

Il est évident que, dans le cas des eaux mères, on peut opérer sur un volume déterminé et se dispenser des pesées.

Détermination de la proportion des cristaux

extractibles dans une masse cuite. — Cette détermination a pris une grande importance depuis qu'on suit l'épuisement de l'égout mère pendant la cristallisation en mouvement.

On filtre la masse cuite dans un entonnoir à filtration chaude, garni à son intérieur d'une toile métallique semblable à celle des turbines.

Il est indispensable que la filtration soit effectuée à la température même que possède la masse cuite, sinon une nouvelle cristallisation se produit pendant le refroidissement. L'égout qui s'échappe a sensiblement la même pureté du commencement à la fin de la filtration.

On fait l'analyse de la masse cuite et l'analyse de l'égout mère.

Soient :

m le poids de masse cuite de richesse saccharine a ;

x le poids de cristaux de richesse saccharine p ;

y le poids de l'égout de richesse saccharine p' ;

Si l'on représente m par 1 et p par 100, on a pour x , ou poids de cristaux pour 1 de masse cuite, la valeur suivante :

$$x = \frac{a - p'}{100 - p'}$$

Analyse commerciale des sucres bruts. — Dans les sucres, on dose :

1^o L'humidité à 105° ;

2^o Le sucre, en opérant sur le poids normal qu'on défèque ;

3^o Les réducteurs, après précipitation de l'excès de plomb par du carbonate de soude ;

4^o Les cendres sulfatées totales ;

5^o Les matières organiques par différence.

La méthode Régie diffère de la méthode commerciale en ce sens qu'elle donne les cendres solubles au lieu des cendres totales. Elle prescrit donc la filtration de la solution normale avant l'incinération.

Le rendement commercial s'obtient en retranchant de la polarisation directe quatre fois les cendres et deux fois les réducteurs.

Dans les deux cas, les fractions d'unité ne sont pas comptées.

Il arrive fréquemment que le rendement Régie, abstraction faite de la fraction d'unité, est supérieur ou inférieur au rendement commercial.

Il y a alors surclassement ou déclassement. Ceci a son importance au point de vue du paiement de l'impôt.

Les surclassements ou déclassements sont généralement dus :

1° A un échantillonnage défectueux ;

2° A une polarisation trop forte qui peut provenir de ce qu'on a laissé les échantillons trop longtemps à l'air avant de les analyser ;

3° A une mauvaise filtration industrielle des sirops et égouts qui laissent en suspension des principes insolubles ;

4° A des matières étrangères insolubles qui restent dans le sucre ;

5° A l'emploi de quantités excessives de bleu d'outremer.

L'impôt porte sur le rendement en sucre raffiné (Pol. — $4 \times$ cendres).

L'analyse commerciale ne se fait que pour les sucres bruts. Les sucres blancs et extra-blancs sont vendus au poids. Les types commerciaux de sucre sont déposés à la Bourse du Commerce de Paris.

Analyse des résidus de fabrication. — a. *Cossettes épuisées.* — 1° *Eau.* — On en dessèche 3 à 5 grammes dans une étuve à 105°. (Ce dosage n'est qu'approximatif.)

2° *Sucre.* — On peut opérer sur les cossettes elles-mêmes par la méthode de digestion aqueuse (chauffer une heure) ou bien sur le jus de pression qu'on défèque.

b. *Euux de vidanges, de presses, etc.* — On les polarise

dans un tube de 0,50, après les avoir déféquées avec un peu de sous-acétate de plomb.

c. *Eaux de lavage, des transporteurs hydrauliques, retours.* — On décèle le sucre au moyen de la solution alcoolique de naphтол α . Pour le doser, on prend un litre de liquide qu'on alcalinise légèrement avec de la soude. Évaporer à l'air libre jusqu'à 60 centimètres cubes. Déféquer. Compléter à 100 centimètres cubes. Filtrer. Ajouter au filtrat quelques gouttes d'acide acétique. Polariser en tube de 0^m,50.

d. *Tourteaux de carbonatation.* — On a le sucre à l'état soluble en délayant le poids normal dans de l'eau bouillante (sucre soluble) et en polarisant après avoir déféqué. (Tenir compte du volume occupé par la partie insoluble et acidifier le filtrat avant polarisation.)

Le sucre à l'état de sucrate insoluble est mis en liberté si l'on neutralise avec de l'acide acétique.

Analyse de produits secondaires. — a. *Pierre à chaux.* — On y dose :

1° *L'humidité.* — Faire deux dosages à 120°-125°, l'un sur le calcaire rapidement broyé, et l'autre sur le calcaire finement pulvérisé et tamisé. C'est sur ce dernier que se font tous les autres dosages. On rapporte les résultats à 100 d'extrait sec.

2° *Silice insoluble.* — Traiter 5 grammes de calcaire par de l'acide chlorhydrique. Filtrer. Laver, sécher, peser le résidu.

3° *Silice insoluble.* — Évaporer le filtrat jusqu'à sec au bain de sable. Reprendre par de l'eau acidulée. Filtrer, laver, sécher, peser. Compléter le volume du filtrat à 500 centimètres cubes (filtrat A).

4° *Oxyde de fer et alumine.* — Prendre 100 centimètres cubes du filtrat A, alcaliniser très légèrement avec de l'ammoniaque. Faire bouillir et filtrer rapidement pour empêcher l'action de l'acide carbonique de l'air (filtrat B).

5° *Chaux*. — Prendre la totalité du filtrat B. Acidifier avec de l'acide acétique. Faire bouillir. Précipiter la chaux avec de l'oxalate d'ammoniaque. Faire bouillir quelques instants. Filtrer (filtrat C). Amener l'oxalate de chaux à l'état de chaux vive dans un four Bruno.

6° *Magnésie*. — Précipiter la magnésie du filtrat C en ajoutant du phosphate de soude, de l'ammoniaque. Agiter pendant vingt minutes avec un agitateur mécanique.

7° *Acide sulfurique*. — Prendre 100 centimètres cubes du filtrat A. Faire bouillir. Précipiter l'acide sulfurique avec du chlorure de baryum. Le maintenir quelques instants à l'ébullition. Filtrer.

8° *Acide carbonique*. — Nous donnons la préférence à la méthode en poids de Schløsing. Le calcimètre Scheibler ne peut guère donner que des résultats comparatifs.

9° *Matières organiques et pertes au feu en dehors de CO²*. — Incinérer 5 grammes de calcaire au rouge blanc, soit dans un four Kréchel, soit dans un four Bruno jusqu'à constance de poids.

b. *Houille et coke*. — On y dose :

1° *L'humidité*. — Faire deux dosages comme pour le calcaire, mais opérer à 100°.

2° *Cendres*. — Incinérer un poids de combustible pulvérisé jusqu'à constance de poids, sans dépasser le rouge sombre. Chauffer lentement au début.

3° *Matières volatiles*. — Opérer dans un creuset de Rose chauffé au rouge blanc (faire passer en même temps un courant d'hydrogène pour éviter l'oxydation) ou dans un creuset de platine avec couvercle à cheminée.

4° *Soufre total*. — On oxyde le soufre à l'état de sulfure avec un mélange de nitrate de potasse et de carbonate de soude, et l'on fait un dosage d'acide sulfurique.

5° *Pouvoir calorifique*. — On se sert de l'obus de Mahler et l'on opère sur un poids connu de charbon en poudre qu'on agglomère, au préalable, en comprimés au moyen d'une presse à pastilles.

Si le combustible ne peut être aggloméré à cause de sa friabilité, on le mélange à une substance liante de pouvoir calorifique connu, telle la naphthaline.

Analyse des gaz en fabrique. — Les gaz que l'on a à étudier en fabrique sont :

- 1° Les gaz du four à chaux;
- 2° Les gaz de combustion qui s'échappent dans la cheminée de l'usine;
- 3° Les gaz des fours à soufre.

Les trois analyses se ramènent à doser l'acide carbonique, l'oxygène, l'oxyde de carbone et le gaz sulfureux.

Les substances absorbantes que l'on emploie sont :

- 1° La potasse, pour l'acide carbonique;
- 2° La potasse et l'acide pyrogallique, pour l'oxygène;
- 3° Le protochlorure de cuivre acidulé par de l'acide chlorhydrique, pour l'oxyde de carbone;
- 4° La solution décimale d'iode, pour le gaz sulfureux.

Pour faire le dosage de l'acide carbonique dans les gaz du four à chaux, on peut se servir, soit de la cloche graduée ordinaire, soit de l'éprouvette graduée de Raffy, soit de la cloche à robinet, soit de l'éprouvette à entonnoir de Bunte à deux robinets et un entonnoir.

Si l'on veut faire l'analyse complète du gaz, il vaut mieux se servir de l'appareil d'Orsat, qu'on installe au laboratoire et qui peut, grâce à une canalisation spéciale, être mis en communication avec le tuyau de refoulement de la pompe à gaz.

Pour doser l'acide sulfureux SO^2 dans les gaz du four à soufre, on peut se servir de la méthode Reich et Lunge, qui consiste à faire passer dans de l'eau contenant une quantité connue d'iode et de l'empois d'amidon le volume de gaz nécessaire pour faire disparaître la coloration bleue. Comme un centimètre cube de la solution décimale d'iode représente 0^{sr},032 de SO^2 , il est facile de remonter par le calcul à la teneur du gaz en SO^2 .

Analyse des fourrages mélassés. — L'emploi des

fourrages mélassés commence à se généraliser de plus en plus et il est nécessaire que le chimiste de sucrerie puisse en faire l'analyse.

Voici les méthodes que l'on peut suivre :

Humidité. — Dessécher 5 grammes dans une étuve à 105° C. ;

Sucre. — Méthode Müller. — Mettre 25 grammes de substance sèche de fourrage dans une fiole conique de 300 centimètres cubes ; parfaire le volume total (eau du fourrage comprise) à 250 centimètres cubes. Agiter pendant vingt minutes environ. Filtrer.

Prendre 100 centimètres cubes du filtrat ; ajouter, sous constante agitation, du tannin (0,015 à 0,020), 10 centimètres cubes de sous-acétate de plomb, 10 centimètres cubes d'une solution d'alun à 5 p. 100, quelques gouttes d'alumine. Compléter à 125 centimètres cubes. Filtrer, polariser.

Méthode Færster. — On peut aussi opérer par la méthode d'extraction alcoolique sur la moitié du poids normal. L'extraction est assez longue, autour de douze heures.

Du liquide d'extraction on chasse l'alcool par l'ébullition. On complète à 100 centimètres cubes, puis on fait l'inversion Clerget et l'on dose le sucre par une liqueur cuivrique (Fehling ou autre) après avoir neutralisé avec de la soude et amené à concentration convenable.

Graisse. — 20 grammes de fourrage sont lavés à l'eau bouillante sur un filtre, puis séchés à 100° et enfin soumis à l'extraction par l'éther dans un appareil de Soxhlet analogue à celui qui sert pour l'extraction alcoolique.

Matières protéiques. — On emploie la méthode Kjeldahl. En multipliant l'azote obtenu par 6,25, on a, suivant une convention établie, les matières protéiques brutes.

Cellulose. — Le dosage peut être fait par la méthode de Weende.

Cendres. — On les dose à la façon ordinaire, mais sans employer d'acide sulfurique.

B. Établissement du bilan du sucre. — Le principe de tout contrôle est le suivant : le sucre entré à chaque poste doit se retrouver dans le jus ou le produit qui entre au poste suivant et dans les produits résiduels du poste.

a. *Contrôle de la diffusion.* — Sucre entré = Poids des betteraves \times richesse saccharine.

Sucre sorti = $\left\{ \begin{array}{l} \text{Sucre contenu dans le jus de diffusion ;} \\ \text{Sucre contenu dans les cossettes épuisées;} \\ \text{Sucre contenu dans les eaux de vidange.} \end{array} \right.$

Le poids des betteraves est donné par la bascule de l'usine.

L'échantillonnage des cossettes a lieu sur chaque diffuseur au moment de l'emplissage.

Les cossettes prélevées sont placées dans un seau fermé, avec un peu d'antiseptique (bichlorure, formol, etc.).

Les cossettes sont divisées en pulpe-crème au moyen de la presse « Sans-Pareille » ; on y dose le sucre par la méthode de digestion aqueuse à froid.

Le volume du jus de diffusion est accusé par les bacs jaugeurs. On le ramène, par le calcul, à 15°.

L'échantillonnage peut être fait au moyen d'un tube de niveau adapté au bac jaugeur et pourvu à la partie inférieure d'un robinet à trois voies. La richesse saccharine du jus se détermine à la façon ordinaire.

On détermine, par la pesée, la quantité de cossettes épuisées et d'eaux de vidange que l'on obtient par 100 kilogrammes de betteraves. L'échantillonnage se fait à la vidange de chaque diffuseur et l'on conserve les échantillons avec un peu d'antiseptique et en seaux fermés. On y dose le sucre comme il a été dit.

Avec ces données, on peut faire le compte des entrées et des sorties et voir en outre si la marche de la diffusion a bien été conforme aux prescriptions données.

b. *Poste de l'épuration.* — Sucre entré = Jus de diffusion \times richesse saccharine du jus.

Sucres sortis = $\left. \begin{array}{l} \text{Sucre contenu dans les tourteaux de} \\ \text{carbonatation;} \\ \text{Sucre contenu dans les jus entrant à l'appareil} \\ \text{d'évaporation.} \end{array} \right\}$

Le sucre entré est donné par le poste de la diffusion.

Le sucre contenu dans les tourteaux est donné par l'analyse.

Quant au sucre sorti, on ne peut le connaître exactement, car on ne mesure pas les jus qui vont à l'évaporation.

Il est bon néanmoins de faire l'analyse de ces derniers. En comparant leur richesse en sucre à celle des jus de diffusion, on voit approximativement si leur état de dilution correspond au volume de lait de chaux et au volume d'eaux de lavage qui ont dû être employés.

Il y a toujours des pertes indéterminées au poste de l'épuration; elles sont surtout attribuables aux toiles de filtres qui retiennent toujours de l'eau d'imbibition ou qui se chargent de dépôt. A la rigueur, on pourrait les connaître en mesurant les eaux de lavage des toiles et en y dosant le sucre.

On peut se rendre compte de l'effet de l'épuration en comparant au jus de diffusion, dont on connaît l'analyse, le jus de dernière saturation, supposé à la même richesse saccharine que le jus de diffusion.

c. *Poste de l'évaporation.* — Ici, on ne connaît exactement ni les entrées ni les sorties.

Le seul contrôle consiste à voir de temps en temps, au moyen du naphthol α , s'il y a du sucre dans les retours et à le doser, au besoin, suivant la méthode qui a été indiquée précédemment (p. 222, c).

On peut savoir approximativement s'il y a du sucre détruit par la chaleur pendant l'évaporation en faisant le rapport $\frac{\text{matières organiques}}{\text{cendres}}$ dans le jus et dans le sirop. Cette méthode n'est qu'approximative, car il y a des matières organiques autres que le sucre qui se détruisent

pendant l'évaporation. Au surplus, les dépôts qui se produisent dans les caisses sont formés en grande partie de substances minérales. Ils sont si peu de chose par rapport au volume de jus qui leur a donné naissance!

Connaissant la quantité de sucre contenue dans 100 grammes de sirop, il est facile de calculer la quantité d'eau évaporée par 100 kilogrammes de betteraves.

d. *Poste de la cuite.* — Ici encore, nous ne connaissons pas exactement les entrées, mais nous pouvons connaître les sorties, même dans les usines qui font des rentrées d'égouts. On connaît en effet le poids de sucre obtenu et le volume de masse cuite de deuxième jet à la coulée, et l'analyse donne la quantité pour 100 de sucre qu'ils contiennent.

e. *Évaluation des pertes par 100 kilogrammes de betteraves.* — 1° *Pertes totales.* — La différence entre le sucre entré et le sucre sorti par 100 kilogrammes de betteraves représente les pertes totales.

2° *Pertes connues.* — Elles sont représentées par les pertes à la diffusion et les pertes à l'épuration.

3° *Pertes indéterminées.* — Elles sont égales aux pertes totales diminuées des pertes connues.

Les pertes totales varient d'une usine à l'autre entre 0,60 et 1,50. Moyenne, 1,20, dans lequel les pertes déterminées entrent environ pour la moitié.

Contrôle des générateurs. — Il renseigne :

1° Sur la façon dont s'effectue la combustion du charbon ;

2° Sur la quantité de charbon brûlée par mètre carré de surface de grille et par heure ;

3° Sur la quantité d'eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe et par heure ;

4° Sur la quantité d'eau vaporisée par kilogramme de charbon brûlé.

1° *Marche de la combustion.* — Elle se définit par la température et la composition des gaz de combustion, ainsi que par le tirage au niveau du registre.

Un thermomètre à longue tige donnera la température.

La composition des gaz se détermine par l'analyse au moyen de l'appareil d'Orsat. L'appareil de Ridder peut servir au prélèvement des échantillons de gaz de combustion. Il consiste en une cloche reposant sur l'eau et qui peut être élevée plus ou moins rapidement au moyen de contrepoids auxquels elle est rattachée par une ficelle enroulée autour d'une poulie.

En s'élevant, elle aspire dans le carneau où se trouve le registre.

Si l'on veut un échantillon moyen de la journée, on met le contrepoids qui soulève la cloche en douze heures.

L'appareil Leurs et Lallement permet un contrôle automatique.

La richesse des gaz en CO^2 doit atteindre 8 à 11 p. 100.

Avoir un appareil de Ridder à chaque générateur.

On fait, à la fin de chaque poste, l'analyse de l'échantillon prélevé, et l'on peut donner une prime au chauffeur quand la richesse en CO^2 dépasse un certain quantum.

Le tirage se mesure au moyen d'appareils spéciaux qui sont en vente dans l'industrie.

2° *Quantité de charbon brûlé par mètre carré de surface de grille et par heure.* — Le charbon est pesé à son entrée au poste des générateurs. On connaît, d'autre part, la surface des grilles. Une simple division donne le résultat cherché. La marche est bonne quand on brûle autour de 70-80 kilogrammes.

3° *Quantité d'eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe et par kilogramme de charbon.* — La quantité d'eau qui va aux générateurs peut être mesurée au moyen de deux bacs jaugeurs fonctionnant alternativement.

On préconise aussi le compteur Schmidt, mais il faut le contrôler souvent.

En même temps qu'on envoie l'eau aux générateurs, on en prend la température.

Connaissant la surface de chauffe des générateurs et

la quantité de charbon dépensée, on a, par le calcul, les deux données cherchées.

Comme l'eau d'alimentation a, en sucrerie, une température d'environ 90°, on exprime le plus souvent le coefficient de vaporisation par rapport à l'eau à 0° C.

Si l'on représente par t la température de l'eau d'alimentation, par V le volume d'eau vaporisée à t °, par V' le volume d'eau ramené à 0°, par L la chaleur totale de vaporisation, on a, en appliquant la formule de Regnault,

$$V' = \frac{V(606,5 + 0,305t - t)}{606,5 + 0,305t}$$

Quand la combustion marche bien, on peut compter sur une vaporisation de 15 kilogrammes d'eau par mètre carré de surface de chauffe. Si le charbon accuse autour de 8 000 calories à l'obus Mahler, on peut vaporiser 7^{kg},5 à 8^{kg},5 d'eau supposés à 0° par kilogramme de charbon dépensé. Déterminer le pouvoir calorifique du combustible employé par l'obus Mahler.

Chauffage des laboratoires par l'alcool. — Dans les fabriques qui ont installé l'éclairage électrique et qui ne produisent plus de gaz, on peut adopter la marche à l'alcool pour les appareils de laboratoire (1).

D'après les essais que nous avons faits et dans les conditions où nous nous sommes placé, nous avons pu vaporiser 4 litres d'eau avec 1 litre d'alcool à 90° et 3^{lit},2 avec 1 mètre cube de gaz.

Ainsi qu'on le sait, les appareils de laboratoire dont on a besoin en sucrerie sont les suivants :

1° Le brûleur ; 2° le réchaud ; 3° l'étuve à température constante ; 4° le moufle à incinérer ; 5° la lampe de saccharimètre.

Voici ceux qui nous ont paru les plus recommandables :

1° *Le brûleur à alcool dit Barthel.* — Il est construit

(1) Voy. Sidersky, *Les usages industriels de l'alcool*, p. 87.

d'après le même principe que le Bunsen et fonctionne aussi régulièrement que ce dernier. Il faut environ une minute pour le mettre en route. Au moyen d'un pointeau, on peut régler la flamme à volonté. C'est avec une toile métallique placée dans la cheminée que l'incandescence est entretenue.

Il existe deux brûleurs « Barthel » ; c'est le petit modèle qui convient le mieux pour les laboratoires de sucrerie. Avec son réservoir d'alimentation, il coûte 25 à 30 francs.

2° *Le réchaud à alcool.* — Il fonctionne également bien. C'est le réchaud à double couronne (couronne de gazéification et couronne de combustion) qui convient le mieux aux usages du laboratoire. Il faut environ une minute et demie pour le mettre en route. L'intensité du chauffage peut être réglée au moyen d'un pointeau ou d'un robinet.

Les réchauds coûtent de 10 à 15 francs.

3° *L'étuve à température constante.* — L'étuve Soxhlet fonctionne à merveille, quand elle est chauffée avec un réchaud à double couronne. Même quand il n'y a pas de flamme dans la cheminée de tirage, elle permet des dessiccations plus rapides que l'étuve ordinaire à air chaud.

Elle coûte autour de 140 francs.

4° *Le moufle à incinérer.* — Sur la demande que nous lui avons faite, M. Lequeux a bien voulu s'occuper de construire une rampe à alcool analogue à la rampe à gaz. Ses efforts ont été couronnés de succès.

La rampe imaginée par M. Lequeux se ramène, en somme, à quatre Barthels de section carrée qui forment un ensemble ressemblant à une boîte de 12 à 13 centimètres de hauteur, 2 à 3 centimètres de largeur, 15 à 18 centimètres de longueur, et divisée en quatre compartiments par des cloisons verticales. L'alcool arrive dans la rampe par l'une des extrémités, et pénètre dans chaque compartiment, soit à l'état liquide, lors de la mise en route, soit à l'état de vapeur pendant la marche. L'appel d'air se fait par deux ouvertures opposées, comme dans un

brûleur ordinaire. L'incandescence est entretenue au moyen d'une toile métallique qui traverse tous les compartiments. L'allumage a lieu au moyen d'alcool que l'on met dans une petite rigole qui longe la base de la rampe.

La consommation pendant la marche est d'environ un litre d'alcool par heure. La rampe que je viens de décrire est la seule qui existe pour l'instant; elle s'adapte à un petit four à incinérer et coûte environ 75 francs, four compris, et 40 francs, four non compris.

Si l'on possède déjà un four de 25 à 30 centimètres de longueur, il suffit d'envoyer au constructeur la hauteur des pieds et les dimensions de l'ouverture qui livre passage aux flammes.

3° *La lampe de saccharimètre.* — La lampe à alcool se prête à merveille à l'usage du saccharimètre à lumière blanche; elle marche si bien que nous nous en servons couramment au Laboratoire syndical des fabricants de sucre.

La lumière est toutefois un peu vive; mais on l'atténue au moyen d'un verre dépoli; celui-ci est supporté par un cylindre d'amiante qui entoure le verre. Notre lampe est construite d'après le même principe que la « Liseuse », c'est-à-dire que le réservoir d'alcool et la flamme peuvent être élevés ou abaissés sur une tige qui supporte l'ensemble. C'est une lampe à veilleuse. Elle coûte une trentaine de francs.

Tous ces appareils, pris en particulier, ont leur réservoir spécial d'alimentation; mais, quand on fait une installation d'ensemble, ils peuvent être alimentés par un réservoir unique, fonctionnant en vase de Mariotte et qui est en communication avec une tuyauterie analogue aux tuyauteries à eau et à gaz, mais de diamètre un peu plus petit. Le tuyau spécial à chaque appareil se branche sur la canalisation générale et l'arrivée de l'alcool est commandée par un robinet.

Il est bon de filtrer l'alcool avant de l'envoyer dans les appareils

MEUNERIE

LE GRAIN DE BLÉ.

La *meunerie* est l'industrie qui transforme en farine les graines amylacées. Le local spécial où se fait ce travail porte le nom de *minoterie*.

On compte, en moyenne, en France, cinquante mille meuniers et bon nombre d'entre eux sont en même temps agriculteurs. C'est assez dire que la meunerie est une industrie agricole importante.

La farine résulte du broyage ou de l'éclatement des graines. Après cette première opération, elle se trouve mélangée à des débris d'enveloppe dont il faut la séparer pour l'obtenir dans le plus grand état de pureté possible, avec un rendement maximum.

Nous étudierons successivement toutes les phases de la fabrication par lesquelles elle doit passer avant de devenir marchande.

Historique. — Dans les temps anciens, la séparation des enveloppes et de l'amande du grain se faisait vraisemblablement à l'aide de mortiers et de pilons. C'est en Grèce que la mouture proprement dite prit naissance. On faisait de la farine dite *ronde* ou *grosse*, en écrasant ou plutôt en fendant le grain, pour en séparer les enveloppes. Le produit ainsi obtenu était ensuite livré au boulanger. Celui-ci, à l'aide d'un *bluteau*, sorte de tamis très fin, en séparait la partie pulvérulente qui servait à faire le pain. Ce qui ne passait pas à travers les mailles

était écarté de l'alimentation, et jusqu'au xv^e siècle des édits interdirent la consommation de tout ce qui restait sur le bluteau. On n'obtenait guère par ce procédé primitif que 25 à 26 p. 100 de la farine totale du grain.

Les premiers moulins apparurent en France en 1040, mais ce n'est que vers 1780 que la première minoterie à vapeur, franchement mécanique, fut installée à Londres.

C'est un Français nommé Pigeault qui imagina et installa la *mouture économique*. Le mélange sortant des meules était passé dans une bluterie et toute la partie qui ne traversait pas les mailles de l'appareil était soumise à une nouvelle mouture. Dans cette deuxième opération, on rapprochait un peu plus les meules. On pouvait ainsi faire jusqu'à trois opérations successives, ce qui permettait d'obtenir un assez bon rendement.

Cette mouture économique se fait encore de nos jours en maints endroits.

Quelques années avant, les Américains introduisirent en Angleterre un procédé quelque peu différent, connu sous le nom de mouture *plate, basse* ou *américaine*. On ne faisait qu'un seul broyage entre deux meules suffisamment rapprochées, et l'on avait ainsi la plus grande partie de la farine et le son presque terminés. L'économie de main-d'œuvre était considérable, mais le rendement était un peu plus faible que par le système précédent. La mouture basse fut appliquée pour la première fois en France vers 1816. En 1877, on a vu s'installer en Autriche, puis en Allemagne et enfin en France, de nouveaux appareils.

Nous voulons parler des cylindres métalliques, que l'on recouvre quelquefois aussi avec de la porcelaine. C'est à la suite du Congrès de la meunerie à l'Exposition universelle de 1879 que les premiers cylindres furent employés en France.

Depuis lors, ces appareils se sont fort répandus.

Importations et exportations. — En 1875, les im-

portations de farines étaient de 29 000 quintaux. En 1888, elles s'élevaient à 326 000 quintaux.

Les exportations, au contraire, allaient en diminuant et passaient respectivement, pour les mêmes années, de 2144000 à 97000 quintaux. Ces chiffres démontrent que l'industrie meunière, pendant cette même période, avait progressé plus rapidement à l'étranger que chez nous.

Toutes les céréales peuvent donner de la farine alimentaire pour l'homme. Aujourd'hui, cependant, il est rare que l'on consomme d'autre pain que celui de froment, car les grands moyens de communication et de transport permettent de répartir plus uniformément la production mondiale du blé, en transportant ce dernier des endroits où il y en a en excès dans les pays où il en manque. Au point de vue alimentaire, le froment est incontestablement supérieur et il n'arrive pas souvent que le meunier ait à moudre d'autres céréales, si ce n'est toutefois pour l'alimentation du bétail. Il est bon d'ajouter que, cependant, dans certaines régions pauvres, on utilise la farine de maïs, de sarrasin et de seigle, cette dernière surtout en mélange avec celle de blé. Dans le Languedoc, en particulier, on consomme, concurremment au pain, du *mitlas*, sorte de bouillie épaisse qui se solidifie par refroidissement et qui est faite avec de la farine de maïs; en Bretagne, on mange des galettes de sarrasin.

Le grain de blé. — Le grain de blé a la forme d'un ellipsoïde allongé (fig. 63). Il présente un léger sillon suivant sa longueur. Si l'on fait une coupe par le plan perpendiculaire au grand axe (fig. 64), on aperçoit la trace du sillon qui divise le grain en deux globes à peu près égaux.

Dans sa structure, le grain présente trois parties bien distinctes :

- 1° Les enveloppes ;
- 2° La partie centrale ou amande ;
- 3° Le germe.

Comme relation entre ces trois parties, on peut dire que l'amande représente environ les 84 p. 100 de la totalité du grain, l'enveloppe les 14,5 p. 100, et enfin le germe 1,43 p. 100.

1° *Enveloppes*. — A l'aide du microscope, on parvient

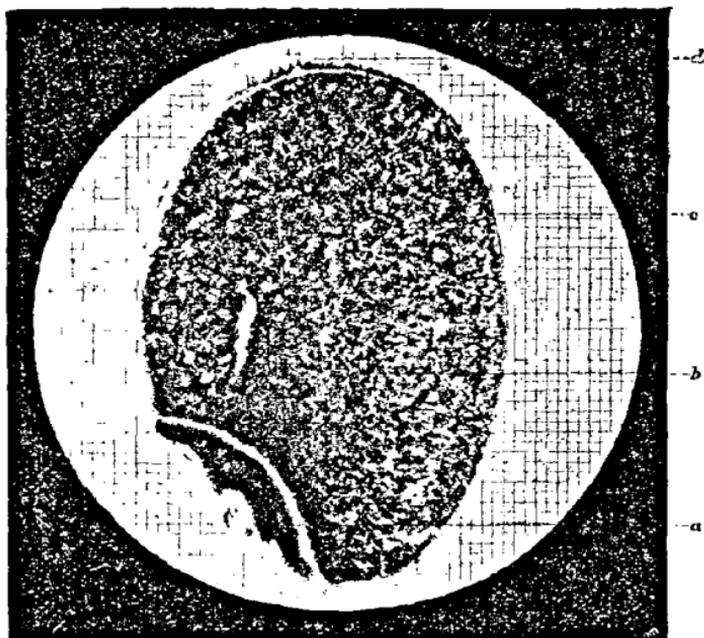


Fig. 63. — Coupe longitudinale d'un grain de froment (agrand. : 12 diam.).
(D'après Aimé Girard. *Mémoire sur la composition chimique et la valeur alimentaire des diverses parties du grain de froment.*)

à mettre en évidence, dans l'enveloppe, l'existence de plusieurs couches superposées. On remarque d'abord une ligne très nette constituée par une partie résistante et opaque, protectrice par excellence. On l'aperçoit à travers une autre couche superficielle plus légère, laquelle donne au blé sa couleur caractéristique. Cette partie protectrice s'appelle le *testa*. A l'extérieur du testa on

découvre trois autres couches très minces que l'on désigne sous les noms d'*endocarpe*, *mésocarpe* et *péricarpe*. A l'intérieur, on remarque une couche formée de cellules allongées, nommée *endopleure*. Enfin, en allant toujours vers le centre du grain, on trouve une

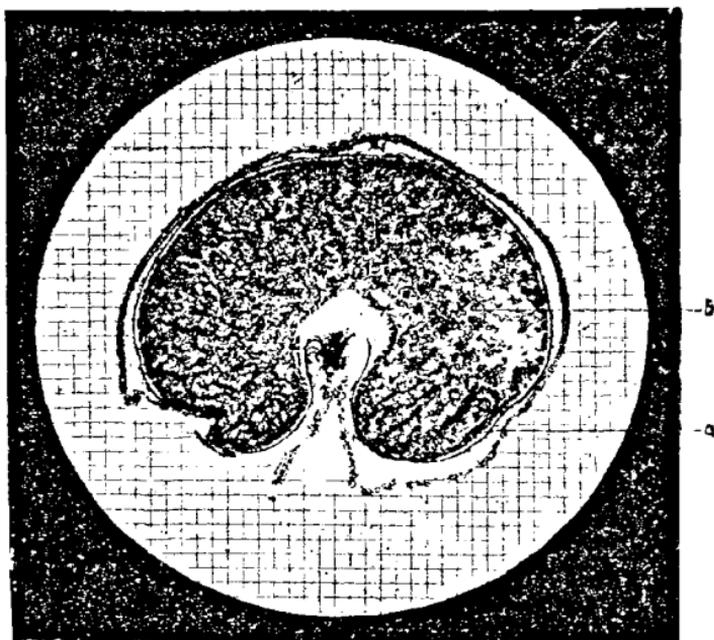


Fig. 64. — Coupe transversale d'un grain de froment (agrand.: 17 diam.).
(D'après Aimé Girard.)

série de cellules cubiques contenant de très fines granulations d'une matière azotée : l'*aleurone*. On y voit aussi de petites gouttelettes de matière grasse.

L'ensemble de toutes ces enveloppes constitue le *son*.

2^o *Amande*. — Sous les enveloppes, on rencontre une infinité d'autres cellules remplies de grains d'amidon. Leur ensemble constitue l'*amande*. On peut facilement dissoudre la matière amylicée au moyen

de la diastase salivaire, à une température voisine de 40° C. On n'aperçoit plus alors que le squelette des cellules constitué presque en entier par du *gluten*. Ce gluten est l'un des types de matière alimentaire albuminoïde.

Sous l'influence de l'eau, il acquiert une cohésion spéciale et devient élastique. La plasticité du gluten est toujours l'indice d'une bonne farine. Quant à l'amidon, c'est un aliment respiratoire de premier ordre. Ses grains vont en augmentant de volume de la périphérie vers le centre. Ils ont un volume qui peut varier de 3 à 25 millièmes de millimètre. Vers l'extérieur de l'amande, les cellules sont plus riches en gluten et plus pauvres en amidon. Elles éclatent plus difficilement que les autres au broyage, de sorte que, quand on broye le grain, c'est la farine du centre qui s'échappe la première. Celle-ci est moins riche en principes azotés que celle avoisinant la couche d'aleurone.

Les enveloppes, outre les substances hydrocarbonées comme la cellulose, renferment aussi une assez forte proportion de matières azotées. Elles contiennent même proportionnellement plus d'azote que la partie du grain qu'on utilise. Cette richesse avait suscité des tentatives de *pain complet* pour l'alimentation, renfermant amande et enveloppes broyées. Ce pain était gris noir et d'un goût un peu amer ; aussi l'a-t-on complètement abandonné. D'autre part, la digestibilité des enveloppes n'est pas bien grande : 5^{gr},673 de son, après avoir passé dans le tube digestif, ont pu être pesés à nouveau. Après avoir, par conséquent, subi l'action des sucs intestinaux et gastriques, on a trouvé 5^{gr},191, ce qui donne seulement une différence de poids de 6 à 7 p. 100.

Le son n'est donc pas, à proprement parler, un aliment pour l'homme. En outre, il renferme un ferment soluble, la céréaline, découvert et étudié par M. Mège-Mouriès, qui possède la propriété d'oxyder le gluten en lui com-

muniquant une couleur brune ou noire. On conçoit immédiatement l'intérêt qu'il peut y avoir à supprimer dans la farine toute trace de son, si l'on veut obtenir ensuite un pain absolument blanc. M. Mège-Mouriès a pu isoler le ferment et obtenir, même avec des grains très colorés, un pain d'une grande blancheur. Supprimer le son, c'est donc enlever la céréaline et éviter l'oxydation du pain.

Le seigle contient beaucoup plus de cette diastase que le blé; aussi, dans certaines campagnes où l'on consomme du méteil, obtient-on un pain à peu près brun.

3° *Le germe*. — Le germe de blé ou embryon renferme la petite plante future. A l'examen microscopique, on y distingue un rudiment de radicule et de tige et quatre petits filaments qui seront les premières folioles. La matière grasse s'y trouve en assez grande quantité. L'analyse suivante en donne d'ailleurs une idée :

		p. 100.
Eau.....		11,35
Matières nsolubles dans l'eau, 42,20 p. 100.	{	
	Matières grasses.....	15,50
	— albuminoïdes azotées.....	17,30
	— cellulosiques.....	8,60
	Cendres.....	0,80
Matières solubles dans l'eau, 46,25 p. 100.	{	
	Matières azotées.....	19,75
	— non azotées et extractives....	22,10
	— minérales.....	4,40
	Total.....	100,00

L'huile renfermée dans l'embryon possède une saveur agréable, mais elle ne tarde malheureusement pas à rancir, et sans doute c'est à elle que l'on doit attribuer la mauvaise odeur des farines avariées, lesquelles, le plus souvent, renferment des germes broyés.

La matière grasse du grain paraît cependant utile dans la panification, et l'on a même proposé, lorsque la farine est exempte de germes, d'y ajouter une certaine quantité

d'huile d'olive, de sésame ou d'arachide, pour remplacer l'huile naturelle qui a été supprimée.

L'embryon possède en outre l'intéressante propriété suivante : si l'on fait macérer une certaine quantité de germes broyés dans l'eau et que l'on mette celle-ci en contact avec de la farine, on constate qu'il se produit une saccharification de l'amidon. Ce phénomène a fait dire que les farines renfermant les germes étaient des *farines vivantes*, et il paraît vraisemblable d'admettre qu'elles sont d'une digestibilité plus grande que celles exemptes d'embryons, que l'on a dénommées, par opposition, *farines mortes*.

Il nous reste à voir de quelle façon on extrait la farine du grain de froment. On peut, par exemple, broyer le grain avec suffisamment de précautions pour obtenir des amas de cellules amylacées, que l'on appelle *graux*. Si l'on sépare ces derniers des sons, on pourra obtenir, par leur travail subséquent, une farine très belle, de première qualité. C'est ainsi que l'on fait dans les minoteries à cylindres. Dans les moulins ordinaires qui broient le grain entre des meules de pierre, la farine est toujours moins épurée. Nous examinons plus loin les avantages et les inconvénients de ces deux systèmes de mouture.

II. — NETTOYAGE DU GRAIN.

Tarares. — *Épierreurs.* — *Brosseurs.* — *Trieurs.*
 - *Épointeuses.* — *Mouilleurs.* — *Sécheurs.* — *Esso-
 reuses.* — *Chauffeurs de blé.* — *Conditionneurs.* —
Calibreurs. — *Aplatisseurs.* — *Appareils magné-
 tiques.* — Le premier traitement à faire subir au grain est le nettoyage. Il peut se faire de diverses manières.

Tantôt on pratique une épuration à sec, tantôt on fait un lavage.

Le premier moyen est surtout en usage dans le Nord ; mais dans le midi de la France, où les meuniers ont sur-

tout affaire à des blés durs, à cassure vitreuse, on préfère nettoyer au moyen de l'eau. Par ce dernier procédé, on a d'ailleurs l'avantage de rendre le grain plus souple et, conséquemment, plus facile à écraser.

Le grain se trouve souillé de différentes façons :

Il peut être mélangé à des matières étrangères, telles que : sable, petites pierres, graines de mauvaises plantes, ou bien encore porter à sa surface, et surtout dans son sillon, des couches poussiéreuses, relativement adhérentes. Le menu blé lui-même peut renfermer toutes ces impuretés.

Nettoyage à sec. — Le nettoyage à sec comprend trois phases. Dans la première, on s'attache à éliminer les matières plus lourdes ou plus légères que le grain.

On emploie, à cet effet, les *tarares* et les *épierreurs*.

Dans la seconde, on sépare les graines étrangères, souvent de même volume et de même densité que le blé, mais de forme différente. Les appareils employés dans ce cas se nomment *trieurs*. Enfin, pour enlever les poussières, on soumet le grain à un brossage suffisant.

Ce sont les fines pelures situées au-dessus du testa qui retiennent le plus de poussières, en raison surtout de l'aigrette de poils qui surmonte le péricarpe.

Les grains de poussière cantonnés dans le sillon sont cependant assez difficiles à atteindre ; aussi, pour parfaire le nettoyage, on fend le grain longitudinalement, en deux parties. Cette opération se fait au moyen d'outils spéciaux qui font éclater le grain à son point de plus faible résistance, c'est-à-dire au sillon, et qui, en même temps, isolent les germes.

Enfin, dans les grandes minoteries, on fait encore passer les grains sur des trieurs magnétiques, dans le but de supprimer les légers débris de fer qui pourraient accidentellement s'y trouver.

Tarares. — Les tarares, dont nous indiquerons surtout

le principe, sont basés sur les différences de densité. On peut supposer un conduit vertical dans lequel arrive, par une canalisation inclinée, le grain à nettoyer (fig. 65). Un fort courant d'air, déterminé par un ventilateur à ailettes, passe dans le conduit vertical et entraîne avec lui les grains de blé et toutes les semences étrangères ou autres impuretés d'égale densité. Quant aux corps plus lourds, comme les cailloux, les mottes de terre, etc., ils tombent à la partie inférieure.

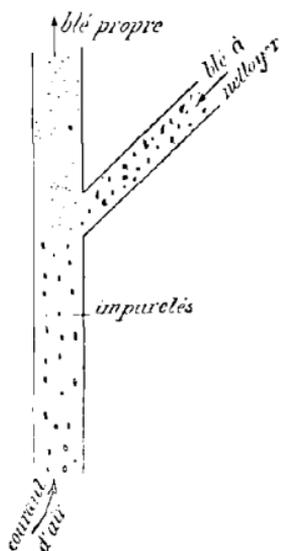


Fig. 65. — Schéma d'un tarare.

Il va sans dire que l'intensité du courant d'air est réglable à volonté. Dans ces conditions, rien ne s'opposera à ce que l'on fasse repasser le grain une seconde fois, mais avec un courant d'air réglé de telle façon que les enveloppes seules s'échappent et que le grain tombe au fond. On conçoit facile-

ment que, par plusieurs opérations successives de ce genre, on puisse déjà obtenir un bon épurement.

Parmi le grand nombre des tarares qui existent, il en est deux qui sont surtout intéressants : le tarare de *Child* et le tarare aspirant. Dans ce dernier (fig. 66), le grain impur se sépare en quatre parties bien distinctes, et tout se fait automatiquement.

Le débit que fournit la trémie est fixé par l'aspiration elle-même. Cette trémie présente à sa partie inférieure deux parois : l'une fixe, l'autre mobile et munie d'un contrepoids B. Ce dernier est suffisamment lourd pour faire équilibre à la poussée du grain que renferme la trémie. Supposons maintenant que nous mettions l'aspirateur L en marche, de façon à produire un certain vide

dans l'appareil: la vanne mobile s'ouvrira d'autant plus que la vitesse donnée sera plus grande.

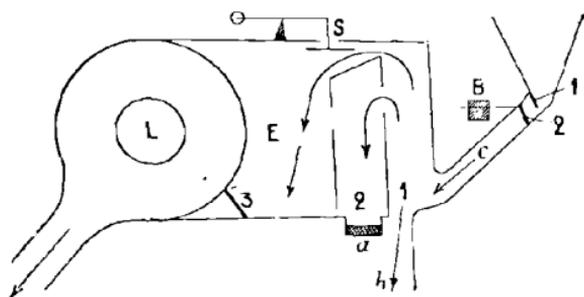
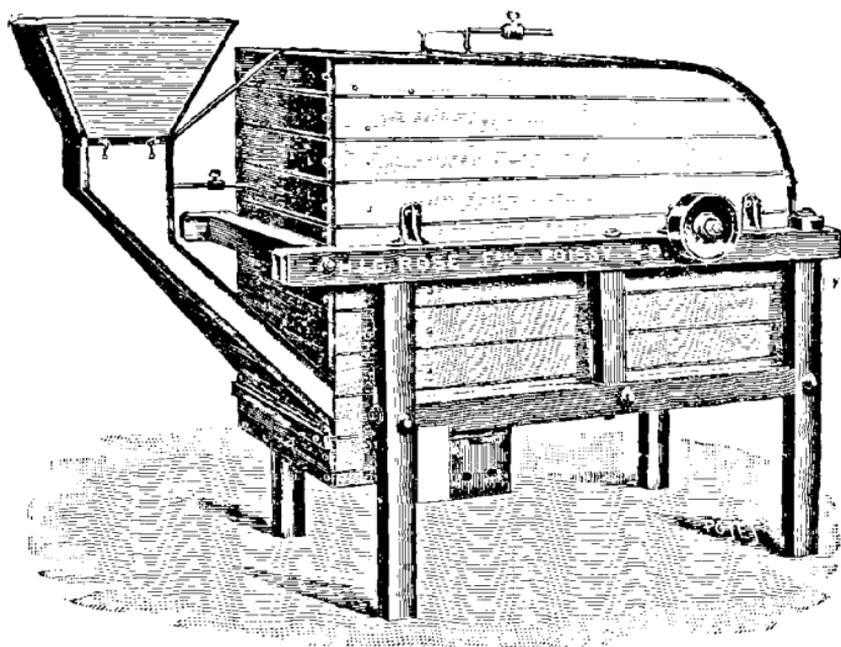


Fig. 66. — Tarare aspirant Rose frères, à Poissy.

En somme, la vanne ne s'abaissera que pour une dépression déterminée fixée par la soupape S.

Le grain à nettoyer, pour sortir du conduit C, se trouve soumis à l'action d'un courant d'air assez vif.

Le bon grain, à peu près seul, tombe à la partie inférieure et les graines légères, les glumes et les fétus de paille sont aspirés.

Ces matières cheminent et se divisent en deux parties. Les graines les plus lourdes s'arrêtent à mi-chemin et viennent se ramasser dans la chambre n° 2, où un bouchon placé à la partie inférieure permet de faire la vidange.

Les graines plus légères, les balles, etc., montent toujours et arrivent dans l'intérieur de la caisse E. Enfin, les matières les plus légères sont expulsées au dehors.

Cette machine fonctionne très régulièrement.

Le *tarare mixte de Child* (fig. 67), à peu près exclu

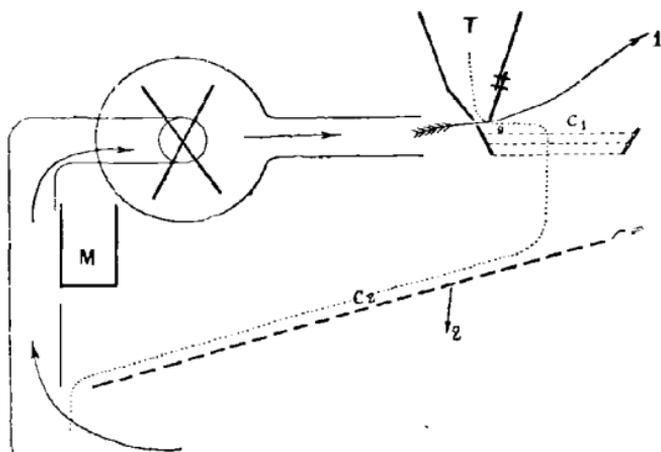


Fig. 67. — Tarare mixte de Child.

sivement employé en meunerie, possède une soufflerie à la fois aspirante et foulante et, par conséquent, placée au milieu de la machine. Le grain qui s'échappe de la trémie tombe sur une série de cribles C_1 , en recevant en même temps un courant d'air assez fort pour entraîner au

dehors la plupart des impuretés. Il arrive ensuite sur un plan incliné C_2 où s'effectue l'élimination des matières légères.

Au sortir de ce plan incliné, le grain, au lieu de tomber naturellement, subit alors l'action du courant d'air venant du tarare aspirant et se nettoie à peu près complètement.

On peut même disposer en M une chambre où viennent s'amasser les impuretés.

Avec une machine de ce genre de 2 mètres de large, on peut traiter 2 400 kilogrammes de grain à l'heure, ce qui est un excellent résultat.

Épierreurs. — Le crible ou épierreur de Josse (fig. 68) fournit aussi un bon travail.

Il est couramment employé dans les minoteries. Il se compose d'une grande table triangulaire légèrement inclinée, supportée par trois lames de bois verticales et flexibles.

On peut lui communiquer un mouvement d'oscillation, de ballottement de droite à gauche. Sur la table se trouve une série de chicanes triangulaires. Le grain arrive au point O. Par suite des chocs provoqués par l'oscillation, le grain à nettoyer est frappé sur les parois de la table et des triangles et le tout se superpose par densité. Les matières légères se cantonnent à la partie supérieure et sont évacuées par les ouvertures m , n . Les impuretés plus lourdes et le grain gagnent la partie inférieure. Là se trouve disposé un crible à travers

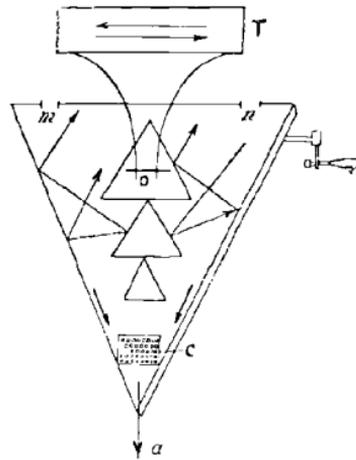


Fig. 68. — Crible épierreur de Josse.

lequel le grain passe et se débarrasse à peu près complètement des autres matières, qui tombent au sommet du triangle.

Avec les épierreurs employés en meunerie, on peut traiter de 10 à 15 hectolitres par heure.

L'appareil de Josse est simple et un menuisier peut le construire.

Il nous reste à éliminer les mauvaises semences d'une densité à peu près égale à celle du bon grain, et que les tarares ou épierreurs ont été impuissants à séparer. Nous arrivons ainsi à la seconde phase du nettoyage, qui se fait au moyen des *trieurs*.

Trieurs. — La première idée de ce système est due à un Lyonnais nommé *Vachon* et date de 1840. Le principe des trieurs mécaniques est assez simple.

Dans un récipient spécial, on pratique des trous de forme et de volume différents. Les graines petites passent par les petits trous, les graines sphériques par les trous ronds ; enfin celles qui sont pointues, comme l'avoine, par exemple, sont évacuées par la série des trous allongés, etc., etc. On ne tarda pas à délaissier en partie ces trieurs perforés, pour donner la préférence aux systèmes à alvéoles. Dans ces appareils, la surface intérieure présente de petites cavités de formes différentes, susceptibles de conserver pendant un certain temps, pour le déposer à un endroit déterminé, le grain qui épouse à peu près leur forme.

De cette façon, il se produit une séparation parfaite des différentes graines, et l'on recueille du blé à peu près pur.

Nous allons décrire le *trieur Marot*, que l'on peut considérer comme le type des appareils à alvéoles.

Le grain venant de la trémie arrive d'abord sur une série de cribles à secousses, à mailles de moins en moins grandes.

A chacun des étages se trouve placée une ouverture par où s'évacuent les pierres et autres impuretés plus volumineuses que le blé. Celui-ci, après avoir passé à travers les cribles (fig. 70), pénètre, par l'intermédiaire d'un entonnoir, dans l'appareil trieur (fig. 69). Pour obtenir le mouvement de secousses, on a disposé une

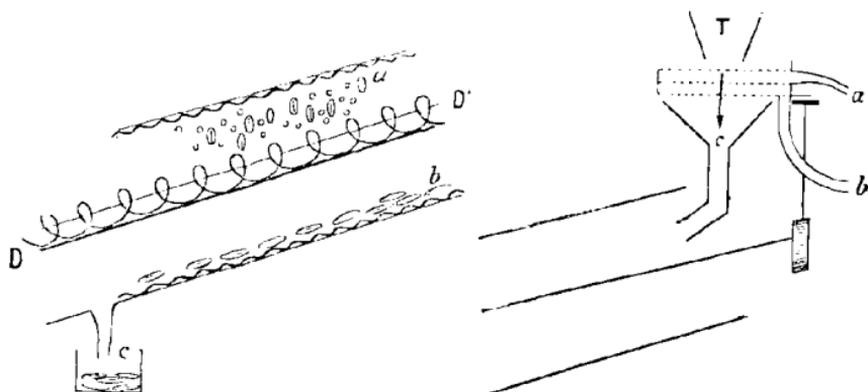


Fig. 69 et 70. — Détails du trieur à alvéoles.

manivelle qui commande à une roue dentée, venant buter sur le crible.

L'appareil proprement dit est constitué par un cylindre d'assez grand diamètre (0^m,50 et plus) divisé en trois parties principales (fig. 71). Dans la case n° 1, les alvéoles sont faits de telle manière que les graines rondes et les grains de blé sont seuls pris.

Le cylindre, qui est animé d'un léger mouvement de rotation, les élève et vient les laisser tomber à la partie supérieure, sur la table DD', où une vis d'Archimède les prend pour les amener vers la partie postérieure de l'appareil, dans la case n° 2. Quant aux graines longues, elles restent dans l'appareil au-dessus des alvéoles et sont expulsées de suite.

