

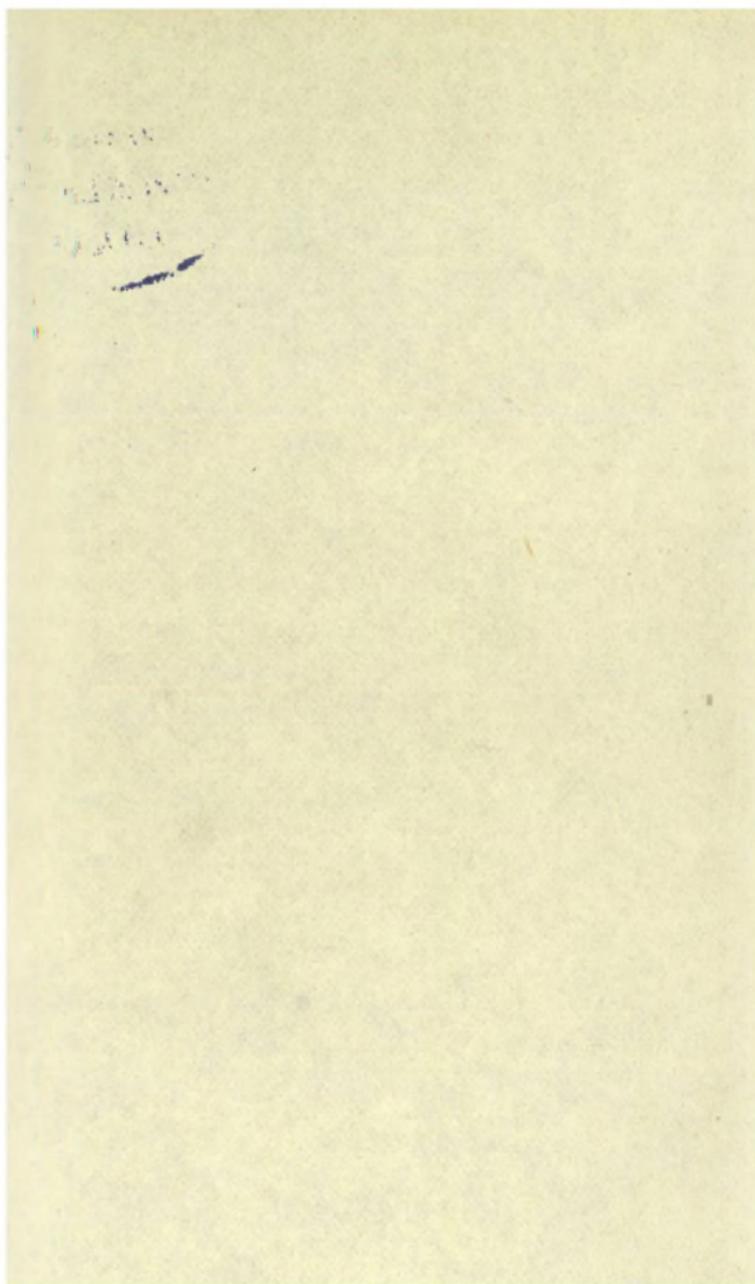
L. FRANÇOIS ET R. VALLIER

LES

INDUSTRIES AGRICOLES

ET ALIMENTAIRES

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS



00218



LES
INDUSTRIES AGRICOLES
ET ALIMENTAIRES

14

2 5 111

20407

111111

111111

OUVRAGES DES AUTEURS

L. FRANÇOIS. — **Aliments sucrés industriels**, in-8° de l'*Encyclopédie scientifique Léauté*.

L. FRANÇOIS et LAURENT. — **Meunerie et Féculerie**, in-8° de l'*Encyclopédie scientifique Léauté*.

L. FRANÇOIS et H. ROUSSET. — **Destruction des Parasites**, in-12 de la *Collection des recueils de Recettes rationnelles*.

R. VALLIER. — **Les savons**, in-8° de l'*Encyclopédie scientifique Léauté*.

00218 LES

A

INDUSTRIES AGRICOLES ET ALIMENTAIRES

PAR



L. FRANÇOIS

INGÉNIEUR I. C. P., DIRECTEUR DE DISTILLERIE

ET

R. VALLIER

INGÉNIEUR-CHIMISTE, LICENCIÉ ÈS SCIENCES

PARIS

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

47 et 49, Quai des Grands-Augustins

1914

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

N° Bib 38 9592 1-166044

LIBRARY
UNIVERSITY OF LILLE
1973



TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

(Voir l'index alphabétique à la fin de l'ouvrage)

PRÉFACE.....	Pages. VII
--------------	---------------

LIVRE I

INDUSTRIES DES MATIÈRES AMYLACÉES

Chapitre I. <i>Matières premières</i>	1
— II. <i>La Meunerie</i>	7
— III. <i>La Féculerie</i>	38
— IV. <i>Boulangerie, Pâtisserie, Pâtes alimentaires</i>	47

LIVRE II

INDUSTRIES DU SUCRE

Chapitre V. <i>Plantes saccharifères</i>	57
— VI. <i>Sucrerie</i>	65
— VII. <i>Raffinerie, Glucoserie</i>	96
— VIII. <i>Aliments sucrés complexes</i>	103

LIVRE III

ALCOOL ET BOISSONS FERMENTÉES

	Pages.
Chapitre IX. <i>Préparation des liquides alcooliques</i>	123
— X. <i>Extraction de l'alcool</i>	144
— XI. <i>Brasserie</i>	160
— XII. <i>Vinification et Cidrerie</i>	186

LIVRE IV

ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE

Chapitre XIII. <i>Viandes, Conserves, Matières grasses</i>	201
— XIV. <i>Industries du lait</i>	224

INDEX ALPHABÉTIQUE	253
--------------------------	-----

PRÉFACE

*« Labourage et pâturage sont les deux mamelles
de la France. »*

Malgré les transformations de l'évolution manufacturière des temps modernes, cette vieille sage pensée est toujours aussi vraie qu'au temps du bon roi Henri. Toutefois la production agricole pastorale n'acquiert sa pleine valeur qu'avec le secours de l'industrie. C'est à l'usine que les produits de nos champs et de nos prairies sont transformés, améliorés, rendus parfaitement propres à leur destination. Ainsi les industries agricoles alimentaires sont au premier rang des manifestations de l'activité humaine.

Dans ces conditions, un ouvrage en résumant succinctement l'économie nous a semblé indispensable dans une collection destinée aux jeunes élèves de l'Enseignement professionnel. Et parce que nombreux sont là de futurs techniciens de ces industries. Et parce que toute personne cultivée est trop directement intéressée à la production alimentaire pour en pouvoir ignorer les procédés.

Praticiens tous deux des industries qu'ils décrivent, les auteurs fabriquèrent du sucre, de l'alcool. C'est dire qu'ils s'efforcèrent de faire un ouvrage pratique, moderne, exempt de descriptions d'appareils désuets, d'exposés de méthodes théoriques non appliquées en réalité.

LES
INDUSTRIES AGRICOLES
ET ALIMENTAIRES

MUSÉE
COMMERCIAL
LILLE

LIVRE I

INDUSTRIES DES MATIÈRES AMYLACÉES

CHAPITRE I

MATIÈRES PREMIÈRES

La farine, la fécule, l'amidon sont surtout des composés de matière *amylacée*. On désigne sous ce nom des composés ternaires, dans lesquels le carbone est associé à de l'hydrogène et à de l'oxygène. ces derniers éléments se trouvant là, entre eux, dans les mêmes proportions que dans l'eau. Aussi les désigne-t-on parfois du nom de matières « hydrocarbonées », ce qui, d'ailleurs, ne signifie pas grand'chose. En fait, la molécule amylacée — de même composition centésimale que celle de la cellulose — est d'une complexité encore inconnue, et il en existe diverses variétés aux propriétés différentes selon l'origine.

La matière amylacée se trouve dans les végétaux en grains fins de formes caractéristiques et composés de couches concentriques. C'est une matière de réserve qui bourre les tissus des graines de céréales, de légumineuses, du chêne, du châtaignier, du marronnier, les tubercules des pommes de terre, des patates, du manioc, etc... Les dimensions des grains élémentaires varient de 2 millièmes de millimètre (amidon du cheno-

podium) à près de 200 millièmes (fécule de pomme de terre). On désigne en général sous le nom de féculés les matières amylacées provenant de racines et sous le nom d'amidon celles extraites des céréales. Toutefois, ceci n'a rien d'absolu. Quant aux farines, ce sont des mélanges de matière amylacée et de substances complexes du type « gluten ». On extrait ce gluten par longue lixivation de la pâte qui cède peu à peu tout son amidon : il reste une masse élastique, plastique, facilement putréfiable, mélange complexe de plusieurs composés azotés, qui donne aux pâtes la propriété de « lever ».

Les céréales. — Les diverses céréales employées en meunerie possèdent des compositions analogues, ainsi que permettent d'en juger les chiffres analytiques.

	MATIÈRES TERNAIRES				MATIÈRES AZOTÉES	CENDRES	EAU
	Amidon	Dextrines et sucres	Grossières	Cellulose			
Blé { Enveloppe.....		39,38			18,98	4,49	11,55
Blé { Germe.....		44,26			39,07	5,36	11,55
Blé { Amande.....		87,50			12,50		
Blé dur.....	56,9	6,5	1,4	1,9	17,3	1,8	14,2
Blé tendre.....	61,2	8,2	1,2	1,7	14,8	1,7	14,2
Blé de Flandre (farine à 70 0/0 d'extraction).....	69,88	2,7	1,02	0,2	8,32	0,7	15,58
Blé de Flandre (farine à 70 0/0.. de Bas produits à Bordeaux 30 0/0 de refus.....	72,48	1,8	0,96	0,69	8,74	0,53	13,72
Son { de froment.....	31,12	7,40	3,11	29,28	3,02	3,30	13,23
Son { d'épeautre.....	21,76	13,17	3,79	30,63			12,70
Farine de 1 ^{re} jet.....	22,33	15,22	5,18	28,90			13,03
Remou- { 1 ^{re} gruau.....	74,21	1,25	0,32	11,08	0,64	12,5	
tures { 2 ^{es} gruau.....	71,39	2,60	0,37	11,96	1,18	12,3	
Seigle.....	68,67	3,25	0,99	13,43	1,46	12,3	
Orge.....	56,5	5,2	1,6	7,8	10,4	2,0	16,5
Avoine.....	54	5	2	8	10	3	18
Riz { Piémont.....	47	5	5	14	12	3	14
Riz { Caroline.....	83,8	0,1	0,2	4,8	3,6	0,4	7
Maïs.....	85,1	0,7	0,1	4,8	3,6	0,4	5
Sarrasin.....	39,0	1,5	7	1,5	12,8	1,1	17,1
	52	6,3	3	7	10,7	3,3	17,7

En fait, la composition et les rendements à l'hectare peuvent différer autant entre diverses variétés de blé qu'entre des céréales de genres différents et voisins. De sorte que pratiquement la farine peut être économiquement obtenue aussi bien avec telle céréale qu'avec telle autre : le choix dépend uniquement des contingences secondaires de composition et des goûts des consommateurs. Ceux-ci font, en général, et tout au moins pour la France, préférer le blé.

Le froment se plaît surtout dans les terres assez consistantes se maintenant fraîches pendant l'été, les terres « fortes », argileuses ou argilo-calcaires lui conviennent particulièrement. Il ne donne que les plus piètres résultats dans les sols pauvres tels que sables, calcaires, mieux vaut cultiver d'autres plantes ou des céréales moins exigeantes.

Dans nos régions, le blé occupe la terre pendant environ neuf mois, temps il est vrai réduit pour les variétés de printemps, les plus hâtives de ces dernières pouvant végéter en près de cinq mois. Comme la plupart des plantes cultivées, le blé doit, pendant ce temps, recevoir de multiples soins. A la fin de l'hiver, les terres contenant les blés d'automne sont hersées, et souvent ensuite roulées : les jeunes plantes ramenées de la sorte au contact du sol ameublé y font pénétrer quelques racines adventives supplémentaires ; elles « tallent », c'est-à-dire émettent plusieurs tiges sur le même pied au grand avantage du rendement. En avril, on bine à la houe les blés semés en ligne ; en mai, on pratique souvent l'échardonnage.