Dans la seconde case, les petits grains de blé et les

graines rondes sont enlevés; le gros blé, au contraire, glisse au-dessus des alvéoles, comme l'ont fait les graines longues dans la première case, et est mis de côté. La vis d'Archimède prend le mélange et l'amène dans la case n° 3, où les alvéoles vont séparer les graines rondes des petits grains de blé.

Les graines sont alors expulsées et les grains de blé, petits et gros, sont repris par des vis d'Archimède et ramenés tout à fait sur le devant de l'appareil, où ils sont versés dans un deuxième cylindre concentrique au pre-

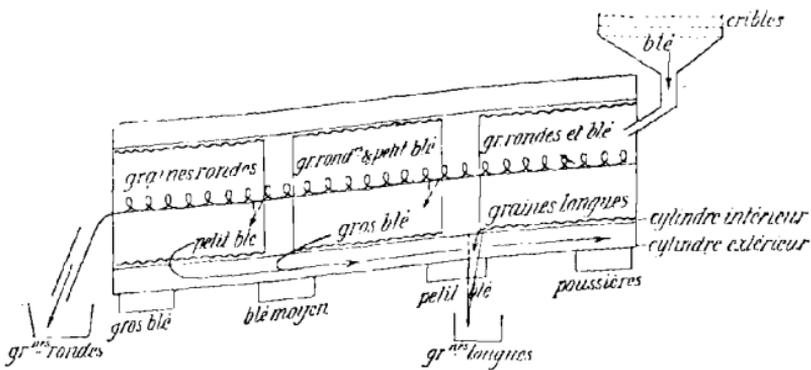


Fig. 71. — Trieur à alvéoles.

mier, qui circule d'un bout à l'autre de l'appareil. En somme, comme on le voit, le trieur est double. Dans ce deuxième cylindre, animé d'un mouvement de rotation comme le premier, le blé chemine et se divise en grains de différentes grosseurs. Les quelques mauvaises graines qui ont pu échapper au premier triage sont aussi évacuées. Le schéma (fig. 71) permettra de mieux comprendre le fonctionnement du trieur. La vitesse de rotation ne doit pas dépasser 15 tours à la minute.

Les constructeurs d'appareils de meunerie livrent des trieurs accouplés ou superposés, capables de fournir un très grand travail (fig. 72 et 73).

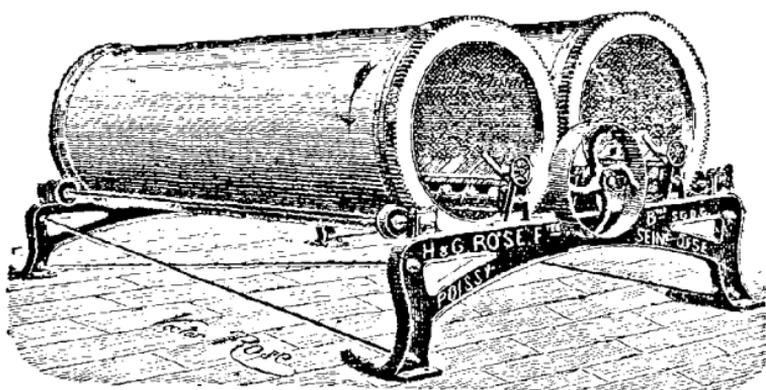


Fig. 72. — Trieurs à deux cylindres accouplés (H. et G. Rose frères).

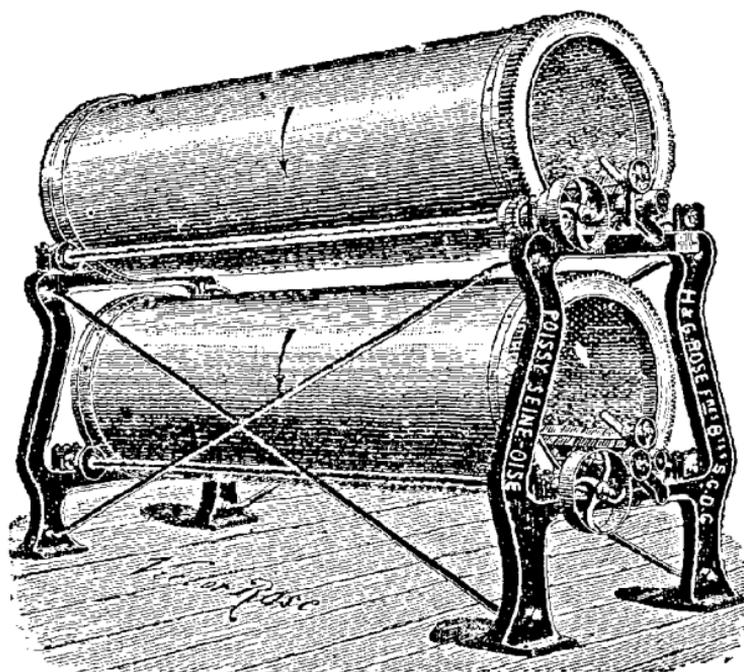


Fig. 73. — Trieurs à deux cylindres superposés (H. et G. Rose frères)

On connaît aussi des trieurs de déchets qui séparent en vesces, nielles, etc., les résidus expulsés par les trieurs ordinaires.

Ramoneries. - Il nous reste enfin à supprimer les poussières adhérentes au grain. On arrive à ce résultat par l'emploi des *ramoneries*.

Ces appareils sont constitués par deux cylindres concentriques de 1 à 2 mètres de hauteur (fig. 73), séparés entre eux par un faible espace de 3 à 4 centimètres. Le cylindre intérieur maintenu par un axe vertical est entièrement plein et en bois recouvert d'une toile métallique munie d'aspérités qui le font ressembler à une sorte de râpe. Le cylindre enveloppant est fixe et constitué par une toile métallique à aspérités dirigées en sens contraire des précédentes.

Un moteur quelconque permet de faire tourner le tambour intérieur à plusieurs centaines de tours à la minute. Le blé placé dans une trémie tombe dans l'espace circulaire, où il subit un énergique frottement. Il est recueilli à la partie inférieure, mélangé avec les pelures que l'appareil lui a détachées.

Pour l'épurer complètement, il ne reste plus qu'à le passer dans un tarare. Pour éviter cette nouvelle manipulation, on a placé à la partie inférieure de la plupart des ramoneries un ventilateur à ailettes qui sépare la poussière et les corps légers.

Quand l'appareil est neuf, les saillies sont vives et brisent un peu le grain. D'un autre côté, lorsque les aspérités sont usées, la ramonerie n'a presque plus d'effet.

Enfin, comme l'espace situé entre les deux cylindres est assez restreint, il se produit un frottement capable d'élever la température des grains.

Pour éviter ces inconvénients, dans la plupart des cas on a remplacé les ramoneries par des *colonnes époinçuses* (fig. 74).

C'est un cylindre vertical en toile métallique perforée

à l'intérieur duquel est fixé un axe central qui peut recevoir un mouvement de rotation de la partie supérieure. L'axe porte sur sa hauteur des croisillons qui réunissent des palettes métalliques en hélice, généralement au nombre de trois. Sur la partie centrale, en deux points différents sont disposés deux entonnoirs, l'un au tiers inférieur, l'autre au tiers supérieur de l'agitateur en

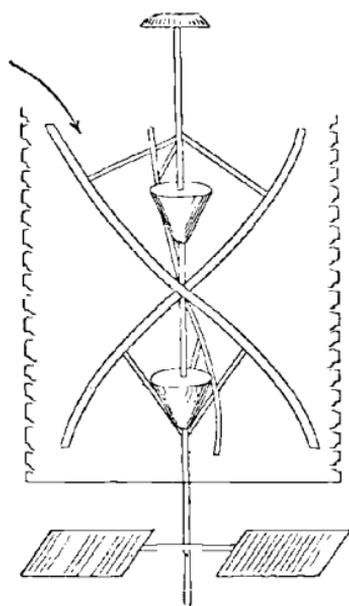


Fig. 74. — Colonne épointeuse.

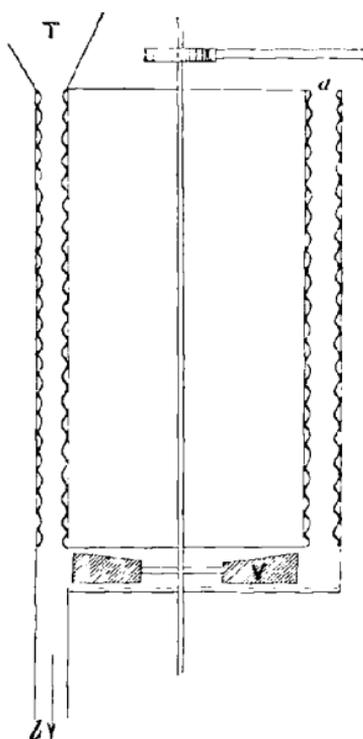


Fig. 75. — Ramouerie.

nélice. Tout cet ensemble est enveloppé, comme le montre la figure, par une tôle pleine. A la partie inférieure de l'appareil se trouve un ventilateur spécial formé de palettes, destiné à produire un puissant courant d'air d'aspiration. Cet aspirateur est commandé par l'axe même de l'appareil. Communiquant à la partie

centrale, se trouve un conduit d'évacuation des grains. La colonne époinfeuse fonctionne de la façon suivante : le grain arrive par le haut dans la partie rotative et les palettes hélicoidales, qui tournent à 120 tours à la minute, le projettent contre la tôle perforée qui présente une suite d'aspérités provenant de l'ouverture des trous. On a évité, en effet, en pratiquant ces derniers, d'ébarber la tôle. C'est ce cylindre qui fait office de nettoyeur. Les entonnoirs dont nous avons parlé aident, par leur forme, à la projection des grains vers la périphérie. Sans leur présence, il pourrait arriver que le blé, entraîné par les palettes, descende jusqu'au fond de l'appareil sans avoir subi de choc.

Les fines pelures et les poussières s'échappent par les ouvertures de la tôle. L'appareil fonctionne donc un peu à la façon d'un tarare.

Brosses. — Dans certains moulins, on emploie aussi des brosses coniques dont les modèles sont nombreux (fig. 76). Elles tournent à l'intérieur d'un cône creux, muni également de brosses en crin. Les blés introduits par le haut sont entraînés par la force centrifuge et sollicités à descendre peu à peu jusqu'en bas.

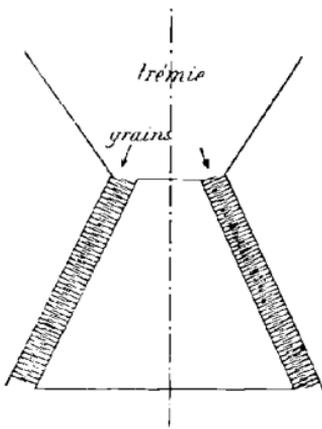


Fig. 76. — Brosse à blé.

Ces appareils ne sont pas très énergiques et ne doivent être employés que pour des grains laissant facilement échapper leurs pelures.

Nettoyeur américain. — En Amérique, on emploie un nettoyeur (fig. 77) peu connu en France. C'est un cylindre horizontal en fonte, dont la surface est ondulée. A son intérieur tourne très rapi-

dement une vis faisant office de ventilateur. Le blé, introduit par une extrémité, est violemment projeté contre les parois et se débarrasse des enveloppes et des poussières.

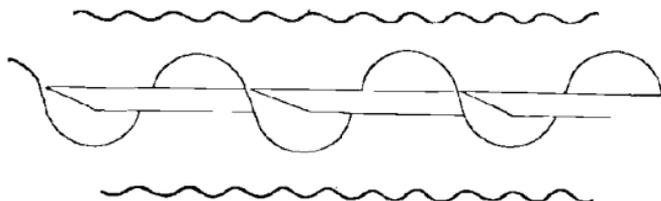


Fig. 77. — Nettoyeur américain.

Nettoyage des grains par l'eau. — Nous avons dit plus haut que, dans le midi de la France, on préfère

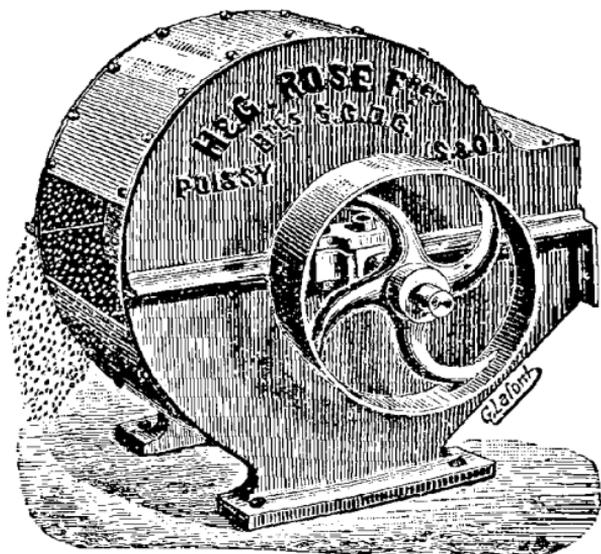


Fig. 78. — Distributeur à béc saie (H. et G. Rose, à Poissy).

laver les grains. Ce moyen est plus énergique et, partant plus sûr que le nettoyage à sec. On peut traiter ainsi non seulement les blés durs, mais aussi les blés tendres

de pays, à la condition toutefois de les sécher ensuite, pour qu'ils ne soient pas trop humides à la mouture.

Mouilleur de Rose. — Pour laver les grains, on emploie beaucoup, en France, le *mouilleur de Rose*. Cet appareil permet de pouvoir régler à volonté la quantité d'eau

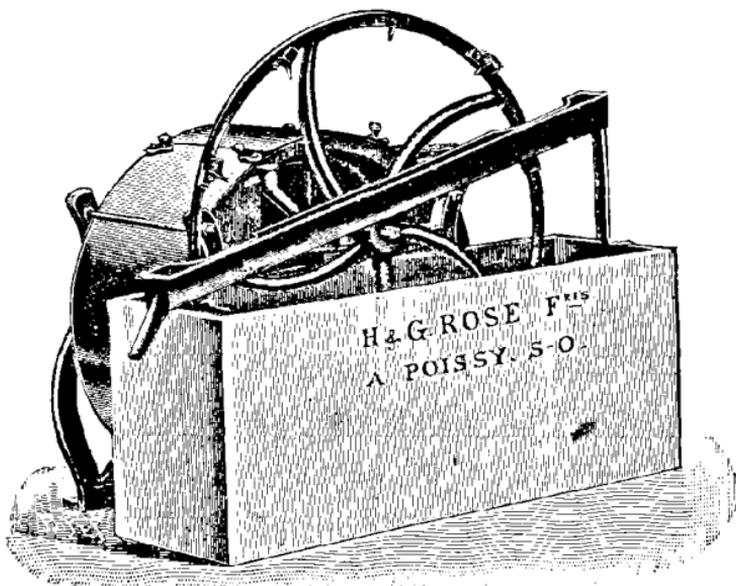


Fig. 79. — Mouilleur à blé automatique (H. et G. Rose frères).

nécessaire au lavage. On arrive à ce résultat de la façon suivante : le blé est distribué par un ensemble de cylindres cannelés qui en laissent passer une quantité déterminée, toujours la même pour un temps donné (fig. 78). Le grain tombe sur une roue à augets équidistants et, par son poids, la fait tourner (fig. 79). C'est, en somme, à un petit moteur à blé que l'on a affaire. Sur l'axe de la roue à augets, et monté parallèlement à elle, se trouve un cadre circulaire très léger, portant, lui aussi, un certain nombre de petits augets

en forme de cuiller, dont le bec est légèrement recourbé dans un sens perpendiculaire au cadre. Ce dernier, en tournant, vient plonger dans une cuve, où les cuillers se

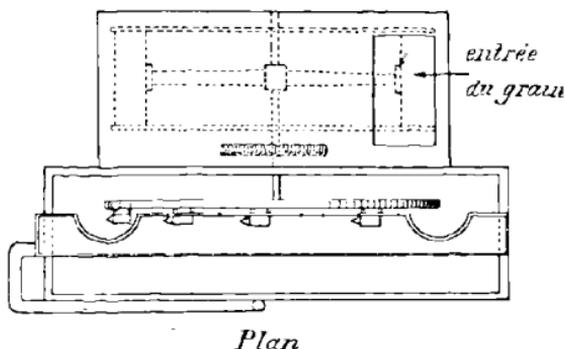
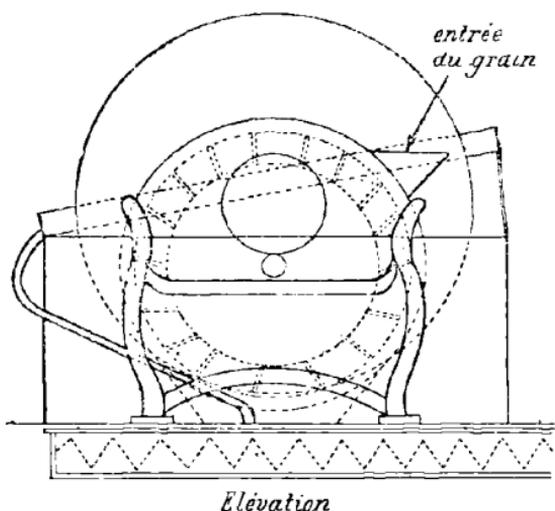


Fig. 80. — Mouilleur à blé de Rose frères, à Poissy.

remplissent d'eau qu'elles déversent ensuite, en la dirigeant par le bec oblique, sur les augets à blé (fig. 80). La roue et le cadre tournant à la même vitesse, il en résulte que l'eau projetée sur le blé est proportionnelle à la quan-

tilé de ce dernier qui a passé. On peut, à volonté, faire varier la quantité d'eau employée pour le mouillage, en inclinant plus ou moins les cuillers, au moyen d'une vis de pression.

Comme on a pu le deviner, il n'effectue que la troisième phase du nettoyage, c'est-à-dire l'enlèvement des poussières. Il n'exclue donc pas l'emploi préalable des tarares. Il n'en est pas de même du nettoyeur de *Demaux*, qui débarrasse le blé de ses pierres et folles poussières, tout en le mouillant. Malheureusement, son rendement n'est pas très élevé. On aime mieux, dans les minoteries, s'adresser à des systèmes fournissant un nettoyage moins complet, mais plus rapide.

Mouilleurs-nettoyeurs à courant d'eau. — Le principe de ces appareils est celui du tarare américain. Supposons un récipient plein d'eau, muni d'un déversoir, dans lequel on puisse faire arriver de bas en haut un courant d'eau. Si l'on fait tomber le grain en pluie dans le récipient, une séparation va se produire : les corps lourds, tels que les pierres, ne pourront pas être entraînés si le courant est modéré, et les grains de blé, au contraire, s'en iront avec l'eau par le déversoir. Il existe un certain nombre de types de ces nettoyeurs, parmi lesquels il en est qui séparent, par le même principe, les bons grains des grains altérés. Dans leur emploi, on se préoccupe de distribuer le grain en nappes bien régulières. Les pierres se ramassent dans une partie déclive où l'eau est calme.

Séchage du blé. — Avant de moudre le grain, il est nécessaire de le sécher. Pour cela, on le fait passer dans des colonnes époinçuses identiques à celles dont nous avons déjà parlé. Sous l'action de la force centrifuge, l'excès d'eau s'échappe par les trous de la tôle-râpe.

En Angleterre, on emploie des *essoreuses continues* tournant à 600 ou 800 tours à la minute. Le grain, amené par une trémie, entre dans l'appareil et tend à s'éloigner

de l'axe, pour venir cheminer le long des parois perforées par lesquelles s'échappe l'excès d'humidité.

Il arrive souvent que le séchage mécanique est insuffisant; on le complète alors par la chaleur.

Au Canada, on se sert de *chauffeurs de blé* de construction simple.

Les grains, envoyés par un appareil distributeur, tombent à la surface extérieure d'un cylindre vertical garni d'aspérités. A l'extérieur, et tout près du cylindre, se trouve un serpentín de vapeur. Les grains, en circulant librement de haut en bas entre les aspérités, se séchent au contact du courant d'air chaud ascendant, provoqué par le voisinage des serpentins.

On peut aussi se servir d'un grand cylindre un peu incliné, animé d'un mouvement lent de rotation. Ses dimensions sont généralement de 4 à 6 mètres de longueur et de 0^m,40 à 0^m,60 de diamètre. Les grains, introduits à l'extrémité supérieure du cylindre, circulent dans toute sa longueur, guidés par des palettes en hélice. Un courant d'air chauffé par son passage dans un calorifère est envoyé dans l'appareil, par l'intermédiaire d'un ventilateur.

En Angleterre, on fait usage du *sécheur Robinson and son Limited*, à Rochdale. Les blés sont envoyés sur des surfaces inclinées, délimitées par deux parois parallèles. Le long de la paroi inférieure est disposé un système de tuyaux dans lequel de la vapeur circule. Les grains tombent sur ces tuyaux chauffés et n'y séjournent que peu de temps. On prévient la surchauffe au moyen d'un courant d'air disposé de façon à circuler dans un sens inverse à celui du blé.

L'appel d'air peut être réglé à volonté, au moyen d'une petite trappe. Ces appareils sont inclinés à 43°. Leurs dimensions sont très grandes (12 à 15 mètres de haut). Les grains y cheminent rapidement et arrivent au bas des plans inclinés parfaitement secs et froids.

Quelquefois, pour compléter l'opération et surtout pour le cas où les grains n'auraient pas été suffisamment refroidis, on fait suivre ces chauffeurs de blé par un appareil appelé *conditionneur*. Le blé tombe sur un ensemble de plans inclinés constitués par des tôles perforées, à travers lesquelles passe un courant d'air à la température ordinaire.

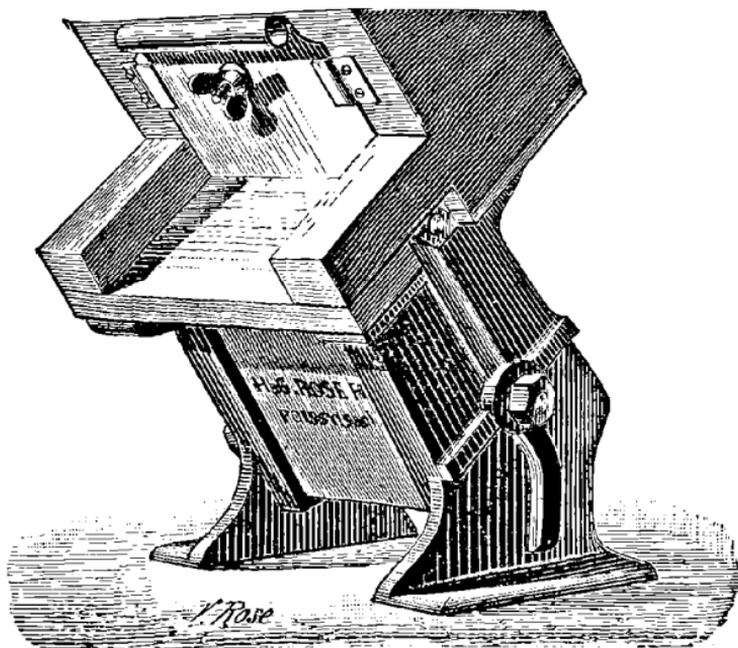


Fig. 84. — Appareil magnétique retirant des grains les corps magnétiques (H. et G. Rose frères).

Il peut être avantageux de calibrer et d'aplatir les grains, pour obtenir un travail subséquent plus régulier.

Le calibrage consiste à classer les grains par différentes grosseurs. On obtient ce résultat par l'emploi de trieurs spéciaux, généralement à alvéoles.

L'aplatissage, qui n'est pas indispensable, s'obtient en

faisant passer le blé entre deux cylindres lisses tournant en sens inverse et dont l'écartement est plus faible que le diamètre des grains. Pour parfaire le nettoyage, on

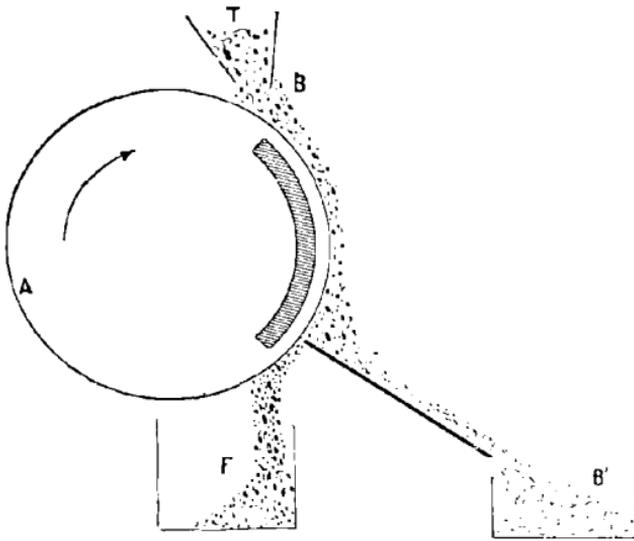


Fig. 82. — Tambour magnétique (schéma).

emploie l'appareil magnétique (fig. 81). Ce dernier travail a pour but de supprimer les petits débris de fer qui auraient pu être entraînés dans les opérations précédentes. On fait passer le blé sur une tôle de cuivre inclinée, au-dessous de laquelle se trouve un fort aimant. Les grains glissent, mais le fer est retenu. On se contente de brosser de temps à autre la surface. On peut aussi se servir d'un autre appareil également magnétique (fig. 82) composé d'un tambour en tôle de cuivre tournant à une faible vitesse.

À l'intérieur du cylindre est placé un fort aimant fixe. Les blés, lancés sur la périphérie du tambour métallique, sont envoyés à une certaine distance, tandis que les débris de fer sont retenus et ne se séparent de

l'appareil que lorsque la zone aimantée est dépassée.

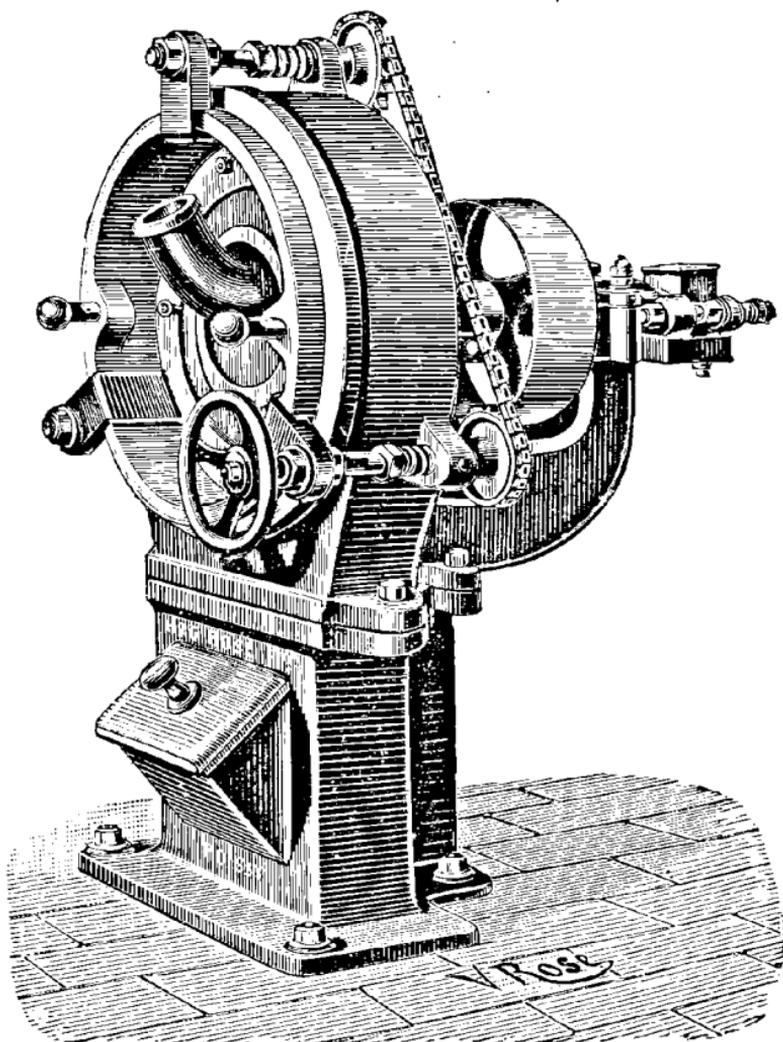


Fig. 83. — Fendeur-dégeimeur (H. et G. Rose frères).

Le schéma en fait comprendre le fonctionnement.

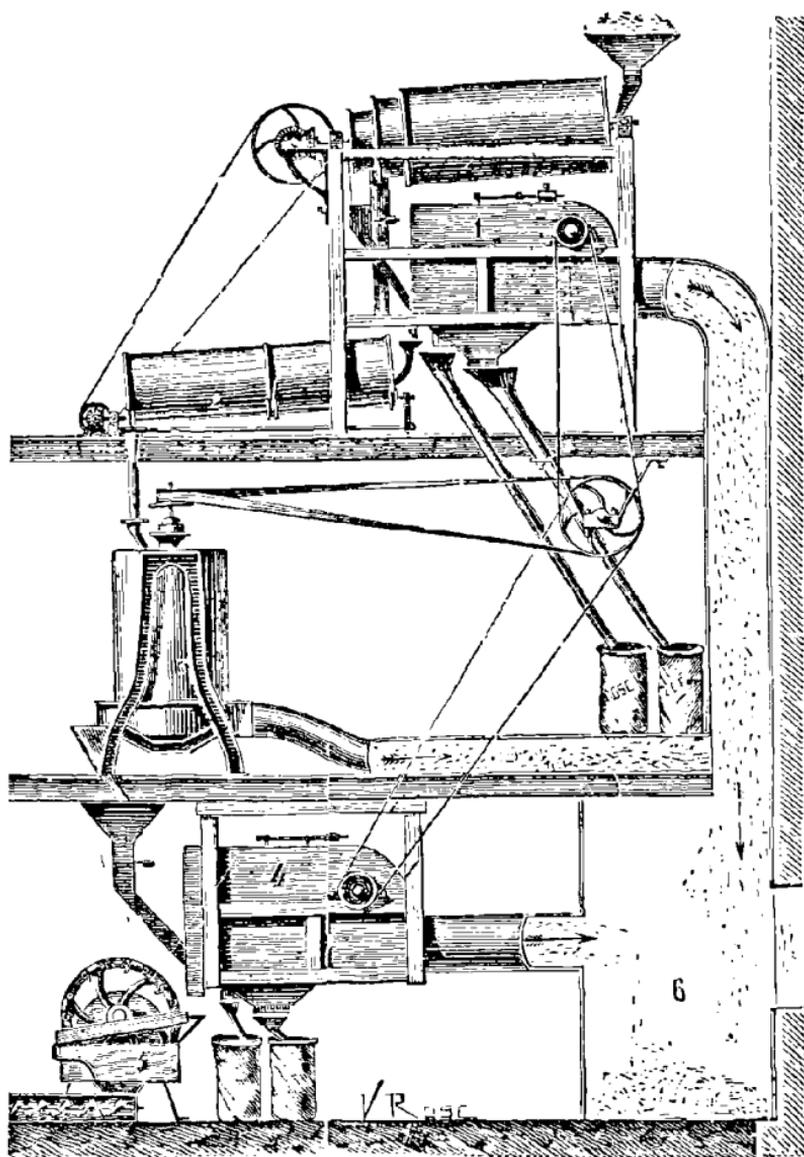


Fig. 84. — Nettoyage complet d'un blé par le système Rose (de Poissy).

III. — MOUTURE PAR MEULES, PAR BROYEURS ET PAR CYLINDRES.

Mouture. — La mouture peut se faire par broyage direct au moyen de meules, ou par broyage progressif au moyen de *cylindres* et de convertisseurs. On peut aussi, en employant la force centrifuge, réaliser la mouture par chocs; mais, dans ce dernier cas, la farine grossière obtenue est plutôt destinée à l'alimentation du bétail.

Dégermeurs. — Dans les deux premiers procédés, il faut, au préalable, pratiquer le *dégermage*. On l'obtient en faisant passer le blé entre deux surfaces disposées d'une manière particulière. Le grain vient se poser de telle façon que son sillon rencontre une arête vive des surfaces. Il en résulte un effort de traction qui casse le grain en deux parties et en détache le germe. Celui-ci est ensuite séparé par un tamisage ou un blutage. On peut en extraire l'huile par le sulfure de carbone. Le fendeur-dégermeur de Rose (fig. 83) est très employé.

La mouture comprend deux séries d'opérations. Le blé est d'abord soumis à l'action des meules ou des cylindres, et l'on obtient des produits divers qui sont les *gruaux* ou *semoules*, constitués par des amas de cellules amylicées; le *son*, provenant des enveloppes, et une matière pulvérulente, la *farine*. Dans une seconde opération, appelée *blutage*, on sépare ces différents produits. Une fois isolés, les gruaux sont de nouveau broyés et blutés jusqu'à ce qu'on ne puisse plus en extraire de farine. Les résidus portent le nom d'*issues*.

On appelle *taux de blutage* la quantité d'issues obtenue par 100 parties de grain, en poids. Dans les manutentions militaires, ce taux est de 20 p. 100. Dans les grands centres, les minoteries civiles travaillent à 30 et même 35 p. 100, de façon à obtenir des farines de première blancheur.

On appelle *rendement à la mouture* le complément sur 100.

La mouture peut être *haute* ou *basse*, suivant que les deux surfaces travaillantes sont plus ou moins éloignées l'une de l'autre. Dans le premier cas, le grain se trouve simplement divisé en quelques morceaux et l'on obtient de gros gruaux, du son en larges écailles, et une très faible quantité de farine. Cette farine de premier jet est, pour ainsi dire, un déchet de fabrication. On doit en rendre la proportion la plus minime possible, car, malgré les précautions du nettoyage, il faut toujours compter avec les poussières, qui lui communiquent une teinte grise et la déprécient en partie.

Avec des bluteries spéciales à mailles suffisamment larges, on sépare les sons des gruaux. Les premiers sont ensuite travaillés à part. On leur enlève, au moyen de brosses, la farine qui leur est adhérente. Cette *farine de son* est plus riche en matière azotée que celle du centre du grain. Malheureusement, sa couleur jaunâtre exige qu'on la mette à part.

Les gruaux, soumis ensuite à des broyages successifs et travaillés à l'abri du son, fournissent une farine très blanche, la plus pure au point de vue commercial.

Par cette méthode de travail, le rendement n'est pas très élevé. Il ne faut guère compter que sur 57 p. 100 de farine blanche et sur 20 p. 100 de la farine de premier jet dont il a été question plus haut. Tout le reste constitue de la farine de son et des issues.

Lorsqu'on ne veut pas avoir des farines absolument blanches et pures, on opère par *mouture basse*. Les surfaces travaillantes sont, dans ce cas, plus rapprochées et le broyage est plus énergique. Les gruaux et les sons obtenus sont, il est vrai, plus petits et d'un travail subséquent plus difficile qu'en mouture haute, mais le procédé présente un grand avantage : celui de donner un fort rendement. Il n'est pas rare, en effet, d'obtenir plus de 80 p. 100 de farine marchande.

Suivant le but proposé, on pourra réaliser des moutures

intermédiaires entre les deux types extrêmes dont nous venons de parler.

I. *Mouture par meules.* — Le moulin le plus habituellement employé est essentiellement constitué par deux cylindres aplatis en pierre très dure, appelés *meules*. Ces meules, disposées l'une au-dessus de l'autre, portent des noms différents. L'inférieure s'appelle *gisante* ou *dormante*. Elle est absolument fixe. Celle de dessus, qui fait 100 ou 120 tours à la minute, se nomme *courante* ou *travaillante*.

La pierre employée à la confection des meules est une variété de silex très dur, remplie d'une infinité de petits alvéoles, quelquefois appelés *évenillures*. Sa cassure est très esquilleuse.

Lorsque le silex est trop compact, il fournit des meules de peu de *vivacité*. Aussi est-il d'autant meilleur qu'il est d'une texture plus irrégulière. Les meules ne sont pas faites d'une seule pièce. Elles sont constituées par un assemblage de dix, quinze et même vingt morceaux de

silex, spécialement taillés et qui prennent le nom de *foussoirs*.

On les rapproche le plus possible et on les joint avec un ciment où le plâtre domine. Le ciment ordinaire peut aussi être employé.

Les foussoirs les plus tendres sont placés vers le centre des meules, la partie moyenne de celles-ci

étant réservée à des silex plus durs et la périphérie à la pierre de la plus grande résistance (fig. 85).

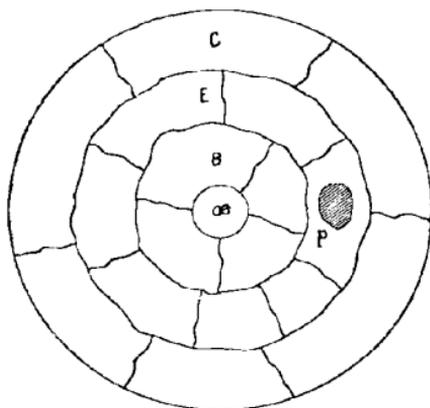


Fig. 85. — Meule.

C'est qu'en effet la partie extérieure est celle qui travaille le plus pendant la mouture. Les meules sont ensuite cerclées avec cinq ou six rubans de fer de 4 ou 5 centimètres de largeur. Elles valent environ 700 francs la paire et celles de la Ferté-sous-Jouarre sont les plus renommées. Comme les morceaux de pierre meulière n'ont pas tous exactement la même densité, on est souvent obligé de pratiquer un trou dans la partie la plus légère de la meule et d'y couler du plomb jusqu'à ce que l'équilibre soit parfaitement établi ; on cherche, en somme, à obtenir l'horizontalité la plus parfaite pendant la marche.

Le centre d'une meule se nomme *cœur* ou *boitard*, la partie médiane *entrepied* et la périphérie *couronne* ou *feuilleure* (Voy. fig. 85).

La meule dormante est fixée dans un bâti de fonte faisant corps avec le sol. Une série de trois vis, placées à la partie inférieure, permet de bien la centrer. On peut aussi, en agissant sur trois autres vis, la déplacer latéralement.

Au centre est pratiqué l'*œillard*, trou par lequel passe l'axe donnant le mouvement de rotation à la meule courante. Cet axe, appelé *gros fer de meule*, est renflé à l'endroit où il s'engage dans l'œillard, de façon à combler celui-ci à peu près complètement. L'arbre, qui cependant peut osciller un peu dans la meule dormante, se termine par une partie plus étroite et est fixé en haut, par une clavette, à une pièce en acier trempé, le *pointal*. Pour relier l'axe de rotation avec la meule courante, on dispose sur le pointal un étrier en fer (*nille*) qui pénètre dans l'intérieur du silex.

L'œillard de la meule courante est assez grand pour permettre non seulement de placer la nille, mais encore pour laisser passer le grain.

Une enveloppe en bois, l'*archure*, surmontée par une *trémie*, entoure les deux meules. A sa partie inférieure

sont disposées deux ou trois ouvertures en chicane, appelées *anches*, par lesquelles s'écoule la mouture (fig. 86).

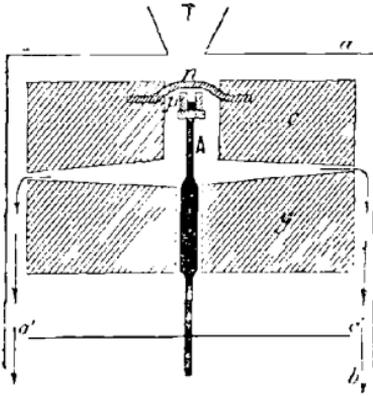


Fig. 86. — Différents organes d'un moulin à meules.

Une meule pèse de 5 000 à 6 000 kilogrammes et le pointal qui supporte tout ce poids s'use très vite. Il faut, pour le remplacer, soulever la meule et démonter la nille.

Comme cette manœuvre est assez pénible, on a cherché une disposition facilement démontable (fig. 87).

La meule courante a son œillard revêtu d'un manchon de fer, qui porte deux barrettes faisant corps avec lui. C'est sur ces barrettes que l'on fixe la nille, au moyen de boulons.

Un léger soulèvement de la meule permet de dévisser les boulons et de rechanger le pointal.

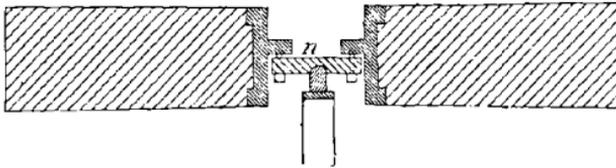


Fig. 87. — Nille démontable.

Il faut pouvoir faire varier aussi la distance entre les deux surfaces travaillantes. A cet effet, l'arbre de rotation est porté sur une crapaudine à élévation variable, qu'un balancier spécial permet d'élever ou d'abaisser, suivant que l'on veut faire de la mouture haute ou basse. Cette disposition est recommandable.

Les surfaces travaillantes sont garnies de cannelures en feuille de fougère (fig. 88 et 89), faites au burin, entre

lesquelles viennent s'écraser les grains. Ces rainures ne sont pas dirigées suivant le rayon de la meule. Pour les

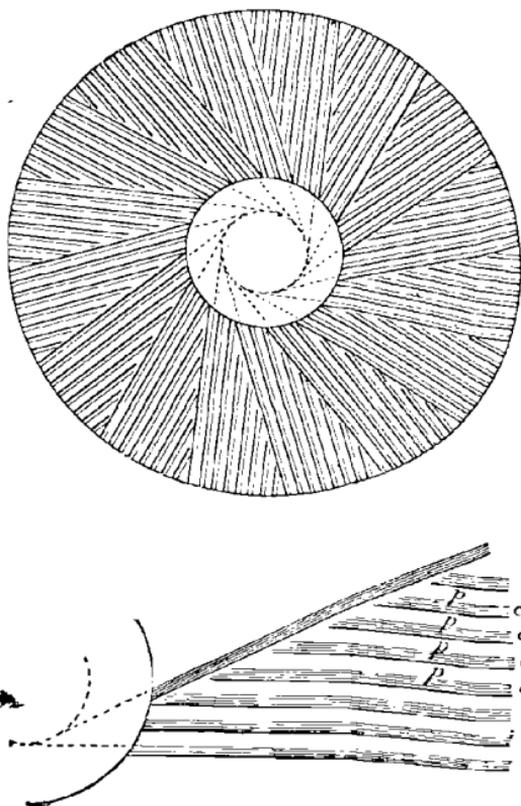


Fig. 88 et 89. — Disposition des rainures d'une meule. c, creux ; p, portant.

établir, le constructeur fait au centre du futur œillard un petit cercle que l'on appelle *cercle de chasse*.

Puis il trace à la surface de la meule seize stries tangentés à ce cercle. Dans chacun des secteurs ainsi déterminés, on dispose des séries de stries parallèles à l'une des cannelures. Les stries de la meule dormante et celles de la meule courante vont en sens inverse les unes des autres.

Les grains sont pris dans les angles formés par les stries et entraînés vers la périphérie, où ils rencontrent un

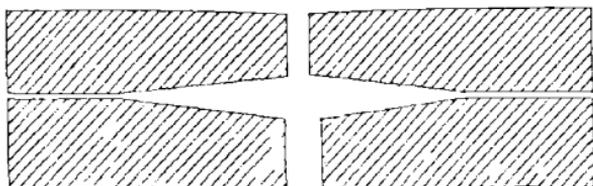


Fig. 90. — Écartement des meules.

espace de moins en moins grand, comme l'indique la coupe des deux meules (fig. 90).

Les stries ont une forme triangulaire ; la partie creusée se nomme le *creux*, et l'espace laissé entre deux stries successives prend le nom de *portant*.

Rhabillage des meules. — Une meule qui travaille sans interruption est mise hors de service en six jours.

Par groupe de sept meules, il y en a toujours une en *rhabillage*. On appelle ainsi l'opération qui consiste à *raviver* les arêtes des stries.

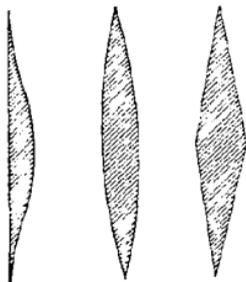


Fig. 91. — Couteaux à rhabiller.

C'est un travail délicat et *dispendieux* que l'on fait à l'aide de marteaux spéciaux (fig. 91) généralement à double tranchant, qui valent 2 francs la pièce.

La maison Escher (Zurich) construit une rhabilleuse mécanique qui fait un travail rapide et régulier. C'est, en principe, une molette à pointes de diamants qui tourne avec une vitesse d'au moins 1 200 tours à la minute.

Distribution du grain dans les meules. — Nous avons vu que l'archure était surmontée d'une *trémie*.

Voici comment le grain se trouve distribué aux meules:

On place sur la nille une coupe au-dessus de laquelle vient déboucher un tube en cuivre rouge ou en fer-blanc terminé par un entonnoir recevant le tuyau d'alimentation.

Le tube de l'entonnoir porte une douille circulaire reliée à un levier fixé par un bout sur le bâti de la machine et terminé à l'autre extrémité par une tige verticale à poignée.

En agissant sur celle-ci, on abaisse ou on élève le tube

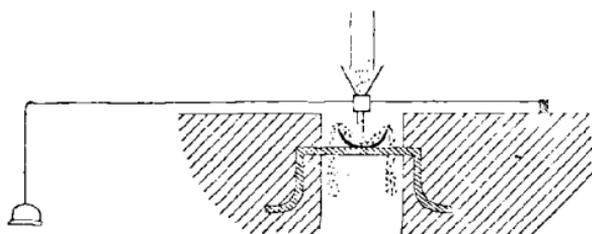


Fig. 92. — Distribution du blé aux meules.

qui, en se rapprochant plus ou moins de la coupe, laisse échapper la quantité de grain voulue (fig. 92).

Les grands moulins disposent généralement de huit paires de meules qui sont assemblées en groupes circulaires ou rectilignes. Ces différents arrangements forment un *beffroi*.

Au-dessous du beffroi se trouve le *ramasseur*, sorte de table animée d'un lent mouvement de rotation, sur laquelle arrive la mouture des différentes meules.

Cette mouture s'aère, se refroidit et tombe enfin dans la chambre à boulange, où elle sera reprise pour être envoyée aux bluteries.

Inconvénients des meules. — Les meules présentent l'inconvénient d'élever beaucoup la température de la mouture, qui atteint parfois 60° C.

Sous l'effet de cette chaleur, le gluten se transforme partiellement : il perd de sa plasticité et donne un pain

qui lève parfois assez difficilement. En outre, les diastases saccharifiantes peuvent être détruites et, dans ce cas, ne produisent plus leurs bons effets.

Enfin, le séjour de la mouture qui va du centre des meules à leur périphérie, où elle s'échappe, est trop long. Aussi l'usure des stries est considérable et les farines renferment des débris de silex qui augmentent leur teneur en cendres. Il est aussi bien difficile de centrer les meules d'une façon parfaite, et il arrive assez souvent que leur travail est inégal.

On a essayé d'atténuer l'élévation de la température par insufflation d'air. Les résultats obtenus n'ont pas toujours été satisfaisants.

A côté des meules ordinaires, il en existe quelques-unes de construction toute particulière. Nous voulons surtout parler des *meules blutantes* et des *broyeurs*.

Les meules blutantes d'Aubin (fig. 93) sont faites comme

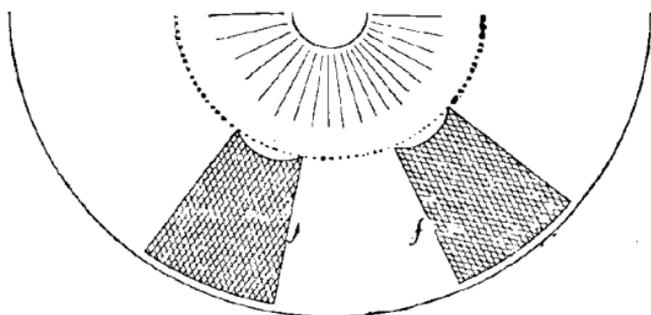


Fig. 93. — Meules blutantes d'Aubin.

les autres, mais avec cette différence que l'on a ménagé dans la gisante des cavités en secteur, occupant la largeur de la feuillure et de l'entrepied. Ces fenêtres sont recouvertes de toiles métalliques. Lorsque la mouture a traversé le *boitard*, elle ne subit plus qu'un faible travail et la farine qu'elle contient passe à travers les toiles, où elle reçoit un premier blutage.

Ces meules d'Aubin ont un *avantage* et un *inconvenient*.

Elles aèrent et rafraîchissent la mouture, mais elles exigent des dimensions énormes, puisqu'il n'y a que le boitard seul qui travaille.

Meule blutante de Rohr. — Les meules blutantes de Rohr (fig. 94) semblent réaliser le plus grand perfectionnement. La gisante et la courante présentent dans leur

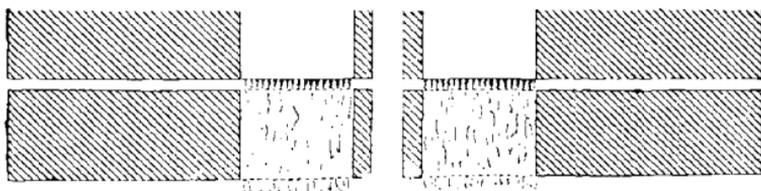


Fig. 94. — Meules blutantes de Rohr.

boitard des fenêtres en secteur. Ces fenêtres sont fermées par des toiles métalliques pleines sur la meule supérieure, filtrantes sur l'inférieure.

En outre, la toile pleine est munie de brosses pour aider au blutage de la farine aussitôt que celle-ci est produite.

Le broyage du grain se fait surtout dans les espaces du boitard situés entre chaque fenêtre.

II. *Mouture par broyeurs.* — Quoique les broyeurs soient peu répandus en meunerie, il est cependant utile, croyons-nous, d'en dire quelques mots.

Le broyeur *Hignette* (fig. 95) et celui de *Rose-Schweitzer* nous paraissent être les plus employés. Le premier se trouve basé sur le système de meules à axe vertical. Il est essentiellement constitué par deux plateaux coniques en acier, munis de saillies et tournant l'un sur l'autre avec une vitesse différente qui est de 300 tours à la minute pour le plateau supérieur, et 200 tours seulement pour l'autre. L'alimentation du broyeur se fait par le centre du plateau supérieur, au moyen d'un tube vertical formant axe.

Le palier supérieur est constamment et automati-

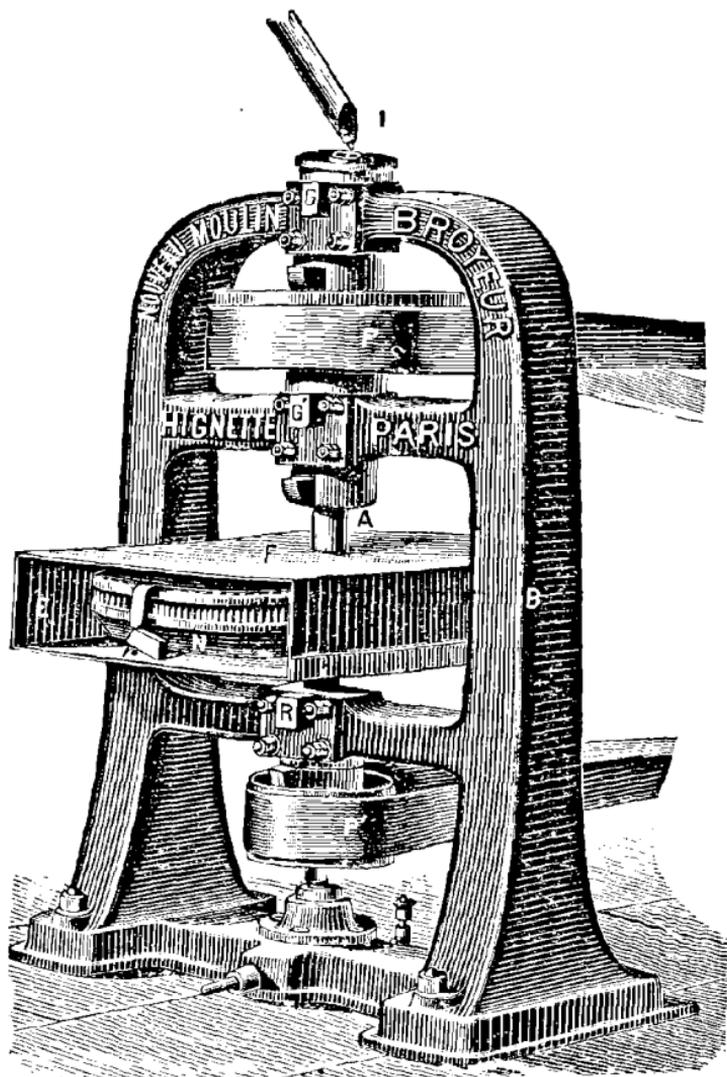


Fig. 95. — Broyeur moulin Hignette.

quement lubrifié par de l'huile, pour éviter l'échauffement

qui résulterait de sa grande vitesse. Les plateaux sont renfermés dans une enveloppe en fonte munie d'un tuyau d'échappement pour la mouture. Les gruaux qu'ils fournissent sont à peu près tous de même dimension ; on les blute une première fois et l'on soumet ensuite à un deuxième broyage les parties les plus grosses.