On sait que les questions d'assolement, c'est-à-dire la façon dont se succèdent les diverses plantes cultivées d'année en année sur une même terre, jouent un grand rôle en pratique agricole. Ce qui se conçoit aisément quand on connaît le mécanisme des rapports entre le végétal et la terre : la plante exporte du sol divers principes et y laisse des excréments qui sont de véritables poisons. Dans ces conditions, une plante qui aura besoin des mêmes principes et craindra ces matières toxiques, ne donnera que de médiocres récoltes, non telle autre plante possédant d'autres exigences et une sensibilité différente.

C'est pour cela que le froment était autrefois semé sur

jachère dans la terre venant de se reposer. Maintenant, la jachère est disparue ou presque, on emblave les terres sortant d'une culture nettoiyante comme la betterave, par exemple ou d'une prairie de quelques années, ce qui évite d'employer les engrais azotés. L'assolement d'ailleurs étant exclusivement une question d'essais pratiques, et les circonstances diverses qui influent sur leurs résultats, changeant de pays à pays ; les rotations employées sont assez nombreuses et différent selon les contrées et les cultures.

C'est le fumier qui dans la culture du blé constitue le plus souvent l'engrais de base : mais, employé seul, il ne permettrait pas d'obtenir de gros rendements. Il contient relativement peu d'éléments utiles ; en outre, il a les défauts du sol, et contient par exemple peu de phosphore et de potasse si la terre d'où il provient est pauvre de ces principes. Aussi doit-on nécessairement ajouter au fumier — qu'on remplace au besoin par des tourteaux ou d'autres engrais organiques — des compléments de fertilisants. Une pratique très usitée par exemple est d'épandre au printemps sur les champs emblavés 200 kilogrammes à l'hectare de superphosphate de chaux et 120 à 200 kilogrammes de nitrate de soude.

La culture du blé demande peu de soins, des semailles à la moisson ; et celle-ci se faisant maintenant presque partout à l'aide de moissonneuses mécaniques, le coût de la main-d'œuvre est assez réduit. Le battage fait ensuite, toujours à l'aide de machines, permet de séparer les grains, la paille et les « balles » entourant les grains. On obtient par hectare une vingtaine d'hectolitres de froment (pesant 80 kilogrammes l'hectolitre). C'est au moins la moyenne pour la France, moyenne peu à peu plus que doublée au cours du siècle précédent grâce au perfectionnement des procédés de sélection des graines et de culture du blé, dans les riches terres du Nord par exemple, où en culture intensive on obtient couramment 25 et même 30 hectolitres par hectare.

La pomme de terre. — Les pommes de terre industrielles se distinguent et par leur teneur en fécule et par leur rendement :

le producteur devant s'efforcer d'obtenir par hectare le maximum de fécule extractible. La composition des matières non amylacées et le goût n'ont plus guère ici d'importance, la fécule étant purifiée par suite de son extraction.

Actuellement, les variétés de pomme de terre préférées pour la féculerie sont la Maerker, l'Industrie, l'Institut de Beauvais, la Richters impérateur (*fig. 1*) qui contiennent de 16 à 20 0/0 de

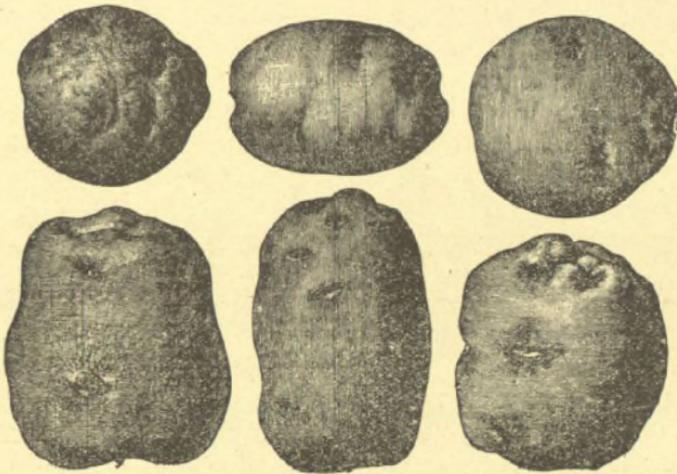


FIG. 1. — Principaux types de pomme de terre servant en féculerie.
De gauche à droite et de bas en haut : Richters impérateur, Institut de Beauvais, Professeur Maerker, Géantes, Tzarine.

fécule. On les plante au printemps, de préférence dans des sols sablonneux ou calcaires, en plaçant quelques tubercules de distance en distance dans un sillon ensuite recouvert de terre. Il doit y avoir ainsi de trois à quatre poquets ou touffes par mètre carré de surface plantée. Quelques binages suffisent pour empêcher les mauvaises herbes de gêner la croissance des pommes de terre ; un « buttage » est parfois pratiqué pour éviter que des tubercules ne viennent affleurer à la surface du sol.

En octobre ou septembre, les feuilles se flétrissent et les tubercules sont arrachés, habituellement à l'aide d'une machine composée d'un soc terminant une sorte d'éventail métal-

lique : le tout soulève la couche de terre abritant les pommes de terre, et ces dernières tombent au-dessus de la terre soulevée aussi, mais s'émettant aussitôt et passant entre les branches de l'éventail. Le rendement à l'hectare peut atteindre 25 à 35.000 kilogrammes de tubercules titrant 16 à 18 0/0 de fécule.

Farines et féculles ne servent généralement pas directement à l'alimentation : on leur fait subir une préparation améliorant le goût, la commodité d'emploi, la digestibilité. C'est en boulangerie, en pâtisserie, en biscuiterie que sont utilisés ces produits : étant donné le rôle de toute première importance joué par le pain dans l'alimentation française, on comprendra que les industries amylacées se soient grandement développées. On jugera, de leur état actuel, d'après les chiffres des dernières statistiques faites en France :

POPULATION ACTIVE TOTALE

	ENSEMBLE	HOMMES	FEMMES
Meunerie.....	84.000	77.000	7.000
Féculerie.....	900	820	80

ÉTABLISSEMENTS CLASSÉS SUIVANT LE NOMBRE DES EMPLOYÉS
ET OUVRIERS

	NOMBRE TOTAL	AUCUN SALARIÉ	1 à 5	6 à 10	11 à 20	21 à 50	Plus de 50
Meunerie...	20.828	1.848	17.702	815	323	127	13
Féculerie...	148	3	113	20	8	2	2

CHAPITRE II

LA MEUNERIE

Préparation des grains

Quoique les céréales diverses arrivant en meunerie aient déjà subi une épuration faite par les cultivateurs au moment du battage : criblages pour enlever les petites graines étrangères et vannages pour l'élimination des balles ; il est indispensable en meunerie de leur faire subir à nouveau plusieurs traitements nettoyants. Il reste, en effet, dans les grains de nombreuses impuretés qui pourraient souiller la pureté des farines : débris minéraux divers tels que pierrailles, clous, grains de sable et poussières adhérentes, insectes parasites comme les charançons ; et surtout des graines anormales (trop petites, déjà germées, atteintes de charbon) ou étrangères (ivraie, liseron, nielle..).

On emploie en meunerie pour assurer le complément d'épuration nécessaire, toute une variété d'appareils divers. Selon le principe de leur action, ils peuvent être rangés en trois catégories : les *trieurs* mettent à profit les différences de diamètre, de densité et autres propriétés physiques pour séparer les impuretés des bonnes graines ; les *nettoyeurs* proprement dits modifient l'état des grains par brossages, polissages et autres traitements ayant pour effet de détacher les poussières ou poils adhérents ; les *laveurs*, exclusivement usités pour la préparation des blés durs, complètent l'action des appareils précédents par l'emploi d'un mouillage convenable.

Comme on le voit, ces différents traitements ne se remplacent pas, mais se complètent. De fait, le grain pour être bien épuré doit subir plusieurs des traitements ci-dessus énumérés. Aussi les appareils employés en meunerie comportent-

ils assez souvent plusieurs dispositifs propres à assurer plusieurs sortes de triage et de nettoyage ; en principe, ils peuvent être considérés comme la juxtaposition de plusieurs des appareils élémentaires dont nous allons exposer le fonctionnement.

Triage des grains. — Les plus simples de tous les appareils trieurs sont les *cribles*, composés essentiellement de deux sortes de tamis superposés, formés le premier d'une toile métallique, la « passoire », à mailles carrées de 1 centimètre de côté, le second d'une toile analogue mais beaucoup plus fine, à trous de 2 millimètres de côté. Les surfaces criblantes ne sont pas horizontales, mais légèrement inclinées, de façon à ce qu'en déversant continuellement le grain sur la partie la plus haute, il y ait simultanément marche vers l'autre extrémité

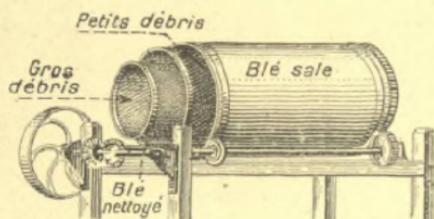


FIG. 2. — Émoteur-sasseur pour le triage des grains.

des toiles, et classement de la masse selon les dimensions des particules constitutives ; les pierres, mottes de terre restent sur la première toile, les graines fines et le « poussier » passent à travers les deux cribles, seuls les grains de céréales et autres particules de même grosseur restent. A la partie la plus basse de chaque toile tamisante sont disposées des sortes de trémies de façon à ce que le « rejet » glisse dans les récipients spéciaux à chaque catégorie de produits triés.

Actuellement, on a remplacé presque partout les tamis plans par des cylindres dont l'intérieur est garni de deux parois annulaires constituées par des toiles métalliques (*fig. 2*). L'ensemble est légèrement incliné et tourne lentement sur l'axe ; on fait arriver les grains à nettoyer au centre de la partie la plus élevée, on recueille à l'autre extrémité, sur le plus petit cylindre les pierrailles, sur la paroi externe les poussières, et dans la partie annulaire les grains de grosseur convenable. Comme on le voit, le principe de fonctionnement est tout à fait analogue à celui

des cribles plans. Naturellement, les détails divers de construction diffèrent ; les trieurs seront par exemple polygonaux, garnis non de toiles, mais de barrettes parallèles ; il peut y avoir trois ou quatre éléments trieurs superposés, etc., mais dans tous les cas, fonctionnement et principe de l'action sont les mêmes que dans l'appareil primitif.

Les *trieurs à alvéoles* sont également basés sur les différences de dimensions des éléments à séparer, mais leur mode d'action,

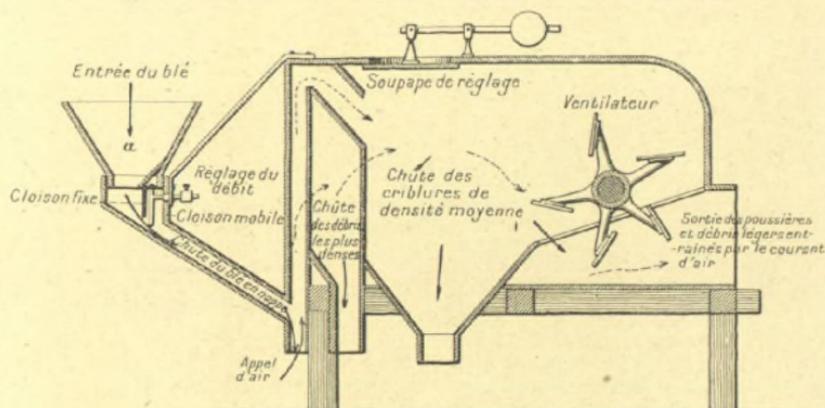


FIG. 3. — Coupe d'un tarare.

totallement différent, permet d'effectuer une séparation beaucoup plus délicate. Au lieu de mettre à profit les seules différences de diamètres, l'appareil agit d'après la forme extérieure, ce qui permet d'éliminer les grains ayant par exemple à peu près la même grosseur que celles du blé, mais plus allongées (avoine), ou plus sphérique (certaines légumineuses). Le trieur à alvéoles est composé d'un cylindre métallique dont la paroi est intérieurement creusée par fraisage ou estampage d'une foule de petites cavités dont dimensions et formes sont telles que si l'on met dans le cylindre en rotation un mélange de graines, chaque alvéole en retient une, mais la laisse échapper si elle est trop longue ou trop courte dès qu'elle s'élève au niveau du plan horizontal passant par l'axe. Au contraire, les bonnes graines, véritablement « moulées » dans les cavités ne

s'échappent qu'un peu plus loin, ce qui permet de les recevoir sur un ramasseur qui les conduit dans un récipient convenable.