Ce procédé est un des meilleurs ; il est surtout à recommander dans les exploitations agricoles qui veulent avoir une mouture complète. De plus, au lieu d'exiger une force de 6 à 7 chevaux par 100 kilogrammes de blé à l'heure, comme le font les meules, une dépense de 4 à 5 chevaux est bien suffisante pour le broyeur Hignette.

Le broyeur de *Rose-Schweitzer* est formé de deux meules horizontales, en acier, entaillées sur leur surface travaillante, à la façon des meules en pierre. Cependant, les stries sont disposées de telle manière que les grains suivent une marche inverse de celle qu'ils ont dans les meules ordinaires.

La meule supérieure est fixe et l'inférieure est animée d'un mouvement rapide de rotation. Un dispositif spécial permet d'assurer leur parallélisme et leur écartement.

La meule fixe possède quatre oreilles dans lesquelles sont engagées des vis assez puissantes portant chacune deux écrous qui peuvent tourner dans leur plan, mais sans pouvoir sortir de l'horizontale. De cette façon, en agissant sur l'un de ces écrous, on fait tourner en même temps la vis, qui monte ou descend. On peut ainsi faire varier l'inclinaison de la meule fixe.

Les écrous portent en outre une denture externe, sur laquelle est engagée une chaîne sans fin enveloppant les quatre oreilles. Par ce moyen, si l'on donne un certain déplacement angulaire à l'un des écrous, les quatre autres subissent aussi la même action, et l'on obtient l'écartement voulu entre les deux meules, à la condition de les avoir disposées, au préalable, bien parallèlement.

Le broyage est un peu plus énergique qu'avec l'appareil précédent, et cependant la dépense de force n'est guère que de 3 chevaux au maximum pour 100 kilogrammes de grains à l'heure.

La mouture est blutée une première fois et les refus sont repassés dans le broyeur.

Le nouveau broyeur « Record » (fig. 96), construit par la maison G. et H. Rose, paraît réaliser un progrès dans la mouture.

III. *Mouture par cylindres ou mouture graduelle.* — Dans la mouture par meules et par broyeurs, on n'arrive jamais, même par des blutages soignés, à la séparation complète du son et des germes.

Il n'en est plus de même avec les cylindres, qui constituent le dernier progrès de l'industrie meunière. Avec ces appareils, l'action est progressive et le travail de la mouture peut être divisé en trois parties.

La première comprend le *fendage* et le *dégermage* ; la deuxième, le *broyage proprement dit* ; et la dernière le *convertissage* ou travail définitif.

Les *cylindres* sont disposés par paires; leur surface est cannelée et leur distance de séparation est réglable.

Les *convertisseurs* sont des cylindres à surface unie, voire même polie, qui sont très rapprochés l'un de l'autre. Entre chaque paire de cylindres et de convertisseurs, une bluterie effectue le tamisage des produits obtenus. Il en résulte, comme nous le disions plus haut, un travail progressif. Chaque fois, un peu de farine est séparée des gruaux qui vont peu à peu en diminuant de volume.

Il existe aussi des appareils secondaires. Ce sont :

Les *détacheurs* , qui ont pour but d'enlever sur chaque cylindre ou convertisseur les petites portions de mouture qui y restent adhérentes;

Les *désagrégateurs* ou *désintégrateurs* , qui préparent les gruaux obtenus après le dernier broyage, pour les ame-

ner aux premiers convertisseurs. Enfin, dans les mino-
teries par cylindres, on trouve encore des *cureurs de son*,

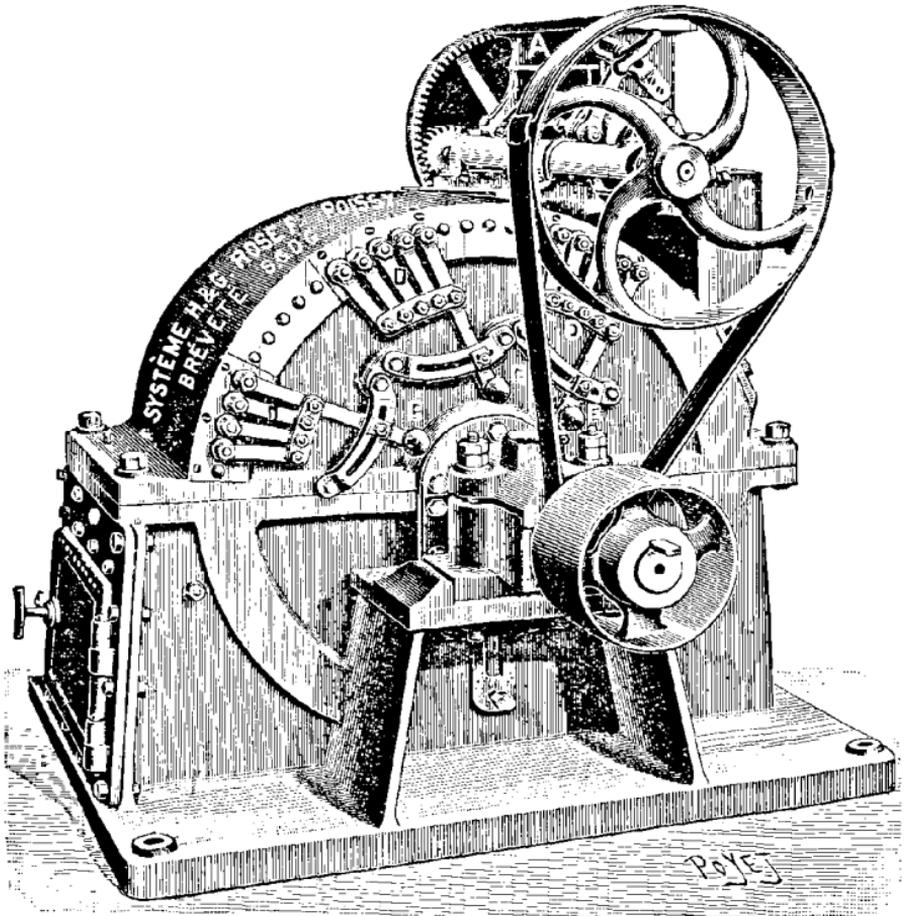


Fig. 96. — Nouveau broyeur « Record », système Rose frères, à Poissy.

des *aspirateurs-ventilateurs*, des *collecteurs de poussière et de farine*, des *râteaux à boulange* pour aérer et refroidir la mouture et des *mélangeurs de farine*. Comme on le

voit, les installations complètes ne laissent pas que d'être assez compliquées.

1° *Fendage et dégermage*. — Nous avons déjà indiqué (p. 262). quel était le principe d'un dégermeur. Le plus employé de ces appareils est celui de *Jonathan*. C'est une petite meule de faible dimension en fonte trempée dure, surmontée par un autre plateau, évidée en son milieu et qui tourne assez vite. Les deux parties de l'appareil se faisant face présentent des rainures à angles saillants. Le grain qui arrive dans la partie centrale tend à s'échapper avec violence dans le sens latéral et vient se partager sur les arêtes. Il se débarrasse ainsi des germes et des poussières accumulées dans son sillon.

Le fendeur-dégermeur de *Rose*, basé sur un principe un peu différent, est aussi très répandu.

2° *Broyage*. — Il faut au moins six passages successifs dans les cylindres broyeurs, pour obtenir des gruaux susceptibles d'aller au convertissage.

On dispose habituellement sur un même bâti douze paires de cylindres qui font un même travail deux à deux. Leur alimentation se fait au moyen de *trémies de chargement* munies de deux gouttières ou couloirs symétriques conduisant le grain sur chaque paire de cylindres. Une petite vanne placée à chaque gouttière permet de régler l'arrivée du grain, d'une façon à peu près parfaite. Pour examiner ce qui se passe dans l'appareil, on a eu le soin de ménager sur chacun des couloirs un regard en verre. Deux raclettes en acier, placées en dessous des cylindres, détachent le produit broyé qui s'écoule entre elles, et vient se ramasser dans un récipient où une vis conductrice le prend, pour l'amener aux bluteries et aux sasseurs. Le tout est enfermé dans une enveloppe en bois.

Les cylindres sont venus de fonte rendue très dure, par trempage. Ils sont creusés suivant l'axe d'un trou cylindrique livrant passage à l'arbre de rotation. Cet arbre

est en acier et son diamètre est légèrement supérieur à celui du trou creusé dans le cylindre, de telle sorte qu'il faut une presse hydraulique pour l'enfoncer.

Sur toute la longueur du cylindre sont creusées des rainures à direction légèrement inclinée qui fournissent un travail très régulier.

Les dimensions des cylindres sont généralement les suivantes : 220 à 350 millimètres de diamètre et 650 à 700 millimètres de longueur.

Il est essentiel, dans l'emploi de ces instruments, de s'assurer que leur parallélisme est parfait. Il faut aussi pouvoir régler à volonté la distance qui les sépare. Pour cela, l'un des deux cylindres est fixé latéralement et l'autre a son axe porté à chacune de ses extrémités sur un coussinet susceptible de se déplacer, par l'intermédiaire d'un bras de levier mû par une vis à volant. Avec ce système, il devient facile de rapprocher ou d'éloigner le cylindre mobile d'une quantité voulue. On peut ramener celui-ci dans sa première position en agissant sur un contrepoids terminant le levier et qui a tendance à rapprocher le cylindre mobile du cylindre à axe fixe.

Les vitesses imprimées aux broyeurs sont assez variables.

Le cylindre à axe fixe fait, suivant les cas, de 90 à 130 tours à la minute. L'autre va toujours plus vite et fait de 200 à 300 tours.

Les cannelures se font de la façon suivante : On met chaque cylindre sur un tour et on lui communique un lent mouvement de rotation. Devant lui se déplace, suivant un chemin rectiligne, un petit chariot muni d'une molette en acier très dur, terminée par une pointe en émeri qui entame la surface du cylindre. Cette pointe trace une rainure en hélice, de profondeur voulue. Le pas de l'hélice obtenue est très long, car le mouvement du cylindre est fort lent. Aussi, la rainure obtenue paraît-

elle une ligne droite. Les cannelures s'usent relativement vite, et généralement après un an de service il faut retail-ler les cylindres broyeurs. Avant de faire ce travail, il faut au préalable les polir complètement, comme ils l'étaient avant d'être taillés pour la première fois. Une bonne précaution consiste à ne pas faire le retaillage de tous les cylindres à la fois, car, avec des arêtes neuves, le broyage est par trop énergique. On fait en sorte d'en avoir une paire à réparer environ tous les deux mois. Les différents constructeurs livrent des machines à canneler et à polir les cylindres basées sur le principe que nous venons d'indiquer.

Nous avons dit que, pour obtenir des gruaux en état d'aller aux convertisseurs, il fallait faire subir au grain cinq ou six broyages successifs.

Les différents cylindres employés à cet effet doivent fournir un travail un peu différent à mesure que s'avance la fin de la mouture.

Pour arriver à ce résultat, on augmente la quantité des cannelures : c'est ainsi que la première paire de cylindres en possède 300, espacées entre elles par un intervalle de 2 millimètres, et la dernière paire, appelée quelquefois *cure-son*, en a 700 à l'espacement de 1 millimètre. Les cannelures Béal constituent un perfectionnement. On a disposé entre les rainures consécutives une série de petites ondulations parallèles. Sur chaque paire de cylindres, les rayures s'entre-croisent de façon à mieux régulariser le broyage (fig. 97).

Fig. 97. — 1, Cannelures ordinaires; 2, cannelures Béal.

Marche du broyage. — La première opération se fait entre les deux cylindres les plus écartés et qui servent de fendeur et de dégermeur, dans le cas où l'on n'emploie pas l'ap-

pareil de Jonathan. Les gros fragments qu'ils fournissent sont envoyés à la seconde paire de cylindres, d'où il sort des produits mélangés faits de gros fragments non touchés, de gruaux et d'un peu de farine. Entre la deuxième et la troisième paire de broyeurs se trouve une première bluterie qui sépare la farine pour l'envoyer aux râteaux à boulange. Les gros fragments non broyés sont ramenés encore une fois dans la deuxième paire et les gruaux vont à la troisième. La même marche que nous venons d'indiquer s'effectue jusqu'au sixième broyeur.

Généralement les quatre dernières paires de cylindres sont à cannelures du système Béal. A chaque broyage successif, il se produit un peu de farine et des gruaux de plus en plus petits, qui finalement sont à peu près tous de même dimension. Les uns sont exempts d'enveloppes ; dans d'autres, il y en a une faible proportion ; ceux-ci s'appellent des *gruaux vêtus*.

Pour que les cylindres fournissent un bon travail, il ne faut pas que les blés soient trop secs ; c'est pourquoi on a bien souvent recours aux mouilleurs que nous avons cités plus haut.

Les meules, au contraire, peuvent travailler quel que soit l'état de siccité du grain.

3° *Convertissage*. — Le convertissage est le traitement des petits gruaux. Il s'effectue par cinq ou six passages entre des paires de cylindres lisses. A chacune des opérations successives, on obtient un peu de farine, et l'on arrive à des gruaux de moins en moins gros. Les petits sons provenant des gruaux vêtus ne se séparent pas dans les bluteries et, pour les éliminer, il faut employer des sasseurs. C'est par différences de densité et par des secousses avec courant d'air d'aspiration que s'effectue, dans ces appareils, la séparation des gruaux et des sons.

Pendant le convertissage, les blutages et les sassage doivent être très soignés, car, si ces opérations étaient imparfaites, on ferait passer sur un même convertisseur

des produits de grosseur différente qui détermineraient des efforts inégaux. Les cylindres convertisseurs sont généralement accouplés par deux et quelquefois par trois ; ils peuvent avoir le même diamètre ou des diamètres différents (fig. 98 et 99). Ils sont presque tangents l'un à l'autre et maintenus à distance constante par un contrepoids ou une vis de pression. Leur polissage

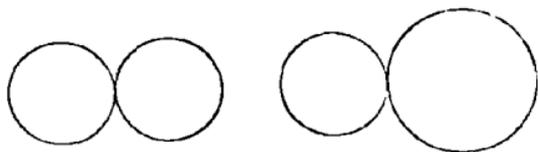


Fig. 98 et 99. — Cylindres convertisseurs.

est parfait ; on leur donne une vitesse de rotation de 170 à 200 tours à la minute et, comme les engrenages sont les mêmes pour les deux cylindres, ceux-ci tournent à la même vitesse et il en résulte que le grand détermine un glissement sur le petit.

Par un dispositif spécial, l'un des cylindres est en même temps soumis à un mouvement de translation que l'on obtient en disposant sur chacun des deux tourillons une clavette formant ergot, qui s'engage dans une rainure hélicoïdale, creusée dans le coussinet du palier. Les deux rainures vont en sens inverse et le cylindre, par suite de son mouvement de rotation, subit un déplacement longitudinal de va-et-vient, ce qui a pour résultat d'étaler les gruaux le plus complètement possible sur la surface de chaque cylindre.

Certains convertisseurs sont recouverts de porcelaine. Ils sont très employés en Autriche, mais leur installation n'est pas sans présenter quelque difficulté, car leur surface n'est pas toujours parfaitement cylindrique et, partant, leur parallélisme laisse souvent à désirer. On donne généralement aux cylindres convertisseurs une longueur de 40 à 50 centimètres et un diamètre de 30 centimètres.

Détacheurs. — Pendant le convertissage, la pression exercée par les cylindres détermine la formation de petites galettes de mouture qu'il est impossible d'envoyer dans cet état aux bluteries. On les fait préalablement passer dans les *détacheurs*. Ce sont des brosses ou des broyeurs rudimentaires composés de deux plateaux verticaux munis de broches et tournant en sens inverse l'un de l'autre. Dans ces appareils, les galettes sont très facilement rompues.

Le blutage consiste à tamiser la mouture à travers des toiles métalliques ou en soie à mailles très fines, pour séparer les produits de diverses grosseurs. La farine fine est envoyée au râteau à boulange, les farines plus grossières qui renferment des débris de son vont au *sassage* et les refus, qui sont constitués par les parties les plus volumineuses, retournent à un convertisseur précédent.

IV. — LE BLUTAGE. — BLUTOIRS ; PLANSICHTERS.

Les blutoirs. — Les blutoirs employés autrefois, et qui sont encore en usage dans beaucoup de petits moulins, se composaient d'un squelette en bois ou en tôle légère, sur lequel étaient fixées des toiles métalliques ou des toiles de soie. Les plus répandus étaient polygonaux et divisés en plusieurs compartiments, qui avaient chacun des toiles à mailles de grandeur différente. De cette façon, la mouture, introduite à une extrémité du blutoir, parcourait celui-ci dans toute sa longueur et se classait en produits de différentes grosseurs. Dans une petite minoterie que nous connaissons, on emploie deux blutoirs : l'un qui laisse passer sur toute sa longueur uniquement de la farine très fine, appelée *fleur* ; l'autre divisé en cinq compartiments, qui donne — nous conservons les termes en usage dans le moulin — du son, du petit son, du trois-cases (repassé ou recoupe), du gruau hâtard et enfin de la semoule ou gruau blanc. Le gruau

bâtard et la semoule sont rebroyés ou vendus tels quels. Les produits des trois premières cases sont destinés à l'alimentation des bestiaux.

Dans les minoteries à cylindres, les gruaux des différents volumes sont envoyés aux convertisseurs qui leur correspondent.

Marche de l'opération. — Les blutoirs sont montés sur un axe légèrement incliné et tournent à 40 ou 50 tours par minute. Les produits descendent le long du plan incliné et se blutent à mesure, aidés par le mouvement de rotation.

Les blutoirs polygonaux ne fournissent pas un rendement bien satisfaisant. Ils ne sont utiles que dans les parties inférieures du prisme et, partant, il n'y a qu'une faible portion de leur surface qui travaille. Il arrive aussi que les mailles des toiles s'engorgent, se bouchent même complètement et la surface perdue devient encore plus considérable. On remédie en partie à ces inconvénients par l'adjonction de brosses extérieures qui frottent les toiles blutantes. Quelquefois aussi, on place dans le haut, mus par des cames, des petits marteaux qui frappent par intervalles réguliers sur la carcasse du blutoir et facilitent la chute des matières adhérentes aux mailles. Dans les bluteries, les appareils à section pentagonale ou hexagonale ne sont plus guère employés. On aime mieux leur donner une forme cylindrique et les munir à l'intérieur d'un agitateur à palette. Le blutoir et l'agitateur sont animés de vitesses différentes, obtenues au moyen de deux axes concentriques. Le blutoir fait 50 à 60 tours à la minute et l'agitateur 200 à 250 dans le même temps. Les palettes saisissent la mouture et la projettent contre les parois de l'appareil, de sorte que presque toute la surface de celui-ci fonctionne en même temps. On obtient ainsi un travail plus considérable, mais malheureusement moins parfait qu'avec les appareils ordinaires.

En effet, la farine étant violemment projetée contre les toiles filtrantes, la séparation en séries est beaucoup moins nette. Néanmoins, ces blutoirs centrifuges sont très employés. Différents perfectionnements ont été proposés. La maison Pasteger (de Liège) construit notamment un blutoir centrifuge très recommandable. On fait aussi des blutoirs à mouvement de rotation très lent, dans lesquels tourne une hélice. L'appareil étant à moitié rempli de mouture, celle-ci avance lentement sous l'action d'une vis. La surface travaillante est beaucoup plus étendue que dans les blutoirs ordinaires et la séparation des produits s'effectue mieux qu'avec le système centrifuge. L'appareil n'est pas encore très répandu.

Les toiles varient du n° 20 au n° 240 (le nombre des mailles est toujours indiqué pour 27 millimètres de longueur).

Depuis quelques années, on emploie dans les grandes minoteries à cylindres un nouvel appareil à bluter, qui a été inventé en France et qui, après avoir disparu quelque temps de notre pays, nous est revenu d'Allemagne avec des perfectionnements. Nous voulons parler du *plansichter*.

Plansichter. — C'est une sorte de grand tamis plan de forme variable, auquel on donne des secousses. Les produits les plus fins s'écoulent à travers les mailles. On conçoit l'avantage d'une telle disposition. Toute la surface du tamis travaille, elle est utilisée entièrement. En outre, les bluteries planes sont moins encombrantes que les autres, ce qui permet de réaliser une grande économie de surface, chose toujours précieuse dans une minoterie.

Les premiers blutoirs plans qui furent construits étaient des cadres en bois supportant les toiles, auxquels on donnait un mouvement de sasseur par l'intermédiaire de cames ou d'excentriques. La mouture, sous l'influence des chocs répétés, avançait en se tamisant. Cependant,

quand on a un grand travail à faire, ce mouvement de tarare ne suffit pas à faire avancer assez vite la farine.

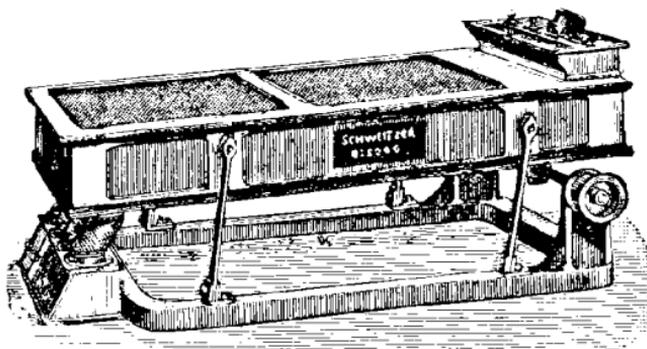


Fig. 100. — Tamis blutoir Schweitzer (à Paris).

Celle-ci, qui est relativement lourde, s'attache à la toile blutante et n'obéit pas facilement au mouvement produit par les chocs successifs. Dans les plansichters de

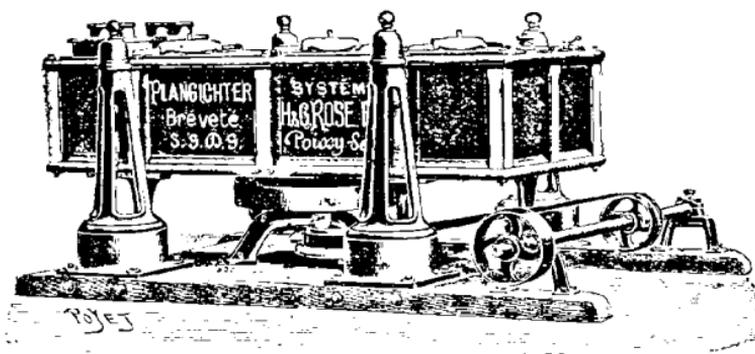


Fig. 101. — Plansichter Rose frères, à Poissy.

forme carrée, on a imaginé plusieurs dispositions particulières pour faire avancer les produits. Une des plus intéressantes consiste à établir au-dessus de la surface blutante des vannettes mobiles oscillant en même temps que

le tamis. On peut aussi placer à la surface des toiles quelques grains de blé ou, mieux, des semences de robinier, de lupin ou de féveroles. Celles-ci sont plus sensibles aux chocs et progressent plus facilement, entraînant dans leur mouvement la farine devenue moins paresseuse. Nous avons vu ce système employé avec beaucoup d'avantage dans une grande minoterie d'Aix-en-Provence. Lorsque les graines-véhicules arrivent à l'extrémité du plansichter, elles tombent sur un plan incliné à l'extrémité duquel une vis les prend, pour venir les déverser à nouveau sur la surface blutante. Cette disposition particulière a été imaginée par *Haggenmaccher*. Le mouvement de tarare que l'on imprime au plansichter est facile à comprendre. L'appareil, qui est supporté par des tiges de bois flexibles, possède à l'une de ses extrémités un ressort à boudin.

Une came, en passant, pousse l'appareil dans un sens et comprime le ressort, puis celui-ci se détend et ramène l'appareil dans sa position primitive, et ainsi de suite.

Le plansichter est généralement constitué par huit tamis superposés renfermés dans une seule et même caisse, chaque étage étant séparé du suivant par une toile blutante à mailles de plus en plus grandes. On obtient ainsi, comme dans les blutoirs ordinaires, des produits de différentes grosseurs.

Les dimensions d'un plansichter, malgré l'énorme travail qu'il fournit, sont restreintes. On lui donne généralement 1 mètre d'épaisseur, 1^m,40 de largeur et 2^m,30 à 3 mètres de longueur.

Vu de plan, l'appareil présente une série de petites lames de bois qui déterminent la farine et les grains de lupin à prendre un mouvement circulaire par suite des chocs alternatifs qu'ils reçoivent.

Les produits parcourent un chemin un peu analogue à celui qu'ils suivraient s'ils étaient obligés de gravir les marches d'un escalier, mais avec cette différence

qu'ils se déplacent seulement dans un plan horizontal.

La boulange, malgré le petit espace occupé par le planschter, parcourt par ce moyen un chemin énorme et, pour un appareil de moins de 2 mètres, elle passe sur plus de 140 mètres de toiles de numéro différent. On obtient ainsi un travail rapide et à peu près parfait. Un seul de ces appareils peut remplacer tous les blutoirs et sasseurs ordinaires et traiter en vingt-quatre heures la mouture de 3000 kilogrammes de blé.

Dans les blutoirs ordinaires, ce sont toujours les parties les plus denses, et conséquemment les moins fines, qui se trouvent en contact direct avec les surfaces travaillantes. C'est un inconvénient assez sérieux, puisque ces matières grossières sont un obstacle au passage des parties pulvérulentes et rendent le travail plus lent.

Au contraire, dans le planschter, ce sont les parties les plus légères qui sont toujours directement placées sur la toile blutante.

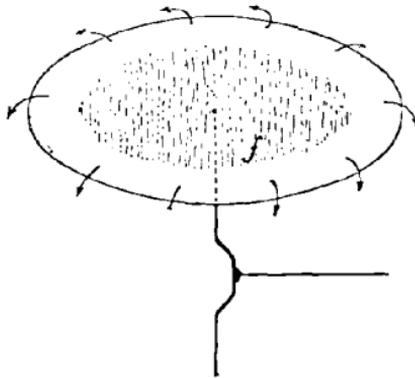


Fig. 102. — Planschter, plan.

On a modifié les planschters en leur donnant la forme circulaire (fig. 102, 103 et 104). Ils sont animés d'un mouvement de rotation dans leur plan, autour d'un axe vertical. Ce mouvement peut leur être communiqué par l'intermédiaire d'une bielle agissant sur un arbre coudé.

La mouture arrive au centre du cercle et chemine peu à peu en se rapprochant de la périphérie, où tous les refus tombent. Les produits les plus fins, au contraire, passent au-dessous. Si l'on examine l'appareil en coupe, on voit,

sous le premier cercle B, un plan incliné qui conduit à

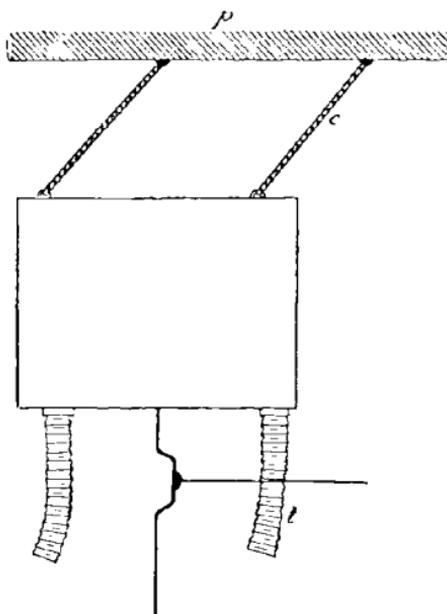


Fig. 103. — Plansichter, élévation.

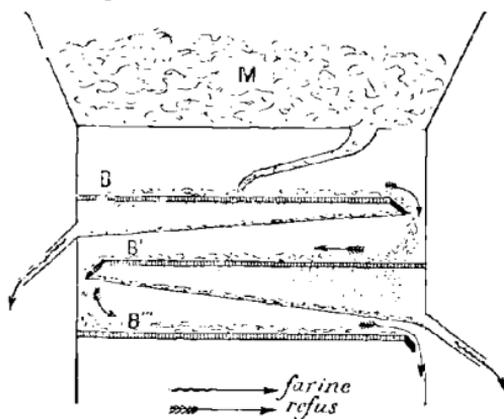


Fig. 104. — Plansichter, coupe.

l'extérieur la portion de farine qui a passé. A côté de ce

plan se trouve disposé un collecteur circulaire, sur lequel glissent tous les refus. Au-dessous, un autre entonnoir en sens inverse réunit les produits et les envoie sur le centre de la seconde surface blutante B'. La première surface B est en toile très fine ; la deuxième est à mailles plus grandes, et ainsi de suite. Toutes ces séries de toiles sont renfermées dans une même enveloppe cylindrique.

En même temps qu'il tourne, l'appareil doit osciller. Il faut, pour cela, qu'il soit suspendu au plafond par de fortes cordes. On en met généralement quatre ou six. De cette façon, l'appareil peut recevoir tous les mouvements possibles et fournir un blutage beaucoup plus rapide et plus parfait. Il se fait automatiquement, en somme, ce que l'ouvrier vanneur n'acquiert qu'au bout d'une certaine pratique. (On sait en effet que, pour se servir d'un van, il faut avoir acquis un tour de main spécial.)

La sortie des produits se fait par des conduits flexibles en toile, correspondant à chacun des classements.

Les blutoirs plans ne sont cependant pas parfaits ; ils présentent l'inconvénient de s'encrasser facilement, et l'on ne connaît pas de moyen véritablement efficace pour y remédier.

Cependant, le système de la maison Braut, Teisset et Chapron (de Chartres) est souvent adopté (fig. 405). L'axe de la toile blutante porte un collier fou, sur lequel est emmanché, fou également, [un autre collier de fer circulaire dont la partie inférieure est garnie de brosses. L'axe étant en rotation, le collier fou ne suit pas le même mouvement et vient balayer toute la surface de la toile. Il se produit un effet identique à celui que l'on obtient lorsqu'on fait tourner un cerceau autour d'un bâton.

V. — SASSEURS ; COLLECTEURS.

Les blutoirs font des classements correspondant chacun à des produits de même grosseur. Ces produits ne sont

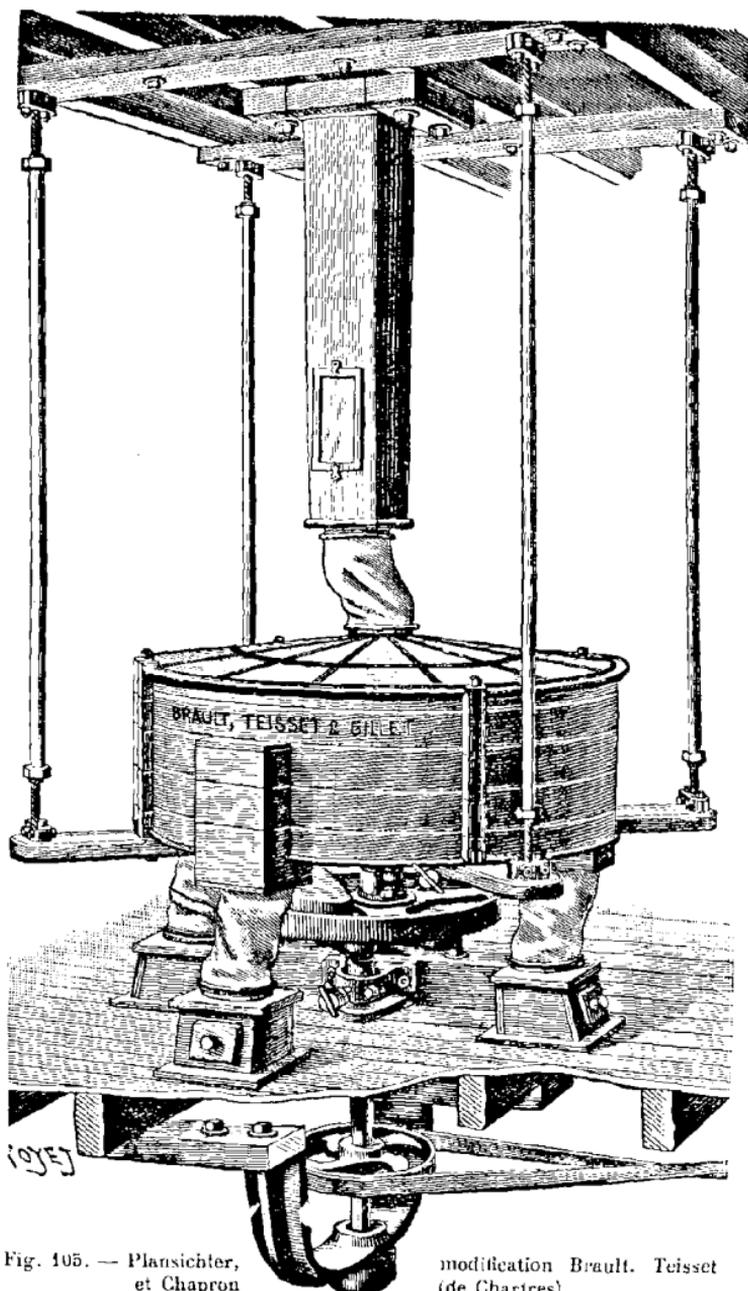


Fig. 105. — Plansichter,
et Chapron

modification Brault. Teisset
(de Chartres).

SAILLARD. — *Technol. agric.*

pas absolument purs de tout mélange. C'est ainsi que de la très belle farine peut se trouver mélangée à du son très petit ayant passé en même temps à travers les mailles.

Pour séparer complètement tous ces produits de valeur bien différente, il faut avoir recours à une autre série d'appareils appelés *sas* ou *sasseurs*.

Sas ou sasseurs. — Le sasseur est un tamiseur particulier basé sur un tout autre principe que les appareils précédents. Supposons une surface blutante supportant un mélange de farine et de sons de même grosseur, que l'on anime d'un mouvement analogue à celui d'un *plansichter*. Les différents éléments constituant le mélange se classeront suivant leur densité. La farine qui est la plus lourde s'appliquera contre le plan, et au-dessus d'elle viendront se superposer les particules de plus faible poids spécifique. Si l'on fait arriver un courant d'air obtenu par insufflation ou par aspiration, les parties supérieures, plus légères, seront soulevées et entraînées par le courant, tandis que les farines plus lourdes ne seront élevées qu'à une très faible hauteur. Tout revient à régler convenablement le courant d'air.

De place en place sont disposées des gouttières parallèles au plan du sasseur, placées au-dessus de lui, mais immobiles. Il va naître entre ces gouttières ou rigoles un courant d'air plus violent. Les farines seront enlevées et retomberont dans les rigoles, car, au-dessus de ces dernières, il y a un apaisement du courant d'air.

Une vis d'Archimède qui circule dans chaque gouttière les amènera en lieu sûr. Quant aux sons, ils seront entraînés plus loin (fig. 106).

Les sasseurs font 150 à 200 oscillations par minute. Il ne faudrait cependant pas croire qu'après le sassage la séparation des différents produits soit complètement obtenue. Les soufflures ou petits sons se déposent lorsque l'espace devient suffisamment grand pour que le courant d'air soit moins vif. Mais le vent, qui continue

encore un instant son parcours, entraîne plus loin de la folle farine qu'il faut conserver.

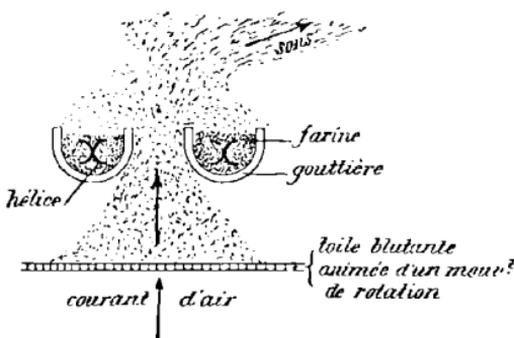


Fig. 106. — Sassage.

Collecteurs. — Pour cela, il est indispensable d'adjoindre aux sasseurs un appareil spécial appelé *collecteur de poussières*. La farine que recueille ce dernier n'est pas de première qualité, mais elle est néanmoins tout à fait marchande.

Les collecteurs sont fort nombreux et l'un des plus employés est celui de M. G. Luther (fig. 107), construit dans les ateliers de Darmstadt et de Brunswick. Il se compose d'un tuyau central autour duquel se trouve montée une suite de prismes constitués par des feutres filtrants. Ces prismes sont tendus chacun par un ressort central à boudin. Tout l'appareil est enfermé dans une assez grande boîte où arrive le courant d'air chargé de folle farine. Celui-ci ne peut pénétrer dans l'intérieur du tuyau central qu'en filtrant à travers le feutre où il se dépouille des matières qu'il tient en suspension. Le feutre se recouvre donc de la farine entraînée. Pour détacher et recueillir cette dernière, on a disposé sur un point de l'appareil un excentrique sur lequel viennent alternativement buter, comme le montre la figure, les prismes filtrants. L'excentrique comprime le ressort central, qui

se détend ensuite brusquement après son passage, et détache ainsi la folle farine, qui tombe dans un conduit collecteur. L'appareil risquerait cependant de se boucher rapidement, mais, par un mécanisme très ingénieux, dans

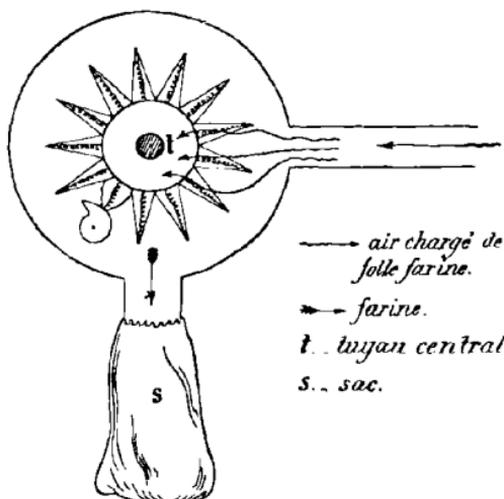


Fig. 107. — Collecteur de Luther.

la description duquel nous n'entrerons pas, au moment précis où le feutre se détend le courant d'air cesse, et un autre courant en sens inverse s'établit du tuyau central vers l'extérieur, qui vient déboucher le feutre. Un autre collecteur assez employé est celui de *Comerford* (fig. 108). Voici quel est son principe : On fait arriver sur du blé l'air dont on veut enlever les poussières.

Les grains de froment présentent des rugosités qui retiennent la farine. Celle-ci peut être recueillie en faisant circuler ces grains dans un blutoir spécial. Le blé revient ensuite à l'appareil de filtration, parcourant ainsi un cycle complet. Théoriquement, la même quantité pourrait indéfiniment servir. Cependant, de temps à autre on retire un peu de blé de la circulation, car, à la longue, il se polit dans le mouvement et ne peut plus retenir aussi

bien les poussières. On remplace la portion enlevée par une égale quantité de grain neuf.

L'appareil se compose d'une boîte rectangulaire, à parois latérales métalliques et filtrantes, entourées chacune à une certaine distance par une deuxième paroi, également filtrante. Les parois extérieures sont réunies en haut et en bas à un conduit. Les grains de blé, introduits par la partie supérieure, circulent entre les deux

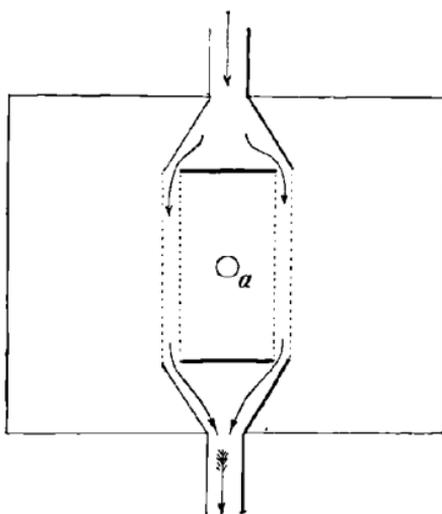


Fig. 108. — Collecteur de Comerford.

surfaces filtrantes et s'écoulent par le bas. Leur mouvement est continu, mais lent. L'air qu'il s'agit de débarrasser de ses poussières arrive à l'une des extrémités de la boîte rectangulaire et, pour s'échapper, est obligé de filtrer à travers la couche de blé.

La disposition de cet appareil est excellente, quoique donnant un résultat un peu inférieur à celui du collecteur précédent.

Nous sommes maintenant en possession des diverses farines et des sons. Ces derniers se divisent encore d'après

leur grosseur. Si l'on fait de la mouture haute, ils se présentent sous forme de larges écailles, auxquelles adhère encore une quantité de farine assez appréciable. Dans les opérations subséquentes, on a aussi obtenu des sons de plus en plus petits, séparés par le sassage.

On peut extraire la farine des gros sons provenant des premiers broyages, en les faisant circuler entre des brosses coniques semblables à celles dont nous avons parlé au moment du nettoyage des grains. Rien n'empêche aussi de les faire passer entre les parois de tôles-râpes à ouvertures petites. Un courant d'air entraîne la farine, que l'on recueille, et le son parfaitement net tombe à la base de l'appareil. Ce son est employé dans l'alimentation des animaux, mais il est de qualité moindre que celui provenant d'une mouture basse. En effet, par ce dernier système de travail, les sons se trouvent tellement écrasés qu'il n'est plus avantageux de les brosser. Ils renferment, conséquemment, un peu de farine, qui leur communique une valeur alimentaire plus grande.

VI. — TRANSPORT, MÉLANGE ET ENSACHEMENT DES FARINES.

Le mouvement des matières à transporter s'obtient horizontalement, au moyen de vis ou de transporteurs, et verticalement, par des élévateurs et des chaînes à godets.

Transporteurs horizontaux. — Dans des conduits oscillants, on dispose des palettes mobiles autour d'axes horizontaux, pouvant se déplacer dans un seul sens. Ces tuyaux sont montés sur des lames flexibles et on leur communique de petits mouvements alternatifs, pendant qu'arrive continuellement à leur intérieur la farine à transporter. Les palettes, en se balançant autour de leur axe, glissent à la surface de la matière et la poussent plus loin (fig. 109). La vis d'Archimède tournant dans

une gouttière est aussi fort employée. Ces transporteurs, et surtout le premier système, peuvent aussi servir pour

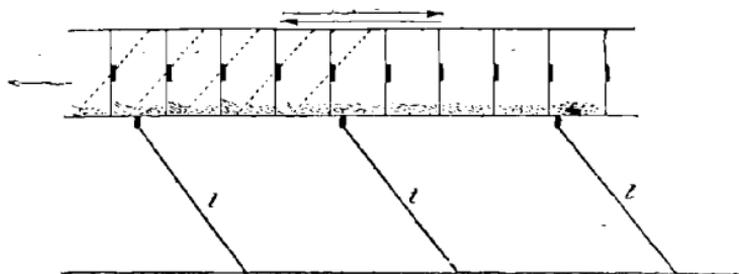


Fig. 109. — Transporteur horizontal à palettes mobiles.

les blés. Quant à la vis, elle a l'inconvénient de broyer quelquefois les grains.

Élévateurs. — En meunerie, on se sert surtout d'élévateurs en toile caoutchoutée, sur laquelle on attache des godets en cuir ou en fer-blanc.

Ces toiles passent sur deux tourteaux tournants et les godets viennent successivement plonger dans une fosse contenant le produit à élever.

Dans une minoterie bien comprise, tout se fait automatiquement. C'est ainsi, par exemple, que les produits sortant du blutoir sont entraînés par des vis aboutissant à des fosses, où viennent plonger les chaînes à godets. Celles-ci conduisent aux traitements consécutifs. En somme, en réglant convenablement l'arrivée du grain, les débris et les produits se classent d'eux-mêmes, sans qu'aucune intervention d'ouvriers soit nécessaire.

Mélange des farines. — Les différentes farines obtenues au convertissage se classent en farines de première, farines de deuxième et farines de troisième. Nous avons déjà dit plus haut que, lorsqu'on voulait obtenir un produit de première blancheur, on sacrifiait un peu de rendement. Au contraire, dans les manutentions mili-

taires et les campagnes, on diminue le taux de blutage.

Néanmoins, il existe toujours, dans un produit déterminé d'une même minoterie, des différences dues aux variations inévitables de la qualité des blés. Aussi il est bon, pour les livraisons, de mélanger les farines obtenues

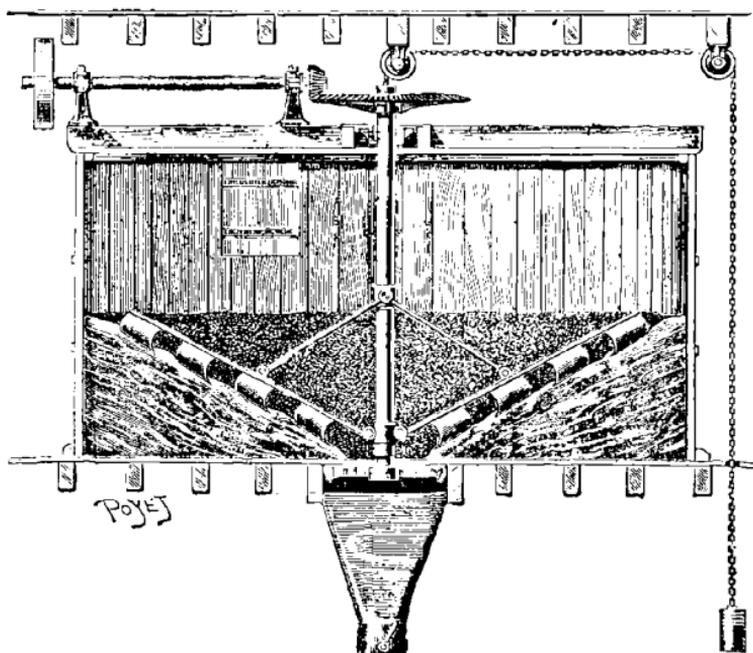


Fig. 110. — Râteau mélangeur (Rose frères, à Poissy).

afin de constituer des lots à peu près homogènes.

Un premier mélange se fait au moyen du râteau à boulange (fig. 110).

Un axe vertical, situé au centre d'une grande chambre cylindrique, porte à sa base, et inclinées sur lui, des palettes généralement en hélice. En tournant, ces dernières balayent et mélangent la farine.

Celle-ci, arrivant du sommet de la chambre par un

conduit latéral, tombe en pluie et le râteau mélange toutes les couches au fur et à mesure de leur formation. Comme le mouvement de rotation serait très difficile lorsque la couche de farine deviendrait trop épaisse,

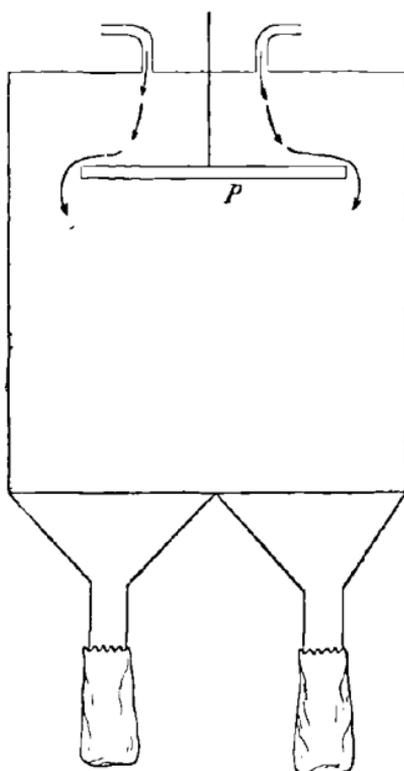


Fig. 111. — Mélangeur de farine, centrifuge.

l'agitateur est disposé de telle sorte qu'il puisse être relevé à volonté de temps à autre.

Dans quelques minoteries, on pratique encore un second mélange.

Les farines différentes envoyées par des conduits différents tombent sur une plaque animée d'un rapide mou-

vement de rotation (fig. 114). La force centrifuge les projette vers la périphérie en les mélangeant intimement.

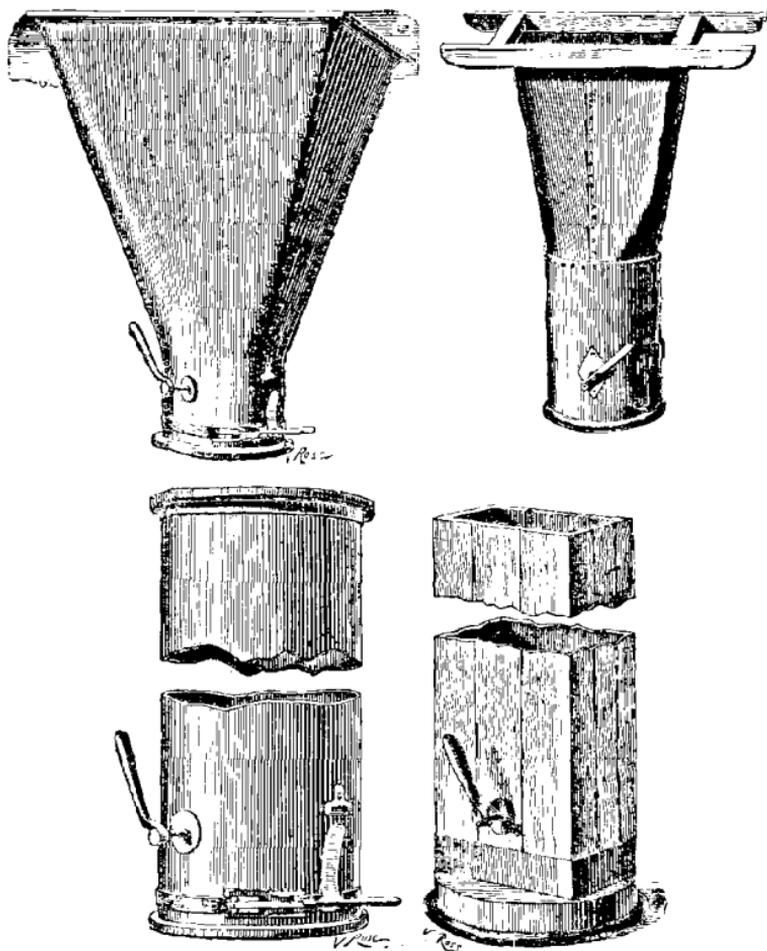


Fig. 112 à 115. — Ensachoirs : conique en tôle avec châssis en fer ; conique en tôle avec châssis en bois ; cylindrique en tôle ; carré bois et fonte (Rose frères, à Poissy).

La partie inférieure des chambres à boulange est percée de plusieurs orifices qui aboutissent chacun à un sac,

par l'intermédiaire de tuyaux en toile ou métalliques (fig. 112 à 115).

Ensachement. — Les balles de farine pèsent 152 ou 157 kilogrammes. On déduit toujours de ce poids 2 kilogrammes pour tenir compte du sac. On ne compte donc en réalité que 150 ou 155 kilogrammes. Les sacs sont fixés par leur ouverture à un excentrique situé à l'extrémité du tuyau d'amenée de la farine. Celle-ci emplit le sac (fig. 116).

On a cherché à perfectionner cet ensachement un peu primitif et qui présente un certain inconvénient.

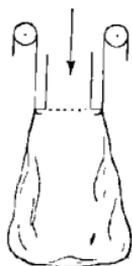


Fig. 116.

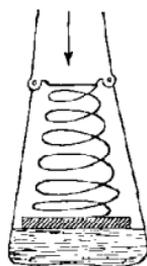


Fig. 117. — Ensacheur avec hélice.

La farine, en effet, arrive par à-coups et occupe un volume beaucoup trop considérable pour le poids qu'elle devrait fournir. Aussi est-on obligé de frapper le sac pour le tasser. Il se forme alors un nuage de farine qui incommode les ouvriers ensacheurs et constitue en même temps une véritable perte.

Aujourd'hui, on a des hélices-ressorts (fig. 117) qui se meuvent dans l'intérieur des sacs pendant le remplissage. On obtient ainsi un tassement parfait et régulier, excellent surtout pour les sons.

D'autres systèmes d'ensachement existent, parmi lesquels un nous paraît digne d'attention. Le sac est installé sur un anneau circulaire faisant presque joint avec le tube d'alimentation. Cet anneau circulaire est relié à

deux lanières verticales qui s'articulent en haut sur deux poulies pouvant être instantanément embrayées. Si elles tournent subitement, le sac monte et la farine se comprime fortement en haut, contre la base du tuyau d'alimentation. On renouvelle plusieurs fois l'opération, qui néanmoins va très vite.