Les *larares* permettent de mettre à profit les différences de densité des graines pour assurer leur séparation. La masse à épurer, venant le plus souvent d'un crible-trieur, passe dans un canal où elle subit l'action d'un violent courant d'air produit par un ventilateur (*fig. 3*). Pailles, balles et graines très

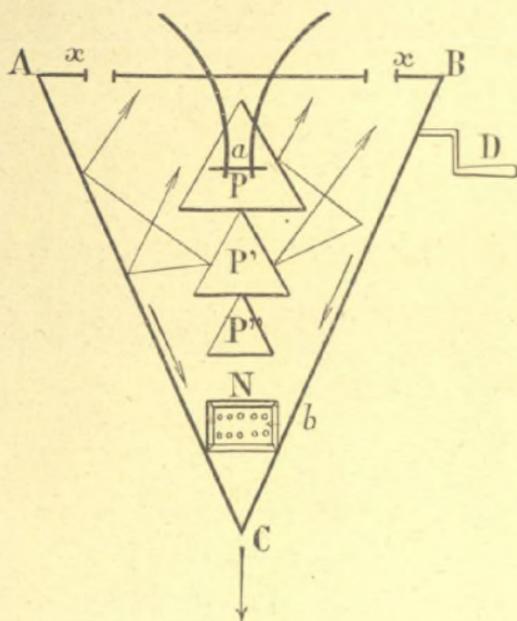


FIG. 4. — Plan d'un épierreur.

légères sont refoulées et se déposent plus ou moins loin dans différents casiers, dans lesquels elles sont classées selon leur densité.

C'est une propriété toute différente qui est utilisée dans les *épierreurs* : la différence d'élasticité existant entre grains et pierrailles non séparés au criblage. Dans une boîte triangulaire plate placée de façon à ce que la pointe soit un peu plus basse

que la base, et animée d'un mouvement horizontal de va-et-vient très rapide (*fig. 4 et 5*), on introduit à la partie supérieure de l'appareil le mélange de grains de blé et de petites pierres. Sous l'action des secousses répétées, toutes les particules sont vivement choquées contre les parois des chicanes triangulaires placées sur le fond de la boîte : les grains bondissent sur les parois à plusieurs reprises de manière à ce que, malgré l'inclinaison, ils remontent vers la base supérieure de la boîte. Au contraire, les pierres, par suite de leur manque

d'élasticité, sont à chaque secousse projetées vers la partie inférieure où ils s'accumulent dans une boîte qu'on vide quand elle est pleine.

On utilise enfin pour le triage les propriétés de dureté des particules du mélange : les *éliminateurs d'ail* consistent en une sorte de laminoir dont un cylindre est recouvert de caoutchouc et l'autre par du cuir armé de pointes métalliques. Dans leur passage, les graines se comportent différemment selon le plus ou moins de dureté de leur enveloppe extérieure : le grain de blé s'enfonce dans le caoutchouc tandis que les semences d'ail bien moins résistantes sont embrochées par le cylindre hérissé, nettoyé ensuite par un ramasseur. Enfin, dans les *trieurs magnétiques*, c'est leur inertie vis-à-vis de l'aimant qui sert à séparer les graines des clous et débris divers de fer qu'elles peuvent contenir. Une surface plane, étroite et légèrement inclinée, forme couloir, limité d'un côté par une paroi constituée par plusieurs pôles d'électro-aimants ; les graines passent le long de la glissière ainsi formée, non les clous, retenus par aimantation, et ensuite détachés à intervalles réguliers sous l'action d'une raclette mue automatiquement.

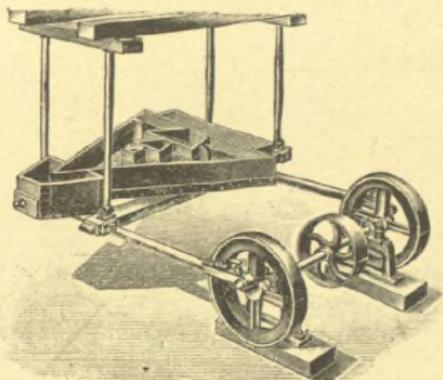


FIG. 5. — Un épierreur en perspective.

Nettoyage. — L'appareil de nettoyage proprement dit surtout employé est la *colonne épointeuse*. Sous ses diverses formes verticales ou horizontales, cet appareil se compose, en principe, d'un cylindre de tôle contenant intérieurement un second cylindre annulaire de toile métallique à l'intérieur duquel se meut à grande vitesse (environ 400 tours à la minute) un arbre portant par l'intermédiaire de plusieurs séries de bras des

bandes métalliques hélicoïdales. Le blé arrivant dans la colonne rencontre ces spires qui le projettent violemment contre la toile métallique : immédiatement ensuite, après ricochet, il reçoit de nouveau un choc semblable, le traitement se continuant ainsi jusqu'à l'autre extrémité de l'appareil. D'autre part, l'arbre portant les bandes hélices fait mouvoir, en dehors de la colonne, des ailes de ventilateur, en sorte que tout l'appareil soit traversé d'un violent courant d'air partant du centre pour sortir dans la partie annulaire après passage à travers la toile métallique ; cet air entraîne au dehors toutes les poussières et poils terminaux adhérents aux grains, et qui s'en sont détachés sous l'influence des chocs répétés. Le blé sort « époiné » de l'appareil, c'est-à-dire avec la pointe débarrassée de ses poils. Outre les organes principaux que nous avons décrits, les colonnes époinéuses comprennent souvent certains accessoires : distributeurs annulaires de grains à la partie supérieure des appareils verticaux, coupes fixées à l'arbre central qui retardent la chute des grains et des chocs supplémentaires, surfaces époinéuses garnies de revêtements d'émeri dans le but de décortiquer superficiellement les grains.

Les *brosses* complètent l'action des époinéuses : en passant entre des surfaces garnies de crin ou de fils métalliques, le grain

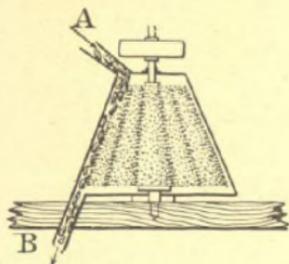


FIG. 6. — Brosse à grains.

est dépouillé des poussières qu'il peut encore retenir. Les brosses affectent des formes très différentes : les surfaces actives peuvent être sous forme de revêtement de petites meules horizontales, on en fait qui garnissent la surface de cylindres ou de cônes (*fig. 6*) parfois, elles sont fixées aux batteurs des colonnes époinéuses.

Malgré l'action de tous ces modes de traitements épurants, les grains de blé renferment toujours ce qu'on appelle la « farine noire », formée par les poussières accumulées dans la fente et si bien fixées qu'on ne peut les extraire qu'en fendant en deux les graines ensuite nettoyées par les procédés ordinaires. Les *fendeurs* sont de véritables

appareils de mouture, au demeurant fort souvent remplacés par de simples cylindres concasseurs dont on tient très éloignées les surfaces broyantes.

Très souvent, criblage, époutage, fendage et traitements divers de l'épuration des grains sont effectués dans un ou quelques appareils complexes (fig. 7), et non dans des machines spéciales pour chaque traitement. On peut ainsi réduire le prix de l'appareillage, l'encombrement, et simplifier les installations diverses d'élevateurs et de transmission. Souvent aussi, dans les petits moulins où les farines exclusivement destinées à la

consommation locale peuvent sans inconvénient être moins pures que les produits de marque : on réduit le nettoyage aux trois ou quatre traitements les plus indispensables. Selon la complexité des traitements effectués, et le rendement, les appareils combinés pour la préparation des grains à la mouture peuvent ainsi affecter quantité de types divers : pour un travail d'en-

viron 500 kilogrammes de grains nettoyés à l'heure, le prix peut varier de 400 francs (émotteur-tarare-trieur-épouteur) à 3.000 francs (épierreur-aspirateur-trieur-épouteur-fondeur-bluterie).

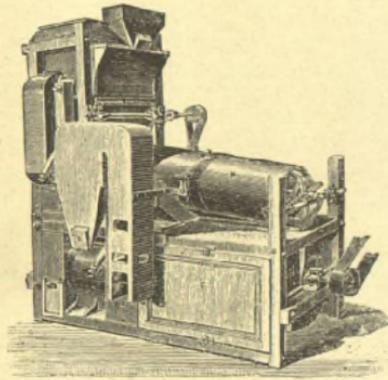


FIG. 7. — Machine à nettoyer les grains.

Lavage des grains. — Ce mode d'épuration permet d'effectuer un nettoyage bien plus complet que ceux qu'on effectue par les procédés à sec ; en outre, il présente l'avantage de priver de leur mauvaise odeur les blés charbonnés ou les grains importés ayant longtemps séjournés en cales ou docks.

Le lavage des blés comporte trois opérations : immersion, polissage et séchage. L'*immersion* était faite autrefois dans les petits moulins en mettant simplement le blé dans un cuvier

retirant les graines surnageant, puis le bon blé, puis enfin les pierres déposées au fond ; elle se fait aujourd'hui à l'aide d'appareils très perfectionnés permettant de régler exactement la durée du traitement, et d'éliminer toutes les impuretés. Le principe de leur fonctionnement consiste en des combinaisons de dispositifs purement mécaniques, très différents selon les systèmes employés par les divers constructeurs.

Le *polissage* est absolument analogue à l'épointage ; on l'effectue dans des « colonnes » semblables, à cette différence près que les grains arrivent à la partie inférieure de l'appareil. Des palettes en tôle perforée séparent tout d'abord la céréale de l'eau dans laquelle elle baigne, après quoi les bandes hélicoïdales entrent en jeu, mais pour remonter et non pour descendre les graines.

Le *séchage*, déjà fortement commencé sous l'action du violent courant qui parcourt la colonne, est complété par passage des grains dans un cylindre relié à un ventilateur. Ce traitement est le plus souvent effectué dans la colonne même, qu'il suffit de faire traverser d'une quantité d'air suffisant à assurer un séchage convenable. Très souvent, mouillage, épointage et séchage sont assurés par le seul appareil, la combinaison offrant les mêmes avantages que les multi-nettoyeurs à sec.

Quand on lave les blés durs, il faut laisser suffisamment d'eau dans les grains, de façon à obtenir une humidité supérieure à la normale. La présence d'eau facilite en effet la mouture en rendant l'écorce plus élastique, capable ainsi de donner de beaux sons non pulvérisés, et surtout en empêchant les farines de chauffer lors du broyage : l'altération est remplacée par une légère dessiccation, ce qui ramène le degré d'humidité à un taux normal. Aussi, si l'on ne nettoie pas au mouillé les blés durs, est-il indispensable de compléter le nettoyage sec par une petite addition finale d'eau : le mouillage doit, d'ailleurs, être très modéré et très régulier sous peine d'empâter meules et bluteries et de donner des farines se conservant mal. On mouille les grains soit dans une auge où tombe continuellement un mince filet d'eau, et où les céréales cheminent régulièrement sous l'action d'un entraînement mécanique quel-

conque ; soit dans des mouilleurs automatiques dans lesquels c'est la quantité de blé passant qui commande l'arrivée d'eau, distribuée par une sorte de roue à godets.

Broyage.

Broyage par les meules. — Le premier broyage que subissent les graines nettoyées est le concassage effectué par des cylindres. On employait d'ailleurs cet appareil bien avant les cylindres de mouture, pour préparer le grain à subir l'action des meules. En concassant le plus grossièrement possible, puis en blutant, on extrait en effet 1 à 1 1/2 0/0 de « farine noire », surtout constituée par les poussières de la fente, qui sert à l'alimentation des bestiaux et dont la séparation permet d'obtenir des farines blanches plus pures. On concasse aussi parfois, pour la mouture du seigle par exemple, dans le but de ne pas fatiguer trop les meules quand les graines sont particulièrement dures. Pour le blé, on emploie parfois des broyeurs spéciaux « fendeurs ».

Mais, en dehors des appareils modernes de mouture par « cylindres » et de quelques systèmes spéciaux de machines à disques, à broches, peu répandues, le broyage des grains est fait à l'aide de meules. On emploie ce dispositif depuis la plus haute antiquité. C'est ainsi que les Romains employaient une meule en forme de cloche surmontée d'une trémie et tournant sur un pivot supporté par la meule tronconique géante. Dès qu'on eut imaginé d'augmenter le pouvoir broyant des surfaces de la pierre en y creusant des rainures qui assuraient le cheminement de la masse broyée vers la périphérie, il fut inutile de leur donner une forte pente, et les meules devinrent beaucoup moins coniques, puis tout à fait plates.