Les sacs sont ensuite enlevés et placés sur une bascule, où on leur donne exactement le poids voulu.

On a bien imaginé des remplisseurs donnant directement le poids désiré, mais ces appareils ne se sont pas répandus et, d'ailleurs, leur utilité ne paraît pas bien grande.

VII. -- EXAMEN ET ANALYSE DES FARINES.

Lorsqu'il s'agit de la vente des farines, on fait subir à ces dernières un examen préalable.

Une bonne farine doit être molle, onctueuse, présenter une odeur franche et agréable, dénuée de toute acidité.

Elle est dite *tendre* lorsqu'elle produit une sensation douce au toucher et qu'elle s'agglomère facilement par pression de la main. On dit alors qu'elle a du *corps*.

La farine est, au contraire, *dure* lorsqu'elle donne au toucher la sensation de sable fin et qu'il est impossible de l'agglomérer en la pressant. Cette catégorie est toujours beaucoup moins blanche que l'autre. On peut avoir affaire à des types intermédiaires.

Pour juger de la blancheur relative, on place l'échantillon à examiner, après l'avoir légèrement comprimé, à côté d'une farine type.

Enfin l'essai est plus facile et plus probant en mouillant la farine. Pour cela, on place, en le comprimant, un petit échantillon de cette dernière entre deux lames de verre et l'on plonge le tout dans l'eau. Les impuretés apparaissent alors facilement et la couleur s'accroît. On voit facilement si l'on a affaire à des farines roses, bisées, etc.

La loupe peut être aussi d'un grand secours pour s'assurer de l'absence des débris de son.

On sait aussi que certains commerçants peu scrupuleux mélangent à la farine de froment des matières étrangères

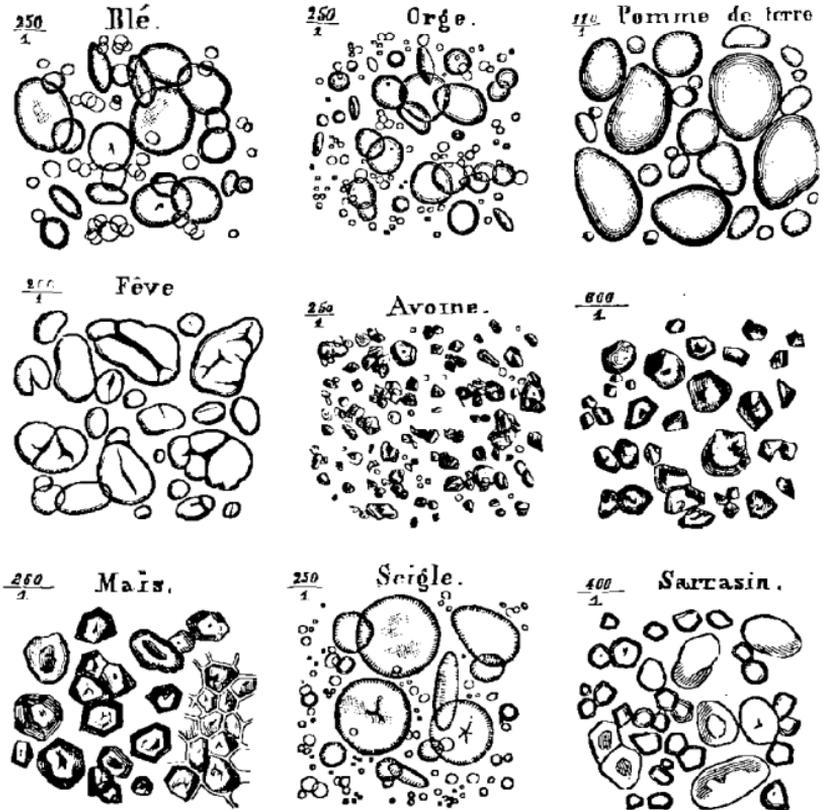


Fig. 118 à 126. — Différents grains d'amidon.

et surtout des farines d'autres graines. L'examen microscopique permet de déceler très rapidement ces fraudes. Les grains d'amidon ayant une forme spéciale avec chaque espèce de plante (fig. 118 à 126), on peut, en employant un grossissement suffisant, voir si la farine

est uniquement constituée par des grains d'amidon de froment.

Lorsqu'on veut faire l'analyse complète d'une farine, on doit doser l'eau, le *gluten*, l'*amidon*, les *cendres* et l'*acidité*.

Il nous est malheureusement impossible, vu le cadre restreint de cet ouvrage, de donner le détail de toutes ces opérations. Nous nous contenterons simplement d'indiquer la recherche de l'eau, des cendres et surtout la proportion de gluten qui constitue un critérium à peu près exact de la valeur d'une farine. Pour le gluten, on pèse très exactement 33^{gr},33 de farine. On ajoute à ce poids environ 18 à 20 grammes d'eau et, à l'aide d'un mortier et d'un pilon, on fait un mélange aussi intime que possible. On obtient ainsi une pâte homogène que l'on abandonne à elle-même pendant au moins une demi-heure. Pendant ce temps, le gluten acquiert une plus grande consistance.

On place ensuite la pâte dans un linge très fin sur lequel on fait tomber goutte à goutte une très petite quantité d'eau. En même temps, on malaxe sans interruption. On arrive ainsi à entraîner complètement la matière amylacée qui passe à travers les mailles du linge. Lorsque l'eau qui s'échappe est incolore et limpide, l'opération est terminée. Il ne reste plus qu'à recueillir avec grand soin le gluten et à le peser humide. On a ainsi une indication, mais qui n'est pas tout à fait précise. Il vaut mieux dessécher le gluten à 105° C. à l'étuve et le peser ensuite.

Dans la pratique, lorsqu'on ne veut pas faire un essai absolument rigoureux, on peut remplacer le linge par un tamis très fin, n° 80 par exemple, et faire tomber sur la pâte un mince filet d'eau.

Le gluten des céréales autres que le froment n'est pas visqueux. Aussi devient-il impossible d'en apprécier la proportion par la méthode que nous venons d'indiquer. Il faut, dans ce cas, faire un dosage d'azote par un procédé quelconque.

La méthode de *Kjeldahl* et celle à la *chaux sodée* sont tout à fait recommandables.

Une fois obtenu et pesé, le gluten de froment doit être apprécié sur sa valeur. On emploie à cet effet l'aleuro-mètre de Boland. C'est un cylindre en cuivre de 15 centimètres de hauteur sur 3 de diamètre, que l'on plonge dans l'intérieur d'une petite marmite contenant de l'huile. Cette marmite peut être chauffée par une lampe. A l'intérieur du cylindre se trouve un disque légèrement convexe surmonté par une tige terminée par un plateau. La tige est graduée en 50 degrés. Pour se servir de cet appareil, on prend un poids exactement connu, généralement 7^{gr},5, de gluten humide, que l'on place dans le cylindre central. On dispose au-dessus le plateau et sa tige et l'on ferme l'appareil ; on chauffe ensuite le bain d'huile de façon à obtenir une température de 150°.

Les choses doivent rester en cet état pendant au moins vingt minutes. Pendant ce temps, le gluten s'est gonflé et a soulevé la tige jusqu'à l'une quelconque de ses graduations. La lecture que l'on fait alors permet de se rendre compte de la valeur du produit.

Le gluten est d'autant meilleur qu'il se gonfle davantage. Dans la pratique, il doit augmenter de quatre ou cinq fois son volume primitif pour être considéré de bonne qualité.

Le *dosage de l'eau* est simple. On pèse exactement dans une capsule 10 grammes de farine, que l'on met jusqu'à constance de poids dans une étuve chauffée à 105°-110° C. L'opération demande environ deux heures et demie. La différence entre le poids primitif et le poids après dessiccation, multipliée par 10, donne l'humidité pour 100 de farine. La proportion d'eau varie de 12 à 20 p. 100. On peut considérer 15 p. 100 comme une bonne moyenne. Lorsque l'humidité est trop considérable, elle a pour conséquence d'altérer rapidement les farines. Celles-ci se conservent d'autant mieux et d'autant plus longtemps qu'elles sont plus sèches.

Lorsque les farines doivent voyager, et surtout lorsque les transports se font par voie d'eau, il est avantageux de les étuver et de les emballer ensuite hermétiquement. Elles **reprennent vite de l'humidité au contact de l'air.**

Les *cendres* s'obtiennent par incinération dans un moufle; leur proportion est toujours très faible.

On en trouve en moyenne 0^{gr},35 à 0^{gr},40 p. 100.

On dose les matières grasses sur la farine séchée, au moyen de l'extracteur Soxhlet, fonctionnant avec de l'éther (Voy. fig. 64, p. 209).

Plus les farines sont riches en gluten, plus elles contiennent de cendres. La proportion de celles-ci fournit donc une indication sur la valeur nutritive du produit, à condition, toutefois, qu'il n'y ait pas eu de fraude.

Analyse d'une farine de blé :

Eau	14,540
Albumine.....	1,340
Glutine.....	0,760
Caséine.....	0,370
Fibrine végétale.....	5,190
Sucre.....	2,335
Gomme.....	6,250
Graisse.....	1,070
Amidon et cendres.....	63,642
Gluten non séparable par trituration....	3,503
Total.....	100,000

COMPOSITION DES CENDRES DU BLÉ.

Pour 100.	PRIZOULT.	BICHON. Blé de Hollande.	IRDMANN.	WILL ET FRÉSÉNIUS.		THOIL. Blé de Solz.	BOUSSINGAULT. Blé d'Alsace.
				Blé rouge de Giessen.	Blé blanc de Giessen.		
Potasse.....	25,81	6,43	25,90	21,87	33,84	24,17	30,12
Soude.....	2,68	27,79	0,44	15,75	»	10,34	»
Chaux.....	1,49	3,91	4,92	4,93	3,06	3,01	3,00
Magnésie.....	12,18	12,98	6,27	9,60	13,54	13,37	15,26
Oxyde Fe et Ma.....	0,45	0,50	1,33	4,36	0,31	0,32	»
Cl.....	traces	»	»	»	»	»	»
SO ³ H ²	0,04	0,27	»	0,17	»	»	4,01
P ² O ⁵	57,31	46,14	60,39	49,32	45,21	45,53	48,30
Silice, SiO ²	0,33	0,42	3,37	»	»	1,91	1,31
	99,99	98,44	99,62	100,00	99,96	99,05	100,00

Écartes extrêmes relevés par M. Balland sur plus de 300 échantillons de blé analysé :

	Minimum.	Maximum.
Eau.....	8,84	16,90
Matière azotée.....	7,06	15,58
— grasse.....	1,10	2,40
— sucrée et amylacée..	66,34	76,17
Cellulose.....	1,46	3,94
Cendres.....	1,10	2,56
Poids moyen de 100 grains..	1,75	6,13

Proportions existant entre la farine et les sons. — Les quantités de farine et de son que l'on retire actuellement du blé soumis à l'action des meules et des cylindres peuvent être ainsi établies d'après M. Balland, pour 100 parties de blé nettoyé :

	Mouture par cylindre.	Mouture par meules.	
		Mouture basse.	Mouture haute.
Farine sur blé ou de premier jet.....	18 à 20	45 à 50	18 à 20
Farine de gruaux	57 à 55	30 à 25	57 à 55
Farine de tous les passages réunis.....	75	75	75
Issues (sons et pertes)...	25	25	25

COMPOSITION DES FARINES.

Pour 100.	FARINE Française. Première qualité.	FARINE Française. Qualité moyenne.	COMPOSITION DE FARINES destinées à l'armée.	
Eau.....	13,34	12,65	41 à 45	
Matières azotées.	10,18	11,82	" "	
— grasses.	0,94	1,36	1 à 1,40	
Amidon, dextrine et sucre.....	74,75	72,23	66 à 72	
Ligneux.....	0,31	0,98	0,50 à 0,90	
Cendres.....	0,48	0,96	Farines tendres. 0,6 à 0,90	
			— dures.. 1,10 à 1,30	
			Acidité..... 0,045 à 0,50	
			Gluten, humide (minimum). { Farines tendres. 26	
			{ — mitadines. 29	
			{ — dures.... 35	

Matière grasse des farines (Balland).

	Maximum.	Minimum.
Farines dures	2,40	1,15
— mitadines.....	2,40	1,0
— tendres.....	3,10	0,70
— premières marques..	1,15	0,80
— douze marques.....	1,15	0,90
Farine supérieure aux douze marques.....	0,80	0,65

BOULANGERIE ET PANIFICATION

I. — HISTORIQUE.

L'origine de la boulangerie est fort obscure. Chez les anciens Romains — c'est Pline qui nous l'apprend — il n'y a pas eu de boulangerie avant la guerre de Persée.

Il faut arriver à quelques années seulement avant notre ère pour trouver, dans les villes romaines, des boulangers ou *talemeliers* de profession.

Dans les fouilles que l'on a faites à Pompéi, ville enfouie en 79 de notre ère par une éruption du Vésuve, on a découvert des fours publics et des boulangeries qui pouvaient dater au maximum d'une centaine d'années.

En France, la profession de boulanger n'est guère antérieure à Charlemagne. A cette époque, une classe de bourgeois appelés *blâtiens* s'occupait spécialement du commerce des blés. On avait institué pour la garantie des ventes des *mesureurs-jurés*, nommés par le corps des marchands. Enfin, le prévôt de ces derniers avait, au nom du roi, la garde des mesures étalons. Pour être boulanger, il fallait en acheter le droit au grand panetier du roi, que l'on appelait aussi le *patron des talemeliers*.

Nul ne pouvait être maître s'il n'avait au moins quatre années d'apprentissage.

Pour la consécration de la maîtrise, il existait un cérémonial particulièrement curieux. Le récipiendaire devait

briser sur un mur de la maison du grand panetier un pot rempli de dragées ; après quoi l'on s'adonnait à des libations dont le maître du métier payait tous les frais. La profession de boulanger était la seule qui présentât une pareille curiosité. Du reste, ces coutumes ne tardèrent pas à disparaître, sauf celle qui consistait à reconnaître un certain droit au grand panetier du roi. Un impôt hebdomadaire pesait aussi sur les boulangers.

On était arrivé en 1226, sous le règne de saint Louis, que les talemeliers n'avaient encore reçu aucune prescription au sujet de la qualité et du poids des pains qu'ils livraient à leurs clients. Ce n'est que bien plus tard qu'on les obligea à régler le poids de leur marchandise.

La fonction de grand panetier du roi subsista presque jusqu'à la Révolution de 1789.

Quant à la pâtisserie, cette industrie connexe de la boulangerie, il n'en a guère été question avant le xiii^e siècle. A cette époque, les fabricants d'oublies et de plaisirs étaient en peu d'années devenus fort nombreux, et le roi lui-même avait un *oublier* ou *oblayer* d'office, personnage assez important des cuisines royales.

Aujourd'hui, la panification est peut-être l'industrie qui touche le plus près à l'agriculture. Dans certaines régions de la France, il est rare de trouver une ferme où l'on ne pétrisse pas le pain nécessaire à la consommation du personnel. Dans les petites villes même, il est encore des familles qui n'ont jamais eu affaire aux boulangers. Bien souvent, le grain est amené dans un moulin du voisinage et le meunier est payé en nature. En général, il conserve un douzième de la farine produite. Les particuliers pétrissent généralement une fois par semaine et cuisent le pain dans un four qui leur appartient. Quelquefois aussi, lorsqu'ils ne possèdent pas de four, ils vont cuire — c'est l'expression consacrée — chez un boulanger. Il n'y a pas bien longtemps encore qu'il existait des *fourniers*, détenteurs bien souvent de plusieurs fours, chez

qui l'on allait « cuire ». On les payait presque toujours en nature, en leur laissant une certaine quantité de pain.

II. — LA FERMENTATION PANAIRE ET LES DIFFÉRENTS LEVAINS.

La fabrication du pain est restée la même pendant des siècles, et ce n'est guère que dans ces dernières années que l'on a pu étudier la *fermentation panai*re, en utilisant les méthodes pastoriennes. La farine devenue pâte, additionnée de certains levains, augmente de volume, devient poreuse et légèrement acide.

Le gluten et l'amidon sont attaqués et subissent une transformation partielle. Il n'est pas facile de déterminer exactement à quelle sorte de microorganismes doit être attribuée la fermentation du pain. En disséminant à l'infini un peu de pâte levée sur une plaque de gélatine placée dans des conditions favorables, on ne tarde pas à voir se développer à sa surface des colonies d'êtres vivants microscopiques, parmi lesquels on trouve des saccharomyces ou levures et des bactéries. On n'est pas encore absolument fixé, et les savants ne sont point d'accord sur le rôle à attribuer, dans la panification, à chacun de ces organismes. D'aucuns prétendent que la fermentation panai

re est surtout alcoolique. Il est certain que l'on trouve dans la pâte levée une petite quantité d'alcool et une proportion à peu près égale d'anhydride carbonique. Mais cela seul ne suffit point pour affirmer que la fermentation est purement alcoolique. Ce qui donnerait plus de poids à cette assertion, c'est que l'on peut faire lever la pâte en l'additionnant de levure de bière. Aujourd'hui, on ne fait pas autrement certains pains de luxe.

Cependant, beaucoup de faits observés pendant la fermentation panai

re ne s'expliquent pas par l'unique action des saccharomyces. Ainsi, en ajoutant du sucre à

de la pâte ensemencée de levure, on retarde beaucoup la levée. Ce fait est étrange, car le sucre est l'aliment par excellence des saccharomycètes.

D'autre part, la culture sur gélatine montre qu'il y a toujours présence de bactéries. C'est à ces dernières qu'il faut donc attribuer quelques-uns des faits constatés pendant la fermentation du pain et qui ne seraient pas complètement explicables par l'action seule des levures.

La pâte, toujours pétrie au contact de l'air, reçoit de ce dernier des bactéries qu'elle conserve facilement à cause de sa nature difficilement perméable, et qui influent sans doute sur la marche de la fermentation. On a aussi émis d'autres hypothèses. Il est bien possible, par exemple, que la fermentation par les levures seules ne soit pas identique à celle qui se produit au sein d'un liquide sucré. C'est ainsi que, dans un moût de bière qui renferme à peu près 90 p. 100 d'eau, les levures peuvent facilement se mouvoir, tandis que cela leur est presque impossible dans la pâte, où la quantité d'eau est très limitée. En effet, on pétrit la farine avec la moitié de son poids d'eau. Cette dernière est mécaniquement absorbée en grande quantité par l'amidon et le gluten, et il n'en reste plus guère que 5,8 p. 100 de libre. Dans ces conditions, les levures se développent très imparfaitement et tendent plutôt à sporuler. Dès lors, leurs effets peuvent sensiblement différer de ceux qu'elles produisent dans un liquide sucré. Si l'on pouvait élucider d'une façon parfaite cette question de la fermentation du pain, la chose aurait une certaine importance pratique.

Malheureusement, la chose est fort difficile, car on ne peut pas stériliser complètement les farines, lesquelles contiennent toujours, du reste, des bactéries empruntées à l'atmosphère.

Jusqu'à preuve du contraire, il nous paraît juste d'admettre qu'il existe deux fermentations parallèles dues : l'une aux saccharomycètes, l'autre aux bactéries. Les pro-

priétés du pain sont différentes suivant que l'une ou l'autre de ces deux espèces d'organismes a pris la plus grande part dans le travail.

Pratiquement, on peut obtenir la fermentation panaiire de deux façons différentes : 1^o par l'emploi de la levure de bière; 2^o en se servant de levains.

Ces levains ne sont autre chose que des portions de pâte fermentée, conservées d'une opération sur l'autre. Dans une boulangerie où l'on pétrit tous les jours, on peut travailler indéfiniment sur levain. On remarque que, dans les pâtes traitées par ce procédé, l'acidité se développe plus vite et que le pain se ressent ensuite de cette particularité. C'est ainsi que la mie acquiert une saveur aigrelette très recherchée, surtout pour les pains de ménage qui peuvent se conserver plusieurs jours de suite, sans que leur goût change sensiblement. Les pains sur levure, au contraire, ont une saveur beaucoup plus fade; ils sont meilleurs que les précédents quand on les consomme frais, mais, à l'état rassis, ils deviennent insipides et même désagréables.

Que l'on emploie de la levure ou du levain, les deux sortes de fermentation dont nous avons parlé se développent simultanément. Si l'on ne s'entoure pas de suffisantes précautions, l'action des bactéries devient bientôt prépondérante et, dans ce cas, l'activité de la pâte s'exagère. Le pain se cuit mal et sa conservation est de courte durée.

Dans les boulangeries, on cherche de temps à autre à rajeunir les levains. Pour cela, on les additionne d'une certaine quantité de pâte neuve. Cette dernière apporte avec elle, outre l'amidon, un peu de sucre qui a pour principal effet de réveiller l'activité des saccharomyces, qui l'affectionnent tout particulièrement. La fermentation alcoolique prend alors le dessus et on l'amène au degré voulu par des cultures successives.

Dans la fermentation sur levure, le pain a une structure

homogène; les alvéoles de la mie sont petits, assez rapprochés et tous à peu près de même dimension. Ceux qui ont habité le nord de la France ont pu se rendre compte de ce que nous avançons.

Avec le levain, au contraire, les yeux sont plus dissemblables, et il en est de beaucoup plus grands. Le pain est plus creux et moins dense que le précédent.

Nous avons dit que les pains de luxe étaient fabriqués sur levure. Voici pourquoi : on a remarqué que ce sont surtout les bactéries qui attaquent le gluten; et le gluten transformé se colore ensuite par la chaleur, pendant la cuisson. Il en résulte que le pain obtenu est moins blanc. Or, il n'est pas douteux que la fermentation bactérienne est moins intense en travaillant sur levure qu'en employant l'autre système.

Différents levains. -- Dans le cas où l'on ne voudra employer que de la *levure*, un litre suffira pour faire lever de 45 à 55 kilogrammes de farine.

En Autriche, on se sert d'une levure dite *artificielle* fabriquée par les boulangers eux-mêmes, de la façon suivante : on concasse finement 5 kilogrammes de malt de blé et 3 kilogrammes environ de malt d'orge, préalablement bien séchés. On mélange intimement le tout et l'on amène le volume à 25 litres, avec de l'eau.

Puis on porte à l'ébullition et, quand l'évaporation a réduit le volume à 18 ou 19 litres, on additionne le liquide de 50 à 60 grammes de houblon. On continue encore à chauffer pendant une demi-heure et l'on filtre aussitôt après à travers une toile. On attend ensuite que la température soit descendue à 75° ou 80° C. Le moment est alors venu d'ajouter au filtrat 5 nouveaux kilogrammes de malt de blé broyé, délayés dans une quantité d'eau froide suffisante pour obtenir une bouillie très épaisse. On agite sans cesse le mélange jusqu'à ce qu'il n'ait plus que 30° au maximum, et on l'ensemence avec 1 kilogramme de levure de bière la plus pure pos-

sible. En abandonnant le mélange pendant vingt-quatre heures dans un local sain, à la température de 18° ou 20°, la levure artificielle est prête. Elle peut se conserver en lieu frais pendant plus d'un mois.

Levains proprement dits. — Le levain est de la pâte en fermentation destinée à être mélangée à de la pâte fraîchement préparée que l'on veut faire lever.

Selon que son état de fermentation est plus ou moins avancé, le levain est dit : *jeune, fort* ou *vieux*.

Le *vieux* est trop acide et le *jeune* fournit un pain trop dense, à yeux trop petits, mais en revanche très blanc.

Dans la pratique, on donne aux levains des noms différents, suivant la pâte avec laquelle on les a fabriqués et suivant leur degré de fermentation.

Lorsque, dans une ferme, on veut fabriquer du pain pour la première fois, on peut le faire lever de plusieurs façons :

1° En se procurant du levain ;

2° En employant de la levure de bière. On fait alors une première fournée, sur laquelle on prélève un peu de pâte fermentée, véritable levain destiné au pétrissage suivant ;

3° Si l'on ne possède aucun des deux moyens précédents, on fait une pâte très molle, peu travaillée, avec de la farine et de l'eau chaude. On la place dans un endroit chauffé, recouverte avec un linge. Après quinze heures environ, cette pâte est suffisamment fermentée. On la mélange à une égale quantité de pâte nouvelle et l'on replace le tout au chaud. Au bout de quelques heures, la fermentation est de nouveau établie dans toute la masse. Par additions successives de pâte, on obtient telle quantité de levain que l'on désire.

En certains pays, on opère différemment. On fait bouillir, pendant environ un quart d'heure, 2 kilogrammes de farine dans 3^{lit},500 d'eau. Puis on décante environ

2 litres que l'on place près d'un four ou en tout autre endroit bien chaud. Au bout d'un jour et demi, la fermentation spontanée se déclare. Lorsque celle-ci est bien évidente, on ajoute à la masse à peu près autant d'une nouvelle décoction identique à la première. Ce mélange ne tarde pas à être fermenté dans toute son étendue. Il constitue un bon levain.

Les boulangers composent différents levains.

On désigne :

1° Sous le nom de *levain de chef*, une pâte consistante obtenue en malaxant avec de l'eau de la pâte ordinaire fermentée, de la farine et des raclures de pétrin.

La matière est ensuite entourée de toile et placée dans une corbeille en un endroit frais.

La fermentation ne tarde pas à se déclarer dans toute la masse. Lorsque celle-ci a doublé de volume, et qu'elle présente en même temps une odeur vineuse et agréable, le levain de chef est terminé.

Il sert à fabriquer tous les autres, dont nous allons parler.

2° *Levain de première*. — Celui-ci est obtenu en malaxant le *levain de chef* avec une quantité de farine double de son poids et la proportion d'eau voulue. La pâte qui en résulte doit avoir de la consistance et il est nécessaire pour cela de la travailler avec vigueur. Elle est enveloppée ensuite dans une toile humide et placée dans une corbeille. On s'arrange pour que la température du local où on la conserve soit voisine de 10°-12° C., quelle que soit la saison de l'année. Cette température retarde un peu la fermentation, ce qui est une très bonne chose.

Lorsque le levain est *fort*, on l'empêche de devenir *vieux* en le pétrissant à nouveau avec de la farine et de l'eau, de façon à augmenter son volume environ de moitié. On empêche ainsi la pâte de tourner à l'aigre et on lui conserve son odeur vineuse agréable. Lorsque le temps est très chaud, on peut répéter trois ou quatre fois cette opération dans les vingt-quatre heures.

Les particuliers, cependant, peuvent se contenter de rafraîchir une seule fois, avant de l'employer, le levain de première qu'ils ont acheté ou emprunté au boulanger. Le pain obtenu est quand même de très bonne qualité.

3° Le *levain de seconde* se fait de la même façon que le précédent. On met tout le levain de première dans un pétrin, on le délaye dans l'eau et l'on en fait une pâte en y ajoutant de la farine. Son volume augmente ainsi d'environ un tiers.

Ce levain de seconde est d'autant meilleur qu'il est travaillé plus longtemps et avec plus de vigueur.

Comme précédemment, il est placé dans une corbeille recouverte intérieurement de toile, ou encore laissé dans le pétrin, en attendant qu'il soit entré en complète fermentation.

En quatrième lieu, le *levain de tout point*. On l'obtient en ajoutant à tout le *levain de seconde* une quantité d'eau et de farine telle que l'on ait un volume final sensiblement égal à celui de la moitié d'une fournée.

Ce levain, qui a passé par trois cultures successives, ne diffère guère de la pâte que l'on va cuire. Son volume étant énorme, on le conserve dans un coin du pétrin et on le recouvre de farine, en attendant le moment de l'incorporer finalement à toute la pâte de la fournée.

C'est à tort que beaucoup de boulangers font leurs levains avec de la farine bise. Outre que la préparation n'en est pas plus rapide, ces levains ont l'inconvénient de fournir un pain bis, même dans le cas où l'on emploie les farines les plus blanches.

Généralement, on ne fait pas toutes ces cultures successives de levain. On se contente de prendre une très grande proportion de pâte levée, le tiers ou la moitié de la fournée, que l'on incorpore immédiatement à la fournée suivante. Ce procédé ne vaut pas le précédent, mais il peut être cependant avantageux de l'employer dans les

grands centres, où les fournées se succèdent presque sans interruption, jour et nuit.

Dans les campagnes, où l'on ne pétrit généralement que tous les huit jours, il arrive que le levain conservé toute une semaine est dans un état de fermentation extrêmement avancé. Son aspect est peu appétissant et son acidité est parfois très considérable. On l'emploie cependant dans cet état, mais il serait bon, dans ce cas, de n'en incorporer qu'une faible portion à la pâte, en ayant soin de travailler cette dernière le plus possible. Il serait mieux de se procurer toutes les semaines du levain nouveau, chez un ami ou chez un boulanger.

En travail normal, il peut arriver, malgré tous les soins, qu'un levain soit paresseux ou que, au contraire, il entre trop vite en fermentation. Ces accidents peuvent provenir de diverses causes. Une température basse, par exemple, ralentit beaucoup le travail des microorganismes. Trop de chaleur produit l'effet inverse. Le volume trop grand ou trop petit du *chef* a aussi une grande influence.

Pour donner plus de force à un levain manqué, on peut y incorporer, en le malaxant, un liquide en fermentation, tel que : *vin blanc nouveau*, bière, champagne, poiré, etc.

Pour une fournée moyenne, il ne faut pas dépasser la dose d'un demi-litre.

Quelques boulangers se servent aussi de vinaigre, mais il ne faut l'employer qu'à petite dose.

Lorsqu'un levain a trop d'apprêt, qu'il fermente trop vite, il faut le *fatiguer* — c'est le terme en usage — en le pétrissant à nouveau avec de l'eau froide, et plusieurs fois de suite si la chose est nécessaire. Les levains raccommodés doivent être employés le plus rapidement possible, pour fournir de bons résultats.

Appareils servant à la préparation des levains.

— L'usage de ces appareils permet de faire un très beau

pain, en se servant seulement d'un levain de première très bien préparé. On évite ainsi la main-d'œuvre qui résulte de la confection des levains de seconde et de tout point.

L'appareil Wick est le plus employé, quoique relativement peu répandu (fig. 127). Il se compose essen-

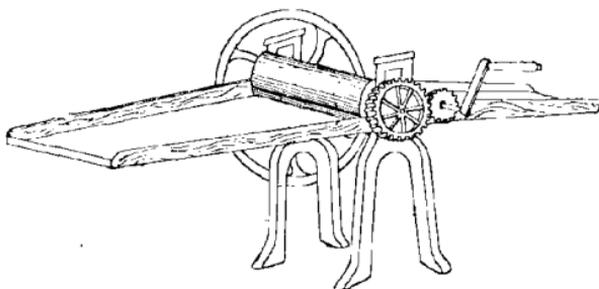


Fig. 127. — Appareil Wick.

tiellement de deux cylindres superposés presque tangents l'un à l'autre, entre lesquels on fait passer sept ou huit fois de suite une vingtaine de kilogrammes de levain de première fait avec de la farine, de l'eau et environ 2 kilogrammes de chef. En douze ou quatorze heures, ce levain laminé est prêt à être employé.

Appareils pour la conservation des levains. — C'est à tort que ces appareils ne se sont pas répandus, car ils permettent de conserver les levains à l'abri des microbes de l'air qui peuvent, dans certains cas, modifier sensiblement la fermentation panai-

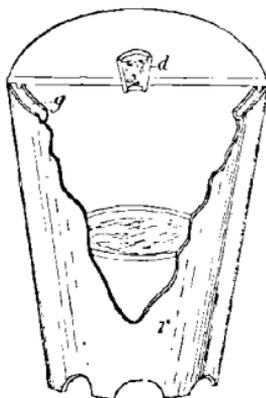


Fig. 128. — Appareil Dathis.

L'appareil *Dathis* (fig. 128) consiste en un récipient en bois, cylindrique ou conique, dont le bord supérieur,

creusé d'une gorge, reçoit, pour former joint à peu près parfait, la saillie correspondante d'un couvercle.

Ce dernier, généralement en verre, permet au boulanger de surveiller facilement la marche de la fermentation. Le couvercle présente en outre vers son milieu une sorte de goulot que l'on remplit avec de la ouate. Le bois étant mauvais conducteur de la chaleur, il en résulte que les changements de la température extérieure ne viennent pas agir sur le levain renfermé dans le récipient.

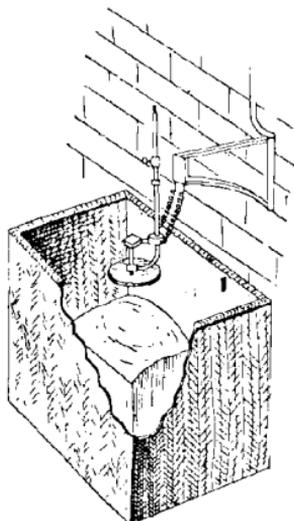


Fig. 129. — Appareil Dathis avec avertisseur électrique.

L'air nécessaire à la fermentation se débarrasse complètement des ferments qu'il tient en suspension, en traversant la couche d'ouate. M. Dathis a perfectionné son appareil en y joignant un avertisseur électrique (fig. 129). La pâte, en fermentant, augmente de volume et monte dans l'intérieur du récipient. Lorsqu'elle est suffisamment gonflée, elle vient appuyer sur un petit plateau métallique qui détermine le contact électrique, et une son-

nerie avertit aussitôt le boulanger que le levain est en état d'être employé.

Pour le pétrissage, les meilleures eaux sont les eaux de citerne, c'est-à-dire celles de pluie. Les moins bonnes sont celles de puits, qui contiennent souvent des carbonates et des sulfates alcalins.

Les farines provenant de blés bien mûrs et bien secs absorbent généralement un tiers de leur poids d'eau. Celles qui ont été faites avec un blé humide n'en prennent souvent que le cinquième. Il en résulte qu'il

est difficile de fixer les quantités d'eau à employer dans la confection du pain.

En moyenne, pour obtenir 100 kilogrammes de pâte, il faut 60 kilogrammes de farine et 40 litres d'eau. La plupart des boulangers n'ont cependant d'autre mesure que le coup d'œil résultant d'une longue pratique.

Salage du pain. — Pour que le pain ait une saveur agréable, il faut qu'il contienne un peu de sel. Ce dernier donne aussi plus de corps à la pâte, ou, comme on dit en terme de métier, *plus de soutien*.

Le sel marin est quelquefois fraudé avec ce que l'on appelle dans le commerce *sel de varech*. Ce dernier est dangereux à employer, car il renferme toujours un peu d'iode, corps chimique délétère.

Certains boulangers ajoutent aussi à la pâte de l'alun à raison de 105 à 110 grammes par sac de farine de 105 kilogrammes. L'alun communique au pain plus de blancheur. Aussi l'emploie-t-on souvent dans le travail des farines avariées qui laissent à désirer au point de vue de la couleur.

La nature des eaux et la quantité de sel employés dans le pétrissage ont une influence bien marquée sur le goût du pain, mais les tours de main particuliers que possèdent les boulangers de certains pays doivent aussi intervenir pour une large part dans la valeur du produit obtenu.

C'est ainsi qu'à Paris, à Bruxelles, à Carcassonne, et surtout à Aix-en-Provence, le pain est de toute première qualité et possède un goût des plus agréables.

III. — MISE EN LEVAIN. — PÉTRISSAGE A LA MAIN. PÉTRISSAGE MÉCANIQUE.

En terme de boulangerie, on appelle *fontaine* une cavité creusée dans de la farine et située à une extrémité du pétrin. C'est là dedans que l'on place, au

moment de pétrir, le levain et l'eau nécessaires à la confection de la pâte.

Par précaution, on fait une autre cavité à côté de la première, pour le cas où les parois de celle-ci viendraient à se rompre. De cette façon, l'eau ne risque pas de venir mouiller la farine placée vers l'autre extrémité du pétrin.

Lorsqu'on veut pétrir, on place du levain de seconde dans la fontaine et on l'y délaye avec de l'eau, d'une façon parfaite; ensuite, on y ajoute de la farine jusqu'à obtention d'une pâte consistante. Celle-ci, qui n'est autre chose que le *levain de tout point*, doit avoir, nous l'avons déjà dit, un volume environ moitié moins grand que celui de la fournée tout entière. On le saupoudre de farine et on le recouvre enfin avec une étoffe de laine, pour que la fermentation marche plus vite. Dans ces conditions, cette dernière est suffisante en une heure et demie ou deux heures au maximum. Le moment d'opérer le pétrissage proprement dit est alors arrivé.

On peut distinguer plusieurs manières de pétrir.

La plus parfaite, appelée *pétrissage sur levain naturel*, consiste à faire toutes les cultures successives de levain, depuis le chef jusqu'à celui de tout point.

Dans la méthode dite du *pétrissage sur pâte*, qui est la plus employée, surtout dans les grands centres, on prélève sur la fournée une certaine quantité de pâte levée, dont on fait immédiatement le levain de tout point, sans passer par tous les intermédiaires. Il faut que, dans ce cas, le levain et la pâte finale soient vigoureusement et irréprochablement travaillés.

Enfin, on appelle *pétrir sur levure* incorporer la dose convenable de levure dans un peu de pâte provenant de la fournée précédente. Le levain ainsi obtenu sert pour le pétrissage final.

Un dernier procédé, peu à recommander, consiste à délayer directement la levure dans la farine sans la

faire passer par un levain préalable. Le pain obtenu dans ces conditions n'est jamais bien bon.

D'ailleurs, on ne trouve aucun avantage à opérer ainsi. Si l'on gagne un peu de temps en évitant la confection d'un levain, on en perd ensuite, car la fermentation de la pâte est plus longue à obtenir qu'à l'ordinaire.

Pétrissage proprement dit. — Le pétrissage comprend plusieurs phases :

Il faut délayer avec grand soin le levain de tout point contenu dans la fontaine, en employant à peu près la moitié de l'eau nécessaire à toute la fournée. Lorsque la dilution est complète, qu'on n'y trouve aucune trace de grumeaux, on y ajoute le reste de l'eau.

Vient, immédiatement après, la *frase*. Cette deuxième opération consiste à mélanger à la dilution, par petites portions et le plus rapidement possible, de la farine, jusqu'à ce que l'on obtienne une pâte de consistance voulue.

En troisième lieu, on rend la pâte élastique et homogène, qualités qu'elle ne possède pas encore, en pratiquant la *contre-frase*, qui consiste à déplacer rapidement la masse, en la jetant successivement d'un bout à l'autre du pétrin. Plus ce travail est fait avec énergie et meilleur est le pain. Si la contre-frase est faite avec mollesse, les opérations subséquentes deviennent plus longues, en même temps qu'elles sont toujours moins parfaites. On peut dire que la valeur du pain dépend en grande partie de cette troisième opération, dont la durée doit être aussi longue que possible.

La quatrième phase du pétrissage s'appelle *faire les tours*. Lorsque la consistance de la pâte est jugée suffisante, on plonge les mains sous elle, on tire, rapproche et retourne la masse, en la coupant en gros morceaux que l'on jette de gauche à droite et de droite à gauche successivement. En un mot, on travaille la pâte surtout en dessous. Cette opération s'appelle aussi le *soufflage*.

Lorsque l'on a déplacé successivement trois ou quatre fois toute la masse, on pratique le *bassinage* et le *salage*. Pour cela, on fait de place en place, en pressant vigoureusement la pâte avec les poings, de petites cavités destinées à recevoir le sel marin et un peu d'eau. Lorsque la dissolution du sel est complète, on redonne trois ou quatre tours à la pâte, en la bassinant en même temps avec un peu d'eau froide, pour ralentir la fermentation, si celle-ci est trop vive, ou bien en ajoutant de l'eau tiède, si l'action des ferments est languissante.

La dernière phase du pétrissage se nomme le *battement*. Elle consiste à soulever la pâte et à la faire retomber avec violence dans le pétrin. Elle doit être faite avec beaucoup de vigueur, car elle a presque autant d'importance que la contre-frase.

Au fur et à mesure que le battement se prolonge, on voit la pâte devenir plus souple, plus élastique et très blanche. Elle acquiert en outre plus de volume. Pour que le pétrissage soit parfait, il ne faut pas oublier, pendant le battement, de retourner continuellement la pâte de façon que chacune de ses deux faces reçoive à peu près le même nombre de chocs.

La pâte devant servir de levain à la fournée suivante doit être prélevée avant le salage, c'est-à-dire lorsque l'on a terminé les tours à pâte.

Tour. — Lorsque le pétrissage est achevé, on laisse la pâte en repos dans le pétrin, ou bien on la place dans une caisse en bois très peu profonde, que l'on appelle *tour*. Dans la plupart des régions méridionales, le tour est en paille de seigle et prend alors le nom de *paillasse*. Le repos de la pâte peut varier de vingt à trente minutes en été, et d'une demi-heure à une heure en hiver. C'est pendant ce court espace de temps qu'elle entre en levain, c'est-à-dire que la fermentation commence visiblement à s'y manifester. Plus le volume de la pâte est considérable, plus les ferments travaillent promptement. Aussi, lorsque

l'on a affaire à des farines tendres, et surtout pendant la saison d'été, il est avantageux, pour empêcher la fermentation d'aller trop vite, de distribuer la pâte en pains aussitôt après le battement.

On ne peut indiquer à quel moment doit s'arrêter la fermentation de la pâte pour que celle-ci soit propre à la cuisson. C'est là une question de pratique, et il faut une certaine expérience pour saisir le *point d'apprêt*, c'est-à-dire le moment exact de la mise au four.

Point d'apprêt. — Il faut savoir qu'une pâte trop ou insuffisamment levée donne, après cuisson, un pain de moins bonne qualité.

Lorsqu'on pétrit pour sa consommation personnelle, le poids à donner aux pains n'a qu'une importance très relative; mais on conçoit qu'il n'en soit plus de même dans une boulangerie qui doit fournir à des clients.

Relation entre le poids de la pâte et le poids du pain à obtenir. — En cuisant, la pâte perd une partie de son eau et elle diminue de poids tout en augmentant de volume.

Cette diminution varie avec le *volume*, la *forme*, la *tourne* et le *degré de cuisson* des pains. La fermeté plus ou moins grande de la pâte possède également une certaine influence. Aussi, nous contenterons-nous de donner à ce sujet des chiffres moyens.

Pour obtenir un pain de 6 kilogrammes, il faut mettre au four de 6^{kg},500 à 6^{kg},600 de pâte.

Pour un de 2 kilogrammes, ce ne sera plus $\frac{6^{\text{kg}}, 600}{3}$

ou 2^{kg}, 200 qu'il faudra prendre, mais une quantité plus forte qui sera voisine de 3 kilogrammes. Il est facile de comprendre que, sous un faible volume, la pâte perd davantage de son eau de constitution. Il est non moins évident que les *pains couronnés* exigent, à poids égal, plus de pâte que les pains ordinaires, car la quantité de croûte obtenue dans le premier cas est plus considérable que

dans le second. Il nous reste à dire quelques mots sur la *tourne* ou forme à donner à la pâte avant cuisson. Ce n'est pas que nous ayons l'intention de décrire les différentes formes de pains, lesquelles peuvent varier à l'infini, mais nous devons donner quelques indications générales.

Aussitôt qu'un morceau de pâte est pesé, on l'étire, on le comprime en le repressant sur lui-même, tout en lui donnant l'aspect que l'on désire. On le saupoudre de farine pour qu'il ne colle plus aux mains. Puis, on le place sur de grandes toiles recouvertes avec un peu de farine ou de recoupe. On emploie assez souvent aussi les *panetons*, sortes de petits récipients en osier ayant la



Fig. 130 et 131. — Panetons.

forme des pains (fig. 130 et 131). Dans le midi de la France les morceaux de pâte sont placés sur des planches recouvertes d'une couche de *petit son*, en attendant le moment de les mettre au four. Aussitôt que la tourne d'une fournée est terminée, il faut s'empresser de la cuire, pour que la fermentation ne s'accroisse pas outre mesure.

Pétrissage mécanique. — Le pétrissage à la main est fort pénible et c'est un fait reconnu que le métier de garçon boulanger est nuisible à la santé. Outre les efforts considérables qu'il faut faire pour pétrir, la farine inspirée d'une façon à peu près continuelle altère les organes de la respiration et peut déterminer de graves maladies.

D'autre part, nous n'apprenons rien à personne en disant que le pain est généralement préparé de manière à inspirer le dégoût.

Ces deux raisons seules suffiraient largement pour démontrer la supériorité des pétrins mécaniques appelés

aussi *pétrisseurs*. Mais, en outre, on obtient toujours, avec ces appareils, un rendement identique en pain et la qualité de ce dernier est constamment la même. Cela permet d'éviter les observations ennuyeuses, et parfois désagréables, que les clients ne manquent pas de faire, lorsqu'on leur livre du pain dont la qualité peut varier d'un jour à l'autre.

A côté de ces avantages considérables, les pétrisseurs ont pour principal inconvénient de coûter cher, et si les boulangers des grands centres peuvent en faire l'achat avec un certain avantage, il n'en est plus de même dans les villages et surtout dans les fermes.

On a encore reproché aux pétrins mécaniques de diviser beaucoup trop la pâte, de la refroidir et, conséquemment, de retarder dans une grande mesure sa levée. On peut facilement obvier à ce défaut en employant une plus grande quantité de levain.

Quoi qu'il en soit, l'hygiène et la santé publique devant nous préoccuper au plus haut point, nous ne devons envisager que les qualités des pétrisseurs, sans trop tenir compte des quelques défauts qu'ils peuvent présenter.

Le pétrin ordinaire est une grande caisse en bois, à fond rectangulaire et à section trapézoïdale, supportée



Fig. 132. — Pétrin ordinaire.

généralement par quatre forts pieds (fig. 132). Cette caisse est fermée par un couvercle appelé *tour*. Les dimensions les plus couramment usitées pour un pétrin sont les suivantes : le fond de la caisse peut avoir intérieurement de 40 à 45 centimètres de largeur, et à la partie supérieure ses dimensions varient entre 70 et 80 centimètres.

Sa profondeur intérieure est généralement de 30 centimètres. Quant à la longueur, elle est assez élastique pour qu'il nous soit impossible de fixer un chiffre. Elle peut même varier du simple au double, selon que les boulangers ont ou n'ont pas l'habitude de laisser la pâte prendre son apprêt dans le pétrin. Quelquefois aussi, mais rarement, les pétrins sont hémicylindriques. Quelle que soit leur forme, il est bon de les faire en bois de chêne bien régulier et parfaitement sec.

Pétrisseurs. — Les pétrins mécaniques sont aujourd'hui fort nombreux. Il en existe bien près d'une vingtaine, basés sur différents principes. Nous nous contenterons d'en décrire quelques-uns seulement, parmi les plus recommandables.

On les a classés en trois catégories. La première renferme les pétrisseurs à lames, la deuxième ceux à chariots, et la troisième ceux à compartiments.

Parmi les pétrisseurs à lames, les uns sont à auge fixe, d'autres à auge mobile.

L'un des plus parfaits est celui de *Rolland*. Il est constitué par une auge horizontale fixe, de forme hémicylindrique, dans laquelle sont fixés, en sens inverse,

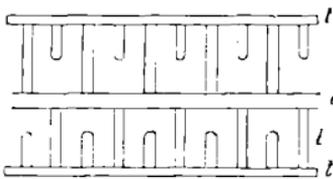


Fig. 133. — Cadre du pétrin Rolland.

deux cadres en S. Ces cadres, garnis de lames courbées toutes de la même façon, sont constitués par un axe et par deux traverses extérieures (fig. 133).

Les lames sont de deux sortes : les unes sont fixées à la fois sur l'axe et sur les traverses; d'autres, moitié moins longues que les précédentes, ne sont seulement assujetties que sur les traverses. Les premières alternent avec les secondes, de telle sorte que la lame entière d'un côté du cadre fait face à la demi-lame du côté opposé. Voici comment fonctionne le pétrisseur Rolland.

Les cadres, qui sont animés d'un mouvement de rotation, soulèvent d'abord la pâte. Puis celle-ci est découpée entre les lames comme elle le serait entre les dents d'un peigne et elle retombe dans l'auge, où bientôt les cadres viennent la reprendre pour lui faire subir le même travail.

Mais, en même temps que la pâte est découpée, elle est étirée par les demi-lames, lesquelles agissent à peu de chose près à la façon des mains du boulanger lorsque celui-ci pratique la contre-frase. Le pétrin Rolland présente sur la plupart des autres appareils pétrisseurs de sérieux avantages.

C'est ainsi que l'opération du bassinage y est facilement applicable et que le soufflage de la pâte se fait aussi bien que dans le pétrissage à bras d'homme.

Enfin, chose qui n'est pas à négliger, le prix de cet appareil est peu élevé et la force qu'il exige n'est pas trop considérable.

Le pétrin de *Boland* est aussi à lames et à auge fixe. Seulement, les lames sont disposées en hélice et leur axe de rotation est tel que c'est une surface gauche qui prend alternativement la pâte pour la travailler.

Voici la description de l'appareil due à M. Boland lui-même :

« Sur les deux extrémités d'un pétrin demi-cylindrique est placé un arbre hexagone en fonte tournant dans des coussinets fixés extérieurement pour éviter l'épanchement des huiles dans la pâte ; sa rotation, qui doit être rigoureusement de six tours à la minute, le moins, pour les pâtes *fermes*, et de dix tours pour les pâtes *douces*, a lieu au moyen d'un pignon, d'une roue d'engrenage et d'un volant à manivelle. On pourrait, s'il est besoin, pour augmenter la force en diminuant la vitesse, ajouter une roue communiquant le mouvement au pignon. A chaque extrémité de l'arbre s'élèvent à l'une et s'abaissent à l'autre, perpendiculairement, deux lames en fer, formant

rayons ; ces deux lames ne sont pas fixées carrément à l'arbre, elles obliquent en sens inverse l'une de l'autre dans la direction des deux autres lames courbées et chantournées en section de spirale. Ces dernières partent de l'extrémité supérieure des lames perpendiculaires auxquelles elles sont liées et reviennent se fixer à l'arbre vers leur base.

« Ces courbes sont spiralées de manière qu'une partie de l'une parcourt la moitié de la paroi intérieure du pétrin avant de se joindre à l'arbre, et l'autre la seconde moitié, en ramenant la pâte, l'une vers l'autre.

« Quatre rayons courbés, deux dans la direction d'une des lames perpendiculaires et deux dans celle de l'autre, tous les quatre chantournés vers l'arbre sur lequel ils sont répartis également sur un plateau en spirale, unissent l'arbre aux courbes spiralées.

• • • • •
 « La pâte ne doit toujours être que soulevée, allongée et étirée, mais jamais déchirée et macérée ; elle doit être aussi alternativement déplacée.

« Le pâtonage, que les ouvriers habiles exécutent avec une certaine satisfaction comme le résultat d'un pétrissage parfait, n'en témoigne pas moins de leur impuissance, puisqu'ils ne peuvent le pratiquer que par parties. Un étirage général de la pâte produit exactement les mêmes effets.

« Cependant, le mouvement constant et général de la pâte ne serait-il pas une des principales causes pour lesquelles le pétrissage mécanique n'avait pas obtenu le succès qu'on en attendait ?

« En effet, dans le pétrissage à bras d'homme, la fermentation n'est jamais interrompue qu'un instant et partiellement. Le pâton, ou la partie de pâte que l'ouvrier manipule, reprend au sortir de ses mains la vie intestinale que le travail avait suspendue un moment, tandis que, par la mécanique, l'agitation continuelle de la pâte pro-

longe son engourdissement. C'est pourquoi on est obligé de la laisser reposer, ou rentrer en levain, avant de lui donner la forme du pain.

« Ainsi, voilà les trois conditions essentielles auxquelles peut se réduire le pétrissage et que j'ai cherché à prendre pour règle dans mon pétrisseur : le délayage, le frasage ou étirage par un mouvement successif.

« On remarquera que toutes les parties agissantes de ce pétrisseur plongent de flanc et successivement dans la pâte, pour en diminuer la résistance, se croisent en tous sens, sans heurter le mouvement général, soulèvent, allongent et étirent la pâte, et produisent un déplacement rationnel auquel un mouvement dérégulé, qui occasionnerait le déchirement et la macération de la pâte, ne peut être comparé. »

Le *pétrin Deliry* est encore à lames en hélice, mais à auge tournante. Il date de 1835 et fournit, comme les deux appareils précédents, un excellent travail. Il est constitué par une auge circulaire, un peu évasée à sa partie supérieure et supportée par un axe vertical, qui repose sur un bâti en fonte. Au moyen d'une couronne et d'un pignon dentés, on communique à l'appareil un lent mouvement de rotation.

Dans l'intérieur de l'auge s'agitent deux organes de mouvement différent. L'un consiste en une tige verticale sur laquelle sont montées des palettes venant près du fond de l'auge.