Dans leur forme moderne, les meules se composent de deux disques superposés : la meule « dormante » ou « gisante » placée au-dessous est fixée dans un bâti immobile reposant sur le sol et portant inférieurement des vis de réglage qui permettent d'assurer le centrage exact et l'horizontalité parfaite.

Au centre est pratiqué « l'œillard », trou par lequel passe le « gros fer de meule », arbre en fer, renflé à l'endroit de sa traversée pour obturer à peu près complètement l'œillard, et

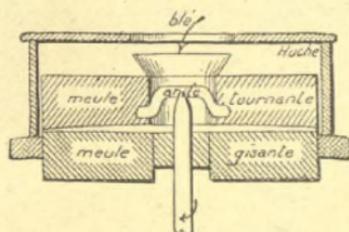


FIG. 8. — Coupe schématique d'une paire de meules.

qui est terminé en haut par une pièce en acier trempé : le « pointal ». La meule supérieure, dont la surface travaillante n'est pas appliquée sur la surface correspondante de l'autre, mais s'en rapproche légèrement sur les bords, et reste plus distante vers le centre, est suspendue sur cet arbre, par un étrier en fer ou « anile ». Il existe plusieurs types d'aniles, les modèles plus perfectionnés employés maintenant permettant à la meule supérieure d'osciller légèrement d'un côté ou de l'autre, et facilitant le remplacement du pointal usé sans avoir à soulever la lourde masse d'une meule. La commande de la meule tournante se fait par l'arbre support, inférieurement relié aux transmissions des turbines ou autres machines motrices.

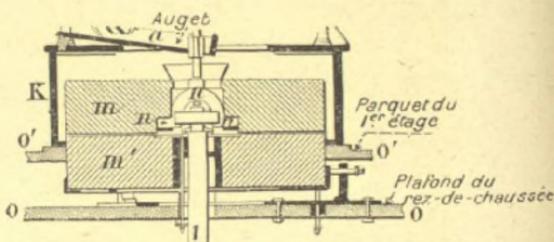


FIG. 9. — Détail d'une paire de meules.

K, archure. — I, gros fer. — n, anile. — m, meules.

Chaque paire de meules est complètement entourée d'une sorte de carter en bois, « l'archure », terminée par une trémie (fig. 10) centrale où on introduit le grain ; l'archure, parfois reliée à un aspirateur, empêche le dégagement des poussières farineuses. A la partie inférieure, une « anche » assure le départ de la boulangue.

Les meules sont construites en « pierre meulière » dont le gisement le plus célèbre, qui fournit de meules le monde entier, fut découvert à la fin du XVIII^e siècle à la Ferté-sous-Jouarre. Ces pierres sont à la fois extrêmement dures et poreuses, ce

qui permet de les travailler à l'outil; elles sont parsemées de cavités se renouvelant au fur et à mesure de l'usure, et dont les bords tranchants cisailent les grains; on les trouve dans des couches de glaise, par morceaux mesurant de 30 à 50 centimètres. Les morceaux les plus petits, plus compacts et durs sont meilleurs; aussi les meules se composent-elles d'une réunion d'un assez grand nombre de morceaux, taillés de façon à ce que l'assemblage soit parfait; le tout est réuni par des cercles de fer et consolidé par le scellement d'une couche de plâtre appliqué à l'opposé des surfaces travaillantes.

Les meules d'autrefois étaient d'une seule pièce et de grand diamètre (1^m,50 à 2^m,20); on préfère aujourd'hui des meules de dimensions plus réduites

(1^m,20 à 1^m,50) qu'on fait tourner un peu plus vite pour obtenir le même effet de course tangentielle qui doit atteindre 450 à 500 mètres à la minute. Pour une meule de 1^m,30 par exemple, la vitesse de rotation est d'environ 120 tours à la minute.

La confection des meules ne peut être effectuée que par des ouvriers spécialistes travaillant avec grand soin. Le centre de chaque meule, ou « cœur » est fait de quatre ou cinq morceaux de pierre choisies parmi les moins dures: ils ne doivent en effet que légèrement écraser les grains; l'« entrepied » ou espace

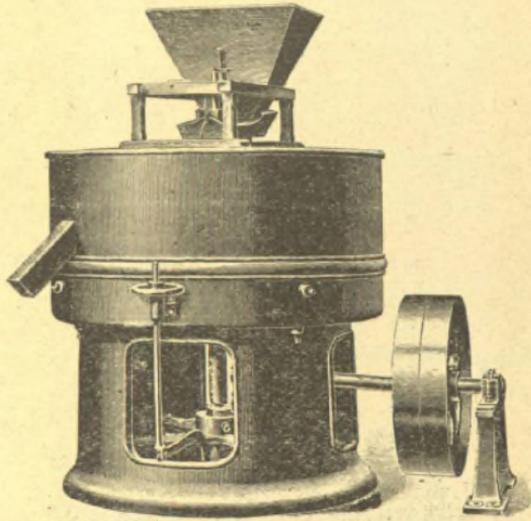


FIG. 10. — Paire de meules montées en carter,)
métallique.

intermédiaire est fait avec des morceaux de dureté moyenne ; enfin la « feullure » ou couronne extérieure qui doit parfaire le broyage des grains est constituée de silex extrêmement dur. Les divers morceaux sont taillés de façon que les surfaces jointes se correspondent très exactement et de manière à ce que les joints soient dirigés radialement ; ce qui permet de les abriter au fond d'une rainure de rayonnage. On entoure le tout de cinq ou six « frettes » en fer placées à chaud pour assurer un serrage parfait par refroidissement. On équilibre au besoin la meule — les morceaux étant forcément d'inégale densité — en creusant, du côté léger, une cavité qu'on leste de plomb fondu ; elle ne pourra ainsi exercer en travaillant une pression plus accentuée d'un côté que de l'autre. Finalement, les meules sont taillées ; on ne s'étonnera pas qu'elles puissent atteindre, après une fabrication si compliquée, un prix d'environ 700 francs la paire de meules pesant environ 10 à 12.000 kilogrammes. Les surfaces actives des meules étaient autrefois simplement avivées de façon à les rendre mieux broyantes à simples coups de pics disséminés partout. Mais les meules ainsi préparées donnant des sons pulvérisés et échauffant la farine, on leur a complètement substitué, d'abord, des meules rayonnées, puis des meules à sillons excentrés (*fig. 11 et 12*) tangents à une circonférence centrée sur l'axe.

On emploie des sillons droits ou courbés, mais beaucoup plus généralement les premiers. Après traçage soigné à la surface de la meule, les sillons sont creusés à l'aide d'outils spéciaux.

Chaque groupe de sillons se compose d'un rayon principal, partant de l'œillard et de plusieurs petits rayons latéraux : le tracé doit être fait de façon à ce que pendant la mouture, les rayons latéraux tournent devant leur rayon principal. Quand la meule courante tourne de droite à gauche par exemple, il faut donner aux meules un rayonnage à droite ; courante et gisante sont en effet rayonnées dans le même sens ; une fois en place, les sillons se croiseront ainsi pendant la rotation à la façon des lames d'une cisaille.

Les surfaces travaillantes des meules, avant rayonnage,

doivent être dressées, non selon un plan, mais suivant une forme plus complexe : sur la couronne extérieure, large d'environ 20 centimètres, la surface est horizontale, toutefois dans tout

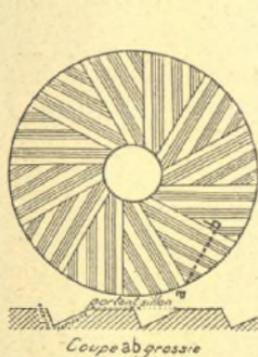


FIG. 11. — Meule gisante, côté actif.

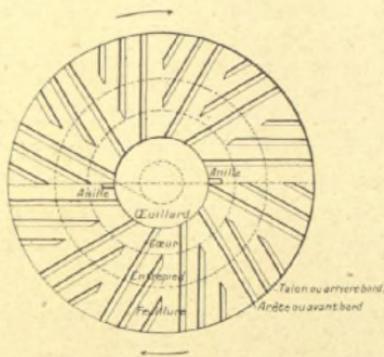


FIG. 12. — Meule courante, côté actif.

le milieu elle a la forme d'un cône extrêmement surbaissé, dont la hauteur est de 1 à 2 millimètres pour la gisante et 3 ou 4 millimètres pour la courante.

Posées l'une sur l'autre, les meules forment ainsi une sorte de moule creux par où le grain peut entrer facilement.

Finalement, les meules dressées et rayonnées sont radiées et riblées par le meunier lui-même, qui, avant d'y moudre du grain, que les aspérités trop vives altéreraient, s'en sert d'abord à vide, puis avec introduction de sable, puis enfin en broyant des sons et bas produits divers jusqu'à ce que les surfaces soient convenablement doucies.

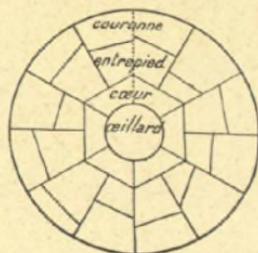


FIG. 13. — Envers d'une meule.

Les meules travaillant jour et nuit sans interruption, ce qui est le cas dans la plupart des moulins, sont mises hors de service en moins d'une semaine. Aussi existe-t-il toujours une paire de meules supplémentaires en non-activité, que l'on soumet au « rhabillage » ou avivage des sillons ayant pour effet

de rendre aux surfaces leurs propriétés abrasives. En se guidant avec des règles, l'ouvrier « repique » simplement la couronne si la meule est peu abîmée ; il rectifie le profil de tous les sillons en conservant la rectitude du tracé, si les meules ont moulu des blés mal nettoyés qui les ont mises complètement hors d'usage.

Les cylindres. — L'idée de broyer le grain par passage entre deux cylindres tournant parallèlement et en sens contraire, l'un près de l'autre, remonte au milieu du XVIII^e siècle ; mais l'appareil ne devint pratique que dans la dernière période du siècle suivant où l'on obtint de bons résultats grâce à des perfectionnements de détails : emploi de surfaces en fonte trempée extrêmement dure, et traçage sur les cylindres de cannelures convenables. Construits et employés d'abord en Hongrie, les cylindres se répandirent ensuite rapidement dans toutes les grandes minoteries européennes où elles ont presque complètement détrôné les meules.

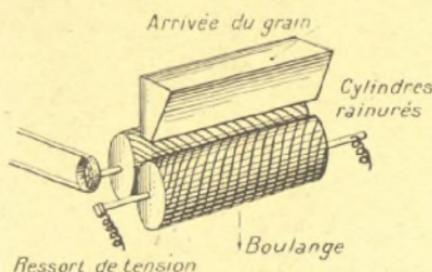


FIG. 14. — Schéma d'un appareil de mouture à cylindres.

Essentiellement, ces appareils se composent de broyeurs constitués par une paire de cylindres placés parallèlement à peu de distance l'un de l'autre, pouvant être rapprochés ou éloignés par des vis de réglage, et mus en sens contraire (fig. 14). Selon les systèmes employés et la nature du traitement ef-

fectué, ce dispositif de principe subit de nombreuses modifications de détails : grosseur égale ou non des éléments de chaque paire ; surface lisse, cannelée ou striée des cylindres ; matières dont ils sont constitués.

En effet, — c'est ce qui différencie surtout l'action des cylindres de celle des meules, et permet d'obtenir de meilleurs résultats dans un cas que dans l'autre — le mécanisme du

broyage par les cylindres est long, méthodique, composé de la succession de traitements effectués chacun dans des conditions bien déterminées, de façon à obtenir l'effet le plus favorable possible. On peut ainsi distinguer trois séries d'opérations indispensables à la mouture par cylindre : le fendage dégermage, le broyage, le conertissage.

Les grains d'abord fendus sont séparés des germes et de la farine noire (poussière logée dans la fente) par un blutage (n° 40) ; après quoi, grosses semoules et sons farineux repassent dans trois, cinq ou même sept autres broyeurs, suivis chacun d'une bluterie qui sépare les produits moulus des semoules et sons rejetés dans l'appareil suivant. A mesure qu'on agit sur des produits déjà de plus en plus broyés, on emploie des cylindres dont l'écartement et les cannelures sont régulièrement et progressivement différentes. On obtient ainsi finalement des sons parfaitement « vidés » sans que l'action répétée des surfaces broyantes puisse échauffer ou altérer les farines, puisqu'on élimine ces dernières au fur et à mesure de leur obtention.