A la partie supérieure se trouve un pignon que l'on peut entraîner au moyen d'une roue d'engrenage fixée sur l'axe. Cet organe agitateur opère le mélange de la pâte et, lorsque cette opération est bien complète, on met en route un second organe, qui consiste en une surface hélicoïde tournant autour d'un axe horizontal recevant son mouvement de l'axe vertical, par l'intermédiaire d'un engrenage. Ce deuxième organe opère la contre-frase, soulève, étire et aère la pâte.

Dans la *deuxième catégorie* de pétrisseurs, ceux à chariot, se trouve l'appareil *Didier* (fig. 134). C'est une longue caisse rectangulaire présentant sur chacun de ses grands côtés une crémaillère. Dans le fond de cette caisse sont

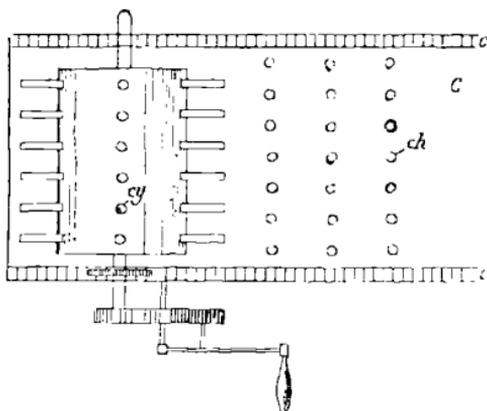


Fig. 134. — Pétrin à chariot Didier.

disposées en saillie des chevilles en bois. Un cylindre, lui-même garni de chevilles analogues qui alternent assez régulièrement avec celles du fond, est animé d'un mouvement de rotation. Une même manivelle commande à la fois au cylindre et aux crémaillères. De cette façon le chariot se meut dans un sens quelconque et la pâte qu'il supporte est découpée et, conséquemment, travaillée par les chevilles du rouleau et celles du fond du pétrin qui s'entre-croisent dans leur mouvement.

L'appareil fournit de bons résultats, mais, malheureusement, son nettoyage est fort difficile.

Le type de la troisième catégorie de pétrins est celui de *Lembert* (fig. 135). C'est sans doute le plus ancien de tous les appareils pétrisseurs. Il date de 1810; mais, déjà bien avant cette époque, l'idée de sa construction avait germé dans l'esprit de son inventeur. C'est un cylindre en bois divisé en trois compartiments.

Dans chacun de ces derniers se trouvent deux cloisons. L'une placée horizontalement, l'autre inclinée à 45° . Étant donné le mouvement de rotation du cylindre tout

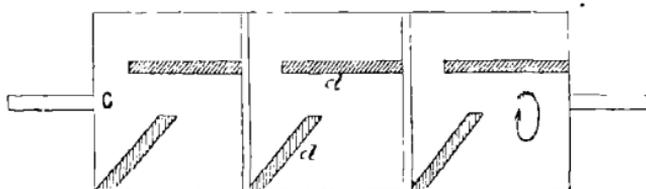


Fig. 135. — Pétrin Lambert.

entier, la pâte subit une série de chocs et de passages entre les cloisons, ce qui détermine un malaxage.

L'appareil de Lambert est facile à construire et son prix n'est jamais élevé. Cependant, son emploi s'est à peine répandu, car le travail qu'il fournit est moins parfait que celui des pétrisseurs à lames. Son nettoyage n'est pas non plus très commode et l'on devine les inconvénients qui peuvent en résulter.

Un autre pétrisseur, dont l'apparition est récente, peut s'adapter aux pétrins ordinaires à bras d'homme. C'est de l'appareil *Ligné* que nous voulons parler (fig. 136).

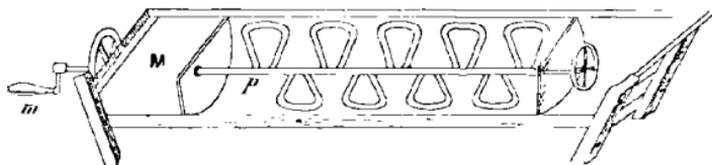


Fig. 136. — Pétrisseur Ligné placé dans un pétrin (en coupe).
M, Emplacement du mécanisme.

C'est une sorte d'arbre horizontal portant, comme le montre la figure, des parties recourbées de forme particulière. Cet arbre peut, par une disposition spéciale, être animé d'un mouvement alternatif. En outre, un souffleur envoie de l'air dans la pâte, de façon à rendre celle-ci plus légère et plus blanche. Par son mouvement de va-

et vient, le pétrisseur allonge la pâte par petites quantités, la frase, la souffle et lui donne une souplesse telle que le garçon boulanger le plus expérimenté a de la peine à en obtenir d'aussi parfaite. De plus, le pétrissage fait avec cet appareil va très vite.

Nous en donnerons une idée en disant qu'en dix minutes on peut sans fatigue pétrir une fournée de 100 à 120 kilogrammes de pâte.

Lorsque le pétrissage est terminé, on retire très facilement l'arbre mobile et l'on rassemble la pâte vers une extrémité du pétrin.

IV. — PROCÉDÉS DIVERS DE PANIFICATION.

Dans le procédé général de fabrication du pain, la fermentation partielle que l'on obtient par l'emploi de levains ou de levure colore assez sensiblement la pâte.

Pour produire un pain à peu près blanc, il faut se servir de farines préparées à un taux d'extraction très faible. Dans ces conditions, le rendement à la mouture diminue et le pain devient plus cher.

De nombreuses tentatives ont été faites dans le but de rechercher s'il est possible de préparer un pain suffisamment blanc avec les farines du commerce, ou avec celles qui renferment des *petits sons*.

La coloration des pâtes est due à une diastase particulière localisée surtout près de l'enveloppe du grain et à laquelle on a donné le nom de *céréaline*. On constate en effet que les pains provenant de farines incomplètement blutées sont proportionnellement plus foncés en couleur que ne l'aurait fait prévoir la différence de coloration des farines employées.

Les premiers essais de pain blanc obtenu avec des farines incomplètement blutées ont été faits par Mège-Mouriès.

Les résultats qu'il a obtenus ont été très satisfaisants,

et il est surprenant que les procédés de panification qu'il a indiqués ne soient pas entrés encore dans la pratique courante. Mège-Mouriès a montré d'une façon évidente que l'on pouvait presque complètement anéantir l'action de la céréaline par une petite quantité d'alcool.

On prépare d'abord une fermentation alcoolique en mettant dans le volume total de l'eau qui doit servir à la panification la levure nécessaire à la fournée et une petite quantité de glucose, sucre fermentescible par excellence.

La fermentation alcoolique est complètement établie au bout d'une douzaine d'heures et l'eau alcoolisée qui en résulte sert pour mélanger au levain de tout point les farines bisés dont on veut faire le pain.

On laisse fermenter d'une demi-heure à une heure, et les pains obtenus sont très peu colorés.

Mège-Mouriès a encore préconisé un procédé de panification basé sur un tout autre principe.

Il s'agit d'abord, pendant la mouture, de séparer 40 p. 100 environ de farine très blanche; puis on recueille de 35 à 38 p. 100 de farine de deuxième et enfin 6 à 7 p. 100 de farine de troisième, qui contient toujours une assez forte proportion de petits sons. Le levain de tout point est fait avec la farine la plus blanche; comme celle-ci renferme peu de céréaline -- nous avons dit, en effet, que cette diastase se trouvait surtout vers la périphérie des grains, -- la pâte de ce levain est fort peu colorée. On lave ensuite les farines de troisième avec de l'eau tiède en quantité telle qu'elle soit suffisante pour le pétrissage complet de la fournée. L'eau entraîne une grande quantité de la farine adhérente ou mélangée aux petits sons et devient laiteuse. C'est avec elle que l'on incorpore les farines de deuxième au levain de tout point, pour obtenir la pâte finale. Une fois le pétrissage terminé, on laisse la pâte en repos environ une heure, et l'on enfourne aussitôt après.

Le rendement des blés en farine est, avec ce système, très élevé, puisqu'il atteint 82 à 85 p. 100, et les pains obtenus sont cependant de très belle qualité.

Le seul inconvénient que l'on puisse reprocher à ce procédé, c'est de nécessiter certains changements dans l'installation et le fonctionnement des minoteries. La plupart des moulins actuels travaillent en effet à plus de 40 p. 100 en farine de première, alors qu'on ne doit pas dépasser ce chiffre si l'on veut mettre en pratique le système de panification que nous venons de décrire. On peut dire que là réside l'écueil le plus sérieux à opposer à cette méthode.

Procédé anglais, à l'anhydride carbonique. — En

Angleterre, on emploie beaucoup un procédé spécial de panification.

On sait depuis longtemps que la levée de la pâte est surtout due à la formation du gaz carbonique qui, en cherchant à se dégager, soulève et boursoufle la matière dans laquelle il est emprisonné. Partant de cette remarque, on a cherché à faire du pain sans fermentation aucune, en barattant la pâte dans une eau fortement chargée d'acide carbonique.

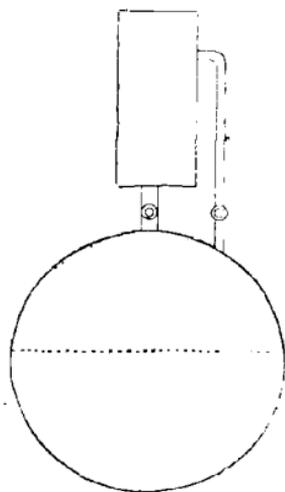


Fig. 137. — Pétrin spécial servant à fabriquer le pain anglais sans levure.

Cette opération s'effectue dans un appareil (fig. 137) composé d'un pétrin sphérique renfermant un agitateur à lames se rapprochant de la paroi interne,

et auquel on peut communiquer un mouvement de rotation assez rapide. Au-dessus du pétrin est disposé un cylindre de cuivre épais, pouvant communiquer avec le pétrin par deux tubes différents à robinet. L'un

permet l'introduction de l'eau de Seltz ; l'autre fait communiquer l'atmosphère supérieure du pétrin avec le cylindre.

Après avoir introduit dans le pétrin la quantité voulue de farine, on y fait écouler l'eau de Seltz nécessaire — laquelle est généralement à 14 atmosphères de pression — et l'on communique aussitôt le mouvement à l'agitateur.

Le pétrissage est complet au bout de quelques minutes et, à ce dernier moment, on laisse échapper l'excès de gaz carbonique, tout en conservant dans l'appareil une pression voisine de 7 atmosphères. Par une ouverture pratiquée sur un point du pétrin, on fait écouler la pâte, en la recevant dans des moules en bois que l'on renverse dans des panetons spéciaux composés de surfaces en tôle.

La pâte séjourne là quelque temps, en attendant qu'elle soit suffisamment gonflée par la répulsion des molécules d'anhydride carbonique. Il ne reste plus ensuite qu'à pratiquer l'enfournement. La cuisson doit être conduite avec précautions ; elle doit se faire à température relativement basse pour éviter la formation d'une croûte trop consistante. Il est essentiel, en effet, que l'enveloppe extérieure du pain reste perméable pour que les gaz puissent aisément s'échapper. Les pains obtenus (*aerated Bread*) ont l'inconvénient de se dessécher très vite, en raison même de leur nature extrêmement poreuse et du manque de croûte. Leur saveur est plutôt fade ; on peut corriger en partie ce dernier défaut en mélangeant à la pâte du sel et un peu d'alcool.

Procédé allemand. — En Allemagne, on a également mis à profit l'action du gaz carbonique. Mais celui-ci est obtenu en mélangeant à la pâte, pendant le pétrissage, du phosphate acide de chaux et du carbonate de calcium.

Les pains produits par ce procédé ressemblent beaucoup aux précédents.

On trouve aussi dans le commerce, sous le nom de **POUDRE BOULANGÈRE**, une matière pulvérulente faite de farine, d'acide tartrique et de bicarbonate de soude. Ce produit peut être rapidement transformé en un pain des plus salubres, sans qu'il soit nécessaire de lui faire subir une fermentation préalable.

Sur mer, dans les pays très éloignés ou incomplètement civilisés, où le pain fait défaut ou est inconnu, ces poudres boulangères peuvent rendre de très appréciables services.

Dans un autre ordre d'idées, on a proposé d'ajouter à la pâte différentes substances qui, en augmentant la digestibilité du gluten, permettent de travailler des farines légèrement avariées.

L'eau de chaux et le sulfate de cuivre employés à très faible dose fournissent, à ce point de vue, d'excellents résultats.

Malheureusement, ces corps chimiques sont toxiques, et il faut être très circonspect dans leur emploi. D'ailleurs, l'analyse révèle très facilement leur présence.

V. — LA CUISSON DU PAIN. DIFFÉRENTS FOURS.

La cuisson a pour but principal d'immobiliser le pain dans sa structure et d'y faire cesser, par conséquent, toute trace de fermentation. En même temps, elle rend le pain plus appétissant et plus agréable au goût.

Cette opération se fait dans des fours qui peuvent être de différents systèmes et que nous étudions, du reste, un peu plus loin. La température de ces derniers doit être voisine de 300° C. pour que la cuisson du pain puisse s'y effectuer assez rapidement et dans de bonnes conditions. Les combustibles employés pour le chauffage varient beaucoup avec les pays et les systèmes de fours. C'est ainsi que l'on peut se servir de bois, de charbon, de

tourbe, ou même de gaz. Dans les endroits où le bois et le charbon sont chers, comme cela se présente dans certains départements du midi de la France, on brûle beaucoup les sarments de vigne, les fougères, les bruyères, l'herbe au vent, et toute espèce de mort-bois, que l'on peut rencontrer sur les montagnes et dans les landes.

Les pains ne séjournent jamais bien longtemps dans les fours. Il en résulte que la température de la mie ne s'élève guère au-dessus de 100° C. et que celle de la croûte atteint tout au plus 180° ou 200° C. Cette différence de température détermine sur le pain une dissemblance de structure et de composition. A la partie extérieure, la pâte se dessèche et forme un revêtement dur, compact, autour de la partie interne, dans laquelle les changements sont moins accentués. La mie de pain conserve à peu de chose près la proportion d'eau existant lors de l'enfournement, c'est-à-dire de 42 à 45 p. 100 de son poids. La croûte, au contraire, n'en renferme guère que 12 à 18 p. 100.

La cuisson possède une grande influence sur la qualité du pain. Lorsqu'elle est de trop courte durée, la croûte est molle et de couleur foncée.

C'est une indication qu'elle renferme une trop forte proportion d'eau. Dans un pain bien cuit, elle doit être homogène et douée d'une assez grande sonorité.

Lorsque le four est suffisamment chauffé, ce que les boulangers reconnaissent facilement sans le secours d'un thermomètre, on en retire la braise et l'on y passe l'*écouvillon* pour le nettoyer. On appelle *écouvillon* une longue perche de bois, au bout de laquelle sont attachés des morceaux de toile de sac (fig. 138) que l'on a le soin de tremper dans l'eau chaque fois que l'on veut s'en servir. En prenant cette précaution, les cendres et les petites braises adhèrent fortement aux morceaux de toile et peuvent être facilement évacuées au dehors.

Les morceaux de pâte tournée sont ensuite placés sur une pelle en bois à manche très long (fig. 139), et introduits dans le four où on les dispose en rangées bien régulières. Pour effectuer cet enfournement, il est nécessaire de voir bien clair. Aussi prend-on la précaution de laisser sur un côté du four un peu de braise,

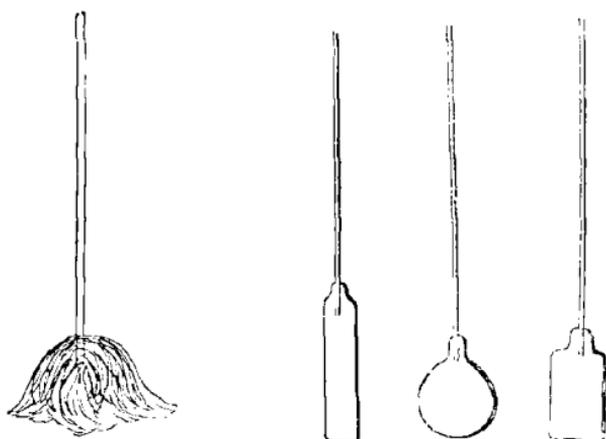


Fig. 138. — Écouvillon. Fig. 139. — Différentes pelles de boulanger.

sur laquelle on jette quelques morceaux de bois bien sec appelés *allumes*, qui, en s'enflammant, produisent un éclairage suffisant.

Les pâtons qui ont été tournés les premiers, et qui ont par conséquent le plus d'apprêt, doivent être enfournés les premiers, pour éviter que leur fermentation ne prenne trop de force.

Les pains les plus gros, quelle que soit leur forme, et qui exigent une somme de chaleur plus considérable que les petits pour arriver au même point de cuisson, doivent être placés dans le fond du four ou près des parois latérales, endroits où la température se trouve plus élevée que vers l'âtre.

Pour que la pâte glisse facilement sur la pelle, on

saupoudre de temps à autre celle-ci, avec de la recoupe ou petit son. Cela s'appelle faire le *fleurage*. Les pains conservent mieux leur forme dans le four, lorsqu'on les fait se toucher légèrement entre eux. Il ne faudrait cependant pas exagérer leur rapprochement, car en cuisant ils s'attacheraient fortement les uns aux autres.

L'enfournement se continuant, on arrive bientôt tout près de l'allume, que l'on avance peu à peu vers la bouche du four, pour finalement la retirer complètement.

Une fois que toute la pâte est dans le four, on ne doit plus y toucher tant qu'elle n'a pas acquis une certaine solidité. On courrait en effet le risque de la déformer. On ferme le four et l'on ouvre de temps à autre sa porte, pour suivre la marche de l'opération.

Il est très difficile de fixer à l'avance le temps que doit passer la pâte dans le four.

La grosseur des pains et la température à laquelle on les soumet ont une grande influence sur la durée de la cuisson.

Sous l'action de la chaleur, l'air et les gaz qui sont emprisonnés dans la pâte se dilatent, tendent à s'échapper et gonflent celle-ci en produisant un certain retrait sur ses bords. Il en résulte que le pain est toujours plus haut et moins large que ne l'était le morceau de pâte dont il provient.

On juge du degré suffisant de cuisson à la couleur que prend la croûte. C'est donc par une question de pratique que l'on peut se rendre compte du moment exact où doit se faire le défournement. Certains signes sont cependant d'un grand secours, surtout pour le débutant. Voici les principaux, que nous empruntons à *Parmentier* :

1° La croûte doit être jaune grisâtre à la partie supérieure du pain et brunâtre en dessous;

2° Le pain frappé avec le dos des doigts doit rendre un son bien clair;

3° En pressant la mie à l'endroit où les pains se touchent dans le four — endroit que l'on appelle *baiser*, *baisure* ou *baizol*, — celle-ci doit être très élastique et reprendre rapidement son premier état.

En général, les plus gros pains de 5 à 6 kilogrammes sont cuits en une heure et demie. Les plus petits ne demandent guère que quarante-cinq minutes. On voit que la durée moyenne de la cuisson est d'environ une heure.

Défournement des pains. — Nous avons dit que les pains de plus petit volume étaient enfournés les derniers et, par conséquent, placés le plus près de la bouche du four. Il peut arriver cependant qu'ils soient cuits les premiers en raison de leur faible grosseur. Dans ce cas — et c'est ainsi que cela se passe généralement, — ce sont eux que l'on retire tout d'abord.

Lorsque les pains soumis à la cuisson sont tous de même volume, le défournement est une opération bien simple. On commence par enlever les pains qui avoisinent l'ouverture du four, et on les place vers les parois latérales du fond. On constitue ainsi un passage qui permet d'atteindre plus facilement à l'endroit où l'enfournement a commencé et l'on a également de la place pour disposer une allume et éclairer le four.

Dans le cas où l'on fait cuire des pains de forme et de volume très différents, il faut une assez grande habitude pour effectuer le défournement. Le moindre moment d'inattention pourrait être la cause que certains pains seraient brûlés et d'autres insuffisamment cuits.

Il faut bien se garder d'exposer les pains à l'air libre aussitôt leur sortie du four.

Le changement brusque de température qu'ils subiraient ferait contracter trop rapidement la croûte, qui se couvrirait d'innombrables gerçures de très vilain effet. On doit, au fur et à mesure de leur défournement, les placer debout près à près dans de grandes mannes, que

l'on recouvre avec d'épaisses couvertures. De cette façon, leur refroidissement se fait insensiblement et la croûte demeure bien uniforme.

Un four de grandeur moyenne peut renfermer 50 à 60 pains de 2 kilogrammes. Lorsqu'il est plein, il faut environ vingt minutes pour en effectuer le défournement.

Le pain bien fait doit se sécher rapidement à l'air et en cet état se conserver pour ainsi dire indéfiniment. Au contraire, lorsque sa fabrication laisse à désirer, la mie, qui est alors pâteuse et très peu élastique, ne tarde pas à se couvrir de moisissures d'aspect peu engageant, qui sont en même temps nuisibles à la santé.

En pratique, on admet généralement que 100 kilogrammes de farine peuvent suffire à la fabrication de 133 kilogrammes de pains du volume moyen de 2 kilogrammes.

Néanmoins, de nombreuses causes, qu'il nous paraît inutile d'indiquer, peuvent faire varier ces proportions de façon assez sensible. On sait aussi que 100 kilogrammes de blé donnent un poids à peu près égal de pain. On admet, dans ce cas, que les déchets de meunerie sont équilibrés par l'eau et le sel que l'on ajoute à la farine pour en faire du pain.

Fours. — Les fours peuvent être discontinus ou continus. Les premiers présentent l'inconvénient de l'inégalité de leur température. Dans le four ordinaire, par exemple, on est obligé de chauffer à une température un peu supérieure à celle que l'on veut obtenir et la chaleur diminue constamment depuis le début jusqu'à la fin de la cuisson.

Il est préférable de se servir des fours continus, pour plusieurs raisons : ils fournissent un pain plus propre et plus sain. Chauffés à l'extérieur, on peut à volonté régler leur température, et leur chauffage est beaucoup plus économique que dans l'ancien four, où l'on doit employer d'énormes quantités de combustible.

Le *four ancien ou ordinaire* (fig. 140) est construit en briques réfractaires. Il a la forme d'une voûte surbaissée à flèche ne dépassant guère 0^m,30 à 0^m,40. La partie

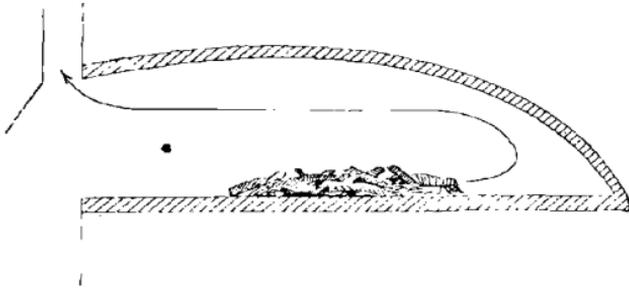


Fig. 140. — Four ancien.

plane sur laquelle reposent les pains porte le nom de *SOLE*. Le chauffage de ce four est assez difficile à obtenir uniforme. La partie antérieure est généralement plus

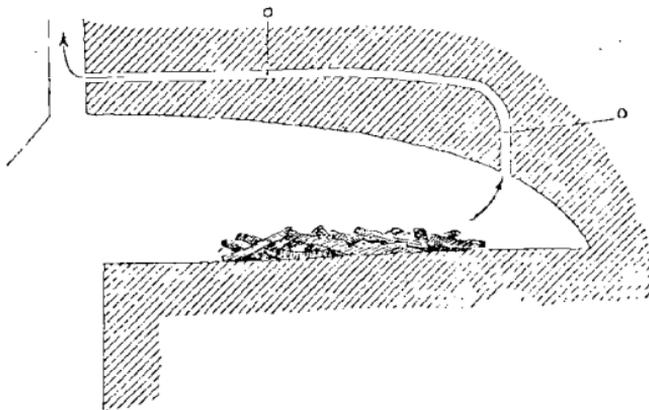


Fig. 141. — Four ancien modifié avec ouïe.

chaude que le fond. Pour remédier à cet inconvénient, on a disposé un conduit qui part de l'extrémité postérieure du four et vient aboutir à la cheminée (fig. 141).

C'est une sorte de carneau simple ou double que l'on nomme *oura*. C'est par lui que se fait le tirage, et la chaleur est ainsi mieux répartie.

Dans les villes, le bois employé pour le chauffage des fours est partiellement payé par la vente de la braise. Mais lorsque cette vente n'existe pas, ce combustible devient trop coûteux. Aussi a-t-on cherché à remplacer le bois par de la houille, laquelle est d'un prix moins élevé, proportionnellement surtout au nombre de calories qu'elle dégage. Mais, dans son emploi, une difficulté se présente. Placée sur la sole d'un four ordinaire, sa combustion devient à peu près impossible, car il lui faut pour brûler une grande quantité d'air. Il faut donc se servir d'un foyer spécial. On peut adopter deux dispositions différentes : ou bien chauffer le four par l'extérieur, ce qui — nous l'avons vu — est excellent, ou bien faire passer les produits de la combustion dans l'intérieur du four lui-même, et continuer le chauffage pendant tout le temps que dure la cuisson de la pâte. Dans ce deuxième cas, il faut absolument que la combustion soit très active, faute de quoi, la houille brûlant incomplètement, les gaz chauds qu'elle dégagerait pourraient communiquer au pain une odeur et un goût désagréables. Il est donc essentiel d'avoir un foyer bien allumé et de pouvoir envoyer à volonté ses produits en dedans ou en dehors du four.

On peut aussi établir le foyer dans une cavité placée au-dessous de la sole, qui est alors en fonte, tout au moins à sa partie antérieure (fig. 142). Une ouverture suivie d'un carneau permet aux gaz de la combustion de s'échapper sans passer par le four, quand on enlève le tampon qui obstrue l'orifice de sortie. Lorsque ce dernier est fermé, les gaz circulent dans le four et s'échappent par les ouras. On voit qu'avec ce dispositif particulier on peut chauffer intérieurement ou extérieurement, suivant que l'on bouche l'orifice qui coïncide

avec le four, ou celui qui fait communiquer l'ouverture latérale du foyer avec la cheminée.

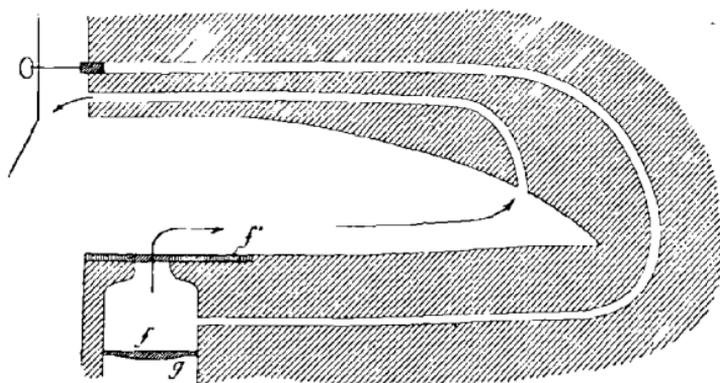


Fig. 142. — Four à foyer séparé pour chauffage à la houille.

On a aussi établi des fours qui peuvent s'élever à volonté. Avec ce dispositif, le foyer possède un tuyau mobile que l'on peut orienter en tous sens (fig. 143). Les gaz s'échappent par cette ouverture et on les dirige successivement sur toutes les parties du four, de façon à obtenir le même échauffement partout.

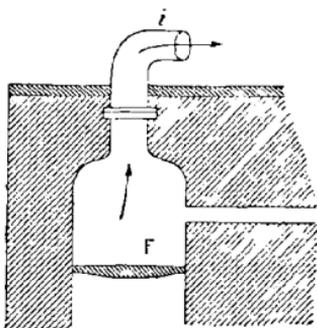


Fig. 143. — Foyer à tuyau mobile.

Les fours continus sont basés sur un principe simple. Ce sont des tubes de fonte chauffés extérieurement, dont les deux extrémités peuvent être fermées à volonté. Les pains entrent par un bout des tuyaux et sortent par l'autre, après avoir reçu une somme de chaleur rayonnante suffisante pour les cuire.

Les différents fours de boulanger sont aujourd'hui

extrêmement nombreux, et en disant que leur description nécessiterait à elle seule un très fort volume, on ne nous taxera pas d'exagération. Cependant, les systèmes qui se sont répandus sont relativement peu abondants.

Jadis, *Sellique* eut l'idée de placer tous les pains à cuire sur une plaque métallique et d'introduire ensuite celle-ci dans un four préalablement chauffé jusqu'au point voulu. De cette façon, les pains étaient enfournés tous à la fois et reposaient sur une aire absolument propre. On devine que le défournement se faisait de la même façon.

Le système se serait probablement répandu, si le métal, bon conducteur de la chaleur, n'avait pas présenté l'inconvénient, en s'échauffant outre mesure, de trop cuire les pains sur leur surface inférieure.

Depuis, des progrès énormes ont été réalisés.

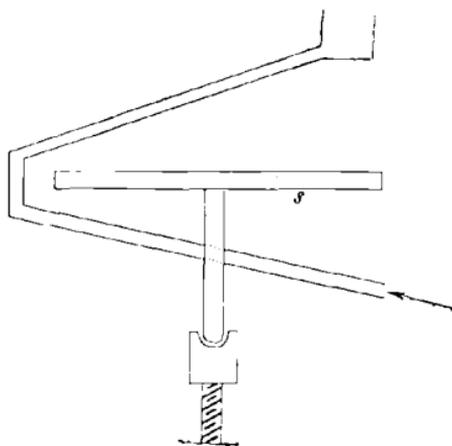


Fig. 144. — Schéma du four Rolland.

Le four de Rolland (fig. 144) se compose d'une sole métallique recouverte d'une mince couche de briques réfractaires, qui peut tourner sur un axe de support, reposant sur une crapaudine mobile munie d'une vis.

Au moyen de ce dispositif, la sole peut monter ou descendre.

Un foyer, tout à fait distinct, alimente quatre tubes de fonte qui circulent tous à la partie périphérique du four et rencontrent ensuite un espace vertical au-dessus duquel se trouve un conduit horizontal amenant les gaz dans la cheminée de tirage. Par ce moyen, la sole est chauffée avec la même intensité sur ses deux faces (Voy. le schéma).

Une chaudière placée dans la partie supérieure du four fournit l'eau chaude nécessaire à tous les travaux de la boulangerie. Des *registres* permettent de régler à volonté l'intensité de circulation de l'air chaud et un *étouffoir* reçoit les portions de braise qui passent à travers les barreaux de la grille. Enfin, un *regard vitré*, pratiqué dans la maçonnerie, permet au boulanger de suivre facilement la marche du four.

Une manivelle, qu'il est inutile de décrire, sert à faire tourner la sole chargée de pains, laquelle vient successivement présenter toutes ses parties à la bouche du four. L'enfournement et le défournement sont ainsi continus. L'ouvrier peut à volonté, en agissant sur la manivelle, faire parcourir à la sole des distances aussi petites qu'il le désire et remplacer à chaque fois par des morceaux de pâte tournée les pains cuits qu'il en retire.

Les principaux avantages du four Rolland sont les suivants : Tous les combustibles peuvent servir à le chauffer et la chaleur produite s'y trouve répandue d'une façon parfaite.

Les risques d'incendie qu'il présente sont beaucoup moins considérables que dans le four ordinaire.

La sole, qui peut se mettre en mouvement sous la pression seule du doigt, permet un défournement extrêmement commode, et qui se fait sans le secours d'aucune pelle.

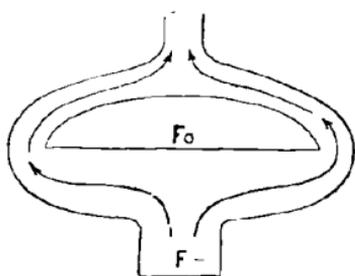
L'emploi de l'écouvillon n'est plus nécessaire. Les

pains, à leur sortie du four, sont extrêmement propres et ne nécessitent plus le brossage qu'on leur fait ordinairement subir avant de les livrer aux clients.

Un bec électrique ou autre éclaire à volonté l'intérieur du four et supprime complètement l'allume.

Enfin, la cuisson de la pâte est des plus régulières.

L'emploi du four Rolland n'est cependant réellement économique que dans le cas d'un travail énorme et continu, et l'on sait que la plupart des boulangers, en province surtout, ne font guère que deux ou trois fournées par jour. Il en est résulté que ce four, quoique excellent, s'est peu répandu en dehors des très grands centres.



Le four à moufle Carville (fig. 143) peut aussi être représenté par un moufle autour duquel circulent les gaz chauds provenant d'un foyer distinct F.

On a aussi essayé de cuire les pains à la vapeur. C'est sur ce dernier système que se trouve basé le four Jolly (fig. 146).

Sous la sole est disposé un serpentin en tôle très résistante, dans lequel circule de la vapeur surchauffée, sous pression. Ce serpentin se prolonge dans un foyer qui le porte à une température très élevée.

Un manomètre et une soupape sont les appareils indispensables de sûreté qu'on lui adjoint.

Ce four Jolly fournit un bon travail, mais son installation est assez coûteuse et son emploi s'est très peu répandu.

Système de la meunerie-boulangerie. — On a cherché à réunir en une seule les deux industries de la meunerie et de la boulangerie, dans le but de fabriquer

le pain meilleur marché qu'on ne l'obtient généralement.

Il existe en effet entre le cultivateur producteur et le public consommateur quantité d'intermédiaires à rémunérer.

En outre, dans l'état actuel des choses, il faut amener la farine depuis la minoterie jusque chez le boulanger,

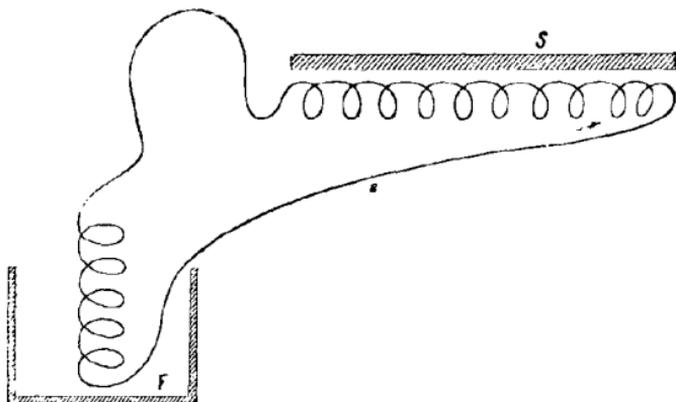


Fig. 146. — Four à vapeur Jolly. (Voy. p. 349).

transport relativement cher, qui vient grever encore un peu plus le prix du pain.

Si l'on tient compte enfin que, dans la majorité des cas, le pétrissage long et pénible se fait à bras d'homme, que les fours employés sont discontinus et que, partant, on perd du temps à enfourner et à défourner, on comprendra pourquoi les consommateurs payent le pain relativement cher, tandis que les cultivateurs se plaignent, au contraire, de vendre leur froment à un prix trop inférieur.

La maison Schweitzer (de Suresnes) construit toute une série d'appareils, petits ou grands, qui permettent de transformer sur place, en supprimant tous les intermédiaires et transports inutiles, le froment en farine et en pain,

par des moyens mécaniques répondant aux données de l'hygiène et de l'économie.

Nous avons parlé, en meunerie, du broyeur de Rose-Schweitzer, qui peut fournir un très grand travail; mais, en outre, Schweitzer construit, pour les petites exploitations rurales et pour les colonies, de petits moulins à bras, à un ou à deux volants, qui peuvent moudre indifféremment tous les blés, qu'ils soient froment, seigle ou maïs. A la sortie de ce moulin, les produits tombent sur un blutoir très simple, essentiellement constitué par une caisse parallélépipédique légèrement inclinée, supportée par des tiges flexibles (Voy. la figure 100, p. 284). Cette caisse renferme trois cadres superposés, garnis de toiles métalliques et de soies à mailles devenant de plus en plus fines à mesure que l'on se rapproche du fond. La mouture, sous l'action d'un mouvement rectiligne alternatif communiqué à la bluterie, se sépare en farine fine, en son et en gruaux. Ces derniers sont broyés une deuxième fois, le son est recueilli à part et la farine, additionnée d'eau salée et de levure, est placée dans un pétrisseur continu qui la transforme en pâte bien travaillée et tournée à la forme voulue. Celle-ci se rend ensuite dans un four où la cuisson s'effectue d'une manière également continue. Pour les petites exploitations rurales, Schweitzer construit aussi des pétrins à marche discontinue, qui fournissent un excellent travail.

Quant au four, c'est une sorte de moufle légèrement incliné dans une chambre de chauffe. Les morceaux de pâte tournée sont placés sur de petits chariots en toile métallique munis de galets, qui leur permettent, en roulant sur des rails, de parcourir toute la longueur du four. La vitesse communiquée aux chariots est telle que les pains qu'ils supportent sont cuits au point voulu lorsqu'ils arrivent à l'autre extrémité de l'appareil.

Le chauffage du four Schweitzer peut se faire au gaz, au bois, au coke ou au charbon.

Dans les grandes installations, les pains, au sortir du four, tombent sur un transporteur à courroie qui les amène au magasin.

VI. — DIGESTIBILITÉ DES DIFFÉRENTS PAINS.

Si la température à laquelle se trouve exposée la croûte du pain est d'environ 250° C., on peut facilement constater, par l'emploi d'un thermomètre, que celle de la mie, ainsi que nous l'avons dit, ne s'élève guère au-dessus de 100°. Quoique cette température soit appliquée pendant un temps très court, dans la majorité des cas on peut considérer le pain comme stérilisé. Cette stérilisation se constate surtout dans les pains fabriqués sur levain. Elle doit être en partie attribuée, dans ce cas, à l'acidité suffisante de la pâte. Quand on se sert de levure, la stérilisation est parfois incomplète et les pains se conservent moins longtemps.

Les *pains bis* proviennent de farines blutées à un taux très élevé et le *pain complet* renferme presque toutes les parties constitutives du grain. Mais la tendance a été de fabriquer un pain de plus en plus blanc. Quelques savants se sont élevés contre cet état de choses et ont démontré qu'en rejetant les sons de la fabrication on supprimait en même temps beaucoup de phosphates et de principes azotés, matières nutritives par excellence.

Des expériences comparatives assez nombreuses ont été faites pour étudier la digestibilité des pains.

C'est ainsi que M. *Touaillon* a donné à quinze ouvriers, alternativement pendant deux ou trois semaines, du pain bis et du pain blanc, le reste des aliments étant laissé à leur disposition. Il a constaté que la nourriture des hommes coûtait plus cher lorsque le pain bis entraît dans la consommation.

Cela semble bien démontrer que le pain blanc est plus nutritif que tout autre, puisque les hommes qui le man-

geaient se contentaient, pour leur repas, d'une quantité moindre d'aliments.

En Allemagne, on a également recherché quelles étaient les quantités de pain nécessaires pour rassasier des ouvriers qu'à leur insu on avait soumis à l'expérience. On a constaté que la quantité de pain bis consommé était très sensiblement supérieure à celle du pain blanc. Dans un autre essai, en faisant l'analyse des produits ingérés et celle des produits excrétés, on a trouvé qu'en mangeant du pain bis on introduisait dans l'organisme des quantités plus considérables d'azote et d'acide phosphorique, mais que, d'autre part, la proportion de ces deux principes chimiques utilisée par l'économie était en faveur du pain blanc.

Somme toute, et quoi qu'on en ait dit, le pain blanc semble profiter davantage à l'alimentation que le pain bis. Du reste, les systèmes de panification proposés par Mège-Mouriès permettent de satisfaire les plus difficiles, puisque, avec une farine bise contenant des petits sons, on peut faire un pain d'une blancheur irréprochable.

Composition de deux pains de ferme avec, en regard, celle de la farine ayant servi à les fabriquer (d'après Balland).

Pour 100.	I PAIN de ferme.		II FARINE correspondants.		I PAIN de ferme.		II FARINE correspondants.	
	État normal.	État sec.	État normal.	État sec.	État normal.	État sec.	État normal.	État sec.
	Eau.....	32	»	13,50	»	31,10	»	11,20
Matières azotées....	7,41	10,46	8,87	10,26	7,63	11,07	10,05	11,31
— grasses....	0,19	0,28	1,25	1,44	0,26	0,38	1,26	1,42
Mat. sucrées et amyl.	58,98	88,20	75,70	87,51	59,80	86,80	75,42	86,06
Cellulose.....	0,19	0,28	0,18	0,21	0,46	0,67	0,45	0,51
Cendres.....	0,53	0,78	0,50	0,58	0,75	1,08	0,62	0,70

COMPOSITION MOYENNE DU PAIN BLANC
(d'après Stutzer).

Eau.....	30,38	p. 100
Matières azotées.....	7,65	—
— grasses.....	0,28	—
Sucre.....	4,32	—
Amidon, gomme, dextrine.....	45,89	—
Cendres.....	1,48	—

DIVERS PAINS.

Pour 100 de substances à l'état normal.	Pain de blé et du seigle; 2/3 farine blé et 1/3 farine de seigle.	Pain de seigle.	Farine de seigle d'où est issu le pain précédent.	Pain de maïs.	Farine de maïs d'où est issu le pain précédent.
Eau.....	53,90	40,00	14,20	42,80	13,90
Matières azotées..	7,97	4,05	5,69	5,69	8,82
— grasses..	0,51	0,29	1,33	2,15	4,80
Matières sucrées et amylacées....	53,79	54,50	77,45	46,39	69,36
Cellulose.....	0,96	0,44	0,45	1,94	1,80
Cendres.....	0,87	0,72	0,86	1,03	1,32

FÉCULERIE

I. — COMPOSITION DE LA POMME DE TERRE.

Il est intéressant pour le féculier de connaître la composition moyenne de la pomme de terre.

Le tubercule de cette solanée n'est autre chose qu'une tige souterraine et, en cette qualité, elle renferme, comme les tiges de la plupart des autres plantes, une proportion d'eau très élevée, voisine des 80 p. 100 du poids total. Le reste se trouve constitué en majeure partie par de la fécule, à côté de laquelle on rencontre d'autres matières organiques et minérales dénuées de tout intérêt industriel.

De même qu'en sucrerie des efforts considérables ont été faits pour obtenir des racines de plus en plus riches en sucre, on a également amélioré les pommes de terre d'industrie, au point de vue de leur teneur en matière amylacée. C'est ainsi qu'aujourd'hui on trouve, avec les différentes variétés, des richesses en fécule pouvant aller de 6 à 25 p. 100.

Les autres matières auxquelles nous avons fait allusion, y compris la cellulose, se limitent entre 3,5 et 5 p. 100, quelles que soient les espèces considérées.

Outre qu'il est plus avantageux de traiter des pommes de terre très riches en fécule, la séparation de celle-ci s'effectue d'autant mieux que la proportion des autres

matières organiques ou minérales est plus faible. C'est dire que ces dernières sont nuisibles à la fabrication.

On peut facilement se rendre compte de ce que nous avançons en plaçant dans un long tube de verre, fermé à l'une de ses extrémités, une certaine quantité de râpure délayée dans l'eau. On remarque, avec les diverses variétés mises à l'épreuve, des différences très notables dans la rapidité avec laquelle s'effectue le dépôt de la fécule. Or, plus ce dépôt se fait vite et plus le produit obtenu a de blancheur et de valeur marchande. En outre, on gagne du temps et l'on dépense moins de main-d'œuvre.

Dans toutes les expériences qui ont été faites sur ce sujet — et elles sont assez nombreuses — toujours les variétés renfermant le plus de principes celluloseux et minéraux ont été les plus longues à laisser déposer leur matière amylacée. Jusqu'à présent, que nous sachions, on a surtout sélectionné les tubercules au point de vue de leur richesse en fécule. On ne s'est point occupé, à tort pensons-nous, d'atténuer de plus en plus la proportion des corps nuisibles dont nous venons de parler.

Si la teneur en fécule change surtout avec la variété considérée, les influences climatiques et les différentes natures de sols agissent beaucoup aussi sur la richesse des tubercules. L'époque de la récolte a également une énorme influence. Un seul exemple suffira pour en donner une idée.

Une même variété de pommes de terre renfermait dans ses tubercules :

En août.....	9,5	p.	100	de fécule.
En septembre.....	14	—	—	
En octobre.....	13	—	—	
En novembre.....	16	—	—	

C'est à ce dernier moment que l'on constate le maximum de richesse, car, en conservant les tubercules plus

longtemps, ils ne tardent pas à accuser une diminution qui devient même très sensible.

C'est ainsi qu'en avril suivant on ne trouve plus que 12 p. 100 de fécule, et en mai 10 p. 100 seulement.

La plante, en se conservant, vit par transsubstantiation sur ses propres réserves et transforme une bonne partie des principes immédiats qu'elle contient.

Pour qu'une pomme de terre présente toutes les qualités requises, il faut qu'elle accuse une richesse élevée en fécule et qu'elle fournisse le rendement le plus élevé possible à l'hectare.

Voici, parmi les nombreuses variétés cultivées, quelques-unes qui nous semblent réunir le plus d'avantages :

La *Richter's Emperor*, pomme de terre à très fort rendement, a fourni à l'analyse 21,5 p. 100 de fécule :

Rouge farineuse.....	22,7	p. 100 de fécule.
Shaw ou Chave.....	20,5	— —
Institut de Beauvais.....	17,7	— —
Kernours.....	17,9	— —
Éléphant blanc.....	16	— —
Rouge de Bretagne.....	16	— —
Géante bleue.....	15,9	— —

L'analyse suivante peut enfin être considérée comme celle d'une bonne pomme de terre de féculerie :

Eau.....	71	p. 100
Fécule.....	18	—
Cellulose et matières pectiques.....	1,65	—
Albumine et autres matières azotées....	2,12	—
Matières grasses.....	0,11	—
Sucre, résines et huiles essentielles....	1,06	—
Cendres.....	1,00	—

Dosage industriel de la fécule.

Deux procédés différents peuvent être employés :

Le procédé *Bloch* consiste à râper un poids connu

de la pomme de terre à étudier et à jeter la râpüre additionnée d'un excès d'eau dans un tube, ou encore à la placer sur une petite table de verre inclinée. On regarde ensuite le volume qu'occupe la féculé. Ce volume n'est pas toujours très en rapport avec la quantité réelle contenue, mais peut cependant en donner une idée approximative, à la condition d'opérer toujours comparativement.

Un autre procédé, encore plus rapide, mais également approximatif, consiste à prendre la densité des pommes de terre et à chercher ensuite, dans des tables dressées spécialement, la quantité de féculé correspondante. Le principal reproche à adresser à ce système est qu'il fait varier la densité proportionnellement à la féculé contenue. Or, cela n'est pas rigoureusement exact. Il y a, en effet, dans la pomme de terre d'autres matières qui interviennent dans ce poids spécifique.

Deux tubercules de variétés différentes peuvent avoir la même densité et ne pas renfermer une égale quantité de féculé.

À la rigueur, ce procédé est applicable pour les tubercules d'une même variété, et encore faut-il que cette dernière soit particulièrement riche.

Prise de densité. — La recherche de la densité des pommes de terre peut être basée sur différents principes de physique, mais elle est toujours facile à faire. On peut employer un appareil très simple, qui consiste en un grand vase cylindrique, muni latéralement d'un tube de niveau et présentant à sa partie inférieure un robinet par lequel on peut faire écouler l'eau du vase dans une éprouvette graduée. On remplit d'eau le récipient jusqu'à une certaine hauteur que l'on marque au moyen d'un curseur se déplaçant sur le tube de niveau. Puis on y introduit un poids connu de pommes de terre, 1 kilogramme, par exemple.

L'eau s'élève dans le vase et, en ouvrant le robinet, on la ramène à sa hauteur primitive. Le volume de liquide

écoulé, qu'on lit alors sur l'éprouvette graduée, est naturellement identique à celui des pommes de terre introduites dans l'appareil.

La densité $D = \frac{P}{V}$. C'est sur ce principe que reposent la méthode Dupont et la méthode Aimé Girard.

La balance spéciale de *Reimann* est également basée sur le même principe. Elle ressemble beaucoup à une romaine ordinaire. L'un des crochets porte deux paniers absolument identiques et superposés. Ces deux paniers sont arrangés de telle sorte que l'on peut mettre à volonté dans l'un ou dans l'autre 5 kilogrammes de tubercules. Pour se servir de cette balance, on place d'abord le poids mobile au point zéro, puis on immerge le panier inférieur dans l'eau et, à l'aide du curseur mobile, on rétablit l'équilibre. De cette façon, on n'a plus à tenir compte du poids du panier. Si l'on veut faire une pesée, on place le curseur n° 2 sur la position 5 kilogrammes et l'on met des pommes de terre dans le panier n° 1, jusqu'à ce que l'équilibre soit parfaitement établi. On est sûr alors d'avoir exactement pesé 5 kilogrammes de tubercules. Puis ces derniers sont transvasés dans le compartiment inférieur complètement immergé. L'équilibre est aussitôt rompu. Il suffit de le rétablir pour connaître l'intensité de la poussée de l'eau.

On a ainsi, d'une part, le poids des tubercules dans l'air; d'autre part, le poids de l'eau qu'ils ont déplacée. Il suffit de diviser ces deux poids l'un par l'autre pour connaître la densité cherchée.

On peut encore se servir, pour trouver le poids spécifique des pommes de terre, de l'aéromètre Allard.

Enfin, une dernière méthode consiste à prendre un grand vase renfermant de l'eau, dans lequel on immerge une vingtaine de pommes de terre. On ajoute ensuite au liquide, par petites portions, une solution saturée de sel marin, en ayant soin d'agiter chaque fois. Il arrive un

moment où l'eau du vase possède la même densité que les pommes de terre; celles-ci sont alors en équilibre indifférent. Il ne reste plus qu'à prendre la densité de l'eau avec un aréomètre ordinaire. Le poids spécifique des pommes de terre peut varier entre 1,08 et 1,12, ce qui correspond, d'après les tables, à 22 ou 25 p. 100 de fécule. Dans un assez grand nombre de localités, on fait le choix des tubercules de semence à la densité. Il est évident que l'on peut considérer comme meilleurs ceux qui ont le plus fort poids spécifique. Supposons que l'on se soit arrêté dans le choix à faire à une densité égale ou supérieure à 1,12. On prépare dans un baquet, avec du sel de cuisine ou du sulfite de soude, une solution marquant 1,12 à l'aréomètre. Puis on y jette les pommes de terre préalablement bien lavées. Seules, celles qui tomberont au fond du récipient seront conservées.

II. — CONSERVATION, LAVAGE ET ÉPIERRAGE DES TUBERCULES.

Conservation des tubercules. — Les tubercules de pommes de terre peuvent se conserver assez facilement.

Nous n'indiquerons que les quelques procédés de conservation reconnus les meilleurs. Dans le plus grand nombre de cas, après avoir arraché les pommes de terre, on les laisse ressuyer sur le sol pendant un jour ou deux et on les porte ensuite dans des caves, où on les entasse.

Ces caves doivent être très peu éclairées et à température à peu près constante. Il ne faut pas que les pommes de terre soient au contact d'un air chaud et humide, qui déterminerait fatalement leur fermentation ou bien leur ferait produire des germes aux dépens de la matière féculente.

On éloigne beaucoup les chances d'échauffement en intercalant, dans la partie moyenne des tas, des fascines

ou de la paille bien sèche. On établit ainsi une circulation d'air tout à fait salubre. Lorsque les gelées se montrent par trop rigoureuses, il est bon de recouvrir les tas avec de la paille, que l'on enlève quand la température devient un peu plus clémente.

Lorsqu'on veut conserver les tubercules spécialement pour l'alimentation ou l'industrie, qu'en un mot on ne veut pas les employer comme semence, on peut avec avantage en remplir des tonneaux que l'on ferme ensuite et que l'on dispose dans une cave ou tout autre endroit, entourés complètement de paille sèche.

Par ce moyen, les pommes de terre sont à l'abri du froid et de l'air. Il arrive même que, leur respiration s'effectuant très mal dans le milieu où elles se trouvent, elles perdent pour la plupart toute faculté germinative, accident qui ne les empêche pas d'être excellentes et même meilleures pour l'alimentation que celles conservées par la méthode ordinaire.

Dans le nord et le centre de la France, on conserve quelquefois les pommes de terre sur le champ même qui les a produites. Pour cela, on creuse des fosses plus ou moins grandes que l'on entoure soigneusement de glui (paille de seigle) et que l'on remplit ensuite avec des tubercules. On constitue ainsi un silo que l'on recouvre avec de la paille et de la terre. Souvent même, on ne prend pas la peine de creuser une fosse et l'on dispose les pommes de terre sur de la paille répandue à la surface du sol. On constitue un tas conique à peu près régulier, tout autour duquel on creuse des rigoles d'écoulement destinées à éloigner les eaux de pluie. Comme dans le premier cas, on entoure de paille ou de feuilles sèches et, par-dessus, on place une couche de terre de 10 ou 15 centimètres d'épaisseur.