Cylindres-broyeurs. — La substance exclusivement employée pour leur construction est la fonte aciérée, durcie superficiellement par trempe. La longueur des cylindres varie habituellement de 0^m,60 à 0^m,70 et leur diamètre de 18 à 25 centimètres, le même pour chaque élément d'une paire. La surface est creusée des sillons parallèles entre eux, mais non à l'axe, ce qui rendrait le réglage difficile et provoquerait des accrochages. Les cannelures font avec les génératrices du cylindre un angle de 15 à 20°, leurs dimensions sont très variables : dans une même batterie de broyeurs à blé tendre par exemple, la cannelure est de 2 millimètres pour les cylindres de tête, et de 1 millimètre seulement pour ceux de queue, ce qui correspond pour un diamètre de 0^m,22 à 350 cannelures dans un cas et à 700 dans l'autre. Dans des cylindres pour blé dur, la largeur des cannelures est moitié moindre. Quant au profil des cannelures, il est analogue à celui des rayons de meules (*fig.* 15 et 16) pour les premières paires, mais on emploie fré-

quemment, dans les derniers broyeurs, la cannelure Beall, dans laquelle chaque rainure est composée d'une série de plus petites rainures analogues.

Les deux cylindres, montés sur un bâti convenable, tournant en sens contraire, et avec des vitesses différentes : le mouvement relatif, c'est-à-dire la nature de l'action exercée sur le grain est donc absolument de même sorte que s'il y avait — comme pour les meules — une surface gisante et une surface



FIG. 15 et 16. — Action comparée des meules et des cylindres sur le grain.

tournante ; le mouvement lent donné à l'un des cylindres n'a d'autre effet que de renouveler les surfaces travailleuses de façon à éviter l'échauffement partiel et l'usure d'un petit nombre de cannelures. Car les cylindres comme les meules s'usent — d'ailleurs bien moins vite : — au bout de six mois à un an de service, il est nécessaire de « rhabiller » les surfaces broyantes, ce qui se fait chez le constructeur absolument de la même façon que pour rainurer des cylindres neufs.

Les dispositifs de réglage des cylindres n'ont rien de bien particulier et varient selon les constructeurs. Un des cylindres repose sur palier fixe ; pour l'autre, des volants permettent d'abord la parallélité des deux surfaces actives ; un autre mode de commande provoque le déplacement pour régler l'écartement. Les paliers mobiles supportant les tourillons du cylindre réglable sont fixes à la partie médiane d'un levier articulé d'un côté au bâti ; de l'autre, relié aux vis de réglage avec interposition de ressorts puissants qui, cédant lors du pas-

sage accidentel de corps durs, évitent toute rupture ou toute détérioration. La vitesse atteint de 200 à 300 tours par minute pour le cylindre à axe mobile, elle varie de 90 à 130 tours pour le cylindre à axe fixe.

Cylindres convertisseurs. — Généralement accouplés deux par deux et quelquefois trois par trois, ils peuvent avoir le même diamètre ou des diamètres différents. Ils sont presque tangents l'un à l'autre et maintenus à distance constante par un contrepoids ou une vis de pression. Leur surface est parfaitement polie sans rainures d'aucune sorte ; on leur donne une vitesse de rotation de 170 à 200 tours par minute. Comme les engrenages sont de même diamètre pour chaque cylindre, quand l'un d'eux est plus grand, il en résulte que sa surface glisse sur celle du plus petit.

Détail de construction et de montage sont, en général, de même genre que pour les broyeurs, à part les différences de détails déjà signalées ; mais il y a une différence fondamentale de mouvement : par un dispositif spécial, un des cylindres est — outre le mouvement de rotation — soumis à une translation longitudinale obtenue en disposant sur chacun des tourillons une clavette formant ergot, qui s'engage dans une rainure hélicoïdale creusée dans le coussinet du palier. Les deux rainures sont en sens inverse, et le cylindre, par suite de sa rotation, subit un déplacement de va-et-vient qui a pour effet d'étaler les gruaux le plus complètement possible sur la surface de chaque cylindre.

Certains convertisseurs, très employés en Autriche, sont recouverts de porcelaine ; leur installation est délicate, par suite des défauts de cylindricité et de parallélisme qu'ils présentent parfois. Quant aux dimensions des cylindres convertisseurs, elles atteignent généralement 40 à 50 centimètres pour la longueur et 30 pour le diamètre.

Séparation, classement et transport.

Le produit sortant des appareils de broyage est un mélange de particules de nature et de dimensions différentes ; il est indispensable de classer la matière selon l'ordre de grandeur et de densité des constituants.

Le tamisage des mélanges hétérogènes comme la boulange est dit « blutage ».

La plupart des appareils de blutage sont essentiellement constitués par une surface tamisante formée parfois de toiles métalliques en acier étamé ou en bronze, mais le plus souvent en tissus de soie permettant d'obtenir une bien plus grande finesse. On emploie toute une série de ces éléments tamisants de grosseur variable selon les dimensions des particules à classer : leur numérotage usuel varie de 15 à 210, les chiffres représentant le nombre d'interfils compris dans une longueur de 27 millimètres (pouce).

Selon la façon dont les toiles blutantes sont montées dans les appareils de blutage, et le principe de fonctionnement de ces derniers, on distingue : les bluteries polyédriques, les bluteries centrifuges et les bluteries planes.

Les farines fleurs sont recueillies d'ordinaire par les éléments tamisants garnis de toiles n^{os} 120, 140, 140 ; au-dessous du tamis n^o 100, on n'obtient plus que des semoules.

A ce propos nous devons mentionner une apparente anomalie commune à tous les systèmes d'appareils à bluter : la boulange passe d'abord sur le 120, puis sur le 130 et enfin sur le 140, au lieu d'un cheminement inverse. C'est que tant que la hauteur de la marchandise à la surface d'une soie est suffisante pour que les piqueurs remontent à la surface et ne se trouvent pas au contact de la soie, on peut faire usage d'une soie n^o 120 ; les soies plus fines ne deviennent nécessaires que quand la couche diminue.

Bluteries à marche circulaire et chutes libres. — Pendant presque tout le siècle dernier, on employait exclusivement

au tamisage la *bluterie hexagonale*, à laquelle on substitue généralement maintenant d'autres appareils de meilleur rendement. Sur une carcasse rigide de bois ou de métal affectant la forme d'un prisme hexagonal de 30 à 65 centimètres de rayon-côté et de 1^m,50 à 7 mètres de long, sont tendues les laizes de soie, soit longitudinalement, si toute la bluterie est garnie d'un même numéro de tamis, soit annulairement dans le cas contraire. Faite par des « tamisiers » spécialistes, la pose des soies est une opération délicate qui doit être extrêmement soignée.

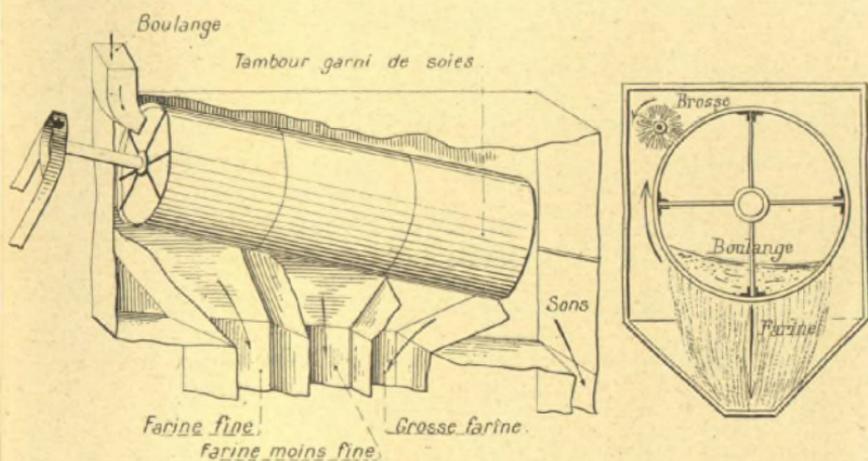


FIG. 17 et 18. — Schéma et coupe d'une bluterie ronde.

Cet ensemble prismatique ou « tambour » est légèrement incliné sur l'horizontale (3 à 4 centimètres par mètre) et tourne à faible vitesse (30 à 50 tours par minute) dans une cage rectangulaire dont la partie inférieure est formée d'un canal à parois obliques et vis sans fin transporteuse, si la surface tamisante est partout de même vitesse, sinon sous chaque numéro de soie se trouvent des trémies, ou compartiments correspondants pour recueillir les produits de chaque catégorie.

Introduite à l'intérieur du tambour par un « pavillon » ou trémie à canal inférieur coudé, la boulangue est incessamment secouée sous l'influence de la rotation, grâce à la forme polyé-

drique de l'appareil ; par suite du contact incessamment renouvelé avec la surface tamisante, il y a séparation des particules assez fines pour passer à travers les jours de la soie. Pour aider à cette action, on munit souvent les bluteries soit de secoueur frappant la carcasse à intervalles réguliers, soit de « taquets », masses de bois enfilées sur des barres radiales qui relient l'arbre aux arêtes du prisme-monture, de façon à glisser de haut en bas lors de chaque rotation.

Les *bluteries rondes* diffèrent des appareils à pans en ce que le tambour est cylindrique et non polyédrique. Le cylindre horizontal mesure de 2 à 6 mètres de long et 0^m,80 à 1 mètre de diamètre, fait de 15 à 20 tours à la minute. Dans ces conditions, il n'y a pas de chocs comme dans les bluteries usuelles, ni de tamisage forcé comme dans les centrifuges ; aussi les produits sont-ils plus régulièrement classés et les toiles moins abimées.

Bluteries centrifuges. — Ces appareils se composent d'une carcasse cylindrique et horizontale de 2 mètres à 2^m,50 de long

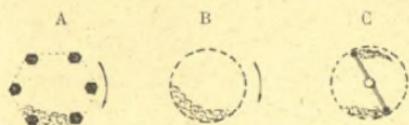


FIG. 19. — Principe de fonctionnement des bluteries hexagonales (A), circulaires (B) et centrifuges (C).

sur 0^m,80 environ de diamètre, formée par des cercles de bois ou de métal espacés de 0^m,25 et liés par des tringles longitudinales, le tout recouvert d'un tissu de soie. A l'intérieur, un arbre central porte des lames ou des palettes inclinées dans le sens du cheminement des matières à tamiser et dont les extrémités sont peu éloignées de la soie.

Tandis que le tambour tourne à la vitesse tangentielle habituelle de 90 mètres par minute, l'agitateur intérieur fait de 180 à 250 tours. Non seulement, par suite de cette action, il y a utilisation de toute la surface tamisante, mais les « plaquettes » ou parties du grain broyées et agglomérées par les cylindres se désagrègent et peuvent ainsi être complètement dépouillées de la fine farine qu'elles contiennent. Le dégagement est facilité par l'action de brosses dégommeuses placées à l'extérieur, qui agissent constamment sur le tissu.

La bluterie centrifuge débite beaucoup plus que la bluterie prismatique et prend bien moins de place : toutes les surfaces tamisantes y sont utilisées pendant le travail, tandis que dans la bluterie ordinaire, il n'y a jamais qu'un pan fonctionnant. Par contre, les bluteries prismatiques, dans lesquelles la farine tombe librement, usent beaucoup moins le tissu de soie tamisant. Il est également à remarquer que par suite du blutage en quelque sorte « forcé » des appareils centrifuges, le classement des produits par catégories de finesse laisse un peu à désirer.

Il existe des appareils intermédiaires entre bluteries à pans et bluteries centrifuges, ce sont des machines à lent mouvement de rotation, hélice centrale et travaillant à moitié remplies de mouture, à l'inverse des modèles précédents marchant avec très peu de matière. Ces derniers genres de bluteries sont d'ailleurs assez peu répandus.

Appareils à tamis plans. — Le « planschichter », inventé par un meunier hongrois, n'est, en principe, qu'un perfectionnement du tamis à main : les surfaces blutantes sont horizontales et animées d'un mouvement de va-et-vient (fig. 20).

A priori, cette disposition est supérieure à celle des bluteries rotatives, chaque maille fonctionnant ainsi au maximum d'ouverture et non pas en projection sous un angle plus ou moins aigu. Mais surtout, le « planschichter » a le grand avantage de substituer à l'action brusque et désordonnée du blutage ordinaire un effet méthodique propre à assurer le maximum de rendement. En examinant la manière dont le planschichter travaille, on remarque que la marchandise placée sur le tamis, n'est pas remuée, agitée et constamment bouleversée, mais qu'elle glisse sur la soie, tout en renvoyant à la surface les particules légères et en classant à la partie inférieure les par-

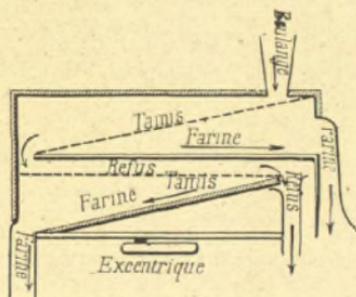


FIG. 20. — Coupe d'un planschichter.

ticules fines et lourdes qui, mises ainsi au contact du tamis passent facilement à travers les mailles. En outre, le plansichter pouvant comporter un grand nombre d'éléments empilés, tient peu de place et demande moins de force.

Il existe deux types de plansichter, les appareils à plateaux

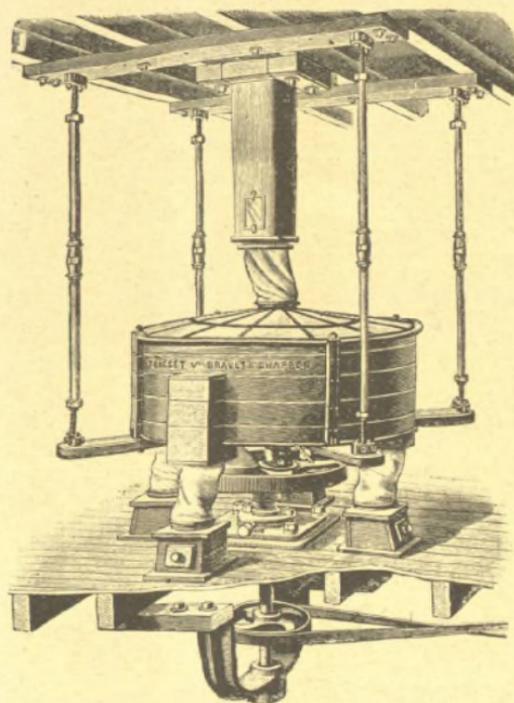


FIG. 21. — Vue d'un plansichter.

rectangulaires, et ceux à éléments circulaires. Dans l'un et l'autre système, le mouvement de secousses est donné par un disque inférieur uni par courroie et relié à la caisse du plansichter par un évidement dans lequel tourne un ergot fixé à la partie mobile. Les plansichters à tamis rectangulaire ont souvent chaque toile divisée par des cloisons de bois parallèles, de façon à former plusieurs éléments tamisants; on superpose ainsi par exemple des tamis n^{os} 120-130-140 (tête) pour avoir la farine fleur; au-dessous viennent les numéros 100, 90 et 80. La masse blutée tombe d'un côté de chaque toile, chemine jusqu'à l'autre extrémité; grâce à des palettes portées par les parois parallèles, tombent sur l'élément suivant et reviennent en sens inverse.

Quant à la sortie des produits tamisés, elle se fait par des ouvertures placées à différents points du pourtour (*fig. 21*), un fond de tôle inclinée vers la sortie conduisant les particules au

rectangulaires, et ceux à éléments circulaires. Dans l'un et l'autre système, le mouvement de secousses est donné par un disque inférieur uni par courroie et relié à la caisse du plansichter par un évidement dans lequel tourne un ergot fixé à la partie mobile. Les plansichters à tamis rectangulaire ont souvent chaque toile divisée par des cloisons de bois parallèles, de façon à former plusieurs éléments tamisants; on superpose ainsi par exemple des tamis

point de départ. Comme on le voit, chaque élément du plansichter forme un tout indépendant, et rien n'est plus facile que de réparer ou de modifier un appareil, en défaisant la pile des montures de tamis, et la modifiant d'une ou d'autre façon. On reproche aux plansichters en général de provoquer facilement le gommage des soies, parce que les secousses ne sont pas aussi vives que dans d'autres genres d'appareils. Aussi les constructeurs adoptent-ils généralement des dispositifs spéciaux de dégommage : batteurs en bois qui buttent à chaque secousse contre les cadres porte-soie, circulation de graines d'acacia qui, en raison de leur dureté, produisent un effet très sûr, brosses. A noter, dans certains plansichters, les brosses montées radicalement sur un collier central tout autour de la mouture : sous l'action des secousses, les brosses tournent lentement de façon à nettoyer peu à peu toute la surface.

Sasseurs. — Bluteriers et plansichters séparent les éléments des mélanges farineux d'après leurs seules dimensions. Or, c'est parfois insuffisant puisque ainsi seront classés dans la même catégorie les parcelles de farine et les sons très fins. Les *sasseurs* permettent d'effectuer la séparation de ces constituants d'après leur densité. En principe, ces appareils se composent d'un tamis sensiblement horizontal, sur lequel on déverse continuellement la masse farineuse et qu'une commande mécanique secoue de 150 à 200 fois par minute. Un violent courant d'air produit par refoulement ou quelquefois par aspiration passe au-dessous de la toile tamisante, est activé ensuite par suite de la présence de gouttières (*fig. 22*) qui rétrécissent les veines gazeuses. Dans ces conditions, une partie du mélange passe au-dessous de la toile dans un premier compartiment *ad hoc*, ce sont les parties les plus lourdes ; sous l'influence des

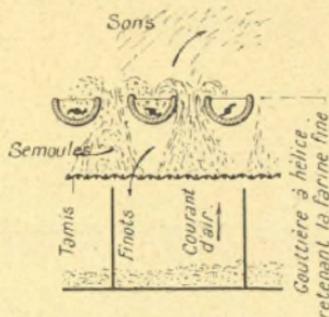


FIG. 22. — Comment fonctionne un sasseur.

secousses, la couche reposant sur le tamis s'est en effet stratifiée comme dans un plansichter, mais le courant d'air aidant, avec plus de perfection encore. Les particules moins lourdes que les gruaux blancs par exemple, obtenus d'abord en semoulerie, passent ensuite dans les autres compartiments inférieurs du sasseur, les plus légers en dernier lieu. Mais le courant d'air emporte une notable partie du mélange farineux : la farine et les sons plus légers que les diverses semoules. Les sons sont entraînés très loin ; les poussières farineuses, au sortir des veines d'entre-gouttières, à intense circulation, par suite de l'épanouissement soudain et du ralentissement de vitesse, tombent et sont recueillies dans les gouttières latérales d'où un arbre à hélice les enlève au fur et à mesure de leur dépôt.

Les *collecteurs* de poussières constituent la suite et le complément des sasseurs. L'air sortant du sassage, alors même qu'un repos suffisant a provoqué le dépôt des particules de son en suspension, contient encore une quantité appréciable de « folle farine » qu'il importe de conserver. On les recueille dans de véritables filtres « collecteurs » de poussières dont il existe plusieurs systèmes. Dans le collecteur Comerford, l'air traverse une couche filtrante constituée par des grains de blé en marche lente, de façon qu'après être recouverts de farine, ils soient secoués, puis renvoyés au bout de l'appareil. Le collecteur Luther se compose d'un tuyau central autour duquel sont montés des prismes de feutres filtrants, tendus par un ressort à boudin central. L'ensemble est enfermé dans un grand coffre où arrive le courant d'air chargé de folle farine. Cet air ne peut pénétrer dans le tuyau d'évacuation qu'en passant à travers le feutre et se dépouillant ainsi des particules en suspension. Pour détacher et recueillir la couche de farine recouvrant les prismes-filtres, on a disposé un excentrique qui comprime le ressort de chaque élément à son passage au bas de l'appareil ; lors de la détente brusque qui suit, la farine tombe.

Brosses à sons. — Même avec les procédés de moutures les plus perfectionnés, on n'arrive pas au cours des broyages et blutages successifs, à dépasser un certain taux d'extraction de

la farine adhérente aux sons : ces derniers retiennent toujours au moins 2 à 3 0/0. On peut l'extraire à l'état de farine bise en employant des bluteries spéciales dites « brosses à son ».

Ces appareils se composent d'un tambour tronconique garni de toile métallique n° 40, à l'intérieur duquel tourne avec une vitesse de 300 à 500 tours par minute un arbre garni de brosses ; le tout ayant de 1 mètre à 3 mètres de longueur.

Les sons sont introduits par la partie la plus étroite, énergiquement projetés et frottés par les brosses sur la toile métallique ; la farine se détache du son et passe à l'extérieur où elle tombe dans une trémie ; le son épuré sort à l'autre extrémité.

Transport et manipulation des matières premières. —

Dans les minoteries modernes, tout se fait automatiquement ; c'est le seul moyen de produire beaucoup, à peu de frais et avec un minimum de perte. A ce point de vue, l'aspect d'un moulin est caractéristique : on y voit très peu d'ouvriers, et la plupart du personnel est occupé à des besognes annexes, telles que réparation des sacs et camionnage du blé. Il est peu d'industries modernes où la main-d'œuvre soit aussi réduite, ce qui tient à ce que tous les produits traités sont en granules, de manipulation mécanique commode, et à ce que tous les appareils effectuent leur besogne de façon continue. Dès lors, il suffit de régler leur fonctionnement, de surveiller la marche et de les réparer, dès que nécessaire. On sait que les grains conservés sont attaqués par certains insectes ; de plus, sous l'influence de fermentations mal définies, ils s'échauffent, sentent le « moisi ». Pour éviter ces altérations, on a proposé d'étuver les blés, la perte de l'humidité assurant la bonne conservation ; ou la mise en silos clos, l'anhydride carbonique dégagé par les grains assurant la disparition des parasites ; mais aucune de ces méthodes n'a prévalu. Actuellement, on emploie exclusivement des récipients de tôle ou de béton armé, groupés dans de vastes docks et dont la contenance totale est souvent énorme. Des dispositifs mécaniques assurent le transport continu des grains de l'un à l'autre caisson, pour aérer et remuer

sans cesse la masse, conditions propres à assurer le mieux sa bonne conservation.

Les manipulations des grains, dans les importants magasins ou minoteries, se font, quand il s'agit de cargaisons ou chargements en vrac, par des procédés mécaniques de rendement bien supérieur à ceux des grues employées pour les sacs. Des élévateurs à chaîne sans fin portant des godets transportent directement les grains, du bateau dans les greniers ; on a même employé des pompes pneumatiques, assurant l'enlèvement des grains par un tuyau de fort diamètre en communication avec un ventilateur et plongeant dans la masse à décharger.

Pour le transport des produits broyés divers dans de petits parcours horizontaux ou inclinés, on emploie souvent les vis sans fin du type ordinaire, se mouvant dans des auges-conduites ; pour élévation, des chaînes à godets, et pour les longs parcours horizontaux, les transporteurs à palettes mobiles.

Les élévateurs sont le plus souvent formés de godets en tôle ou en cuir embouti, attachés sur des courroies de toile caoutchoutées, la poulie de renvoi inférieure plongeant à sa périphérie dans une fosse où arrive la farine à élever.

Les transporteurs horizontaux à palettes ont l'avantage de ne pas casser les grains comme font les conduites à vis. Ils se composent d'un conduit à l'intérieur duquel des palettes mobiles autour d'axes horizontaux ne peuvent se déplacer que dans un sens ; fixés extérieurement au sol par des lames-resorts, permettant de donner à l'ensemble un mouvement de va-et-vient. Les palettes, balançant autour de leur axe, font glisser la matière dans le même sens.

Mélanges, ensachage, dépoussiérage. — On a souvent, en meunerie, à réunir par exemple les produits provenant de plusieurs blutages différents. Pour obtenir de la sorte des produits homogènes, — qualité indispensable à toutes les farines commerciales — il importe de mélanger parfaitement les produits de diverses provenances.

C'est ainsi que les farines arrivant des bluteries diviseuses se rendent dans une même « chambre à farine » où on les pelle-

tait autrefois à la main. Actuellement, les chambres sont cylindriques et un arbre central portant des agitateurs permet de brasser parfaitement la masse (râteaux-mélangeurs). Ces râteaux à boulange sont habituellement de deux types : ou les palettes sont fixées à une traverse horizontale pouvant glisser le long de l'arbre de façon à monter au fur et à mesure de l'emplissage ; ou elles font partie de deux bras disposés en rayons opposés, articulés au centre sur l'arbre. De cette façon, quand la chambre est remplie, les bras sont relevés ; quand elle est vide, ils sont horizontaux : dans tous les cas, on a l'avantage de toujours obtenir ainsi dans la trémie centrale de la farine bien mélangée, provenant de toutes les couches horizontales du tas.