Travaux préparatoires.

a. Trempage. — On sait que les tubercules présentent, à leur surface, des trous souvent très prononcés, que l'on appelle *yeux*. Il se loge toujours, dans ces cavités, de la terre ou des petits cailloux qu'il est extrêmement difficile d'enlever, surtout dans les années pluvieuses, où la récolte se fait par temps humide.

Il faut, dans ce cas, faire subir aux tubercules un trempage : on les place dans des récipients de forme quelconque et on les recouvre d'eau. La durée du trempage est plus ou moins longue suivant l'état de propreté des pommes de terre et l'époque de l'année où l'on se trouve.

A la saison des frimas, il est même bon d'employer de l'eau tiède pour faire ce travail.

b. Lavage-épierrage. — Les appareils laveurs de betteraves, que nous avons décrits en sucrerie, peuvent être employés pour le nettoyage des tubercules de pommes de terre. Ils doivent cependant, dans ce cas, subir une petite modification.

Les pommes de terre ayant un volume plus faible que les betteraves, il faut que les bras du laveur soient suffisamment rapprochés et, de plus, assez longs pour que, dans leur mouvement de rotation, ils viennent passer assez près du fond de l'auge et soulever ainsi toute la masse à nettoyer. Le laveur d'*Hennezel* nous paraît recommandable, puisque les bras en hélice qui le constituent essentiellement ont un écartement que l'on peut régler à volonté. Cependant, l'appareil de nettoyage le plus en usage en féculerie est le *laveur-épierrage de Joly*.

Il est formé d'une caisse métallique légèrement inclinée sur son axe. Cette caisse est traversée dans sa longueur par un arbre central mobile, portant une série de palettes

disposées en hélice et réunies à l'aide de croisillons qui donnent à l'assemblage une solidité suffisante.

Quant au principe de cet appareil, il est le même que celui des autres laveurs employés en sucrerie, qui agissent par frottement. Comme toujours, l'eau propre arrive à l'opposé des pommes de terre à nettoyer, de sorte que celles-ci, entraînées qu'elles sont par la disposition en hélice des palettes qui tournent, rencontrent une eau de plus en plus pure, au fur et à mesure qu'elles se rapprochent du point où l'appareil leur livre passage. L'eau propre, arrivant constamment sur les tubercules déjà en grande partie nettoyés, termine ainsi leur lavage, qui est rendu à peu près irréprochable.

III. — BROYAGE DES TUBERCULES. — TAMISAGE DE LA RAPURE OBTENUE. — DIFFÉRENTES RAPES ET DIFFÉRENTS TAMIS.

Pour extraire la fécule, il faut la mettre en liberté en déchirant les cellules qui la renferment et la séparer ensuite, par un tamisage, des matières étrangères qui l'accompagnent.

L'extraction comprend donc deux opérations différentes : le broyage des pommes de terre et le tamisage de la râpure obtenue.

a. Broyage. — Le broyage se fait au moyen de râpes, que l'on peut diviser en deux groupes bien distincts. Elles peuvent être à denture *externe* ou *interne*.

Dans le premier cas, la râpe se présente sous la forme d'un cylindre ou tambour muni sur son pourtour, et suivant ses génératrices, de lames de scie en acier, placées très près les unes des autres et séparées entre elles par des liteaux de bois. Chaque lame de scie est emmanchée dans une rainure parallèle au liteau et fortement assujettie.

Le tambour est animé d'un mouvement de rotation

autour d'un axe horizontal et fait environ 900 tours à la minute. Sa vitesse, comme on le voit, est assez considérable. Les pommes de terre à râper sont amenées par une trémie en présence du cylindre qui les écrase. A la partie inférieure de la paroi externe de la trémie est adapté un contre-batteur percé d'un grand nombre de petites ouvertures et maintenu dans sa position par des ressorts fixés sur un taquet. Les pommes de terre déchirées s'échappent sous forme de pulpe fine par les petits trous du contre-batteur et, dans le cas tout à fait accidentel où un corps dur étranger aurait été entraîné dans la trémie, les ressorts se resserrent, le contre-batteur s'écarte de sa position normale et laisse tomber l'obstacle en dehors de l'appareil ; sans cette heureuse disposition, celui-ci serait fortement détérioré.

La râpe dont nous venons très succinctement de décrire le fonctionnement est excellente, surtout lorsque le diamètre de son tambour est suffisamment grand.

Dans ce cas, les pommes de terre, restant assez longtemps en contact avec les dents, sont totalement transformées en fine râpure. Lorsque le tambour est trop petit ou que ses dents de scie sont trop usées, il arrive que des fragments de tubercules non atteints par l'appareil tombent à la partie inférieure. Ces débris ou semelles sont facilement séparés lors du premier tamisage et renvoyés dans une râpe plus fine qui les transforme complètement en râpure.

Afin que le broyage des pommes de terre s'effectue de façon parfaite, il faut introduire dans la râpe en travail une quantité suffisante d'eau pour que ses dents ne s'engorgent pas et que la fécule soit bien lavée. L'excès d'eau ne nuit jamais, tandis que son défaut partiel est toujours très mauvais. Dans quelques féculeries, on a l'habitude d'ajouter à l'eau de broyage une petite quantité d'acide sulfurique, et cela dans le but d'obtenir une fécule plus blanche.

Cette pratique ne nous paraît pas recommandable, car, outre que l'acide sulfurique peut diminuer un peu le rendement en attaquant légèrement la matière amylacée des tubercules, il ronge aussi à la longue la tôle des appareils et détermine la formation de sels de fer que l'on retrouve ensuite à la dessiccation.

Parmi les râpes à denture interne, la plus importante pour la féculerie est celle de *Champonnois*. C'est un cylindre métallique de 0^m,30 de diamètre qui porte à son centre un axe sur lequel sont adaptés deux agitateurs symétriques qui constituent un batteur.

A la partie périphérique se trouvent disposés normalement à la circonférence des couteaux spéciaux. Si l'on examine l'un de ces derniers, on peut voir qu'il est maintenu solidement vers son milieu par des tasseaux en bois appelés *contre-couteaux*. Ces derniers maintiennent les couteaux dans une certaine inclinaison, et vers l'intérieur de la râpe on voit une série de petites lumières de 1 millimètre environ de largeur.

En examinant un couteau de face, on voit que les lames sont ondulées à la façon de celles des coupe-racines de sucrerie, mais beaucoup plus finement.

Elles sont en outre beaucoup plus rapprochées.

Les couteaux ont généralement 20 centimètres de long et l'espace laissé libre entre deux dents successives est de 1 millimètre et demi environ. Ils sont absolument symétriques et l'on peut indifféremment se servir de l'un ou l'autre de leurs côtés pour disposer la râpe en état de fonctionner. Le cylindre est absolument fixe; au contraire, le batteur intérieur est mobile, a une vitesse de 900 à 1000 tours et projette avec force les tubercules contre les dents qui les déchirent.

Pour éviter les engorgements, il faut nettoyer fréquemment l'appareil. Comme dans l'emploi des râpes à denture externe, un courant d'eau continu vient, pendant le travail, empêcher les couteaux de se bourrer.

Une bonne râpe Champonnois, mue par un moyen mécanique, peut travailler de 350 à 400 hectolitres de tubercules par jour.

Pendant, on tend de plus en plus à l'abandonner, parce que, quand des corps étrangers, tels que des cailloux, arrivent en contact des couteaux, ceux-ci sont rapidement mis hors de service.

On donne aujourd'hui la préférence aux appareils à denture externe.

On a longtemps employé la *râpe Burette*. C'est un cylindre plein, en pierre très dure, traversé en son centre par un axe qui repose sur les deux côtés d'un bâti. Ce cylindre, qui a 65 centimètres de diamètre et 22 centimètres de hauteur, est garni sur toute sa surface de lames de scie de 19 centimètres de longueur, au nombre de cent vingt huit. Elles sont disposées parallèlement à l'axe et séparées entre elles par des tasseaux en bois.

Pour fixer les lames de scie et les tasseaux de bois sur le cylindre, on pratique dans la pierre deux rainures que l'on remplit avec du plomb fondu. C'est dans celui-ci que l'on fixe ensuite la surface travaillante, à l'aide de vis en fer. Tout le système est rendu encore plus solide par deux cercles de fer qui serrent chacun les extrémités des tasseaux et des lames. Cet instrument, encore en usage aujourd'hui dans certaines féculeries, a été évidemment le point de départ de toutes les autres râpes à dents externes plus perfectionnées.

La râpe Burette, avec les dimensions que nous venons d'indiquer, exige trois hommes, dont deux qui tournent à la manivelle et l'autre qui les relaie. De plus, un enfant doit surveiller la râpe et faire en sorte qu'elle ne manque pas de tubercules à broyer. En vingt-quatre heures, on peut, avec un pareil dispositif, écraser de 5000 à 6000 kilogrammes de pommes de terre.

Parmi les autres râpes les plus perfectionnées et qui sont le plus souvent mises en mouvement par machines

et courroies, nous citerons celles de M. *Trésel* et la *râpe perfectionnée* de M. *Saint-Etienne*.

Leur description, d'ailleurs assez compliquée, nous entraînerait trop loin et, somme toute, leur principe ne diffère pas sensiblement de celui des autres systèmes que nous venons de décrire.

b. Tamisage. — Une fois que l'on est en possession de la râpure, il faut en séparer la fécule. Pour cela, on la place dans des tamis de crin de 60 à 65 centimètres de diamètre, disposés au-dessus de tonneaux ou de baquets quelconques. Le tamis étant à moitié rempli de râpure, on le plonge en partie dans l'eau du baquet, ou bien on fait tomber dessus un filet d'eau continu, provenant d'un réservoir en charge.

En même temps, on malaxe fortement la masse avec les mains. Bientôt la majeure partie de la matière féculente est passée dans le récipient et il ne reste plus sur le tamis que les refus, constitués surtout par des semelles et des fragments de pommes de terre non attaqués par les râpes. On les met de côté pour leur faire subir un nouvel écrasement.

Ce procédé de tamisage, très ancien, n'est employé que dans les très petites installations. Il laisse beaucoup à désirer au point de vue économique, attendu qu'entre autres inconvénients il exige une main-d'œuvre considérable.

Voici, en réalité, comment se passent les choses le plus souvent. La pulpe est envoyée avec les eaux de broyage dans une fosse où le mélange est agité, maintenu à l'état boueux et repris par des pompes qui le remontent dans des appareils de tamisage mécaniques. Ces derniers sont constitués surtout en France par des tamis cylindriques disposés comme les blutoirs des minoteries. Leur axe de rotation est légèrement incliné et leur surface filtrante est constituée par des toiles à mailles du n° 30 à 50, c'est-à-dire présentant 30 à 50 fils par 27 millimètres de longueur.

On fait arriver dans l'intérieur du cylindre le mélange de pulpe et d'eau.

La matière amylacée, sollicitée par le mouvement de rotation, passe à travers les mailles et il ne reste à l'intérieur du blutoir que les pulpes et les semelles qui n'ont pas été bien râpées.

Ordinairement, les bluteries sont subdivisées. Au lieu d'être constituées par un cylindre filtrant long et unique, on fractionne ce cylindre tamiseur en plusieurs autres, à mailles de plus en plus serrées et reliés entre eux par des pompes spéciales dites *danaïdes*.

Les pompes remontent successivement le mélange tamisé d'un blutoir précédent dans le blutoir suivant. Il importe que ce mélange soit toujours bien agité et, de plus, pour que son lamisage s'effectue bien, on le délaye dans l'eau entre deux passages successifs.

On emploie beaucoup aussi le tamiseur Hück. Il est constitué par un bâti de 6 mètres de longueur en moyenne, qui supporte d'abord un premier cylindre divisé en trois compartiments, légèrement incliné sur son axe, et un peu plus loin un deuxième cylindre tout à fait indépendant. Ce dernier est formé à sa partie périphérique par une toile filtrante du n° 50.

Les trois compartiments de l'autre cylindre sont constitués :

Le n° 1 par un tamis du n° 25 ;

Le n° 2 par une paroi pleine ;

Le n° 3 par un tamis du n° 35.

Dans chacune des cases de l'appareil se trouvent des agitateurs spéciaux. Dans la première, la troisième et la quatrième, ce sont des brosses métalliques placées sur une barre transversale, réunie par deux montants, qui viennent frotter contre les parois filtrantes. Dans la case n° 2, à parois pleines, l'agitateur est du système le plus courant, formé d'un levier en croix, à bras inégaux. Enfin, les compartiments possèdent en outre un conduit central

percé d'un grand nombre de petites ouvertures, à travers lesquelles s'échappent, sous pression, des jets d'eau destinés à diluer, pendant le tamisage, la râpüre renfermée dans l'appareil. L'eau chargée de fécule et de pulpes folles tombe dans un bac placé en dessous du premier cylindre, où elle est prise et amenée dans le quatrième compartiment, isolé des trois autres.

Deux petits baquets ou deux rigoles à hélice reçoivent : l'un les plus gros déchets à l'extrémité du troisième compartiment, l'autre les plus fins, à la sortie du quatrième.

Voici quelle est la marche du tamisage :

Tout d'abord la matière boueuse pénètre dans l'intérieur du tamis n° 1, où, grâce au courant d'eau et au frottement des brosses, elle laisse échapper la plus grande partie de la fécule et les pulpes folles qu'elle contient.

Puis, par suite du refoulement provoqué par l'arrivée incessante de la matière, le compartiment n° 2 s'emplit.

Là, une agitation complète et une addition d'eau rendent la masse plus homogène et plus fluide. Enfin, celle-ci arrive dans le n° 3 où le tamisage se continue.

Dans le compartiment n° 4, séparé des autres, il ne reste comme refus que de petits fragments de matière cellulosique et la pulpe folle qui ont passé dans le liquide laiteux lors du premier tamisage.

C'est dire qu'à travers des mailles du n° 50 la fécule seule peut s'échapper et que sa séparation est ainsi à peu près parfaite.

Tamis employés en Allemagne. Tamis à cataracte ou va-et-vient. — En Allemagne, on préfère les *tamis horizontaux* ou à toile sans fin. On emploie beaucoup aussi les tamis à *cataracte* ou *va-et-vient* (fig. 147), qui sont d'ailleurs excellents.

Ils sont constitués par une suite de bandes filtrantes de faible largeur (25 à 30 centimètres au plus). Entre deux toiles consécutives se trouve une auge pleine en

fonte. Le tout a l'aspect d'une table inclinée, animée dans son plan d'un mouvement alternatif de va-et-vient. L'ensemble est monté sur des galets qui roulent sur des



Fig. 147. — Tamis à cataracte ou va-et-vient.

fers en U disposés pour maintenir tout l'appareil. Dans les auges aboutissent des tuyaux fixes amenant de l'eau. Le tamisage se fait de la façon suivante :

Le mélange d'eau et de pulpe arrive à la partie supérieure de la table. Par suite du mouvement rectiligne alternatif, il descend le long du plan incliné et tombe après chaque tamis dans une auge où il trouve un courant d'eau. Là, il subit une plus grande dilution avant de passer sur le tamis suivant, et ainsi de suite jusqu'à l'extrémité inférieure du plan incliné, où l'on recueille les refus constitués par les pulpes épuisées.

Quant aux eaux féculentes qui ont passé à travers la série des bandes filtrantes, elles arrivent dans une gouttière finale qui les amène aux bacs de décantation.

Tamis Lainé. — Le *tamis Lainé* (fig. 148), qui est main-



Fig. 148. — Tamis Lainé.

tenant à peu près complètement abandonné, fournit un très bon travail, mais il est trop sujet à dérangement.

C'est une toile sans fin à parois filtrantes, montée sur deux galets et animée d'un mouvement de translation de bas en haut.

Au-dessus du tamis et parallèlement à la toile se

trouve un tuyau percé de trous, au moyen duquel on injecte de l'eau sous pression, qui vient tomber sur la pulpe recouvrant les toiles et la divise. La fécule passe alors à travers les mailles et arrive dans un collecteur. Quant à la pulpe, elle continue son chemin à la partie supérieure du tamis et vient tomber dans une gouttière disposée en sens inverse.

Quelque précaution que l'on prenne lors du premier tamisage, on ne parvient jamais à épuiser complètement la pulpe.

Aussi faut-il la soumettre encore une fois à l'action des râpes et la retamiser ensuite, pour extraire à peu près toute la fécule qu'elle renferme.

Les eaux féculentes, que l'on a envoyées dans des bacs de décantation, ne tardent pas à laisser déposer la fécule qu'elles tiennent en suspension. A l'aide de robinets ou de chevilles en bois placés à différentes hauteurs sur les bacs, on évacue alors les eaux qui surnagent. Le dépôt de fécule qui reste au fond ne tarde pas ensuite à s'épaissir de plus en plus et, quand il a suffisamment de consistance, on l'enlève en le coupant en gros morceaux que l'on place sur des filtres en toile, dans des trémies en bois, où se produit l'égouttage.

Mais la fécule obtenue par ce moyen est encore impure. Elle renferme des débris de cellule plus légers qu'elle, et des petits grains de terre ou de sable qu'il faut supprimer. Il est bon d'ajouter cependant que certaines industries mettent en œuvre la fécule verte non épurée, telle qu'on l'obtient après premier tamisage et décantation. Tel est le cas, par exemple, dans certaines gluco-series, où l'on se propose de transformer la fécule en glucose.

Mais, lorsqu'on veut obtenir un produit absolument pur, il faut le soumettre à un raffinage. C'est l'opération que nous allons examiner dans le chapitre suivant :

IV. — PURIFICATION DE LA FÉCULE.

Tamis à repasser. — *Plans inclinés.* — *Bacs de dépôts ou désableurs.* — *Désableur.* — La purification se fait par des moyens absolument mécaniques. Elle consiste à délayer dans l'eau la féculle impure et à séparer ensuite, par différence de densité, les matières étrangères qui la salissent. Quelques féculeries se servent d'un premier appareil, appelé *désableur*, que nous retrouverons d'ailleurs un peu plus loin.

C'est un grand bac en bois présentant un axe central qui peut être animé d'un mouvement de rotation (fig. 149).

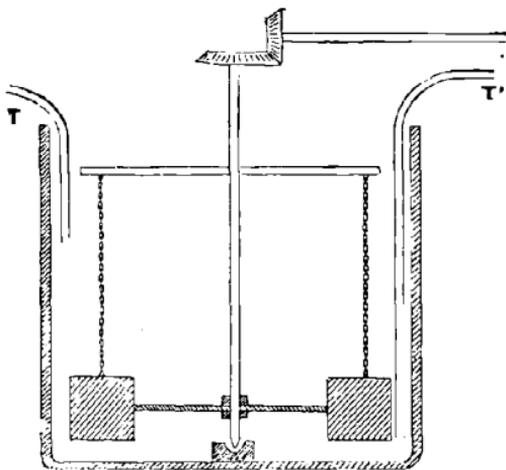


Fig. 149. — [Désableur.

L'axe supporte en haut des tiges de bois disposées en croix, près de l'extrémité desquelles sont attachées des planchettes, au moyen de chaînes.

L'appareil est complété par deux tubes, dont l'un sert à l'alimentation et l'autre à la vidange par aspiration.

La vitesse de rotation de l'axe central est des plus lentes, deux ou trois tours à la minute seulement. Les planchettes tournent en même temps et communiquent au liquide féculent renfermé dans le bac un certain mouvement. Seule la fécule se met alors en suspension dans toute la masse du liquide, à cause des petits grains de faible densité qui la constituent. Au contraire, les parties plus volumineuses et plus denses, telles que les grains de sable, restent dans les couches inférieures. Comme le tuyau d'aspiration ne plonge pas jusqu'au fond du bac, on ne risque pas de soutirer ces impuretés.

Restent ensuite à éliminer les matières étrangères de densité plus faible que la fécule.

Blutoirs ou tamis à repasser. — On y arrive en pratiquant un second tamisage dans des *blutoirs* dits à *repasser*, dont les toiles sont beaucoup plus fines que celles des appareils similaires employés pour la première séparation. Les mailles, qui sont généralement du n^o 80 ou 90, retiennent les pulpes folles et ne laissent passer que la fécule et de très légers débris de cellule amylicée appelés *gras*, en terme de métier.

Plans inclinés. — Les eaux féculentes très épaisses sont ensuite envoyées sur des *plans inclinés*. En les faisant couler sur une surface légèrement inclinée, la fécule, plus dense, se dépose rapidement la première; au contraire, les *gras*, qui sont plus légers, sont entraînés un peu plus loin par le courant. De même, lorsque les matières se classent dans un sens vertical, la fécule s'accumule vers le fond et les *gras* se rassemblent à la surface. Il est facile d'enlever ces derniers par un simple grattage. Les plans inclinés de féculerie réclament beaucoup de soins pour leur construction. Il faut que leur inclinaison soit des plus uniformes. On peut les faire en bois. Ce sont, dans ce cas, de longues tablettes que l'on soutient de place en place par des montants. Ces derniers doivent être suffisamment rapprochés les uns des autres pour

que les planches qu'ils supportent ne fléchissent et ne modifient leur pente, qui doit demeurer constante (fig. 150).

Les tables, qui sont généralement en hêtre, sont assemblées en rainures et languettes. Leur largeur est d'envi-

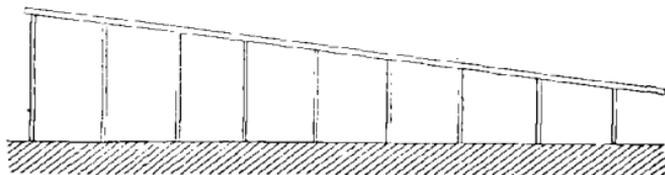


Fig. 150. — Plan incliné de féculerie.

ron 1 mètre et leur pente de 3 à 5 millimètres par mètre.

Ces plans inclinés doivent avoir un très grand développement : 20, 30 mètres de longueur et davantage encore, si cela est possible. On objectera sans doute que de telles dimensions exigent beaucoup trop de place et ne sont



Fig. 151. — Plans inclinés superposés.

point pratiques. Rien n'empêche, en effet, de superposer les plans, en leur donnant des pentes disposées en sens inverse (fig. 151). Malheureusement, le service des appareils devient alors plus difficile et l'on obvie à un inconvénient pour en créer un autre peut-être plus considérable encore.

Nous avons dit que la pente ne devait pas présenter d'à-coups. Il est possible néanmoins, par des dispositions très simples, de faire varier l'inclinaison, qui peut être

faible dans la première portion du plan et plus accentuée à mesure que l'on se rapproche de l'autre extrémité.

Plans inclinés en maçonnerie. — Les *plans inclinés en maçonnerie* sont également assez répandus. On leur donne la pente sur le sol lui-même et on les dispose généralement en spirale. Cet arrangement est très pratique. Le mélange de fécule et d'eau arrive à la partie centrale du colimaçon et le courant décrit un assez grand nombre de tours avant d'arriver à l'autre extrémité de l'appareil. Les plans se trouvent placés entre deux joues en brique. La surveillance en est des plus commodes. Voyons maintenant ce qui se passe lors du travail.

On laisse accumuler la fécule pendant un temps assez long, temps qui dépend d'ailleurs de la construction des plans. Lorsque ceux-ci sont en bois, il ne faut pas que la couche de fécule soit trop considérable, car son poids ferait fléchir les planches. Ces dernières sont munies de deux joues latérales et on ne laisse monter la fécule que de quelques centimètres. Quand on s'aperçoit d'un léger fléchissement, on arrête l'arrivée du mélange et l'on enlève la fécule, à la pelle.

Généralement, plusieurs ouvriers se tiennent le long des plans et facilitent le glissement des *gras*, en raclant la surface d'écoulement avec un balai ou un râteau plein.

Si l'on dispose de plans en maçonnerie, lesquels ont une profondeur de 0^m,40, on peut sans inconvénient laisser la fécule s'accumuler davantage. On ménage alors au début de l'appareil un léger courant d'eau qui permet au mélange féculent arrivant sans cesse de pouvoir continuer son chemin jusqu'au bout de l'appareil, sans être arrêté par l'accumulation de la fécule précédemment déposée.

Au début, il n'y a sur les plans qu'une faible épaisseur de fécule ; aussi le dépôt de cette dernière s'effectue-t-il

très commodément et l'eau s'échappe absolument seule à l'extrémité inférieure. Mais peu à peu, la couche de fécule augmentant d'épaisseur, il faut empêcher que l'eau ne l'entraîne en partie, en dehors de l'appareil. Il devient alors nécessaire d'élever le seuil de sortie. Voici comment on y arrive : les petits murs qui servent de joues au plan incliné portent, de distance en distance, des rainures dans lesquelles peuvent s'engager de petites planches destinées à former barrage. Pour assurer un joint étanche, ces planchettes sont coupées en forme de V. Elles s'appliquent ainsi beaucoup mieux les unes sur les autres (fig. 152). Avec ce dispositif, les plans s'emplissent

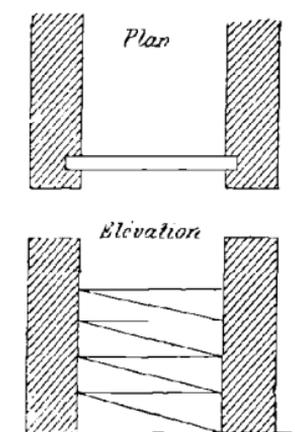


Fig. 152. — Éléments d'un plan en maçonnerie.

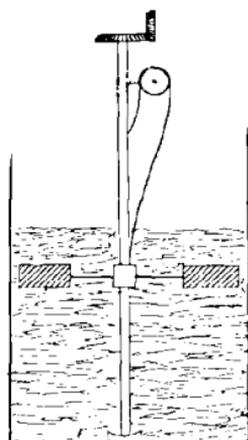


Fig. 153. — Bac à blanchir.

de fécule et, lorsque celle-ci arrive près de l'extrémité de sortie, on arrête l'arrivée du mélange et l'on décharge l'appareil.

On déverse immédiatement la fécule dans une fosse circulaire, en maçonnerie, située en dessous. Cette fosse, qui est munie d'un agitateur à palettes, reçoit un courant d'eau destiné à diluer la matière, qui, reprise par une

pompe, est envoyée dans des bacs de dépôt. Comme on a pu s'en rendre compte par ce qui précède, une féculerie exige une très grande quantité d'eau. On compte généralement qu'il en faut huit ou dix fois le poids de fécule obtenue.

Jadis, les bacs de second dépôt, appelés aussi *bacs à blanchir*, étaient de grandes caisses, auxquelles on communiquait, par l'intermédiaire de leviers, un mouvement alternatif de montée et de descente. La fécule s'y classait par densité, et l'on obtenait à la partie supérieure du bac une première couche épurée, que l'on enlevait avec des râtaux. Ces appareils étaient trop lourds et peu pratiques.

Aujourd'hui, les bacs à blanchir sont de gros cylindres fixes, en tôle ou en bois, munis à leur intérieur d'un agitateur à palettes. Ce ne sont autre chose que des désableurs dont nous avons parlé un peu plus haut. Sur l'axe central, on peut faire monter ou descendre à volonté une douille, sur laquelle sont articulés les bras supportant les palettes (fig. 153). On fait monter l'agitateur au fur et à mesure que le bac s'emplit, de façon à toujours maintenir la surface du liquide agitée. La fécule se dépose ainsi par couches de différentes densités.

Lorsque le bac est rempli jusqu'au niveau voulu, on l'abandonne au repos et l'on procède à l'extraction.

Celle-ci se fait, soit par des tubes en siphon, plus ou moins enfoncés, soit encore par des robinets placés à différentes hauteurs.

Dans certaines féculeries d'Allemagne, on se sert d'un tuyau d'extraction, consistant en un tube d'écoulement articulé autour d'un axe de rotation à la partie inférieure du bac. On incline doucement le tuyau et on lui fait affleurer des couches de plus en plus profondes.

Ce système n'est pas à recommander, car il y a une assez grande résistance à vaincre pour faire mouvoir le tuyau et, d'autre part, le mouvement, qui, malgré tout,

est un peu brusque, trouble les différentes couches d'eaux féculentes.

La portion tout à fait superficielle est constituée par les *gras*, de densité toujours plus faible que la fécule. Tout à fait au fond on trouve, au contraire, une couche insignifiante de sable, qu'il faut cependant évacuer avec soin. Cette couche n'existe pas si l'on a fait un désablage préalable, ce qui est rare.

On achève la purification par un second et quelquefois même un troisième passage sur un plan incliné beaucoup moins long que celui dont nous avons parlé un peu plus haut, et qui n'est autre chose qu'un bac en tôle légèrement incliné, fermé à son extrémité inférieure et présentant à l'autre bout une paroi mobile, que l'on peut ouvrir plus ou moins, afin de laisser passer la quantité voulue de bouillie féculente. On peut, de cette façon, garnir le bac d'une couche de fécule plus ou moins grande.

V. — DESSICCATION ET BLUTAGE DE LA FÉCULE.

Fécule verte. — L'épuration et l'égouttage terminés, on est en possession de fécule verte. Cette dernière contient une quantité d'eau fort considérable qui peut varier avec la nature des pommes de terre mises en œuvre et les différentes opérations successives de la fabrication. On compte généralement de 40 à 50 p. 100 d'humidité.

La fécule est rarement vendue dans cet état, à moins toutefois qu'il y ait, à proximité de la fabrique, une autre usine qui la transforme en glucose.

Fécule anhydre et fécule sèche. — Mais comme, dans le plus grand nombre des cas, il faut la conserver et l'expédier au loin, il devient nécessaire de la dessécher davantage.

La dessiccation peut être poussée jusqu'à obtenir de la fécule anhydre. Il suffit pour cela de chauffer à basse température d'abord, pour éviter la formation d'empois,

et d'amener progressivement la température à 100°, puis à 120° C.

Industriellement, on n'atteint jamais cette siccité extrême. A 100°, la fécula retient encore une proportion d'eau très notable qui se chiffre par 14 ou 15 p. 100 et, si on la chauffe à une température plus élevée, elle ne tarde pas ensuite à reprendre de l'humidité au contact de l'air. De telle sorte que le produit dénommé dans le commerce *fécula sèche* renferme encore 16 p. 100 d'eau en moyenne. Il n'est même pas rare d'y doser 18, 20 et 21 p. 100 d'humidité.

Quoi qu'il en soit, il faut toujours faire disparaître 20 à 25 p. 100 de l'eau que renferme la fécula verte.

Dans les anciennes féculeries, on fait un égouttage préalable, la matière est placée dans des sacs à l'intérieur de trémies en bois et, peu à peu, la plus grande partie

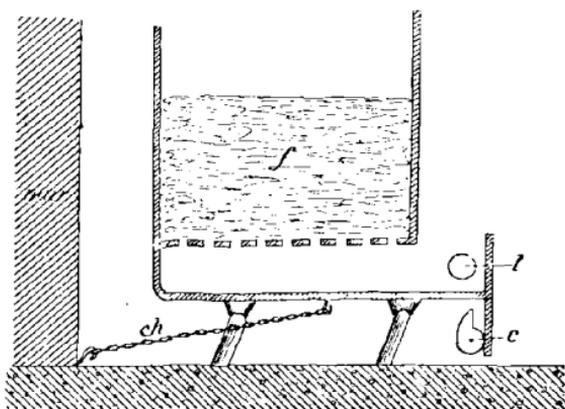


Fig. 154. — Essoreuse de féculerie.

de l'eau disparaît. C'est autant de moins à évaporer ensuite à l'étuve. Dans les installations plus modernes, on fait usage d'essoreuses. Celles-ci peuvent être à mouvement rectiligne alternatif, ou bien circulaire.

Un de ces appareils, relativement simple, est constitué par un bac en bois supporté, à environ 0^m,80 ou 1 mètre du sol, par quatre pieds mobiles (fig. 134). Sur le côté et à une faible distance, se trouve placé un mur ou un poteau résistant mis en relation avec la partie inférieure du bac par un puissant ressort à boudin. Enfin une came, reliée par un levier à une manivelle qu'un ouvrier fait tourner, détermine sur l'appareil un mouvement de va-et-vient qui le fait buter contre le mur. Le bac possède un faux fond perforé et est garni intérieurement de toile ou d'un tissu quelconque assez fin. Il est complété par un tuyau de sortie d'eau.

La fécule verte est placée dans l'appareil. Au début, l'égouttage se fait très bien sans choc et l'eau s'écoule par le tuyau d'évacuation. Mais, lorsque la couche de fécule devient considérable, on est obligé de mettre la came en mouvement. Les chocs répétés qui se produisent alors déterminent le tassement de la matière et activent l'égouttage.

Au bout d'un certain temps, on retire de l'appareil une fécule encore trop humide, qu'il faut soumettre à un essorage centrifuge. On emploie dans ce but des turbines analogues à celles de sucrerie, mais avec cette différence que les mailles de leur panier sont plus fines et recouvertes par une toile très serrée. Lorsqu'il s'agit d'amidon, on emploie même du velours ou de la *peau de chamois*, matières qui donnent issue à l'eau, mais retiennent toute la substance amyliacée, sans en laisser échapper la moindre trace. Les turbines centrifuges présentent un double avantage. Non seulement elles permettent une dessiccation rapide, mais encore elles fournissent une purification supplémentaire. En effet, les quelques traces de *gras* qui auraient pu échapper au poste de l'épuration se rassemblent, à cause de leur faible densité, à la périphérie de la couche de fécule qui tapisse les parois du panier.

Après arrêt de la turbine, on enlève soigneusement ces gras et on les envoie dans les fécules secondes, de pureté moins élevée.

Si les turbines fournissent un rapide et excellent travail, elles ont l'inconvénient d'exiger, pour leur fonctionnement, une ou plusieurs machines à vapeur et des transmissions. Somme toute, leur installation est assez coûteuse.

On peut encore obtenir cette dessiccation partielle de la fécule en séparant une partie de l'eau par *aspiration* ou par *compression*.

Appareil de Fesca. — C'est ainsi qu'en Allemagne on se sert beaucoup de l'appareil de Fesca. La fécule est placée dans un récipient comprenant un sol à mailles filtrantes, auquel sont rajoutées des parois en caoutchouc. Le cadre de la toile filtrante s'applique exactement sur le fond du récipient, lequel est raccordé en bas avec un tuyau muni d'un robinet à trois voies.

La fécule humide étant dans l'appareil, on fait fonctionner une pompe aspirante en communication avec la partie inférieure. L'eau est entraînée et, le bloc de fécule devenant de plus en plus petit, les parois de caoutchouc se rapprochent et viennent appuyer dessus. En somme, le caoutchouc suit la fécule dans son mouvement et l'empêche de se fendiller. Il ne se produit ainsi aucune fissure par où l'air puisse passer et venir gêner la marche de l'opération.

Cet appareil de Fesca peut aussi fonctionner par compression; c'est alors une boîte entièrement fermée pouvant supporter une pression de 3 à 4 atmosphères.

Ces appareils ne se sont pas très répandus, car ils exigent une somme de main-d'œuvre assez élevée et leur maniement est relativement long.

Étuvage. — Après toutes ces manipulations, la fécule n'est pas encore suffisamment sèche. Pour l'amener à 16 ou 18 p. 100 d'humidité, il faut la soumettre à un étu-

vage. A cet effet, on emploie beaucoup, en France, les étuves *viennoise* ou *autrichienne* et celle de *Thomas*. Cette dernière (fig. 155) est constituée par un certain nombre de toiles sans fin superposées, qui roulent sur des galets. Ces toiles sont mises en mouvement par l'intermédiaire

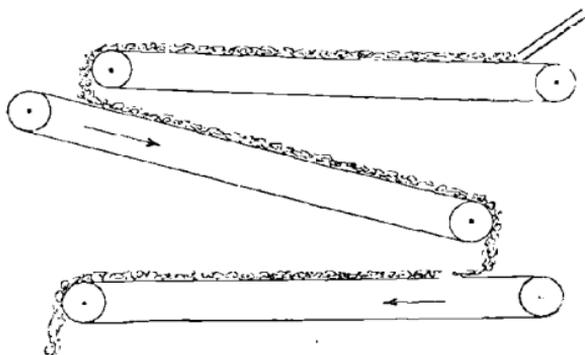


Fig. 155. — Étuve de Thomas.

d'engrenages qui se commandent mutuellement. De la sorte, toutes ont exactement la même vitesse de translation. Elles vont alternativement dans un sens et dans l'autre. La féculé, amenée par une *noria*, tombe sur la toile supérieure qui l'entraîne dans son mouvement et la déverse sur la toile placée immédiatement au-dessous. La féculé circule ainsi du sommet jusqu'à la partie inférieure du bâtiment et trouve en descendant une température de plus en plus élevée, qui finit par atteindre 50° à 60° C. L'appareil est disposé de telle sorte que la féculé reste de vingt-cinq à trente minutes en marche. Le chauffage peut être obtenu de plusieurs façons. Le plus souvent on dispose de place en place entre deux toiles successives des chauffeurs de vapeur. Ce sont des tuyaux à section rectiligne d'un côté et à cuvette de l'autre, dans lesquels on envoie de la vapeur d'échappement à faible pression. Ces tuyaux ont une légère inclinaison qui permet l'évacuation des retours.

D'autres fois, on dispose au fond de l'étuve un calorifère à charbon de terre, surmonté par un dôme, duquel partent, un peu dans tous les sens, des tuyaux de chauffage.

On peut encore hâter la dessiccation en envoyant dans l'étuve, par le moyen d'un ventilateur, un courant d'air qui peut être au besoin chauffé. L'évacuation de l'air se fait alors par une ouverture ménagée dans le plancher à l'opposé de l'appareil de ventilation. L'étuve de Thomas, peu encombrante, fournit une dessiccation très méthodique et évite la formation d'empois. Elle peut être montée avec avantage, même dans les plus petites féculeries.

L'étuve viennoise, encore appelée autrichienne (fig. 156), est une grande caisse tronconique qui reçoit à la partie inférieure et latérale un fort courant d'air chaud.

A l'intérieur se trouve une série de petits planchers, que l'on peut faire basculer à volonté, du dehors, au moyen de leviers coudés. La fécule est amenée d'abord sur le plateau supérieur, puis, au bout d'un certain temps, on la fait tomber au-dessous, en faisant prendre aux petits planchers la position verticale, et ainsi de suite par une série de manœuvres identiques, la fécule arrive jusqu'en bas de l'étuve, où on la recueille suffisamment desséchée.

Étuve allemande. — En Allemagne, on donne la préférence à une étuve qui se compose d'un long couloir

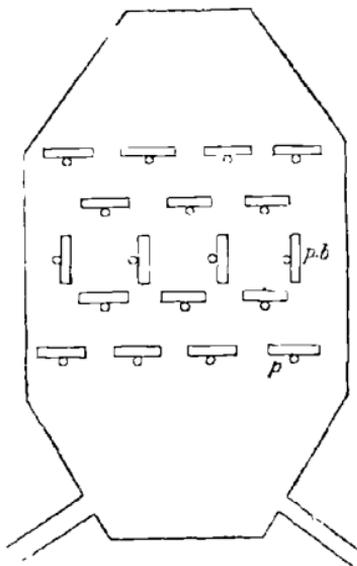


Fig. 156. — Étuve autrichienne.

présentant vers chacune de ses deux extrémités un petit mur vertical percé de trous (fig. 157).

On établit, à l'un des bouts, des tubes de chauffage et l'autre extrémité est reliée avec la chambre d'un ventilateur, qui produit aspiration. L'air s'échauffe en passant

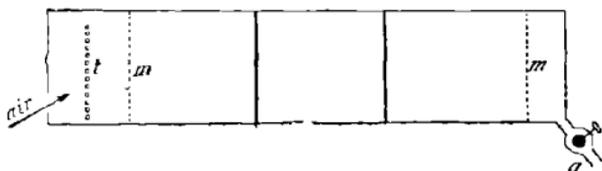


Fig. 157. — Étuve allemande.

sur les tuyaux et parcourt tout le couloir pour arriver à l'aspirateur.

Dans le couloir sont ménagées deux ou trois chambres à l'intérieur desquelles se trouvent des rails avec wagonnets supportant des châssis étagés, en bois, chargés de fécule à dessécher. Cette dernière est d'abord placée dans le compartiment le plus froid et amenée, au bout d'un certain temps, dans la chambre à température la plus élevée.

Cet appareil fournit d'excellents résultats, mais il ne peut être installé avec avantage que dans les grandes usines.

A la sortie de l'étuve, la fécule n'a plus en moyenne que 18 p. 100 d'humidité. Elle serait prête à être expédiée, si l'on ne voulait parfaire le travail par un *blutage*. Il arrive en effet que, sous l'influence de la chaleur, la fécule se prend en grumeaux de différents volumes.

Pour l'obtenir en poudre fine, on la fait d'abord passer dans des concasseurs, lesquels peuvent être très simples, ne demandant pas une grande force. Après un premier concassage, la matière est envoyée dans des blutoirs qui séparent la fécule commerciale, pulvérulente, des refus, qui, eux, sont renvoyés à nouveau dans le concasseur.

On obtient en fin de compte toute la fécule première.

On désigne sous le nom de *fécules secondes* celles qui proviennent des résidus (pulpes, gras) que l'on a séparés pendant l'épuration.

VI. — USAGES DE LA FÉCULE ET DES RÉSIDUS DE FÉCULERIE.

La *dextrine* et la *glucose* résultent d'une transformation chimique de la fécule. Le cadre très restreint de cet ouvrage ne nous permet point d'étudier la fabrication du premier de ces produits. Nous passerons également sous silence l'emploi que l'on fait de la fécule en *papeterie*, pour nous borner à décrire simplement ici ses usages en économie domestique.

La fécule est une matière nutritive de premier ordre. Si elle a eu ses détracteurs, il faut néanmoins reconnaître que la plupart l'ont, au contraire, vantée, et c'est, pensons-nous, à juste titre.

Si, au seul point de vue chimique, elle ne diffère point de l'amidon contenu dans le grain de blé, il est également juste d'admettre que ses propriétés nourrissantes sont les mêmes. Nous dirons même mieux : les estomacs débiles, affaiblis par les excès ou par les maladies, la supportent et la digèrent beaucoup plus facilement que s'il s'agissait d'un produit similaire quelconque. Cuite dans du bouillon de viande ou autre, pendant un temps suffisant, c'est-à-dire jusqu'à ce que les grains microscopiques qui la composent aient rompu leur enveloppe, elle fournit un excellent potage, à la fois nourrissant et très digestif.

Les pommes de terre cuites à la vapeur, séchées ensuite et passées au moulin, donnent une excellente farine susceptible de panification ; pour cela, on mélange une partie de cette farine avec deux parties de farine de blé, on ajoute la quantité de levain nécessaire, on pétrit et on laisse fermenter pendant quelque temps avant de mettre au four.

A notre avis, on méconnaît un peu trop, dans les années de disette surtout, que la fécula est susceptible de donner, en mélange avec la farine de blé, un pain d'excellente qualité.

Si les tubercules étaient moins aqueux, il est fort probable que leur farine serait très employée en boulangerie. On pourrait en effet, comme on le fait pour le blé, les entasser en magasin, sans craindre pour leur longue conservation, et en disposer à volonté à n'importe quel moment de l'année, mais surtout lorsque, le blé devenant rare, le prix du pain menacerait de s'élever un peu trop. On conçoit facilement que la culture de la pomme de terre prendrait dès lors une très grande extension. Revenons à la fécula proprement dite.

Il ne faudrait pas croire que toutes les matières alimentaires que l'on vend dans le commerce sous les noms de *tapioca*, *sagou*, etc., et qui proviennent de végétaux exotiques, soient toujours bien authentiques. Dans le plus grand nombre des cas, c'est à de la fécula de pomme de terre que l'on a affaire, sinon exclusivement, tout au moins en mélange. Et si cet état de choses représente une fraude, il faut avouer que cette falsification est des plus anodines. C'est qu'en effet, tant au point de vue chimique qu'au point de vue nutrition et digestibilité, on ne doit faire aucune différence entre le tapioca et le sagou, entre le sagou et la fécula. Peut-être ces produits exotiques ont-ils tout au plus un parfum et une couleur un peu différents, qu'il est d'ailleurs facile de leur communiquer.

Le *racahout*, que l'on donne aux enfants et aux convalescents, est de la fécula de pomme de terre mélangée avec de la farine de gland doux et quelquefois aussi de châtaignes. Comme on a pu le voir par tout ce qui précède, les usages que l'on peut faire de la fécula sont très nombreux.

Résidus de la fabrication. — Les pulpes, après

avoir subi une seconde fois l'action des râpes et des tamis, sont passées dans la presse *Champonnois*, constituée par deux cylindres à parois filtrantes tournant en sens inverse, entre lesquels se produit l'essorage. Les pulpes tombent en partie desséchées, en dessous de l'appareil.

On peut encore recueillir un peu de fécula entraînée par les eaux de pressurage qui ont passé dans l'intérieur des cylindres.

Les pulpes pressées sont ensuite desséchées dans de véritables *tourailles* de brasserie (sorte de grandes étuves, généralement à deux planchers perforés superposés, que l'on charge de la matière à dessécher). Elles constituent un excellent aliment pour les bestiaux. Quant aux *gras*, on les laisse pendant plusieurs mois dans de grands bacs de décantation, où la matière amy-lacée qu'ils retiennent finit par se séparer. On recueille de cette façon des *fécules secondes*, beaucoup moins pures que celles de premier jet, mais que l'on peut néanmoins blanchir artificiellement par l'*électrolyse*.

L'appareil que l'on emploie généralement est l'électrolyseur d'Hermitte, le même qui sert pour le blanchiment électrique de la pâte à papier.

Dans de l'eau contenant des chlorures, on délaye la fécula et l'on fait passer le tout dans l'électrolyseur; ou bien l'eau contenant les chlorures est d'abord électrolysée et l'on y délaie ensuite la fécula. Quel que soit le mode de travail employé, ce sont toujours les mêmes produits de décomposition qui exercent leur action décolorante.

Il est à recommander, avant de sécher la fécula, de la débarrasser des chlorures qu'elle a pu retenir. A cet effet, on la lave une dernière fois avec de l'eau contenant de l'ammoniaque ou de l'hyposulfite de soude.

Le procédé de blanchiment que nous venons de décrire a malheureusement un gros inconvénient : c'est qu'il coûte un peu trop cher.

*
* *

En terminant le chapitre de la féculerie, nous allons donner quelques résultats d'analyse ayant trait à la composition de la pomme de terre.

ANALYSE DE POMME DE TERRE.

Pour 100.	ÉTAT NORMAL	
	Minimum.	Maximum.
Eau.....	66,10	80,60
Matières azotées.....	1,43	2,81
— grasses.....	0,04	0,14
— sucrées et amylacées.....	15,58	29,85
Cellulose.....	0,37	0,68
Cendres.....	0,44	1,18
Poids du tubercule.....	23 gr.	420 gr.

AMIDONNERIE

I. — HISTORIQUE.

Peu d'industries, dans les siècles passés, ont été aussi rigoureusement réglementées que l'amidonnerie. Avant l'installation des grands moyens de transport, les céréales étaient parfois bien rares et, dans les années de disette, quand la famine devenait menaçante, l'amidonnier devait souvent fermer les portes de son usine.

L'amidonnerie, en effet, en transformant les grains qui servaient de base à l'alimentation du peuple, aurait pu être la cause d'une aggravation de la misère.

Pendant fort longtemps, il fut interdit aux amidonniers de travailler des bons grains. Il leur était prescrit d'extraire seulement l'amidon des céréales devenues impropres à l'alimentation. Par malheur, il arrivait fréquemment que l'on retirait du blé avarié une certaine quantité de farine que l'on vendait ensuite, avec un fort bénéfice, aux boulangers. La santé publique en supportait les fâcheuses conséquences. Aussi, des décrets ne tardèrent pas à être pris, qui punissaient très sévèrement les amidonniers reconnus coupables de la vente de farines avariées.

Dans le courant du xviii^e siècle, il fut interdit d'établir des amidonneries ou féculeries à proximité des aggloméra-

tions, à cause des odeurs méphitiques qu'elles répandent dans l'atmosphère.

Aujourd'hui encore, ces industries sont soumises aux ordonnances qui réglementent les établissements reconnus insalubres. Jadis, les professions de perruquier, boulanger ou meunier étaient incompatibles avec celles d'amidonnier, sans doute pour éviter le plus possible que des matières malpropres ou malfaisantes, telles que cheveux et farines avariées, ne se trouvent accidentellement ou sciemment mélangées au pain.

II. — EXTRACTION DE L'AMIDON.

L'amidon est, au point de vue chimique, un polysaccharide ayant pour formule $C^{12}H^{10}O^{10}$. C'est une matière fort répandue dans la nature ; elle se rencontre dans un grand nombre de végétaux.

D'après MM. *Morin* et *Malepeyre*, on en trouve :

1° Dans beaucoup de racines, notamment dans celles de carottes, de guimauve, de manioc, de bryone, et dans un grand nombre d'iridées et d'orchidées (salep) ;

2° Dans les tubercules de pomme de terre, d'oxalis, de patates, etc. ;

3° Dans les bulbes des liliacées, des colchicacées, etc. ;

4° Dans la tige des cycadées ;

5° Dans l'écorce de l'ailante ;

6° Dans les bourgeons axillaires et les inflorescences (choux de Bruxelles, choux-fleurs, etc.) ;

7° Dans les fleurs de l'artichaut ;

8° Dans les fruits de marrons d'Inde, de châtaignes, de glands de chêne, etc., etc. ;

9° Dans les graines des graminées, des légumineuses, des polygonées, etc., etc. ;

10° Dans les lichens et dans les algues.

Comme on le voit, l'amidon est une substance suffi-

samment répandue pour que l'on n'ait pas à craindre d'en manquer.

Dans l'état actuel des choses, on l'extrait surtout des principales céréales (blé, maïs, riz) et des tubercules de pomme de terre. Dans ce dernier cas, le produit obtenu prend le nom de *fécule*, quoique, en réalité, ce soit toujours de l'amidon au point de vue chimique.

On trouvera dans les ouvrages spéciaux la manière de reconnaître d'une façon certaine la provenance d'un amidon ou d'une fécule quelconques.

Chaque plante, en effet, — nous en avons déjà dit un mot en meunerie, — présente des grains de matière amy-lacée d'une forme qui lui est propre et nettement différenciée de toute autre. On conçoit que, dans ces conditions, l'examen microscopique puisse être d'un grand secours dans l'analyse.

Lorsqu'on examine avec soin les farines des trois céréales précitées, on constate que celle de froment renferme de l'amidon, du gluten et un peu de matière grasse; que, dans le maïs, la proportion de gluten est faible, mais qu'il existe relativement beaucoup de matière grasse, laquelle rancit très vite et communique bientôt à la farine une odeur et un goût désagréables et persistants. Enfin, le riz a très peu de gluten et de matière grasse, mais ses grains d'amidon sont polyédriques, enchevêtrés et même agglutinés ensemble par un principe très résistant.

On voit que les traitements industriels devront varier suivant que l'on s'adressera, pour en extraire l'amidon, à l'une ou à l'autre de ces graminées.

Dans le blé, c'est le gluten qu'il faut éliminer. On peut le faire de trois façons : par fermentation, par dissolution ou encore par un procédé mécanique.

Lorsqu'on travaille du maïs, la substance à faire disparaître est le corps gras, odorant. On y arrive en le traitant par l'anhydride sulfureux.

Enfin, pour désagréger les cellules du riz, il faut attaquer leur principe agglutinant par une dissolution alcaline.

Lorsque la substance amylacée est isolée, qu'elle provienne de l'une ou l'autre de ces céréales, ses traitements subséquents deviennent identiques.

Amidon du froment. — 1° *Extraction par fermentation.* — L'extraction de l'amidon de froment par fermentation est un procédé ancien qui présente deux inconvénients : les rendements sont faibles et l'odeur extrêmement désagréable qui accompagne la fabrication rend l'abord des amidonneries inhabitable. Néanmoins, on opère ainsi en beaucoup d'endroits. Les grains de blé sont tout d'abord broyés entre des meules ou des cylindres. La mouture qui en résulte est ensuite soumise à la trempé. Cette trempé se fait dans des tonneaux placés debout et ouverts ; on les remplit jusqu'à leur moitié environ avec un mélange fait à peu près à parties égales d'eau ordinaire et d'eau sûre.

L'eau sûre ou forte est obtenue en chauffant de l'eau potable, à laquelle on ajoute, après refroidissement, du levain de boulanger ou de la levure.

Lorsque l'on n'a pas à sa disposition une quantité suffisante de ces ferments pour faire le volume voulu d'eau forte, on peut ajouter à la portion que l'on a pu faire le mélange suivant :

- 4 parties d'eau ;
- 4 parties d'alcool à 50° G.-L. ;
- 1 partie d'alun.