Il existe aussi des mélangeurs centrifuges se composant d'un disque tournant rapidement, au-dessus duquel débouchent les conduites de boulange ou de farine : la matière est projetée avec force vers la périphérie de la chambre et elle se dépose bien mélangée.

Quoique la plupart des traitements de meunerie soient maintenant faits mécaniquement dans des appareils à enveloppes bien closes, il se produit toujours des poussières, comme s'en aperçoit à ses dépens tout visiteur de minoterie, quelques précautions qu'il prenne. Les courants d'air sortant des ventilateurs, nettoyeurs, sasseurs contiennent surtout une quantité appréciable de poussières qu'il importe d'arrêter, et pour ne pas salir les ateliers ou l'air extérieur, et parce que ces poussières, fussent-elles composées de farines noires inférieures, ont toujours une valeur marchande (aliments pour bestiaux, engrais, etc...). Au reste, ce dépoussiérage est souvent rendu obligatoire par les inspecteurs du travail parce que l'air ainsi souillé devient facilement explosible, et que sa respiration est dangereuse pour la santé.

Les poussières du nettoyage des grains sont souvent arrêtées par une chambre à poussière, assez vaste, et où l'air arrivant par suite du volume perd toute vitesse appréciable, ce qui permet la chute des particules en suspension. On emploie assez souvent maintenant le « cyclone », moins encombrant et moins coûteux, formé de deux boîtes en tôle, une conique et l'autre cylindrique,

l'air poussiéreux entre tangentiellement dans la partie cylindrique pour être dirigé dans le cône sur les parois duquel les poussières se déposent ; l'air-épuré remonte et sort ; on recueille les poussières au bas de l'appareil.

Les « folles farines » provenant des sasseurs, des appareils de broyage et de blutage peuvent également être recueillies dans des chambres à poussières ou des « cyclones » ; on emploie en outre à cet usage des filtres à air, composés en principe de sacs en flanelle tendus dans des chambres où se fait l'épuration. Des dispositifs à secousses permettent de détendre et de tendre brusquement le tissu pour en faire tomber la poussière qui obstrue les pores après un certain temps de fonctionnement.

Blanchiment des farines. — Il peut sembler paradoxal de blanchir une matière dont la teinte paraît d'une pureté parfaite. Pourtant, ce sont justement les meilleures farines que l'on soumet aux procédés de blanchiment. Quoique ceux-ci soient généralement peu connus, ils ont un très grand nombre d'importantes applications industrielles. Les préférences de leur clientèle ont amené les boulangers à préparer des pains de plus en plus blancs. Or les meilleures fleurs de farines ayant toutes un très léger reflet jaunâtre, qui peut passer inaperçu, mais que la comparaison à une teinte blanche pure rend très apparent, on fut amené, pour « blanchir » la pâte, à employer certains produits tels que l'alun, le talc, préjudiciables à la santé du consommateur. Au contraire, les procédés de blanchiment des farines — quoique dus à l'ingéniosité de chimistes et à base de réactifs énergiques — permettent d'arriver au même but en obtenant des produits parfaitement inoffensifs.

C'est en soumettant la farine à l'action d'un gaz que l'on parvient à la décolorer ; moyen très simple, évitant toute manipulation malpropre et toute addition de matières étrangères. Au point de vue industriel, la commodité des procédés fait que le coût du traitement ne grève que fort peu le prix de la farine : quelques centimes par quintal, ce qui est tout à fait négligeable. Quant au gaz employé, après essais de tous ceux

susceptibles d'avoir des propriétés décolorantes, on adopta le peroxyde d'azote. Seul, ce réactif décolore parfaitement les farines de bonne qualité sans en altérer sensiblement la composition ; sous son action, la pellicule grasseuse jaunâtre qui entoure chaque grain d'amidon et en souille la blancheur s'oxyde et devient incolore. Le fait fut mis en lumière par M. Fleurent en épuisant à l'éther des farines avant et après blanchiment : on obtient, par évaporation du solvant, dans un cas une graisse jaunâtre, dans l'autre une matière parfaitement incolore.

Si dans tous les procédés actuellement usités on emploie le peroxyde d'azote, selon les cas le gaz est préparé différemment. Ainsi, dans le procédé Teisset, par exemple, c'est l'air atmosphérique qui, sous l'action de l'électricité, donne synthétiquement le gaz azoté par combinaison directe de son azote et de son oxygène. Dans le procédé Andrews, au contraire, le premier en date et l'un des plus employés, le bioxyde d'azote est préparé par la réaction classique de Berthelot en faisant agir l'acide azotique sur le sulfate de fer : il y a formation de bioxyde d'azote (AzO) qui, au contact de l'air, se transforme en peroxyde (AzO^2). On évite ainsi les frais d'une installation électrique, le prix des réactifs est très faible et l'appareil fort simple. Deux vases réservoirs contenant les solutions de réactifs sont reliés au générateur par des tubes à robinets dont on règle une fois pour toutes le débit.

Au fond d'un vase à demi plein d'eau, arrive le tube de refoulement du ventilateur ; l'air, en barbotant à travers le liquide, peroxyde le bioxyde d'azote naissant et l'entraîne vers l'appareil à blanchir.

A quelques détails mécaniques près, celui-ci est commun à la plupart des installations : c'est une bluterie à parois non perforées et à ramasseur intérieur en forme d'hélice. Incessamment relevée et projetée, la farine chemine d'une extrémité à l'autre en subissant l'action de l'atmosphère intérieure dont une arrivée continue de peroxyde entretient l'activité. On emploie parfois aussi des sortes de plansichters.

à l'autre d'aussi nombreuses différences et de profondes modifications. Mais toutes ces méthodes de travail peuvent se rattacher à deux groupes types d'où elles dérivent : la *mouture haute* et la *mouture basse*.

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, qui constitue une sorte de déchet de fabrication et dont on réduit le plus possible la proportion en raison de la teinte grise provenant de l'imperfection du nettoyage.

Avec des bluteries spéciales à mailles suffisamment larges, on sépare les sons des gruaux. Les premiers sont ensuite travaillés à part et dépouillés de leur farine adhérente au moyen de brosse. Cette « farine de son » est plus riche en matières azotées que celle du centre des grains, elle est mise à part en

raison de sa couleur jaunâtre. Les gruaux, soumis à des broyages successifs, fournissent une farine très blanche et très pure.

Cette méthode ne permet d'obtenir que des rendements très peu élevés : 20 0/0 de farine premier jet et 57 0/0 de farine de grau, tout le reste constituant la farine de son et les issues. Aussi lui a-t-on presque partout substitué la mouture basse qui sans doute donne des produits de qualité un peu inférieure, mais permet d'obtenir 80 0/0 et plus de farine marchande.

La mouture « basse » consiste à broyer les grains entre des surfaces très rapprochées de façon à obtenir une boulangue fine ; la façon dont on fait ensuite le blutage diffère selon les

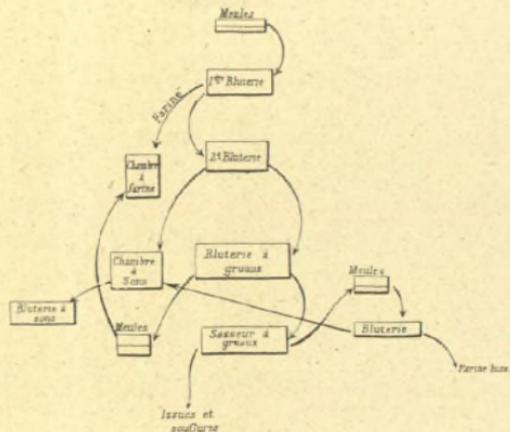


FIG. 24. — Schéma de la marche d'une mouture haute.

contrées : pour la mouture rustique du Nord, on emploie un seul blutoir, à mailles plus ou moins fines, selon qu'on veut obtenir des farines de diverses qualités ; pour les moutures méridionales anglaise et américaine, on opère plusieurs blutages à travers des étoffes de plus en plus ouvertes.

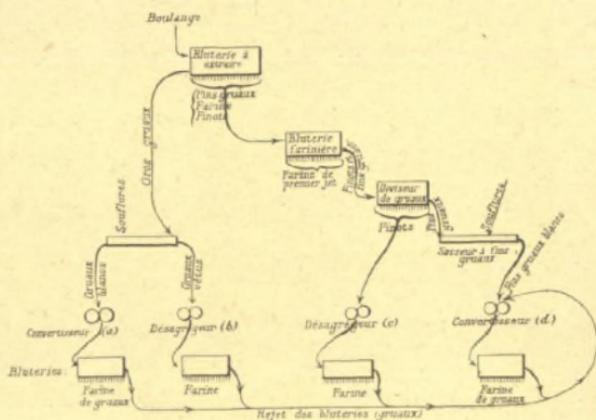


FIG. 25. — Schéma d'une mouture par cylindres.

On jugera de la disposition relative des appareils de meunerie et du principe de marche du travail, au vu des schémas que nous reproduisons d'après Pellerin, et qui représentent l'une une fabrication dans un moulin à meules (*fig. 24*), les autres la disposition des machines dont un moulin à cylindres (*fig. 25*).

CHAPITRE III

LA FÉCULERIE

Quoique bien moins importante que la meunerie, la féculerie est une véritable grande industrie. Toutefois, et d'ailleurs malheureusement, elle est souvent faite chez nous dans de très

petites usines annexées aux exploitations agricoles. La simplicité du traitement permet en effet de réduire l'appareillage à l'extrême, mais au plus grand dam de la conduite rationnelle du travail.

Féculerie indigène. — Immédiatement ou peu après la récolte, les tubercules sont transportés par voitures, wagons ou bateaux à la féculerie où on les emmagasine sous des hangars. Dans les usines modernes, chaque hangar recouvre un fossé au milieu duquel est placée une rigole pouvant être parcourue par un assez fort courant d'eau : c'est le transporteur hydraulique qui assure la conduite des pommes de terre jusqu'aux laveurs.

Ces derniers appareils se composent d'une auge en tôle dans le centre de laquelle se trouve un arbre muni de palettes. Le lavage se fait le plus souvent successivement dans plusieurs appareils semblables, juxtaposés, ou simplement formés par la pose de parois transversales dans la longueur de l'auge ; on scinde ainsi le lavage en débouillage, nettoyage et finissage, avec de l'eau, circulant méthodiquement, et dont on ne consomme que le moins possible. Le lavage doit être soigné, en raison de la présence à la surface des tubercules de « nœuds » ou anfractuosités logeant les matières terreuses, et de la nécessité d'éliminer absolument toutes ces dernières pour obtenir des fécules bien blanches.

Extraction et séparation de la fécule. — Les pommes de terre, une fois nettoyées, sont broyées dans des appareils spéciaux, de façon que les grains de matière amylicée ne restent plus emprisonnés dans les cellules. Pour déchirer le tissu cellulaire, on emploie des râpes formées de lames d'acier taillées en dents de scie et montées sur des armatures cylindriques permettant un facile remplacement. La disposition des éléments râpants diffère selon que les tubercules sont traités par la force centrifuge ou par poussée mécanique. Dans le premier cas (type Champonnois, aussi employé en distillerie), les pommes de terre, conduites par une trémie, tombent à l'intérieur d'un

tambour et tournent très rapidement sous l'action des palettes d'un arbre central intérieur : elles sont de la sorte fortement appliquées contre les lames dentées et transformées en râpures qui passe à l'extérieur.

Au contraire, dans les râpes à poussoirs, préférées maintenant à cause de la puissance de travail et de la commodité de réglage, les lames garnissent l'extérieur et non l'intérieur d'un cylindre, lequel tourne au lieu d'être fixe. Les tubercules sont appliqués sur la surface râpante à l'aide de pistons à levier qui coulisent dans la trémie d'amenée (*fig. 26*).

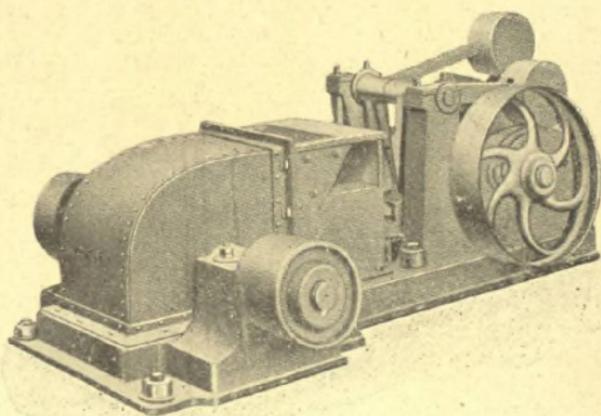


FIG. 26. — Râpe de féculerie à poussoirs.