Les tonneaux contenant le mélange d'eau ordinaire et d'eau sûre, disposés de façon que l'on puisse facilement atteindre à leur bord supérieur, sont remplis par l'addition de mouture.

Le local où se fait la trempé doit être à une température voisine de 20° C. Dans ces conditions, l'opération est terminée en dix ou quinze jours, surtout si l'on aide à la

séparation des matières par de fréquentes agitations.

Néanmoins, c'est par la pratique que l'on arrive à fixer la durée que doit avoir la trempé, suivant l'époque de l'année où l'on se trouve. En tout cas, l'opération est terminée lorsque le son et l'amidon se sont complètement séparés l'un de l'autre, tout en restant au fond des tonneaux.

Un liquide muqueux les surnage alors, qu'il faut évacuer complètement. Ensuite, avec un récipient quelconque, on prend le mélange de son et d'amidon et on le verse sur un tamis de forme spéciale. C'est un bac ordinaire (fig. 158) ayant à peu près le diamètre des tonneaux et que l'on place sur ces derniers. Son fond est constitué par une toile très fine en soie, semblable à celle des bluteries. Au-dessus de cette toile, on a disposé une sorte d'agitateur constitué par un axe central muni à sa partie inférieure de deux palettes qui, en tournant, frottent très légèrement la surface filtrante et la nettoient.

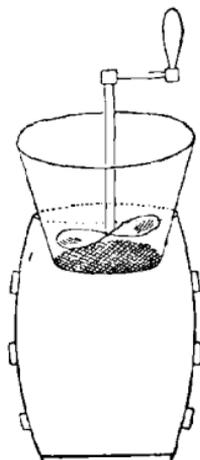


Fig. 158. — Tamis d'amidonnerie.

On remplit presque entièrement le tamis avec de la matière amyglacée, sur laquelle on fait couler de l'eau ordinaire, bien propre. Par agitation, une eau blanche chargée d'amidon filtre à travers les mailles et vient se ramasser dans un tonneau placé en dessous. Lorsque le liquide qui s'écoule ne blanchit plus, le lavage est terminé; on jette alors les sons dans un récipient où l'on viendra les chercher pour les faire servir à l'alimentation des bestiaux. Au bout de quelques jours de repos, les eaux amyglacées se séparent en deux couches : l'amidon se dépose dans les parties inférieures et un liquide opalescent le surnage. Ce dernier pourra servir d'eau sûre pour les nouvelles trempes. Il est à l'amidonnerie

ce que le levain est à la boulangerie : c'est lui qui détermine la fermentation et rend le gluten huileux. Avec une écuelle en bois, on décante délicatement toute l'eau qui surnage et on la remplace par de l'eau fraîche. Cette opération, que l'on appelle le *rafraîchissement de l'amidon*, doit être immédiatement suivie d'une vive agitation, pour faire un mélange bien intime. Après quarante-huit heures de repos, on enlève à nouveau tout le liquide qui surnage. On est alors en présence d'une légère couche d'amidon grossier que l'on recueille à part et que l'on vend sans lui faire subir aucun autre traitement. Son emploi est tout indiqué pour l'engraissement des bœufs. Au-dessous de cette première couche se trouve l'amidon proprement dit, qu'on laisse dans le tonneau pour lui faire subir l'opération du rinçage.

Quelque précaution que l'on prenne, en effet, il reste toujours au-dessus de l'amidon proprement dit un peu du grossier que l'on enlève, en jetant dessus une petite quantité d'eau bien propre ; on agite ensuite fortement la partie superficielle de la couche qui reste dans le tonneau. L'eau se trouble en se chargeant de tout l'amidon grossier et on la transvase alors dans un autre récipient où, par repos, se sépare un produit qui porte dans le commerce le nom d'*amidon commun*. L'amidon fin, que l'on peut qualifier de *premier jet*, reste seul dans le tonneau après le rinçage. On le nomme *blanc*. La couche qu'il forme a une épaisseur d'environ 15 centimètres. On réunit ensemble plusieurs de ces couches et on les délaye dans de l'eau très propre. Puis, après dix-huit ou vingt heures de repos, on décante et, avec les mains ou de petites pelles de bois, on place l'amidon dans des paniers à toiles filtrantes disposés au-dessus d'autres tonneaux, où se fait l'égouttage.

Après vingt-quatre heures, l'amidon placé dans les paniers est suffisamment ressuyé. Il a acquis une certaine consistance ou, comme on dit en terme de

métier, il s'est *aggloméré*. A ce moment, on le place, en le délitant le plus possible, dans un *séchoir*, sorte de local très aéré présentant des ouvertures sur tous ses côtés. Lorsqu'on juge que le produit est presque sec, on le ramasse et on le met en couches minces sur des étagères en vannerie appelées *essuis*, situées dans l'ouverture des fenêtres et où la dessiccation se continue.

Mise à l'étuve. — Lorsque le temps est couvert et pluvieux, l'amidon placé sur les *essuis* ne se sèche pas d'une façon complète. On est alors obligé de le concasser et de le placer, en couches de 12 à 13 centimètres d'épaisseur, dans l'étuve de l'amidonnerie. La dessiccation artificielle présente un certain inconvénient : outre qu'elle exige un supplément de main-d'œuvre et de combustible, elle supprime en partie le *brillant naturel* que l'amidon conserve lorsqu'il est possible de le sécher complètement à l'air libre. L'étuve de l'amidonnerie n'est autre chose qu'une pièce à nombre le plus restreint possible d'ouvertures, à plafond très élevé, et portant sur ses quatre murs des planches très minces présentant un léger rebord destiné à retenir l'amidon dont on les charge. Ces étuves sont généralement chauffées par de l'air chaud filtré à travers du coton et provenant d'un calorifère.

Quelquefois aussi on dispose en leur milieu un poêle à ailettes. Dans ce cas, il faut éviter avec soin les fuites de fumée qui communiqueraient à l'amidon une coloration jaunâtre.

De quelque façon que soit obtenu le chauffage, il faut avoir la précaution, matin et soir, de retourner les couches d'amidon, pour que le séchage se fasse bien uniformément dans toute leur masse. En outre, par ce moyen, on conserve au produit plus de blancheur ; celle-ci n'est cependant pas toujours suffisante et divers procédés, qui ont surtout pris naissance en Angleterre, ont été préconisés pour blanchir et élever le degré de pureté de l'amidon. Ce dernier, en effet, surtout lorsqu'il provient de blés

avariés, renferme toujours un peu d'une matière colorante jaune, qui se communique très facilement ensuite aux tissus sur lesquels on l'emploie.

Purification de l'amidon. — Le procédé *Hall*, déjà ancien, est excellent : lorsque l'amidon est prêt à être mis en pains, on le mélange à de l'eau bien propre, de façon à obtenir une sorte de lait très épais.

Puis on y ajoute, par kilogramme d'amidon employé, 10 litres d'eau renfermant en dissolution 120 à 130 grammes de chlorure de chaux (CaCl^2).

Après une vive agitation, on met encore, par kilogramme d'amidon, 36 litres d'eau ordinaire. Cette dilution aide à la précipitation des matières insolubles. Celle-ci terminée, on décante et l'on additionne le liquide, toujours par kilogramme d'amidon, de 10 litres d'eau renfermant 120 grammes d'acide sulfurique (SO^4H^2) destiné à attaquer les matières organiques étrangères. On agite fortement et l'on ajoute, pour finir, 36 nouveaux litres d'eau par kilogramme. On laisse reposer pendant une vingtaine d'heures. L'amidon se dépose au fond des récipients; on le recueille et on le lave plusieurs fois à l'eau pure, de façon à faire disparaître toute trace des corps chimiques employés pour son blanchiment. Pour que l'amidon devienne marchand, il reste encore à l'égoutter et à le passer à l'étuve, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Lorsqu'on veut obtenir de beaux pains d'amidon, on attend que ce dernier se soit complètement aggloméré, par égouttage. Puis on le rompt en prismes réguliers que l'on place dans le séchoir sur une aire en bois ou en craie suffisamment poreuse pour qu'elle puisse faire office de corps absorbant.

Quand les prismes sont suffisamment ressuyés, on les met dans une première étuve chauffée à 45°-50°. Au bout de peu de temps, il se forme sur les pains une croûte jaune grisâtre, que l'on enlève pour mettre à nu les parties blanches.

Après dix-huit ou vingt heures de séjour dans cette première étuve, l'amidon a acquis suffisamment de consistance pour qu'on puisse l'envelopper dans du papier, sans craindre de le briser. Dans cet état, on le place sur des tablettes dans une autre étuve, chauffée à 60°-65° C. La dessiccation doit s'y terminer lentement et durer de dix à douze jours. Lorsqu'elle est achevée, le pain d'amidon se fendille et sa surface devient toute craquelée.

L'amidon le plus pur a toujours un reflet un peu jaunâtre. Pour le faire paraître d'une blancheur absolue, on y ajoute un peu de bleu d'outremer, comme on le fait pour les sucres blancs.

2° *Procédé d'extraction mécanique.* — Un réel perfectionnement a été introduit dans la fabrication par M. *Herpin*. Son procédé permet de récolter le gluten et d'éviter en même temps les exhalaisons méphitiques qui se produisent dans le procédé par fermentation.

La farine de blé est placée dans des sacs en toile sur lesquels on fait tomber un filet d'eau capable d'entraîner toute la matière amylacée; on aide du reste à ce travail en malaxant le contenu du sac avec les mains ou par tout autre moyen.

Le gluten reste à l'intérieur des toiles et l'amidon entraîné par l'eau vient s'amasser dans un récipient. On le sépare par tamisage à travers des mailles très fines, et il ne reste plus ensuite qu'à l'agglomérer et le sécher.

Différents systèmes mécaniques permettent d'effectuer ce travail. On se sert généralement de l'amidonnière Martin (fig. 159), composée d'un cylindre cannelé *a*, roulant par un mouvement de va-et-vient dans une auge à fond circulaire *b*, à la partie supérieure de laquelle sont installés deux tuyaux d'arrosage *c, c* parallèles au cylindre. On prépare une pâte composée de deux parties de farine de blé pour une partie d'eau. On place de chaque côté du rouleau cannelé un pâton allongé. La pâte malaxée, comprimée et remuée sans cesse, se délaye sous l'influence

de l'eau qui se répand dans deux bacs *d, d* longitudinaux dont le côté faisant face au rouleau est formé de tamis *e*

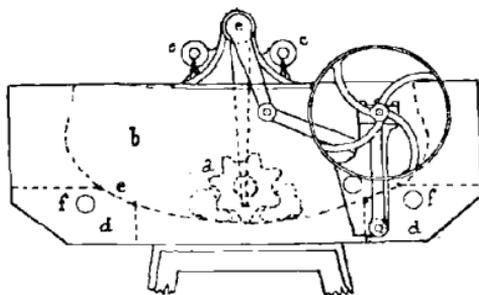


Fig. 159. — Amidonnière Martin.

qui laissent passer le liquide chargé d'amidon. Cette eau laiteuse sort des bacs par des tuyaux de trop-plein *f, f* qui règlent le niveau du mélange dans l'appareil et qui le dirigent vers un tamis mécanique

indépendant qui retient les parcelles de gluten ayant échappé au tamis de l'amidonnière.

Le mouvement est transmis au rouleau par une manivelle ou une poulie.

A chacune des opérations successives, l'appareil peut contenir de 50 à 60 kilogrammes de pâte.

L'amidonnière Martin fournit d'excellents résultats.

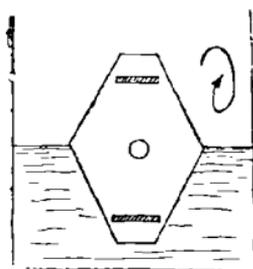


Fig. 160. — Prismes hexagonaux.

Il existe cependant d'autres procédés mécaniques. On peut, par exemple, se servir de prismes hexagonaux (fig. 160) animés d'un lent mouvement de rotation autour d'un axe horizontal et dont les parois sont constituées, comme celles des blutoirs, par de fines toiles à tamis. Ces prismes, qui plongent dans un récipient à moitié plein d'eau, sont

en partie chargés de pâte que l'on y introduit par une ouverture latérale. Leur mouvement détermine le frottement de la pâte dans le liquide. On peut même accentuer le travail, en munissant d'un agitateur fixe l'in-

térieur de l'appareil. Après un certain temps d'agitation, tout l'amidon a filtré à travers les toiles et est venu se déposer au fond du récipient. Dans le prisme, on ne trouve plus que des pâtons de gluten.

3^o **Procédé par dissolution du gluten.** — Un dernier procédé d'extraction, moins économique que les précédents, consiste à attaquer le gluten par une lessive alcaline. On fait une dissolution renfermant de 1 à 2 p. 100 de soude, dans laquelle on agite la farine.

Le gluten ne tarde pas à se dissoudre complètement et il ne reste plus qu'à isoler l'amidon, par tamisage.

Ce procédé présente trois inconvénients assez sérieux : les rendements sont assez faibles, l'emploi de la soude détermine une dépense supplémentaire, enfin on sacrifie le gluten, matière d'une très grande valeur alimentaire.

Somme toute, c'est encore le procédé mécanique Martin qui présente les plus grands avantages.

Une fois en possession de l'eau amidonnée, celle-ci est traitée par les opérations ordinaires que nous avons indiquées à la suite du procédé d'extraction par fermentation.

Amidon du maïs. — Le maïs dont on veut extraire l'amidon doit être mis à tremper dans une eau presque complètement saturée d'anhydride sulfureux (SO_2). L'action de ce dernier doit se continuer jusqu'à ce que les grains s'écrasent bien par pression entre les doigts, ce qui demande environ dix à douze jours. L'acide sulfureux, en outre de son action décolorante, attaque et détruit la matière grasse odorante renfermée surtout dans les germes. On peut gagner du temps en élevant la température des trempes, mais le procédé donne alors de mauvais résultats, car il est difficile d'obtenir une température uniforme dans une masse énorme de maïs, qui se chiffre souvent par plusieurs milliers de kilogrammes. Lorsque le maïs est suffisamment ramolli, on le broye entre des meules coniques ou verticales.

On emploie beaucoup des sortes de moulins constitués

par une partie conique cannelée tournant dans l'intérieur

d'un autre cône disposé en sens inverse du premier, de façon que l'espace laissé libre aille constamment en diminuant (fig. 161).

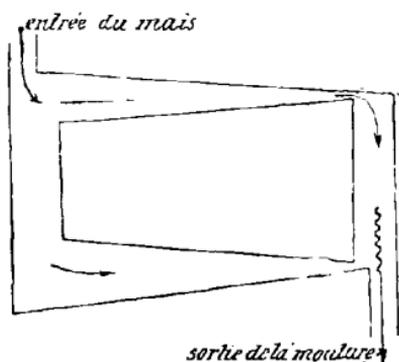


Fig. 161. — Broyeur de maïs horizontal.

On se sert aussi d'un autre système de broyeur à action verticale (fig. 162), constitué par une enveloppe dans laquelle tourne une meule montée sur un axe horizontal. Cette

meule, qui a la forme d'un tronc de cône, tourne vis-

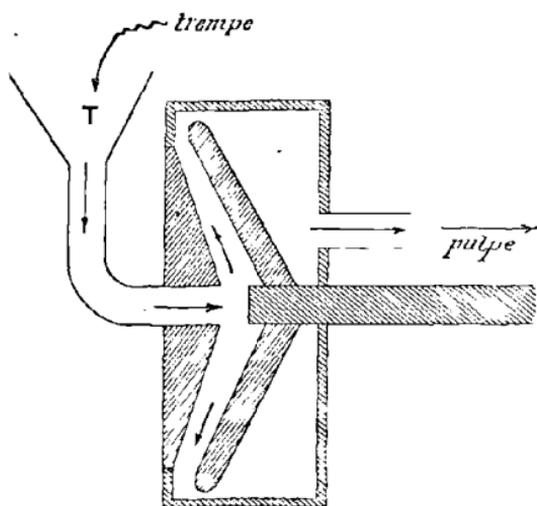


Fig. 162. — Broyeur de maïs vertical.

à-vis d'une autre partie conique fixe, jouant le rôle de meule gisante.

Une trémie spéciale permet d'introduire le mélange d'eau et de maïs dans l'intérieur du broyeur. Celui-ci présente sur ses surfaces travaillantes des cannelures, sortes de lames d'acier implantées pendant la fonte. Le mélange d'eau et de grain — la trempe, en d'autres termes — est entraîné par les cannelures et sollicité par la force centrifuge à venir à la périphérie, où on le recueille sous forme d'une pulpe épaisse.

Lorsque le maïs est broyé, on fait passer le mélange dans des tamis d'extraction, analogues à celui que nous avons décrit au chapitre précédent. Le gluten a disparu en grande partie pendant le trempage et, en tout cas, sa quantité est tellement faible qu'elle ne met aucun obstacle à la séparation de l'amidon.

Ce dernier est ensuite blanchi et séché comme s'il provenait du froment.

En Amérique, où l'on produit beaucoup d'amidon de maïs, et dans quelques fabriques françaises, on opère un peu différemment.

On transforme le grain en farine la plus fine possible, au moyen de broyeurs spéciaux et de blutoirs. Puis, avec de l'eau additionnée d'un peu d'acide sulfurique, on fait une pâte consistante qu'on laisse en repos une dizaine d'heures. Après ce laps de temps, on la délaye le plus intimement possible dans cinq fois son volume d'eau bien propre, toujours un peu acidulée par du vitriol, et l'on abandonne la dilution à elle-même pendant une semaine, en ayant soin de l'agiter très vivement au moins une fois par jour.

Un dépôt considérable ne tarde pas à se former. On opère alors plusieurs *rafraîchissements* successifs, c'est-à-dire que l'on décante le liquide surnageant pour le remplacer par une égale quantité d'eau pure.

Le dépôt est constitué chaque fois par deux couches bien distinctes : tout à fait à la partie inférieure se trouve une matière très épaisse et qui est l'amidon proprement

dit ; au-dessus, **une** autre partie beaucoup plus fluide renferme, en outre de la **matière** amyliacée, une certaine proportion d'impuretés. A **chacune** des opérations, on enlève d'abord le liquide blanchâtre qui surnage, puis on met à part la couche superficielle et **enfin** on fait passer la portion inférieure sur des tamis à **mailles** de plus en plus serrées, avant d'y ajouter l'eau pure. **Généralement**, trois ou quatre lavages, pratiqués avec tous les **soins** que nous venons d'indiquer, suffisent.

Les couches superficielles sont ensuite traitées à part pour en séparer aussi la grande quantité d'amidon qu'elles renferment.

Les traitements subséquents sont absolument identiques à ceux que l'on fait subir à l'amidon de blé.

Extraction de l'amidon du riz. — Le procédé d'extraction le plus économique est celui de MM. *Attwood et Renton*, que nous allons indiquer en l'empruntant aux auteurs eux-mêmes :

« Nous prenons des grains de riz, soit entiers ou brisés, avec ou sans les cosses, ou de la farine de riz, et nous mettons les grains ou la farine dans un vase peu profond, puis nous y versons une dissolution de chaux et de chlorure de sodium, en quantité suffisante pour immerger le riz entièrement.

« Nous faisons cette dissolution en combinant de la chaux vive et éteinte, du chlorure de sodium et de l'eau dans les proportions suivantes :

« A peu près 50 kilogrammes de chaux vive et 15 kilogrammes de chlorure de sodium pour 2000 litres d'eau ou dans les proportions correspondantes.

« Nous ne nous restreignons pas à ces proportions ; on pourrait en adopter d'autres, bien que ce puisse être moins avantageux.

« Nous laissons le riz ainsi submergé pendant à peu près six heures, et nous l'agitons bien toutes les demi-heures ; nous retirons ensuite le liquide au moyen de

robinets convenables et nous recouvrons ou submergeons le riz sous une nouvelle dissolution semblable à la première. Puis, nous soumettons le riz à l'action de la dissolution pendant six jours et nous l'agitons bien toutes les demi-heures, comme auparavant ; après, nous retirons le liquide, et le riz est prêt à mouder : on le moule d'après la manière ordinaire ; nous mettons le riz moulu dans un vase agitateur, et nous le submergeons dans une dissolution semblable à celle susmentionnée. Alors, nous agitons bien le riz pendant deux ou trois heures ; nous l'enlevons du vase agitateur et nous le mettons dans des vases à séparation, c'est-à-dire disposés pour que le dégagement du gluten puisse s'y opérer avantageusement.

« Nous le laissons à peu près reposer six heures et, pour économiser le temps, nous faisons agiter le riz à la fin du jour, afin que l'amidon se dégage du gluten avec lequel il se trouve combiné avant le lendemain matin.

« Lorsque nous faisons l'examen des vases, nous trouvons au fond un dépôt demi-fluide ; ce dépôt est l'amidon combiné avec une portion de fibrine, tandis que le gluten surnage ; puis, nous retirons le liquide aussi près que possible du dépôt demi-fluide, et nous remplissons le vase d'eau froide que nous retirons encore après peu de temps.

« L'amidon doit être alors dégagé de la fibrine par le moyen ordinairement adopté par les amidonniers.

« Pour faciliter le dégagement de l'amidon de la fibrine dans l'eau, nous employons quelquefois un tube à télescope disposé verticalement sur une ouverture pratiquée au fond ou près du fond du vase ; de sorte que le bord supérieur du tube pourrait être repoussé de temps en temps, et peu à peu, jusqu'à ce que tout l'amidon qui surnage se soit dégagé de la fibrine et s'écoule, tandis que la fibrine se précipite au fond. L'amidon humide passe dans un vase à filtrer qui est muni d'un faux fond

composé d'une, deux ou plusieurs plaques de zinc percées ou perforées, ou de tissu métallique ou d'autre substance convenable, avec une feuille de toile interposée ; le tout doit être fermé soigneusement, afin que l'amidon ne puisse pas s'échapper.

« Entre le fond du vase et la plaque de zinc perforée, se trouve un tuyau qui conduit à une pompe d'épuisement, pompe qui sert à faire le vide. Lorsque l'amidon coule dans le vase à filtrer, nous faisons fonctionner la pompe, et elle retire tout ou presque tout l'excédent ou le superflu d'eau de laquelle l'amidon s'est chargé, comme aussi elle enlève avec l'eau une portion d'amidon que le filtre ou le faux fond n'a pas pu arrêter; alors la pompe se vide dans un réservoir long et peu profond ou dans une rangée d'auges qui sont mises en communication l'une avec l'autre, de sorte que l'eau chargée d'amidon puisse traverser un espace assez long avant de s'échapper entièrement, de manière à déposer tout l'amidon dont elle était chargée dans sa traversée.

« Pour arriver à ce but, on doit donner une pente très légère à l'auge ou à la rangée d'auges ; une inclinaison de 2 centimètres environ sur 33 mètres suffit.

« La largeur de l'auge ou des auges doit être proportionnée à la quantité d'eau chargée de l'amidon en état de suspension, et il serait avantageux que la proportion ne dépassât pas 10 centimètres.

« Nous avons trouvé dans la pratique que, dans un parcours de 100 mètres ou à peu près, l'eau s'écoulerait parfaitement claire et dégagée de l'amidon.

« L'amidon ainsi séparé et ramassé est tout prêt à être soumis à l'opération dite *mise en boîte* ; après quoi nous le séchons, comme à l'ordinaire.

• • • • •
 « On peut préparer de l'amidon d'une assez bonne qualité pour de certains usages, mais point pour tous, en employant des dissolutions de chaux seule, suivant la

manière déjà indiquée; toutefois, dans ce cas, nous l'employons à froid seulement. »

Ce procédé *Attwood et Renton* est excellent. Le rendement qu'il fournit est toujours supérieur de 5 ou 6 p. 100 à celui obtenu par le procédé à la soude ou à la potasse, dont nous allons dire quelques mots. De plus, il permet d'obtenir l'amidon beaucoup plus rapidement et, partant, plus économiquement, en diminuant la main-d'œuvre dans une assez grande mesure.

Certaines amidonneries extraient encore l'amidon du riz de la façon suivante :

On immerge les grains nus ou entourés de leurs enveloppes dans une lessive alcaline de soude ou de potasse pendant quelques jours, puis le riz est lavé plusieurs fois avec de l'eau bien propre et réduit en pulpe.

Cette pulpe est placée dans un récipient en contact avec une solution de borate de soude et de chaux et agité immédiatement après, pendant trois ou quatre heures. Après quoi, on étend du double avec de l'eau ordinaire, on agite pour bien mélanger et on laisse reposer. On pratique, pour terminer, plusieurs rafraîchissements et les opérations subséquentes se font toujours comme à l'ordinaire.

Cette méthode, qui, ainsi résumée, paraît plus simple que la précédente, est, au contraire, beaucoup plus longue et plus dispendieuse, surtout si l'on use de la potasse, toujours plus chère, à poids égal, que la soude. Nous passerons sous silence l'extraction de l'amidon des légumineuses, qui se fait à peu de chose près comme nous venons de l'indiquer pour le riz. Nous laisserons également de côté le travail des châtaignes et celui des marrons d'Inde, qui ne constitue pas une industrie suivie.

III. — UTILISATION DES PRODUITS.

Bien préparé, l'amidon de froment est excellent pour la formation des *empois*. Ceux-ci s'obtiennent en ajoutant à l'amidon sept ou huit fois son poids d'eau, et en chauffant ensuite lentement jusqu'à complète évaporation.

L'empois d'amidon de blé est transparent. Celui du riz et du maïs sont opaques. On s'en sert surtout pour apprêter les tissus, pour blanchir le linge et pour fabriquer la dextrine et la colle fine.

En médecine, on l'administre en lavements, pour le traitement de certaines maladies.

L'amidon possède encore d'autres usages. C'est ainsi que celui du riz, additionné d'essences aromatiques et qui est surtout connu dans le commerce sous le nom de *poudre de riz*, est très employé en parfumerie et pour calmer le feu du rasoir.

Les savons de toilette renferment aussi beaucoup d'amidon; il n'est même pas rare qu'ils en contiennent 50 p. 100 de leur poids.

Comme résidu principal de la fabrication, on obtient une proportion assez notable de gluten, qui peut être utilisé de deux façons principales :

Il peut entrer dans l'alimentation (pain de gluten) ou servir à fabriquer la *colle de Vienne*.

Cette dernière s'obtient en abandonnant le gluten à une fermentation spontanée qui a pour résultat de le liquéfier. Ce liquide concentré, séché et réduit en poudre, est soluble dans l'eau, où il constitue une colle de très grande puissance agglutinative. On l'emploie surtout pour coller les cuirs.

Les déchets de cuir, par exemple, collés par ce moyen et soumis ensuite à l'action d'une forte presse hydraulique, constituent les cuirs artificiels qui ont pour principal inconvénient de se désagréger dans l'eau ou sous l'action prolongée de l'humidité.

Une amidonnerie ne réclame pas une installation bien coûteuse et la fabrication de l'amidon est des plus faciles. Cette industrie peut donc être prospère si l'on considère surtout que, sur la totalité de l'amidon consommé en France, une bonne moitié nous vient de l'étranger à des prix équivalents ou supérieurs aux nôtres. L'amidonnier est donc sûr de toujours écouler ses produits.

Maïs (M. Balland),

	Maïs indigènes.		Maïs exotiques.	
	Minimum.	Maximum.	Minimum.	Maximum.
Bau.....	12,20	14,40	10,00	12,90
Matières azotées.	8,10	9,67	8,90	11,10
— grasses.	4,25	5,50	3,35	5,00
Matières sucrées et amylacées..	68,66	71,32	68,76	72,84
Cellulose.....	1,38	2,04	1,38	2,26
Cendres.....	0,94	1,68	0,92	1,46

La proportion des matières sucrées varie entre 0,70 et 1,25 p. 100 et l'acidité oscille entre 0,047 et 0,060 p. 100.

Cent grammes de grains de maïs donnent approximativement :

Enveloppes (péricarpe et épisperme).....	12,4
Amande farineuse (albumen).....	71,1
Germes (embryon).....	13,5

RIZ (d'après M. Balland).

VARIÉTÉS commerciales.	Eau.	MATIÈRES			Cellulose.	Cendres.	Poids de 1000 grains.
		Azotées.	Grasses.	Amylacées.			
Arracan... { Minimum..... Maximum.....	11,80	5,55	0,25	78,41	0,18	0,14	13,4
	14,20	7,50	0,65	81,03	0,39	0,54	22,3
Caroline... { Minimum..... Maximum.....	13,10	7,10	0,30	75,60	0,19	0,40	20,4
	15,20	8,82	0,45	78,52	0,28	0,46	21,6
Indes.... { Minimum..... Maximum.....	11,70	6,64	0,15	78,60	0,21	0,34	17
	14	7,01	0,45	80,27	0,31	0,44	18,3
Japon.... { Minimum..... Maximum.....	12,30	5,50	0,25	77,64	0,21	0,78	18,3
	15,30	6,98	0,50	80,49	0,36	0,46	23,3
Java.... { Minimum..... Maximum.....	12,20	6,67	0,35	77,30	0,24	0,48	20
	14,80	6,86	0,55	79,56	0,34	0,58	22,8
Piémont... { Minimum..... Maximum.....	13	7,21	0,35	75,77	0,20	0,40	23,4
	16	7,70	0,45	78,21	0,23	0,44	23,7
Saïgon... { Minimum..... Maximum.....	10,20	6,90	0,30	76,96	0,20	0,28	10,5
	15	8,38	0,75	81,35	0,42	0,56	17,4

AMIDONNERIE.

Pour 100.	Blé.	Riz.	Maïs.
Eau.....	13,65	13,11	13,12
Matières azotées.....	12,35	7,85	9,85
— grasses.....	1,75	0,88	4,62
— sucrées.....	1,45		2,46
Gomme et dextrine.....	2,38	76,52	3,38
Amidon.....	64,08		62,57
Cellulose.....	2,53	0,63	2,49
Cendres (Kœnig).....	1,81	1,01	1,51

AMIDONS.

Composition de quelques amidons de blé du commerce.

Pour 100.	Amidon pur en poudre.	Amidon en aiguille blanc très fin.	Amidon fin en morceaux.	Amidon en morceaux blanc jaunâtre.
Eau.....	14,52	17,83	17,44	14,20
Gluten.....	0,10	»	traces	1,84
Tissu fibreux.....	1,44	0,48	1,20	3,77
Cendres.....	0,03	0,21	0,40	0,55
Amidon.....	83,91	81,48	81,32	79,64
	100,00	100,00	100,36	100,00

GLUCOSERIE

I. — Législation. — Statistiques.

Les féculés et les amidons les plus purs sont vendus directement dans le commerce; les moins purs vont généralement en glucoserie, de sorte que la glucoserie est, en quelque sorte, une industrie résiduaire de la féculerie et de l'amidonnerie.

Il y a cependant des usines qui font à la fois de la fécule et du glucose.

A l'heure actuelle, l'impôt qui pèse sur les glucoses est de 13 fr. 50 par 100 kilogrammes; les maïs étrangers qui entrent en glucoserie payent en plus un droit de 4 francs par 100 kilogrammes de maïs.

D'après la loi de janvier 1903, relative au régime des sucres, et qui porte application de la convention de Bruxelles, le droit sur les glucoses est modifié en même temps que celui sur le sucre. A partir du 1^{er} septembre 1903, ce dernier sera abaissé de 60 francs à 25 francs et le premier de 13 fr. 50 à 6 fr. 50.

Un régime de faveur est spécialement réservé aux glucoses employés en brasserie. Ceux qui sont introduits dans les mûts avant fermentation sont exempts du droit de 13 fr. 50; le brasseur ne paye pour eux que le droit de 0 fr. 25 par degré-hectolitre qui est prescrit par la législation des bières et qui frappe les mûts de malt ordi-

GLUCOSERIE. — FABRICATION PROPREMENT DITE. 411

naires. (On entend par *degré* le degré de densité obtenu, comme en sucrerie, avec les densimètres Régie, et l'on admet que 100 kilogrammes de glucose peuvent donner 29 degrés-hectolitres.)

Le glucose employé pour continuer la fermentation de la bière paye le droit plein.

A cause de la grande différence qui existe entre le droit sur les glucoses et le droit sur le sucre ordinaire, on fait entrer beaucoup de glucoses dans la préparation des confitures, des bonbons, etc.

Il est à présumer qu'après le 1^{er} septembre 1903 les préparations « pur sucre » gagneront du terrain sur les préparations au glucose.

Quoi qu'il en soit, voici, à titre de renseignements, les statistiques relatives à la production du glucose en France pendant les cinq dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE de fabriques.	PRODUCTION TOTALE en kilogr.	GLUCOSE employé en franchise par la brasserie.
1897-1898	18	40.755.190	7.459.741 kg
1898-1899	18	45.372.711	8.217.099 —
1899-1900	18	39.488.137	6.284.610 —
1900-1901	17	30.162.071	5.117.213 —
1901-1902.....	17	27.907.345	6.112.743 —
1902-1903 (5 prem. mois).	16	12.626.840	1.656.829 —

II. — FABRICATION PROPREMENT DITE.

La saccharification. — Dans l'industrie, le glucose se prépare par transformation de l'amidon ou de la fécule, au moyen de l'acide sulfurique et de la chaleur.

De nombreuses études ont été faites sur la saccharification de l'amidon par cette voie. Bien qu'il règne encore des incertitudes à cet égard, on peut dire que l'amidon chauffé en présence des acides se transforme en dextrine,

puis en glucose, et que la proportion de glucose obtenue dépend dans une certaine mesure de la quantité d'acide employée, ainsi que de la durée et de la température de chauffage.

Les acides dont on se sert le plus souvent sont : l'acide sulfurique, l'acide sulfurique additionné d'acide azotique, l'acide chlorhydrique, l'acide oxalique. Des essais récents montrent également qu'on peut employer avec grand avantage l'acide phosphorique.

On peut aussi saccharifier l'amidon au moyen des ferments solubles ou diastases contenus dans le malt. Dans ce cas, il se forme d'abord de l'amidon soluble, puis des dextrines et enfin du maltose. On obtient la plus forte proportion de maltose aux températures comprises entre 40° et 60°. Si l'on dépasse cette limite, la proportion de dextrine augmente jusqu'à ce que les diastases soient tuées (81°).

Voici quelques chiffres pour fixer les idées :

	Proportions de	
	Dextrine.	Maltose.
40° à 60°	20	80
72°-73°	75	25
75°	100	0
81°	0	0

Le phénomène de la saccharification par le malt a été bien expliqué par M. Duclaux, qui admet l'existence de deux diastases : l'une, l'amylase, donnerait de la dextrine ; l'autre, la dextrinase, transformerait la dextrine en maltose. L'amylase résisterait à des températures plus élevées que la dextrinase, et ainsi s'expliquerait pourquoi la proportion de maltose obtenue irait en s'affaiblissant à mesure que la température s'élève au-dessus de 60°. Il est établi que la formation de dextrines cesse à partir de 81°, tandis que la production de maltose est déjà arrêtée à 75°.

En glucoserie, on a généralement recours à la saccharification par les acides ; voilà pourquoi nous n'insiste-

rons pas sur la saccharification diastasique, qui d'ailleurs ne donne que du maltose et de la dextrine qu'il faudrait transformer en glucose par une opération ultérieure.

Opérations industrielles de la glucoserie. — Nous avons déjà indiqué les matières premières qui servent à fabriquer le glucose. Il est bon d'ajouter que les quantités de maïs étranger employées en glucoserie vont constamment en diminuant, à cause du droit spécial qui les frappe en plus de l'impôt qui pèse sur le produit fabriqué.

La fabrication du glucose, qui est facile à comprendre quand on connaît la fabrication du sucre, comprend plusieurs opérations :

a. **La SACCHARIFICATION.** — Elle s'effectue, le plus souvent, en chauffant de l'amidon avec de l'eau additionnée d'acide sulfurique. L'opération a lieu, tantôt à l'air libre, tantôt sous pression.

1° *A l'air libre.* — Dans une cuve en bois, pourvue d'un serpentín de chauffage et d'un agitateur mécanique, on met d'abord de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique qu'on porte à l'ébullition ; puis on y fait couler lentement un lait tiède d'amidon, de façon que l'ébullition ne soit pas interrompue. On emploie, pour 100 kilogrammes d'amidon sec, 150 à 200 kilogrammes d'eau et 3 à 5 kilogrammes d'acide sulfurique.

On continue l'ébullition jusqu'à saccharification complète. On sature avec de la craie. On s'aperçoit de la fin de la réaction par deux moyens :

Au moyen de la teinture d'iode : la saturation est complète lorsqu'il ne se produit plus d'effervescence et quand le papier de tournesol bleu ne rougit plus ; au moyen de l'alcool à 95° : il ne doit pas donner de précipité avec le même liquide filtré, prouvant ainsi qu'il ne reste plus de dextrines. Il ne faut cependant pas ajouter une valeur trop absolue à l'essai par l'alcool.

2° *Sous pression.* — La saccharification est faite dans un autoclave qui est pourvu d'un tuyau pour l'introduc-

tion de la vapeur de chauffe, d'un tuyau pour l'arrivée de l'eau acidulée, d'un tuyau pour la sortie de l'air pendant le chauffage, d'une vidange pour le liquide saccharifié, d'un manomètre et d'une soupape de sûreté.

Tout d'abord, on opère de la même façon que pour la saccharification à l'air libre ; quand tout l'amidon a été introduit dans l'eau acidulée portée préalablement à l'ébullition, et que l'air intérieur s'est complètement échappé, on ferme le robinet à air et l'on continue à chauffer jusqu'à 2 ou 3 kilogrammes de pression.

Au bout d'une heure environ, l'opération est terminée.

La saccharification sous pression exige moins de vapeur que la saccharification à l'air libre ; mais elle expose à des destructions de glucose plus importantes, car il est bien difficile d'arrêter le chauffage juste au moment où la saccharification est achevée.

b. NEUTRALISATION DU LIQUIDE. — Si l'on a fait la saccharification à l'air libre, la neutralisation peut être effectuée dans la même cuve où a été faite la saccharification elle-même ; si l'on a opéré sous pression dans un autoclave, il faut une cuve spéciale.

Pour neutraliser le liquide, on y laisse tomber lentement et petit à petit de la craie pulvérisée dans la proportion d'environ 1 kilogramme de carbonate de chaux pur par kilogramme d'acidité exprimée en acide sulfurique.

Si l'on ajoutait la craie en une seule fois, il pourrait se produire un débordement, par suite du dégagement de l'acide carbonique. On s'aperçoit qu'on touche à la neutralité au moyen d'un papier de tournesol sensible. Le contenu de la cuve est alors envoyé dans un bac décanteur où le sulfate de chaux produit se dépose petit à petit, ou bien on peut l'éliminer au moyen de filtres analogues à ceux que nous avons décrits en sucrerie (Voy. p. 154).

c. L'ÉVAPORATION est généralement faite dans des chaudières à air libre ; mais on pourrait la faire, comme en sucrerie, dans des appareils à multiple effet (triple effet, etc.),

marchant sous un vide partiel et dont la dernière caisse serait en communication avec une pompe à air (Voy. p. 133 et suivantes). A mesure que la concentration augmente, il se précipite du sulfate de chaux. On arrête l'évaporation quand le sirop a atteint une densité de 20° à 30° B.

On sépare le sulfate de chaux précipité par une décantation ou par une filtration, comme en sucrerie. Si l'on veut avoir un sirop moins coloré, on le fait passer ensuite dans des filtres à noir, ou bien on l'additionne de noir en poudre et l'on envoie dans des filtres à poches.

d. CUIRE. — Le sirop filtré est évaporé jusqu'à 43° à 45° B. (pesé à 60°) dans un appareil à cuire marchant sous le vide et analogue aux appareils à cuire de sucrerie (Voy. p. 157 et suivantes).

On obtient ainsi le sirop de glucose commercial.

Si l'on veut avoir du sirop qui cristallise, il est bon d'employer une proportion d'acide sulfurique un peu plus grande et de chauffer un peu moins longtemps à la saccharification.

En abandonnant le sirop à 45° B. dans un local à douce température, la solidification se produit petit à petit. On peut l'activer et obtenir qu'elle se fasse complètement en huit ou dix heures, en soumettant le sirop à une agitation énergique.

Nous voulons dire deux mots d'un procédé spécial pour la préparation du glucose solide qui est connu dans l'industrie sous le nom de *procédé Anthon*. Les opérations sont les mêmes que celles qui viennent d'être présentées ; il n'y a que quelques points de détail qui diffèrent.

a. *Saccharification*. — On prend 1200 kilogrammes d'amidon qu'on délaye dans 1400 litres d'eau. On fait couler le tout dans un bac où se trouve un mélange de 200 kilogrammes d'eau et de 24 kilogrammes d'acide sulfurique. On fait bouillir pendant quatre heures et demie ou cinq heures.

b. *Neutralisation.* — On neutralise le liquide dans le bac lui-même en employant 30 kilogrammes de bon noir et 25 à 30 kilogrammes de craie.

On introduit d'abord, dans le liquide saccharifié bouillant, 10 kilogrammes de noir, puis on fait tomber la craie petit à petit et l'on met enfin le reste du noir. Le dépôt est séparé dans un filtre Taylor.

Celui-ci se compose de poches en toile qui sont suspendues à une sorte de plaque tubulaire horizontale, le tout étant enfermé dans une enveloppe dont le couvercle supérieur est à joint étanche. Le sirop arrive dans l'étage au-dessus de la plaque tubulaire, descend dans les poches et filtre de l'intérieur de celles-ci à l'extérieur. Il s'échappe ensuite de l'enveloppe du filtre par une ouverture de sortie.

c. *Évaporation.* — On la pousse jusqu'à 33°-36° B. (pesé à chaud). Le sirop est ensuite abandonné au refroidissement dans des bacs en tôle *ad hoc* ou dans des cuves en bois doublées de zinc.

Après refroidissement, on ajoute dans le sirop quelques kilogrammes de glucose provenant d'une opération précédente et l'on agite vigoureusement. Au bout de huit à dix heures, la masse est prise et on la met dans des caisses où elle se solidifie.

d. *Pressage.* — Le sirop solidifié est placé dans des cadres entourés de toile, puis soumis à la pression dans une presse hydraulique. On obtient ainsi des gâteaux de glucose.

Pour obtenir du glucose en pains tronconiques, on réduit en morceaux les gâteaux précédemment obtenus et on les fait fondre partiellement à la température de 75° à 80°. L'opération dure trois à quatre heures pour 400 kilogrammes de glucose ; il faut qu'il reste de la farine non fondue pour que la cristallisation subséquente puisse se produire plus rapidement.

On verse la masse dans des formes et on la laisse

refroidir. Au bout de deux jours, la solidification est complète et l'on peut sortir les pains de leur forme.

Si l'on veut obtenir des pains très blancs, il y a une précaution à prendre au moment de la neutralisation ; il faut avoir recours à l'action décolorante de l'acide sulfureux.

Après qu'on a ajouté, pour la neutralisation, la moitié de la craie nécessaire, on met dans le liquide 1^kg,5 à 2 kilogrammes de sulfite de chaux et l'on fait bouillir dix minutes. On introduit ensuite le reste de la craie et les opérations se continuent comme il a été dit. Il est évident que cette proportion de 1^kg,5 à 2 kilogrammes de sulfite de chaux se rapporte à l'amidon qui entre dans une opération, soit 1200 kilogrammes.

Nous n'avons décrit que les procédés qui emploient exclusivement l'acide sulfurique pour la saccharification ; mais ce ne sont pas les seuls qui existent.

C'est ainsi que Krölke recommande d'employer un mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique, soit, pour 1000 kilogrammes d'amidon, 10 kilogrammes d'acide sulfurique et 1^{kg},47 d'acide azotique ; il se produit, paraît-il, une saccharification plus rapide.

Nous connaissons une usine où l'on emploie de l'acide oxalique. Ce dernier acide étant moins actif que l'acide sulfurique, on obtiendrait plus facilement, d'après l'inventeur, des glucoses moins colorés.

Pour diminuer la dépense en acide, on a même essayé, dans cette usine, de régénérer l'acide oxalique par un procédé spécial, qui a été d'ailleurs abandonné au bout de peu de temps.

Enfin, dans ces derniers temps, on a obtenu d'excellents résultats avec l'acide phosphorique. Comme le procédé auquel nous faisons allusion n'a point été publié dans ses détails, nous ne savons quelles proportions ont été reconnues les meilleures ; mais elles seraient faciles à déterminer par l'expérience.

Nous allons maintenant donner la composition moyenne des produits que l'on rencontre dans le commerce :

Premier exemple (M. Lindet) :

	Sirop cristal.		Glucose massé.
	I.	II.	
Eau.....	20,63	11,66	20,44
Dextrose (anhydre)..	33,35	37,01	73,43
Dextrine.....	43,83	46,14	5,78
Cendres.....	0,19	0,19	0,35

Deuxième exemple (M. Pellet) :

	Sirop de glucose.	Glucose massé.
Eau, pour 100 grammes...	16,50	18,00
Dextrose.....	42,30	69,30
Mat. infermentescibles....	40,80	12,30
Cendres.....	0,40	0,4

Troisième exemple (M. Saillard) :

	Sirop de glucose.	Glucose massé.
Eau, pour 100 grammes...	17,11	19,52
Dextrose.....	39,30	70,95
Extrait infermentescible..	43,32	9,16
Cendres.....	0,28	0,37

Enfin, voici des résultats qui se rapportent aux glucoses de Belgique (M. Denamour) :

	Eau.	Extrait sec.	Extrait infermenté.
Glucose massé I.....	21,523	78,477	30,970
— II.....	25,734	74,266	31,060
— III.....	23,131	76,869	29,592
Glucose cristal en sirop très épais.....	14,851	85,146	38,062

Pour permettre de suivre plus facilement la marche des opérations, nous mettons sous les yeux du lecteur un plan d'installation de glucoserie qui nous a été communiqué par M. C.-H. Touaillon.

- A. cuve à délayer la fécule avec l'eau.
b, robinet; *f*, entonnoir.
 B. cuve à saccharifier.
c, bonde fermant la cuve; *d*, tuyau conduisant la vapeur au serpentín barboteur; *e*, robinet d'arrivée de vapeur.
 C. réservoir garni de baïonnettes à filtres à poche *k*.
 D. réservoir recevant le liquide provenant des filtres.
 E. monte-jus; I, colonne montante.
 F. réservoir à jus.
 G. chaudière à clarifier.
 H. réservoir de la chaudière G.
 I, J, filtres à noir.
 J, K, réservoirs des filtres à noir.
 L. appareil à concentrer dans le vide.
 M. réservoir à sirop de glucose, placé derrière le réservoir J.

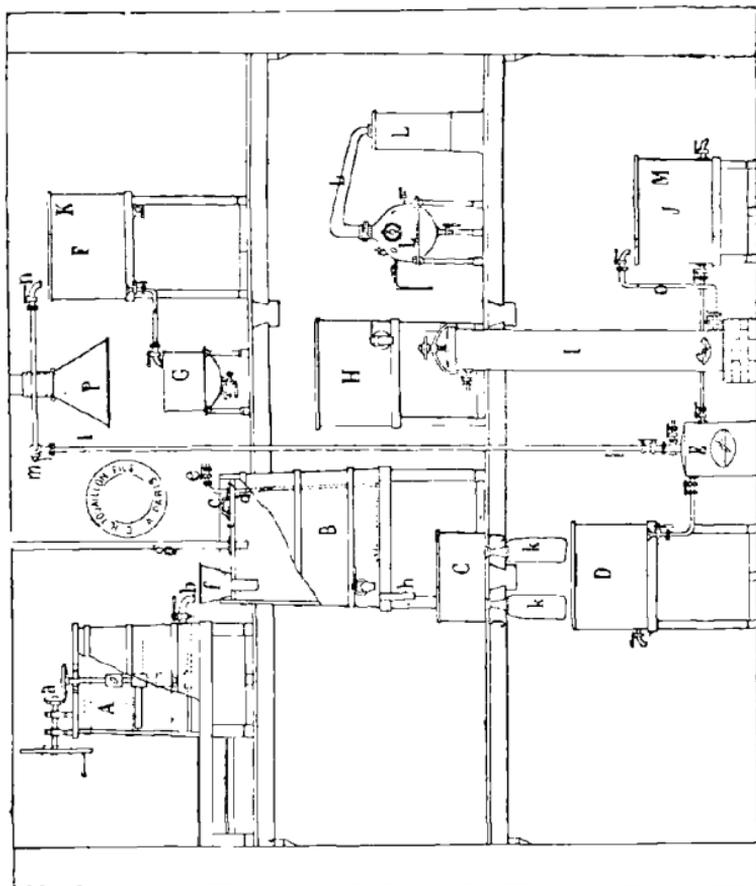


Fig. 163. — Plan d'installation de glucoserie, de M. Touillon.

III. — CONTRÔLE CHIMIQUE.

Le contrôle chimique du travail peut être fait, dans les glucoseries, amidonneries et féculeries, d'après les mêmes principes qu'en sucrerie. Tout fabricant doit chercher à se rendre compte de ce que devient la matière première pendant la fabrication et savoir, chaque semaine, par exemple, ce qu'il obtient de produit fabriqué par 100 kilogrammes de matière première ou par 100 kilogrammes d'amidon entrant en fabrication.

L'amidon entré en usine se détermine par la pesée au moyen d'une bascule et par l'analyse chimique. Cette dernière comporte le dosage de l'humidité à l'aide d'une étuve chauffée à 100° et le dosage de l'amidon par une méthode qui prescrit un mode de saccharification analogue à celui qu'emploie la glucoserie elle-même.

Le produit fabriqué et les résidus de fabrication sont eux-mêmes analysés et pesés comme la matière première elle-même, et l'on a alors tous les éléments pour établir le bilan des entrées et des sorties.

Si l'on veut suivre de plus près le travail de fabrication et mettre en relief les influences qui agissent sur la qualité du produit final, il faut faire le contrôle chimique à chaque poste. C'est d'ailleurs le seul moyen d'obtenir que les ouvriers apportent toujours de l'attention dans leur travail.

Nous renvoyons le lecteur aux ouvrages spéciaux qui traitent des méthodes analytiques ; le cadre restreint de cet ouvrage ne nous permet pas d'entrer dans les détails.

FIN.

Complétez la légende page 251 :

T, trémie ; V, ventilateur ; *a.* espace de 3 à 4 centimètres entre le cylindre fixe et le cylindre mobile ; *b.* blé.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
INTRODUCTION par M. le Dr P. Regnard, directeur de l'Institut national agronomique.....	V
PRÉFACE.....	IX

SUCRERIE

<p>I. Historique. — Législation. — Statistiques..... 1</p> <p>Convention de Bruxelles relative au régime des sucres, 12.</p> <p>Loi du 29 janvier 1903 relative au régime des sucres, 19.</p> <p>Loi du 27 janvier 1903 portant approbation de la convention de Bruxelles, 23.</p> <p>II. Données techniques... 24</p> <p>A. GÉNÉRATEURS OU CHAUDIÈRES A VAPEUR, 24.</p> <p>B. CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR, 45.</p> <p>C. UTILISATION DE LA VAPEUR COMME FORCE MOTRICE, 48.</p> <p>D. APPAREILS MUS PAR LES MACHINES A VAPEUR, 52.</p> <p>III. Données chimiques... 55</p> <p>1° MANNITES, 55.</p> <p>2° POLYGLUCOSES, 57.</p> <p>3° SUCRES ARTIFICIELS, 60.</p> <p>IV. La betterave..... 61</p> <p>V. Travaux préparatoires. 66</p>	<p>VI. Extraction du jus de la betterave..... 76</p> <p>Râpes et presses, 76. — Appareils centrifuges, 77. — Presses continues, 77. — Macération, 77. — Diffusion, 77. — Installation des râperies, 95. — Travail des cossettes épuisées, 97.</p> <p>VII. Épuration des jus... 102</p> <p>a. Épulpage, 102. — b. Défécation à la chaux, 102.</p> <p><i>Appareils servant pour les carbonatations</i>, 108.</p> <p>DÉPENDANCES DU POSTE DE L'ÉPURATION, 120.</p> <p>1° Choix des pierres à chaux, 121. — 2° Fours à chaux, 122. — Laveurs à gaz, 128. — 3° Fours à soufre, 130. — Chaudières à sulfiter, 134.</p> <p>VIII. Évaporation des jus. 135</p> <p>Appareils d'évaporation, 138. — Pompes à vide, 144. — Élimination des retours, 144. — Élimination des</p>
---	--

vapeurs ammoniacales, 145. — Mouvement des jus, 145. — Mise en marche de l'appareil d'évaporation, 146. — Chauffages par la vapeur de jus, 148.	<i>bas produits, suivie de malaxage,</i> 184.
IX. Épuration et filtration des sirops 152	XIII. Utilisation de la mé- lasse 186
X. Cuite et malaxage 156	Osmose, 187. — Extraction du sucre à l'état de sucrate, 190. — Fabri- cation d'alcool de mélasse, 198. — Préparation des fourrages mé- lassés, 201.
MALAXEURS, 168.	XIV. Contrôle chimique .. 207
XI. Turbinage 170	ANALYSES, 207.
XII. Travail des bas pro- duits 179	Analyse des jus de fabrication, 212. — Analyse commerciale des sucres bruts, 220 — Analyse des résidus de fabrication, 221. — Analyse des produits secondaires, 222. — Ana- lyse des gaz en fabrication, 224. .
a. <i>Procédé de cuite au filet avec cristallisation au repos</i> , 180.	Établissement du bilan du sucre, 226.
b. <i>Procédé avec cuite au filet et cristallisation en mouvement</i> , 182.	Contrôle des générateurs. 228.
c. <i>Cristallisation en mouvement sans cuite et par simple refroi- dissement suivi de filtration</i> , 183.	Chauffage des laboratoires par l'al- cool, 230.
d. <i>Procédé avec cuite en grains de</i>	

MEUNERIE

I. Le grain de blé 233	V. Sasseurs. — Collec- teurs 288
Historique, 233.	Sas ou sasseurs, 290. — Collecteurs, 291.
Importations et exportations, 234.	
LE GRAIN DE BLÉ, 235.	VI. Transport, mélange et ensachement des fa- rines 294
II. Nettoyage du grain ... 240	Transporteurs horizontaux, 294. — Élévateurs, 295. — Mélange des farines, 295. — Ensachement. 299.
Nettoyage à sec, 241. — Nettoyage par l'eau, 253. — Séchage, 256.	VII. Examen et analyse des farines 300
III. Mouture Par meules, par broyeurs et par cy- lindres 262	Composition chimique du blé, 305. — Composition des cendres du blé, 306. — Composition des farines, 307.
Mouture. 262. — I. Par meules, 264. — II. Par broyeurs, 271. — III. Par cylindres ou mouture graduelle, 274.	
IV. Blutage. — Blutoirs. — Plansichters 281	
Blutoirs. 281. — Plansichters, 283.	

BOULANGERIE ET PANIFICATION

I. Historique	309	Procédé anglais à l'anhydride carbonique, 336.
II. La fermentation pa-		Procédé allemand, 337.
naire et les différents le-		
vains	311	V. La cuisson du pain. —
Appareils pour la conservation		Différents fours
des levains, 319.		338
Salage du pain, 321.		Défournement des pains, 342.
		Fours, 343.
III. Mise en levain. — Pé-		Système de la meunerie-boulangerie,
trissage à la main. —		349.
Pétrissage mécanique ...	321	VI. Digestibilité des diffé-
Pétrissage proprement dit, 323.		rents pains
Pétrissage mécanique, 326.		352
Pétrisseurs, 328.		Composition de deux pains de ferme
IV. Procédés divers de		(d'après Balland), 353.
panification	334	Composition moyenne du pain blanc
		(d'après Stutzer), 354.
		Composition de divers pains, 354.

FÉCULERIE

I. Composition de la		IV. Purification de la fé-
pomme de terre	355	cule
DOSAGE INDUSTRIEL DE LA FÉCULE, 357.		372
II. Conservation, lavage		Blutoirs ou tamis à repasser, 373. —
et épierrage des tuber-		Plans inclinés, 375. — Plans incli-
cules	360	nés en maçonnerie, 375.
TRAVAUX PRÉPARATOIRES, 362.		V. Dessiccation et blutage
III. Broyage des tuber-		de la fécule
cules. — Tamisage de la		378
rapure obtenue. — Diffé-		Fécule verte, 378. — Fécule anhydre
rentes râpes et diffé-		et fécule sèche, 379. — Dessiccation
rents tamis	363	par aspiration ou par compression,
<i>a.</i> Broyage, 363. — <i>b.</i> Tamisage, 367.		381. — Éluvage, 381.
— Tamis employés en Allemagne.		VI. Usages de la fécule et
Tamis à cataacte ou va-et-vient,		des résidus de féculerie . 385
369. — Tamis Lainé, 370.		Résidus de la fabrication, 387.
		Analyse de pomme de terre, 388.

AMIDONNERIE

I. Historique	389	<i>Amidon du maïs</i> , 399.
II. Extraction de l'amidon . 390		<i>Amidon du riz</i> , 402.
<i>Amidon du froment</i> , 392.		III. Utilisation des pro-
1 ^o Extraction par fermentation, 392.		duits
— 2 ^o Extraction mécanique, 397.		406
		IV. Composition de quel-
		ques amidons
		409

GLUCOSERIE

I. Législation — Statistique.....	410		ment dite. La Sacchari-	
II. Fabrication propre-			fication.....	414
		III. Contrôle chimique...	419	

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

INSTALLATIONS et TRANSFORMATIONS de MOULINS

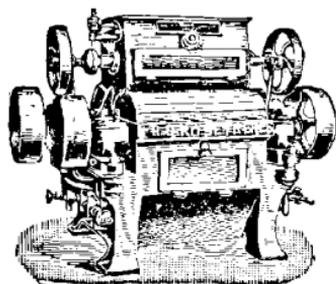
H. & G. ROSE Frères

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

Fournisseurs des Ministères de la Guerre, de la Marine,
des Colonies et de l'Assistance Publique

Ateliers de Construction et Fonderie à POISSY (S.-et-O.)

GRAND PRIX, Exposition Universelle 1900
HORS CONCOURS, Membre du Jury, LILLE 1902



APPAREILS pour la MEUNERIE
Cylindres, Broyeurs, Convertisseurs,
Broyeurs "Record"
Granulateurs,
Plansichters rectangulaires
et circulaires
Bluteries ordinaires et centrifuges
Appareils de Nettoyage

APPAREILS SPÉCIAUX POUR BRASSERIE,
MALTERIE, HUILERIE, DISTILLERIE, RIZERIE, ETC.

MOTEURS HYDRAULIQUES — ROUES HYDRAULIQUES
Turbines Américaines avec pivot dans l'eau ou pivot hors de l'eau
Turbines de tous systèmes. — Turbines à axe horizontal, etc.

PLANS ET DEVIS SUR DEMANDE

ENVOI FRANCO DU CATALOGUE SUR DEMANDE

Magasins à blé. — Silos.
Nettoyage de blé. — Trieurs, etc.
Fendeurs. — Dégermeurs.
Moulins à 2 ou 4 cylindres, etc.

Machines de nettoyage
pour tous grains et graines.
Machines à décortiquer, etc.
Élévateurs. — Vis sans fin.
Transporteurs, etc.

ATELIERS DE CONSTRUCTION MÉCANIQUE ET DE CHAUDRONNERIE
Fonderie de fer et de bronze

E. LACOUTURE
SAINT-QUENTIN (Aisne)

FOUR A SOUFRE PERFECTIONNÉ
CHAUDIÈRE POUR LA SATURATION PAR L'ACIDE SULFUREUX
COMPRESSEURS D'AIR ET ROBINETS SPÉCIAUX
LAVANDIÈRE MÉCANIQUE POUR TOUS TISSUS INDUSTRIELS
HYDRATEUR-TAMISEUR DE POUDRE DE CHAUX
BLUTOIR ET TAMISEUR DE SUCRE

TRÉMIE DE FOUR A CHAUX A FERMETURE INSTANTANÉE
Nouveau Casse-Coke à course variable, avec mâchoires perfectionnées

Préparateur-Hydrateur-Tamiseur de lait de Chaux
CHAULEUR — CONSTRUCTIONS D'USINES A GAZ
Eclairage par le gaz Acétylène
Matériel et Personnel spéciaux pour la pose des conduites de jus
Fabrication spéciale de Cornues pour Fours à gaz
NOUVEAUX APPAREILS POUR L'ÉPURATION DU GAZ D'ÉCLAIRAGE
FOURNEAU A GAZ D'ÉCLAIRAGE A CORNUES EN FONTE & EN TERRE
PIÈCES ET ACCESSOIRES POUR FOURNEAUX A GAZ
BOUCHONS DE CORNUES EN FONTE ET EN TOLE EMBOUTIE

Moulins à diviser les Masses cuites, Revivification du Noir animal
NOUVEAU FOUR A REVIVIFIER LE NOIR
à Cornues ondulées, à cuirasses régulatrices de chaleur
et Sécheur automatique
LAVEUR A NOIR ROTATIF, A CHUTE LIBRE
BLUTOIR, CONCASSEUR ET ÉLÉVATEUR A NOIR
ROBINETTERIE en tous genres

PIÈCES de Bronze et de Fonte sur Modèles et Dessins
Fabrication Mécanique de Cadres en bois pour Osmo-Filtres
NOUVEAU FILTRE SANS TISSUS

HIGNETTE O * O & C^{IE}

INGÉNIEURS-MÉCANICIENS

PARIS — 162 et 164, Boulev. Voltaire (XI^e)

Exposition Universelle 1878 : **2 MÉDAILLES D'OR** — Expositions
Universelles 1889 et 1903 : **MEMBRE DU JURY**
HORS CONCOURS

Installations complètes d'Usines

LAITIERIES, MEUNERIES, FÉCULERIES, DISTILLERIES, SUCRERIES
DE BETTERAVES ET DE CANNES (Procédés perfectionnés).

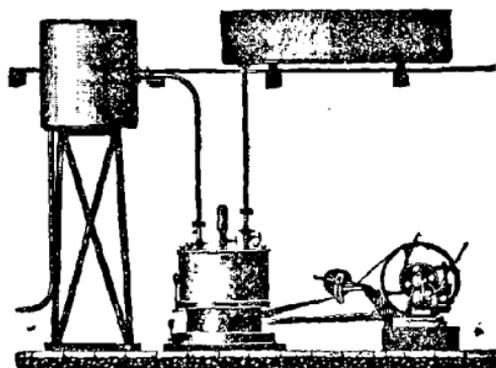
NOUVEAUX APPAREILS pour la MOUTURE DE LA CHAUX ET DU SUCRE

Fours continus pour la cuisson de la chaux par le Gaz

FILTRES CENTRIFUGES CONTINUS

Système HIGNETTE

Pour Jus de Diffusion, Jus sulfités



Jus carbonatés

Vesous de
Cannes à Sucre

Donnant une augmentation de
Pureté et supprimant absolu-
ment les Toiles et sacs filtrants.

NETTOYAGE & ÉPURATION
des Graines de Betteraves

Appareils spéciaux pour la décortication et le perlage des céréales

CHIMIE AGRICOLE

L'Industrie agricole, par F. CONVERT, professeur à

l'Institut agronomique. 1901. 1 vol. in-16 de 443 pages, cart. 5 fr.
Climat, sol, population de la France.

Les céréales et la pomme de terre. — Le blé. — Pays exportateurs. — Législation.
— La farine, le pain, le son. — Le seigle, l'avoine, l'orge, le maïs. — La pomme de terre, les légumineuses alimentaires.

Les plantes industrielles. — Les betteraves à sucre et l'industrie de la sucrerie. — La betterave de distillation et l'alcool. — Les plantes oléagineuses et textiles. — Le houblon, la chicorée à café, le tabac. — La viticulture. — Les vins étrangers, les vins de raisins secs. — L'olivier.

Le bétail et ses produits. — Les espèces chevaline, bovine, ovine, porcine. — Le lait, le beurre et le fromage. — La viande de boucherie. — Le commerce extérieur du bétail. — La laine et la soie. — La production agricole de la France.

Précis de Chimie agricole, par EDOUARD GAIN, maître

de conférences à la Faculté des Sciences de Nancy, 1895, 1 vol. in-16 de 436 pages, avec 93 figures, cartonné 5 fr.

Après avoir étudié le principe général de la nutrition des végétaux, l'auteur trace rapidement l'histoire des différentes doctrines relatives à l'alimentation des plantes. Abordant ensuite la physiologie générale de la nutrition, il passe en revue les rapports de la plante avec le sol et l'atmosphère, les fonctions de nutrition, le chimisme dynamique et le développement des végétaux. La deuxième partie traite de la composition chimique des plantes. La troisième est consacrée à la fertilisation du sol par les engrais et les amendements. La quatrième comprend la chimie des produits agricoles.

Analyse et Essais des Matières agricoles,

par A. VIVIER, directeur de la Station agronomique et du Laboratoire départemental de Melun. 1897, 1 vol. in-16 de 470 pages, avec 88 figures, cartonné 5 fr.

L'auteur indique les méthodes générales de séparation et de dosage des éléments les plus importants dans les engrais, dans les sols et dans les plantes.

Il étudie l'analyse des engrais et des amendements, et à propos des engrais commerciaux, des exigences des plantes, ainsi que des conditions d'emploi des engrais dans les différents sols et pour les différentes cultures. Vient ensuite l'analyse du sol et celle des roches. L'analyse des eaux, les méthodes générales applicables à l'analyse des matières végétales et animales. Enfin, M. Vivier indique l'application de ces méthodes aux cas particuliers, fourrages, matières premières végétales des industries agricoles, produits et sous-produits de ces industries, etc.

Le Pain et la Panification, chimie et technologie de

la boulangerie et de la meunerie, par L. BOUTROUX, professeur de chimie à la Faculté des Sciences de Besançon, 1897, 1 vol. in-16 de 358 pages, avec 57 figures, cartonné 5 fr.

Dans une première partie, M. BOUTROUX étudie la farine. La seconde partie est consacrée à la transformation de la farine en pain. Etude théorique de la fermentation panaria, opérations pratiques de la panification usuelle, procédés de panification employés en France ou à l'étranger. Composition chimique du pain et opérations par lesquelles le chimiste peut en apprécier la qualité ou y déceler les fraudes. Au point de vue de l'hygiène, valeur nutritive du pain en général et des diverses sortes de pain.

Le Tabac, culture et industrie, par ÉMILE BOUANT, agrégé des

Sciences physiques. 1901, 1 vol. in-16, 347 pages, avec 104 figures, cartonné 5 fr.

Historique. — Culture. — Technologie. — Matières premières. — Fabrication des sésuifariats. — Cigarettes. — Cigares. — De la poudre. — Des tabacs à mâcher. — Économie politique et hygiène.

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, 19 RUE HAUTEFEUILLE A PARIS

INDUSTRIES AGRICOLES DE FERMENTATION

(*Cidrerie, brasserie, hydromels, distillerie*)

Par **E. BOULLANGER**

CHEF DE LABORATOIRE A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

1 vol. in-18 de 472 pages avec 66 figures

Broché..... 5 fr. | Cartonné..... 6 fr

Un grand nombre des industries qui utilisent les propriétés vitales des microbes présentent pour l'agriculteur un intérêt capital. En effet, la vinification, la cidrerie, la brasserie, la distillerie, la fabrication des hydromels, des eaux-de-vie, la laiterie, la beurrerie, la fromagerie, qui sont de véritables industries de fermentation, sont aussi des industries spécialement agricoles, ou au moins des industries annexes de l'exploitation rurale.

Le présent ouvrage est consacré à l'étude de quelques-unes de ces industries (*cidrerie, brasserie, hydromels, eaux-de-vie de cidre et de fruits, distillerie*). Il devrait, pour être complet, traiter aussi la *vinification*, la *laiterie*, la *beurrerie* et la *fromagerie*. Mais la vinification présente en France une importance si considérable qu'il lui a été réservé, dans l'ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE, un volume spécial. Il en est de même de la *laiterie*, de la *beurrerie* et de la *fromagerie*, qui constituent d'ailleurs un groupe un peu différent des autres industries à cause de la nature particulière des microbes qui y entrent en jeu. Nous nous sommes donc borné à l'étude des industries qui utilisent les propriétés des levures, vinification exceptée, et ce groupe embrasse encore un assez grand nombre d'industries de la plus haute importance pour l'agriculteur.

LIBRAIRIE J.-H. BAILLIÈRE ET FILS, PARIS

BOULLANGER. — *Industries de fermentation.*

L'introduction comprend les notions générales qu'il est indispensable de connaître sur les fermentations. C'est grâce aux immortels travaux de Pasteur que la brasserie, la cidrerie, la distillerie ont pu réaliser en quelques années des progrès énormes : il était donc juste d'exposer dès le début ces recherches, et d'en faire en quelque sorte le fil conducteur de l'étude de ces diverses industries.

La première partie de ce livre est consacrée à la CIDRERIE, qui est la véritable industrie agricole de fermentation, et qui présente pour le cultivateur un si grand intérêt. Nous avons étudié successivement la production et le commerce du cidre, les matières premières de sa fabrication, la préparation des moûts de pommes, leur fermentation, le traitement du cidre après fermentation, et ses maladies. Nous avons traité avec quelques détails l'analyse des moûts et des cidres, afin de donner aux cultivateurs et aux brasseurs les indications nécessaires pour le contrôle de leur fabrication. Cette industrie cidrière, qui était encore, il y a trente-cinq ans, une des plus arriérées, profite aujourd'hui largement de l'introduction des notions scientifiques précises, et il est juste de rendre hommage à MM. de Boutteville, Hauchecorne, Lechartier, Truelle, Power, Kayser, etc., qui ont été les apôtres de cette transformation due à la collaboration assidue de la science et de la pratique. Nous nous sommes efforcé d'exposer le plus clairement possible les conditions théoriques qui doivent guider les fabricants pour la préparation de cidres de bonne qualité, et nous souhaitons bien sincèrement que les renseignements contenus dans cette partie de l'ouvrage puissent rendre service aux cultivateurs qui désirent baser leur fabrication sur autre chose que l'empirisme, et profiter des travaux scientifiques actuels.

La BRASSERIE n'est pas une industrie agricole au sens exact du mot, mais l'agriculteur doit la connaître, car elle utilise ses produits et elle lui livre des résidus pour

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, PARIS

BOULLANGER. — Industries de fermentation.

l'alimentation de son bétail. Nous avons examiné d'abord la production et la consommation de la bière, puis les matières premières nécessaires à sa préparation. Nous avons alors suivi toutes les phases de la fabrication : maltage, brassage, cuisson, houblonnage et fermentation. La brasserie se termine par l'étude des résidus (drèches et touraillons), des maladies de la bière, et par quelques notions sur l'analyse des malts, des moûts et des bières. Notre but n'a pas été ici de faire un ouvrage à l'usage des brasseurs. Ceux-ci ont à leur disposition des traités complets et des manuels de brasserie qui répondent beaucoup mieux à leurs besoins. Nous avons simplement voulu donner aux agriculteurs, sous une forme condensée et précise, et en tenant compte des travaux actuellement acquis, les notions nécessaires pour la connaissance des grandes lignes de cette intéressante industrie.

➤ Nous avons consacré ensuite un chapitre spécial à la PRÉPARATION DES HYDROMELS, qui intéresse tout particulièrement les régions apicoles, et qui constitue une industrie encore susceptible de grands perfectionnements. Nous avons étudié, dans le chapitre suivant, la fabrication des eaux-de-vie de cidres et de fruits, et les rhums.

La DISTILLERIE a été divisée en cinq grandes parties. La première comprend les notions générales sur l'alcool, l'alcoométrie, et l'étude des matières premières. La deuxième est consacrée à la préparation des divers moûts sucrés (betteraves, mélasses, grains, pommes de terre). Dans la troisième, nous avons étudié la fermentation alcoolique de ces moûts, et dans la quatrième leur distillation et la rectification de l'alcool produit. La dernière partie a pour objet les résidus de la distillerie et leur emploi dans l'alimentation du bétail. Ce plan nous a paru le plus rationnel pour faire ressortir les notions générales qui doivent guider le distillateur dans sa fabrication, et nous l'avons préféré à une monographie de chacune des diverses industries (distillerie de betteraves).

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, PARIS

BOULLANGER. — Industries de fermentation.

raves, de mélasses, de pommes de terre, de grains). Toutes ces industries, qui utilisent des matières premières très différentes, ont cependant des règles communes que nous avons cherché à mettre en relief. La distillerie a largement profité des progrès scientifiques modernes, et grâce aux études de nombreux savants, notamment de MM. Champonnois, Sorel, Barbet, Calmette et beaucoup d'autres en France, et de MM. Delbrück, Maercker, etc., en Allemagne, la production de l'alcool est aujourd'hui, dans toutes ses branches, une de nos industries les plus parfaites.

Le cultivateur qui fabrique du cidre, ou qui dirige une industrie annexée à son exploitation agricole, doit posséder aujourd'hui un groupe de connaissances à la fois théoriques et pratiques, qui lui sont tout à fait indispensables. Notre but a été de les résumer ici le plus méthodiquement et le plus clairement possible, et nous serons heureux si ce modeste travail peut être utile aux industriels agriculteurs.

E. BOULLANGER.

ENGRAIS

PAR

C. - V. GAROLA

Professeur départemental d'agriculture à Chartres

1 volume in-18 de 500 pages

Broché..... 5 fr. | Cartonné..... 6 fr.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, PARIS

Encyclopédie

Agricole

PUBLIÉE PAR UNE RÉUNION D'INGÉNIEURS AGRONOMES

Sous la direction de G. WERY

INGÉNIEUR AGRONOME

SOUS-DIRECTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

Introduction par le Dr P. REGNARD

DIRECTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'AGRICULTURE DE FRANCE

22 volumes in-18 de chacun 400 à 500 pages
Avec nombreuses figures intercalées dans le texte

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT

♣
Broché

5 fr.



♣
Cartonné

6 fr.



LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

49, rue Hautefeuille, près du Boulevard Saint-Germain, à Paris

*Souscription à forfait aux 22 volumes. Brochés : 100 fr.
Cartonnés : 120 fr.*

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

Publiée par une réunion d'Ingénieurs agronomes

SOUS LA DIRECTION DE

G. WERY

Ingénieur agronome

Sous-Directeur de l'Institut National Agronomique

Introduction par le D^r P. REGNARD

Directeur de l'Institut National Agronomique

Membre de la Société Nationale d'Agriculture de France.

22 volumes in-16 de chacun 400 à 500 pages illustrés de nombreuses figures.

Chaque volume : broché, 5 fr. ; cartonné, 6 fr.

* <i>Agriculture générale</i>	M. P. DIFFLOTH, ingénieur agronome, professeur spécial d'agriculture.
<i>Industries agricoles de fermentation</i> (Brasserie, Cidrerie, Hytromels, Distillerie).....	M. BOULLANGER, ingénieur agronome, chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille.
* <i>Engrais</i>	M. GAROLA, ingénieur agronome, professeur départemental d'agriculture à Chartres.
<i>Plantes fourragères</i>	
<i>Drainage et irrigations</i>	M. RISLER, directeur honoraire de l'Institut national agronomique, Membre de la Société Nationale d'Agriculture de France.
<i>Plantes industrielles</i>	M. G. WERY, ingénieur agronome, sous-directeur de l'Institut national agronomique.
<i>Céréales</i>	M. THOUIN, ingénieur agronome, professeur à l'École nationale des industries agricoles de Douai.
<i>Cultures potagères</i>	M. LAVALLÉE, ingénieur agronome, ancien chef des travaux de la Station expérimentale agricole de Cappelle.
<i>Arboriculture</i>	
* <i>Sylviculture</i>	M. LÉON BUSSARD, ingénieur agronome, chef des travaux de la Station d'essais de semences, à l'Institut national agronomique, professeur à l'École nationale d'horticulture.
<i>Viticulture</i>	M. FRON, ingénieur agronome, professeur à l'École forestière des Barres (Loiret).
<i>Vinification</i> (Vin, Vinaigre, Eau-de-Vie).....	M. PACOTTET, ingénieur agronome, répétiteur à l'Institut national agronomique.
<i>Zoologie agricole</i>	M. PACOTTET, ingénieur agronome.
<i>Zootéchnie générale</i>	M. Georges GUÉNAUX, ingénieur agronome, répétiteur à l'Institut national agronomique.
<i>Zootéchnie spéciale</i> (Races).....	
<i>Machines agricoles</i>	M. P. DIFFLOTH, ingénieur agronome, professeur spécial d'agriculture.
<i>Constructions rurales</i>	M. COUPAN, ingénieur agronome, répétiteur à l'Institut national agronomique.
* <i>Economie agricole</i>	M. DANGUY, ingénieur agronome, directeur des études à l'École nationale d'agriculture de Grignon.
<i>Legislation rurale</i>	
* <i>Technologie agricole</i> (Sucrierie, Féculerie, meunerie, boulangerie).....	M. JOUZIER, ingénieur agronome, professeur à l'École nationale d'agriculture de Rennes.
<i>Laiterie</i>	M. SAILLARD, ingénieur agronome, professeur à l'École nationale des industries agricoles de Douai.
<i>Aquiculture</i>	M. MARTIN, ingénieur agronome, ancien directeur de l'École nationale d'industries laitière de Mamirolle.
	M. DELONGCHAMP, ingénieur agronome, inspecteur général de la pisciculture

AGRICULTURE GÉNÉRALE

Par P. DIFFLOTH

I vol. in-18 de 416 pages avec 102 figures

Broché : 5 fr. — Cartonné : 6 fr.

La culture du sol est devenue une industrie perfectionnée et progressive égalant, par la précision de ses méthodes et l'esprit scientifique de ses travaux, les industries minières, métallurgiques, électriques, etc.

L'agriculteur est alors apparu comme une intelligence consciente et active consacrant volontairement ses efforts à l'exploitation rationnelle de notre domaine cultural.

Tandis que les populations rurales quittaient le sol natal, attirées vers les villes par la vision du faux luxe et du bien-être facile, un courant d'idées inverses se manifestait dans les classes supérieures et ramenait vers la carrière agricole une partie de la jeunesse studieuse et active que l'encombrement des carrières libérales, les difficultés présentes du commerce, déterminaient à cette nouvelle orientation.

D'autre part, l'établissement des Écoles pratiques d'agriculture, la création de Chaires d'agriculture, les Champs d'expériences, les Conférences agricoles, etc., diffusaient parmi la masse des jeunes agriculteurs les préceptes nouveaux de la culture intensive.

C'est à ce public éclairé que sont destinés les divers volumes de l'ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE, dont le manuel d'*Agriculture générale* constitue le premier tome.

Le présent ouvrage étudie attentivement les phénomènes si complexes de la végétation, de la fertilité des sols et vulgarise les découvertes scientifiques dont les applications peuvent jouer un rôle si considérable dans le perfectionnement des méthodes culturales.

C'est un livre concis et clair, susceptible d'être compris par tous, malgré l'apparente complication des questions étudiées et la diversité réelle des sujets traités. La lecture en est rendue attrayante par l'*illustration photographique* employée pour la première fois en matière d'enseignement agricole.

INDUSTRIES AGRICOLES DE FERMENTATION

(*Cidrerie, brasserie, hydromels, distillerie*)

Par E. BOULLANGER

CHEF DE LABORATOIRE A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

1 vol. in-18 de 472 pages avec 66 figures

Broché..... 5 fr. [Cartonné..... 6 fr.

Des Ingénieurs agronomes, presque tous professeurs d'agriculture, tous anciens élèves de l'Institut national agronomique, se sont donné la mission de résumer, dans une série de volumes, les connaissances pratiques nécessaires aujourd'hui pour la culture rationnelle du sol. Ils ont choisi pour distribuer, régler et diriger la besogne de chacun, M. G. WERY, sous-directeur de l'Institut agronomique.

Ce sont de brefs Traités, dans lesquels les résultats incontestables sont mis en évidence, à côté des bases scientifiques qui ont permis de les assurer.

Paraîtront successivement des volumes qui traitent du sol et des façons qu'il doit subir, de sa nature chimique, de la manière de la corriger ou de la compléter, des plantes comestibles ou industrielles qu'on peut lui faire produire, des animaux qu'il peut nourrir, de ceux qui lui nuisent. On étudiera les transformations que subissent, par notre industrie, les produits de la terre : la vinification, la distillerie, la panification, la fabrication des sucres, des beurres, des fromages. On terminera en s'occupant des lois sociales qui régissent la possession et l'exploitation de la propriété rurale.

Un grand nombre des industries qui utilisent les propriétés vitales des microbes présentent pour l'agriculteur un intérêt capital.

L'ouvrage de M. Boullanger est consacré à l'étude des industries de la *cidrerie*, de la *brasserie*, des *hydromels*, des *eaux-de-vie de cidre et de fruits*, de la *distillerie*.

Le cultivateur qui dirige une industrie annexée à son exploitation agricole, doit posséder aujourd'hui un groupe de connaissances à la fois théoriques et pratiques, qui lui sont tout à fait indispensables. Le but de M. Boullanger a été de les résumer le plus méthodiquement et le plus clairement possible.

ENGRAIS

PAR

C.-V. GAROLA

Professeur départemental d'agriculture à Chartres.

1 vol. in-16 de 502 pages, avec 33 figures

Broché : 5 fr. — Cartonné : 6 fr.

Après les belles études de Georges Ville, Grandeau, Joulie, Muntz et Girard et d'autres chimistes, un livre manquait résumant tous les travaux et expliquant par les besoins des plantes, et par la nature du sol quels sont les engrais supplémentaires qui, ajoutés au fumier, satisferont les besoins des plantes.

Pour bien faire comprendre l'utilité des engrais, M. Garola a, dans l'introduction de son livre, exposé comment se nourrit la plante. Il a montré quels sont les éléments nécessaires à la construction de l'édifice végétal, quels sont les éléments indispensables à la nourriture de la plante. L'analyse chimique des végétaux, qui a été poussée si loin à notre époque, a singulièrement aidé à la solution de cette question. Elle a montré quelles matières entrent dans les tissus.

Les unes sont destructibles par le feu, ce sont les substances organiques. Les autres sont fixes, ce sont les principes des cendres, les substances minérales, et particulièrement la potasse, la chaux, la magnésie, le fer, l'acide sulfurique, l'acide phosphorique, le chlore et la silice.

Les substances organiques, carbone, hydrogène, oxygène, azote, ces substances forment à elles seules les 95 centièmes de la matière végétale sèche et les sels minéraux les 5 centièmes restant. Ces éléments sont en quantité variable avec les espèces et les individus.

M. Garola explique comment les plantes s'en nourrissent pendant la germination de leurs graines, comment l'embryon suscite des diastases ou ferments solubles qui rendent assimilables les réserves ternaires et azotées, et aussi comment elles sont transformées.

Puis il étudie successivement l'assimilation du carbone, de l'eau, de l'azote, l'absorption des matières minérales.

Il montre comment les racines des plantes absorbent par dialyse les matières minérales ou organiques solubles dans la proportion même où elles peuvent être utilisées; pour celles qui, dans la terre sont naturellement insolubles, elles sont attaquées et solubilisées au contact de poils radicaux qui sont gorgés d'un suc acide d'une puissance variable avec les espèces.

Puis arrivant au rôle physiologique des sels minéraux, il

C.-V. GAROLA. — Engrais.

rappelle que les anciens physiologistes croyaient que les plantes ne contenaient des matières minérales que d'une manière accidentelle. C'est de Saussure qui, en se basant sur la nécessité des substances salines pour les animaux, en tira la conclusion qu'il y a une loi naturelle qui force les animaux à en absorber.

La potasse, l'acide phosphorique, le soufre ou l'acide sulfurique qui le fournit, le fer, la chaux, la magnésie sont nécessaires à la végétation. La silice, si abondante dans le centre des graminées, ne paraît pas indispensable au développement normal des plantes. Néanmoins, tout porte à croire que la silice favorise la maturité des céréales, la rend uniforme et assure même, dans des conditions atmosphériques défavorables, le complet développement de la graine et sa maturation à une époque convenable. Le rôle qu'on attribuait autrefois à la silice, d'empêcher la verse des céréales, n'existe pas en réalité. M. Garola rappelle qu'Isidore Pierre a montré que dans les blés versés on trouve plus de silice que dans les blés restés droits sur le même terrain. Le chlore et la soude ne paraissent pas des éléments indispensables aux végétaux terrestres.

Cette bonne introduction se termine par le rôle du sol dans la nutrition des plantes; elle est très nettement exposée.

Les éléments minéraux et azotés des plantes forment dans la terre deux masses distinctes: la masse directement absorbable par les racines ou immédiatement assimilable et la réserve qui se transforme pour régénérer celle-là.

La réserve des substances alimentaires est la condition essentielle de la pérennité de la production, et la portion qui est annuellement amenée à l'état assimilable est la mesure même de la fertilité actuelle du terrain.

Il faut, pour ne pas épuiser la fertilité du sol, lui rendre les substances que les plantes lui ont enlevées; c'est la loi de restitution. Mais il n'est pas nécessaire de restituer au sol d'une manière absolue tout ce que les récoltes y ont puisé pour y maintenir la production constante. Dans les terrains calcaires, inutile de restituer la chaux; dans les terrains granitiques, la potasse; mais il ne faut pas non plus oublier que la productivité d'une terre riche en azote, potasse, chaux et magnésie peut être annulée par l'absence d'un élément, l'acide phosphorique, par exemple.

Il faut non seulement restituer, mais aussi faire des avances toutes les fois qu'elles deviennent productives.

Les récoltes, en effet, sont proportionnelles quand les conditions atmosphériques sont convenables, et la quantité disponible de l'aliment que le sol renferme en moindre quantité, c'est la loi dite du minimum qui complète le principe de restitution et le féconde.

Enfin, M. Garola appelle l'attention sur l'importance que présentent au point de vue de la production et de l'utilisation des engrais, les propriétés générales du sol. L'introduction du

JOUZIER. — *Économie rurale.*

livre de M. Garola est très bonne, c'est l'enseignement méthodique raisonné de l'emploi des engrais; ceux qui la liront et qui voudront bien s'en pénétrer en tireront un très grand profit.

Dans l'ouvrage proprement dit, M. Garola étudie successivement les amendements calcaires, le fumier, les engrais organiques divers, les engrais de commerce azotés, phosphatés, les engrais potassiques, la réglementation du commerce des engrais, la fumure des plantes sarclées, des légumineuses, des prairies artificielles, des plantes textiles et oléagineuses, des jardins, des plantes arbustives.

Le livre ne peut manquer d'obtenir un bon succès auprès des cultivateurs éclairés, des professeurs d'agriculture, des élèves de nos écoles d'agriculture. M. Garola était admirablement préparé pour cela, ses longues années d'expériences passées à la direction du laboratoire agronomique de Chartres, ses nombreuses analyses de terre et d'engrais, en ont fait un savant, un praticien très apprécié et en mesure d'écrire un nouveau et bon livre qui fait honneur à l'*Encyclopédie* de l'Institut agronomique.

ERNEST MENAULT.

ÉCONOMIE RURALE

Par JOUZIER

Professeur à l'École nationale d'agriculture de Rennes.

1 volume in-16 de 500 pages

Broché..... 5 fr. | Cartonné..... 6 fr.

L'économie rurale est la branche de la science agricole qui enseigne « la manière dont il faut régler les rapports des divers éléments composant les ressources du cultivateur, soit entre eux, soit vis-à-vis des personnes », pour assurer la plus grande prospérité de l'entreprise.

L'économie rurale a pour but d'apprendre au cultivateur à produire avec profit. Elle étudie la valeur des choses sur lesquelles opère le cultivateur dans toutes les transformations qu'elles subissent. Dans la science agricole, il y a une partie où l'on étudie isolément, chacun des éléments, chacune des branches qui constituent la science et où on les étudie sous le seul rapport du résultat brut, du produit le plus élevé possible, abstraction faite des dépenses: c'est la partie technique; et une autre qui, n'envisageant au contraire les choses qu'au seul point de vue industriel, c'est-à-dire au point de vue du gain, du bénéfice que doit nécessairement réaliser l'en

JOUZIER. — Économie rurale.

trepreneur pour qu'il continue sa profession, examine un à un, sous cette nouvelle face, tous les agents, tous les éléments de production qui interviennent dans cette question du bénéfice, puis les étudie combinés, réunis et enfin en fonction : c'est la partie économique.

Les études d'économie rurale doivent porter non pas sur telle ou telle branche de la production agricole, mais sur l'entreprise tout entière. Pour en ordonner le programme, l'exploitation agricole, la ferme, doit être considérée comme un organisme comparable à une machine, et dont la fonction est de donner des profits. L'étude méthodique de la machine suppose successivement la connaissance *du milieu* dans lequel elle est appelée à fonctionner, *des organes* dont elle se compose, des résultats de *leur action combinée*, etc., d'où on déduit les règles à observer pour sa conduite. Pareillement, en ce qui concerne l'entreprise agricole, M. Jouzier étudie d'abord le *milieu social où doit vivre, fonctionner* l'organisme qu'elle constitue ; puis, sous les noms de *capital, travail, terre*, il étudie *les éléments d'organisation* quant à leurs caractères particuliers, à la place qu'ils peuvent tenir dans l'ensemble, à l'action qui leur est propre, etc. Il aborde ensuite les *combinaisons élémentaires* dans lesquelles ils entrent en jeu pour aboutir à une augmentation de la puissance des moyens d'action (*crédit*), ou à des *productions élémentaires* diverses. Le lecteur sera conduit, de la sorte, à un ensemble de connaissances suffisantes pour comprendre jusque dans ses détails l'organisation d'une entreprise agricole quelconque et, après une étude monographique de quelques exploitations types, pour *organiser, conduire, administrer* une entreprise analogue.

Le tableau suivant présente sous la forme la plus condensée l'ensemble des questions examinées dans ce volume :

Milieu social ou facteurs externes : la population, l'Etat, l'association, tes charges sociales (impôt et assistance), le débouché.

Instruments de la production ou facteurs internes : le capital, le travail, la terre.

Combinaisons élémentaires : le crédit, les productions végétales, les productions animales, la combinaison culturale.

Economie comparée ou étude monographique d'entreprises types.

Organisation et gestion d'une entreprise.

SYLVICULTURE

Par **Albert FRON**

Ingenieur agronome, Inspecteur adjoint des eaux et forêts.
Professeur à l'École forestière des Barres.

1 vol. in-16 de 560 pages, avec photographures

Broché : 5 fr. — Cartonné : 6 fr.

PREMIERE PARTIE

La forêt et ses éléments constitutifs.

Vie de l'arbre en général : Généralités. I. Germination. II. Enracinement. III. Tige feuillée ; ramification. IV. Croissance en hauteur ; longévité ; dimensions. V. Floraison ; fructification. VI. Croissance en diamètre ; bois. VII. Bourgeons. VIII. Rejets de souche ; drageons. IX. Composition et alimentation de l'arbre.

Forêt et peuplements : Généralités. I. Formation en massif. II. Influence de l'état de massif sur les individus. III. Influence de l'état de massif sur la fertilité de la station. IV. Accroissement total des peuplements. V. Phases successives de la vie des peuplements. VI. Enlèvement des feuilles mortes ; écobuage ; influence des forêts sur le régime général des eaux.

Principales essences forestières : I. Chêne rouvre et chêne pédonculé. II. Hêtre. III. Charme. IV. Sapin pectiné. V. Pin sylvestre. VI. Chêne yeuse ou chêne vert. VII. Pin maritime. VIII. *Épicéa commun*. IX. Mélèze. X. Pin d'Alep. XI. Chêne tauzin. XII. Chêne occidental. XIII. Chêne-liège. Tableau des essences secondaires ou disséminées. Tableau général pour reconnaître les arbres, arbustes ou arbrisseaux.

Diverses formes de peuplements : Généralités. I. Futaie. I. Peuplements réguliers. II. Peuplements irréguliers

Albert FRON. — Sylviculture.

III. Réserve sur coupe définitive ; sous-étage. II. Taillis.
III Taillis composé.

État de la forêt : Généralités. I. Comparaison entre les différentes formes de peuplement. II. Composition des peuplements.

DEUXIÈME PARTIE

Pratique sylvicole.

Repeuplement : Repeuplement artificiel. I. Boisement par semis direct. II. Boisement par plantations. III. Repeuplement par boutures et par marcottes. IV. Repeuplement par semis naturels. I. Régénération par coupes successives. II. Régénération par coupe unique. V. Repeuplement par réjets de souche et drageons. VI. Combinaison des différentes méthodes de repeuplement.

Opérations culturales : I. Action de l'homme sur le sol. II. Action de l'homme sur les peuplements.

Mesures de gestion : I. Plan du domaine ; limites. II. Ordre des exploitations ; assiette des coupes. III. Notions succinctes d'aménagement. IV. Opérations relatives aux coupes. V. Notions générales sur les ventes des coupes. VI. Travaux forestiers.

TROISIÈME PARTIE

Principaux massifs forestiers.

Étude spéciale des taillis simples : I. Généralités. II. Applications du taillis simple.

Étude spéciale des taillis composés : I. Généralités. II. Applications du taillis composé. III. Restauration des taillis composés en mauvais état.

Étude spéciale des futaies : Peuplements purs. I. Essences feuillues. II. Essences résineuses. III. Peuplements mélangés.

QUATRIÈME PARTIE

Le domaine boisé et ses éléments constitutifs : I. Notions d'économie forestière. II. Notions d'estimation des bois. III. Valeur de la propriété boisée.

BOTANIQUE AGRICOLE

PAR

E. SCHRIBAUX

Professeur à l'Institut agronomique
Directeur de la station d'essais
de semences
Membre de la Société nationale
d'agriculture.

J. NANOT

Maître de Conférences
à l'Institut agronomique
Directeur
de l'École nationale d'agriculture
de Versailles.

1 vol. In-16 de 368 pages, avec 294 figures

Cartonné : 5 fr.

La plante domine de haut les autres facteurs de la production végétale ; vers elle, convergent tous les efforts du cultivateur ; or, par une étrange contradiction, c'est précisément de la plante que les agronomes s'occupent le moins : ils agissent comme ces architectes qui construisent une maison, sans se renseigner exactement sur sa destination et sur les habitudes des hôtes qui doivent s'y installer.

Une foule de questions d'un intérêt pratique considérable, retournées tant de fois sans arriver jamais à les résoudre complètement, telles que la répartition des engrais et des semences, le nettoyage des terres, le choix des variétés, l'amélioration des espèces végétales, pour ne citer que les plus importantes, attendront leur solution définitive aussi longtemps que l'étude des plantes agricoles ne nous fournira pas les données essentielles de ces différents problèmes.

Ce serait rendre un service signalé au pays que d'orienter résolument les travaux de nos établissements de recherches agricoles vers la biologie des espèces cultivées.

SCHRIBAUX et J. NANOT. — Botanique agricole.

A nos yeux, le plus grand mérite de la *Botanique agricole*, c'est d'être un premier jalon planté dans cette direction.

MM. Schribaux et Nanot, en rédigeant la *Botanique agricole*, ont songé non seulement aux élèves des Écoles d'agriculture et des Écoles normales, mais encore aux agriculteurs très nombreux aujourd'hui qui, ayant déjà les premières connaissances scientifiques, désirent des notions plus complètes de botanique pour les appliquer à une exploitation rationnelle du sol.

L'ouvrage de MM. Schribaux et Nanot comprend deux grandes divisions.

La première est consacrée à la cellule végétale, aux tissus et aux appareils.

L'organisation et le développement des phanérogames font l'objet de la seconde partie où les auteurs étudient successivement : 1° les semences et la germination ; 2° la racine ; 3° la tige ; 4° la multiplication artificielle (greffage, bouturage, marcottage) ; 5° la feuille ; 6° la fleur ; 7° le fruit ; 8° la graine et la multiplication naturelle ; 9° la conservation des matières végétales ; 10° l'amélioration des espèces cultivées.

La seconde édition ne ressemble plus guère à la précédente : la première partie, qui traite de la cellule, des tissus et des appareils, a été entièrement remaniée ; il en est de même, dans la seconde partie, des chapitres consacrés à la racine, à la nutrition, aux procédés de multiplication asexuée, aux méthodes de conservation des fruits et des graines ; les chapitres relatifs aux semences, à l'amélioration des espèces cultivées sont entièrement nouveaux.

Cette deuxième édition s'est enrichie également d'un grand nombre de figures nouvelles.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

Rue Hautefeuille, 19, près du Boulevard Saint Germain, PARIS

Encyclopédie Industrielle

à 5 fr. ou 6 fr. le volume

Nouvelle Collection de Volumes in-16, avec figures

- Auscher et Quillard.** Technologie de la céramique.
Auscher et Quillard. Les industries céramiques.
Bailly. L'industrie du blanchissage.
Barni et Montpellier. Le monteur électricien.
Bouant. La galvanoplastie.
Bouant. Le tabac.
Boutroux. Le pain et la panification.
Charabot. Les parfums artificiels.
Chercheffsky. Analyse des corps gras. 2 vol.
Coffignal. Verres et émaux.
Convert. L'industrie agricole en France.
Coreil. L'eau potable.
Dupont. Les matières colorantes.
Gain. Précis de chimie agricole.
Girard. Cours de marchandises.
Guichard. Précis de chimie industrielle.
Guichard. L'eau dans l'industrie.
Guichard. Chimie de la distillation.
Guichard. Microbiologie de la distillation.
Guichard. L'industrie de la distillation.
Guillet. L'électrochimie et l'électrometallurgie.
Guinochet. Les eaux d'alimentation.
Haller. L'industrie chimique.
Halphen. Couleurs et vernis.
Halphen. L'industrie de la soude.
Horsiu-Déon. Le sucre.
Joulin. L'industrie des tissus.
Knab. Les minéraux utiles.
Launay (de). L'argent.
Leduc. Chaux et ciments.
Lefèvre. L'acétylène.
Lefèvre. Savons et bougies.
Lejeal. L'aluminium.
Leroux et Revel. La traction mécanique et les automobiles.
Pêcheux. Précis de métallurgie.
Riche et Halphen. Le pétrole.
Schœller. Chemins de fer.
Sidersky. Usages industriels de l'alcool.
Trillat. L'industrie chimique en Allemagne.
Trillat. Les produits chimiques employés en médecine.
Vivier. Analyses et essais des matières agricoles.
Voinesson. Cuirs et peaux.
Weil. L'or.
Weiss. Le cuivre.
Witz. La Machine à vapeur.
Série à 6 fr. le volume.
Busquet. Traité d'électricité industrielle. 2 vol.
Pêcheux. Physique industrielle.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

Rue Hautefeuille, 49, près du Boulevard Saint-Germain, PARIS

Bibliothèque des Connaissances Utiles

à 4 francs le volume cartonné

Collection de volumes in-16 illustrés d'environ 400 pages

- Auscher. *L'art de découvrir les sources.*
Aygalliers (P. d'). *L'olivier et l'huile d'olive.*
Barré. *Manuel de génie sanitaire, 2 vol.*
Baudoin (A.). *Les eaux-de-vie et le cognac.*
Baehelot. *Conseils aux mères.*
Beauvisage. *Les matières grasses.*
Bel (J.). *Les maladies de la vigne.*
Bellair (G.). *Les arbres fruitiers.*
Berger (E.). *Les plantes potagères.*
Blanchon. *Canards, oies, cygnes.*
— *L'art de détruire les animaux nuisibles.*
— *L'industrie des fleurs artificielles.*
Bois (D.). *Les orchidées.*
— *Les plantes d'appartements et de fenêtres.*
— *Le petit jardin.*
Bourrier. *Les industries des abattoirs.*
Brevans (de). *La fabrication des liqueurs.*
— *Les conserves alimentaires.*
— *Les légumes et les fruits.*
— *Le pain et la viande.*
Brunel. *Les nouveautés photographiques.*
— *Carnet-Agenda du Photographe.*
Buchard (J.). *Le matériel agricole.*
— *Les constructions agricoles.*
Cambon (V.). *Le vin et l'art de la vinification.*
Capus-Bohn. *Guide du naturaliste.*
Champetier. *Les maladies du jeune cheval.*
Coupin (H.). *L'aquarium d'eau douce.*
— *L'amateur des coléoptères.*
— *L'amateur de papillons.*
Couvreur. *Les exercices du corps.*
Cuyer. *Le dessin et la peinture.*
Daïton. *Physiologie et hygiène des écoles.*
Denaisse. *La culture fourragère.*
Donné. *Conseils aux mères.*
Dujardin. *L'essai commercial des vins.*
Dumont. *Alimentation du bétail.*
Dupont. *L'âge du cheval.*
Durand (E.). *Manuel de viticulture.*
Dussac (E.). *Les ennemis de la vigne.*
Espanet (A.). *La pratique de l'homéopathie.*
Ferrand (E.). *Premiers secours.*
Ferville (E.). *L'industrie laitière.*
Fontan. *La santé des animaux.*
Fitz-James. *La pratique de la viticulture.*
Gallier. *Le cheval anglo-normand.*
Girard. *Manuel d'apiculture.*
Gobin (A.). *La pisciculture en eaux douces.*
— *La pisciculture en eaux salées.*
Gourret. *Les pêcheries de la Méditerranée.*
Graffigny. *Ballons dirigeables.*
Graffigny (H. de). *Les industries d'amateurs.*
Guénaux. *L'élevage en Normandie.*
Gunther. *Médecine vétérinaire homœopathe.*
Guyot (E.). *Les animaux de la ferme.*
Halphen (G.). *Essais commerciaux, 2 vol.*
Héraud. *Les secrets de la science et de l'industrie.*
— *Les secrets de l'alimentation.*
— *Les secrets de l'économie domestique.*
— *Jeux et récréations scientifiques, 2 v.*
Lacroix-Danhard. *La plume des oiseaux.*
— *Le poil des animaux et fourrures.*
Larbalettrier (A.). *Les engrais.*
Leblond et Bouvier. *La gymnastique.*
Lefèvre (J.). *Les nouveautés électriques.*
— *Le chauffage.*
— *Les moteurs.*
Locart. *Manuel d'ostréiculture.*
— *La pêche et les poissons d'eau douce.*
Londe. *Aide-mémoire de Photographie.*
Méguin. *Nos chiens.*
Montillot (L.). *L'éclairage électrique.*
— *L'amateur d'insectes.*
— *Les insectes nuisibles.*
Montpellier. *L'Électricité à la maison.*
Montserratt et Brissac. *Le gaz.*
Moreau (H.). *Les oiseaux de volière.*
Moquin-Tandon. *Botanique médicale.*
Piesse (L.). *Histoire des parfums.*
— *Chimie des parfums et essences.*
Pertus (J.). *Le Chien.*
Poutiers. *La menuiserie.*
Relier (L.). *Guide de l'élevage du cheval.*
Riche (A.). *L'art de l'essayeur.*
— *Monnaies, médailles et bijoux.*
Rémy Saint-Loup. *Les oiseaux de parcs.*
— *Les oiseaux de basse-cour.*
Rouvier. *Hygiène de la première enfance.*
Sauvaigo (E.). *Les cultures méditerranéennes.*
Saint-Vincent (Dr de). *Médecine des familles.*
Tassart. *L'industrie de la teinture.*
— *Les matières colorantes.*
Thierry. *Les vaches laitières.*
Vignoa (L.). *La soie.*
Vilmorin (Ph. de). *Manuel de floriculture.*

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL.

ÉCRÉMEUSES CENTRIFUGES

Modèle 1903

BOL SUSPENDU — LÉGÈRETÉ INCOMPARABLE

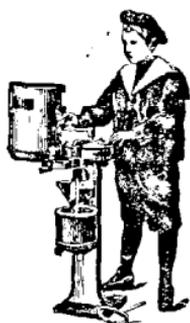
*Rendement en beurre 20 0/0 en plus.
Qualité supérieure*

DEPUIS : 150 FRANCS

Installations complètes de Laiteries

GRAND PRIX

Exposition Universelle, Paris 1900



ED. GARIN, * O. I. *

Ingénieur - Constructeur à CAMBRAÏ (Nord)

ENVOI SUR DEMANDE DU CATALOGUE

Amélioration et Conservation du VIN, par les

Levures sélectionnées et ampélosides

de l'Institut LA CLAIRE

Augmentation du degré alcoolique et du Bouquet

La grande brochure sur les levures sélectionnées contenant 95 pages, et résultats aux dernières vendanges sont envoyés gratuitement à toute personne qui en fait la demande à

G. JACQUEMIN, Microbiologiste à MALZÉVILLE, près Nancy

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS.

Botanique agricole, par E. SCHREIBAU, professeur à l'Institut agronomique, directeur de la station d'essais de semences, membre de la Société nationale d'agriculture, et J. NAROT, maître de Conférences à l'Institut agronomique, directeur de l'École nationale d'horticulture de Versailles. 2^e édition. 1 vol. in-16 de 368 pages, avec 294 figures, cartonné : 5 fr.

Tableaux synoptiques de Viticulture et de Vinification, par C. MONTAGARD, professeur de viticulture de l'arrondissement d'Uzès. 2 vol. in-16 de 80 pages chacun, avec nombreuses figures. Chaque volume cartonné : 1 fr. 50.

Manuel de Viticulture pratique, par E. DURAND, professeur à l'École d'agriculture d'Ecully (Rhône). 1 vol. in-16 de 400 pages, avec 146 figures, cartonné : 4 fr.