Dans tous les cas, l'opération est effectuée sous l'action d'un courant d'eau qui dilue la râpures à l'état de bouillie envoyée finalement sur les tamis. Là s'opère une séparation des grains de fécule, entraînés sous forme de lait, et des débris cellulaires constituant le refus du tamisage. Ces refus contiennent toujours, si bien fait que soit le premier râpage, une notable quantité de fécule par suite de l'incomplète désagrégation de toutes les parois cellulaires. C'est pourquoi on fait un second broyage. Les appareils qui l'effectuent sont analogues extérieurement aux pompes centrifuges ; ils possèdent des lames mobiles placées sur l'arbre central, qui tournent très rapidement entre

des contre-lames fixes, pour que la masse soit finement déchi-
rée. Enfin dans les usines bien montées, après second broyage
suivi d'un tamisage, on repasse une dernière fois le refus dans
un troisième broyeur, formé de deux meules d'acier tournant
l'une près de l'autre. Quoique cette dernière opération soit
négligée dans la plupart des féculeries françaises, elle peut
donner une augmentation de rendement atteignant et dépassant
2 kilogrammes de fécule par quintal.

Chacun des tamisages qui suivent les divers broyages se
fait sur toile métallique très fine, montée autrefois sur une
garniture de bois à la façon des cribles primitifs à grains. On

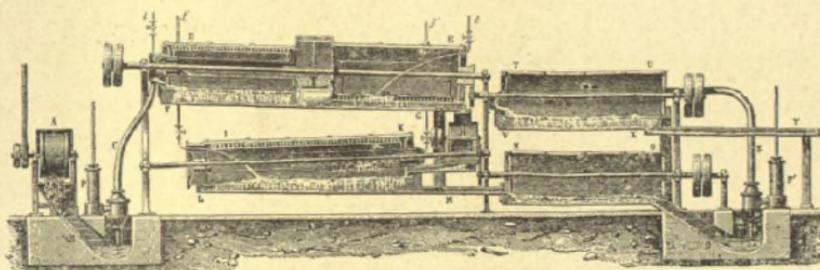


FIG. 27. — Schéma d'une installation de féculerie.

A, H, râpes. — DE, IK, NO, TU, tamis. — P, pompe.

fit ensuite usage de tamis plans à secousses, lesquels tendent
à être maintenant remplacés par des extracteurs rotatifs ana-
logues en principe aux bluteries des minoteries. La bouillie
râpée est placée à l'intérieur de l'extracteur, du côté le plus
élevé ; le lait de fécule passe dans la bêche, et la pulpe épuisée
sort à l'extrémité inférieure. Comme au cours du râpage, il
faut, pendant le tamisage, arroser constamment la masse en
traitement, de façon à bien entraîner les grains de fécule
libres ; aussi, les féculeries consomment-elles beaucoup d'eau,
et doivent-elles en avoir à leur disposition de bien pure pour
ne pas salir les fécules.

On a construit des appareils dits « continus » pour l'extraction
complète de la fécule. Quoique peu employés, ils méritent
d'être décrits en ce que donnant le schéma résumé de la

féculerie. La pulpe tombant de la râpe A (*fig. 27*) passe dans la pompe *p* puis dans l'extracteur DH, dont le refus est rebroyé en H; la pulpe est épuisée en KI. Les eaux féculées venant des deux extracteurs passent successivement dans les épurateurs NO et TU et la fécule s'écoule en VY vers les cuves de dépôt.

Les laits de fécule provenant des tamisages successifs sont réunis, puis dirigés, après homogénéisation, vers des cuves, ou mieux, des plans de décantation. On désigne sous ce nom des sortes d'auges larges de 1 mètre et longues de 10 à 30 dans lesquelles on fait circuler très lentement les laits féculés. Sous l'influence du ralentissement de vitesse, les grains tombent peu à peu et forment, au fond du plan, une couche qui s'épaissit continuellement; le liquide sortant à l'extrémité de chaque appareil est sensiblement limpide. Comme, toutefois, il contient toujours un peu de fécule entraînée malgré la lenteur de marche, on ne le rejette qu'après un séjour assez long dans des citernes de décantation.

Raffinage de la fécule. — On ne recueille dans les plans, lors de la vidange qui se fait habituellement une fois par jour, et quand l'épaisseur de la couche atteint un demi-mètre, qu'une fécule impure. Aussi, celle-ci doit-elle être plusieurs fois lavée, puis décantée. Ces opérations se font dans des cuves munies de divers systèmes d'agitateurs à palettes pour les lavages, et de robinets et tubes à hauteur amovible pour la décantation. On lave une partie de fécule humide avec trois fois son volume d'eau.

En particulier, après la première décantation, la couche superficielle, teintée en gris brun, doit être raclée et recueillie à part. Les diverses eaux résiduelles vont dans de grandes citernes qui se vident par débordement, le faible dépôt s'accumulant jusqu'à fin de fabrication; il est alors repris et soumis aux lavages et traitements habituels pour l'obtention des féculés de seconde qualité. Pour laver ces derniers produits, ou les féculés premiers provenant de pommes de terre gâtées ou gelées, on ajoute souvent aux eaux de lavages divers agents désodorisants ou décolorants; les plus employés sont l'acide

sulfurique et les hypochlorites, toujours à très faibles doses.

La féculé peut être livrée au commerce à l'état humide ou après séchage. Dans tous les cas, il est bon de lui faire subir un essorage dans les turbines centrifuges d'un des genres employés industriellement, parmi lesquels les types sans arcade, à commande inférieure (*fig. 61*) sont généralement préférés en raison de la facilité d'accès. Il existe d'ailleurs encore de petites usines où la féculé n'est pas essorée.

Le séchage avait lieu autrefois — et se pratique parfois encore de la sorte — dans des chambres remplies de claies et chauffées par un poêle. La durée du séchage est dans ces conditions de plusieurs heures, la dépense de main-d'œuvre est considérable, et on a une certaine quantité de déchets, par suite des condensations de gouttelettes qui provoquent la dextrinisation partielle du produit.

Aussi emploie-t-on aujourd'hui presque partout des séchoirs plus perfectionnés, dont il existe de très nombreux systèmes, pouvant être classés en deux types selon que la féculé à traiter y est disposée sur des tablettes planes ou dans des cylindres rotatifs. Dans les premiers séchoirs plans, la féculé était placée sur des tablettes étagées ; on la faisait descendre de l'une à l'autre avec des racloirs, et on obtenait à la partie inférieure un produit sec. La main-d'œuvre fut ensuite supprimée par l'emploi de tablettes secouées mécaniquement, puis, dans les modèles les plus employés actuellement, par substitution de toiles sans fin aux autres surfaces porteuses. Le chauffage est effectué par circulation d'air chaud, ou mieux par injection de vapeur à l'intérieur des tablettes.

Les séchoirs rotatifs, de création plus moderne, et de fonctionnement généralement plus rustique se composent d'un cylindre tournant lentement, et parcouru par un courant d'air chaud. La féculé introduite à l'une des extrémités de l'appareil est incessamment relevée par des cloisons fixées intérieurement à la paroi ; elle retombe en se desséchant dans l'atmosphère sans cesse renouvelée, et chemine peu à peu vers l'autre extrémité par suite de la disposition légèrement oblique des garnitures-ramasseuses. Dans certains séchoirs rotatifs, non

employés d'ailleurs en féculerie française mais dont il existe en Allemagne plusieurs applications, après avoir rempli l'appareil, on le met en communication avec une pompe pneumatique : traitée ainsi dans un vide relatif, la fécule est séchée rapidement à très basse température, ce qui permet d'obtenir des produits d'une blancheur exceptionnelle.

D'ailleurs, dans tous les cas, le produit doit être séché à moins de 50° C., sans quoi on risque de l'altérer. Du reste, le séchage n'est jamais complet : la fécule en effet possède la propriété, si bien desséchée soit-elle, d'absorber à l'air environ 20 0/0 d'humidité sans changer d'aspect ni risquer de se gâter ; aussi suffit-il d'obtenir ce chiffre dans les fécules dites commercialement sèches.

Utilisation de la fécule et des bas produits. — Outre les fécules inférieures, obtenues comme nous l'avons vu par le traitement des résidus divers, on obtient, en féculerie, une forte quantité de pulpes généralement utilisées pour l'alimentation du bétail. Ces pulpes étaient autrefois simplement mises à égoutter sur des planchers à claire-voie ; elles sont maintenant presque toujours pressées dans des appareils continus, entre deux cylindres percés de trous par où passe l'eau (*fig. 72*). Du fait de ce traitement, l'humidité passe de 90 0/0 à 65/70 0/0 ; la matière devient ainsi de transport et de conservation plus faciles. Quelquefois, on réduit même ce quantum à 14/16 0/0 environ en desséchant la pulpe dans des séchoirs du genre de ceux employés en sucrerie pour un usage analogue (types Buttner-Meyer, Huillard, etc.).

Les fécules exotiques. — On importe en Europe des quantités considérables de fécules exotiques, employées à cause de leurs propriétés spéciales : les principales sont la fécule de manioc ou tapioca et le sagou.

Tapioca. — Le manioc est une euphorbiacée surtout cultivée au Brésil ; l'arbrisseau, d'une hauteur d'environ 2 mètres, (*fig. 28*), à trois, quatre, ... nombreuses racines enflées (*fig. 29*)

pesant en moyenne chacune 2 kilogrammes. La plantation se fait d'août en septembre, les boutures de 20 à 25 centimètres espacées les unes des autres de 1 mètre en tous sens ; le manioc arrive à maturité au bout d'une année. La quantité de matière nutritive produite est telle que 1 hectare de manioc équivaut à 6 hectares de blé.

Les tubercules arrachés sont lavés, pelés et râpés avec addition d'un peu d'eau. On presse dans des sacs pour séparer le liquide, après quoi le marc est désagrégé, tamisé, cuit au four en agitant constam-

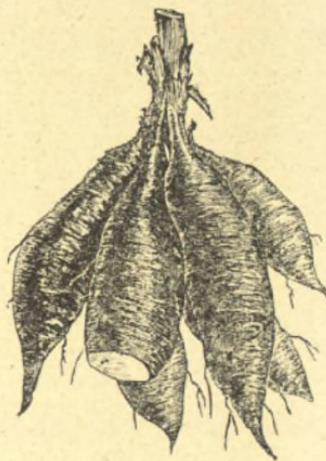


FIG. 28 et 29. — Manioc et racines de manioc.

ment. La fécule ainsi obtenue est d'excellente qualité et sert surtout à l'alimentation. Quant au liquide écoulé des presses, on le fait décanter par des procédés analogues à ceux usités en féculerie, on lave plusieurs fois le dépôt. On peut finalement faire sécher au soleil pour obtenir une sorte d'amidon (*polvilho* employé au Brésil en pâtisserie et en apprêt), ou tamiser la masse encore humide et la faire cuire à petit feu : c'est ainsi

qu'est préparé le tapioca, universellement apprécié pour la confection des potages.

Sagou. — On emploie souvent cette fécule pour fabriquer des pseudo-tapiocas à bon marché. On l'emploie aussi dans certains pays en place de la fécule de pomme de terre. Le sagou est extrait de la moelle du palmier sagoutier (*Sagus farinifera*) qui croît en abondance dans les Indes. Le sagou peut concurrencer la fécule lorsque celle-ci atteint un prix assez élevé. Il a déjà été employé avec succès, en cas de disette de fécule : son emploi paraissait d'abord réservé à la gluconerie, mais on reproche aux produits issus du sagou de prendre une coloration grisâtre au bout de quelques semaines de fabrication. Il est utilisé également pour certains apprêts de tissus ; en Angleterre, on le préfère même à la fécule pour cet usage. En France, il est employé, notamment, dans les tissages de Normandie et pour l'encollage du fil dans la fabrication des tissus élastiques.

La fécule de sagou se présente sous forme de grains irréguliers, blancs, rosés ou brunâtres, semi-transparents, résistant sous la dent, insolubles dans l'eau, mais devenant transparents et poisseux sous l'influence de l'eau bouillante ; sa teneur en eau est de 12 à 14 0/0. Cette fécule se transforme facilement en glucose sous l'influence des acides étendus.

Le sagou est importé sous différentes formes : fécule granulée, fécule en poudre avec débris de cellulose, fécule lessivée et pure. C'est cette dernière forme qu'emploie l'industrie normande et anglaise.

A l'état granulé, le sagou est employé principalement pour la préparation des potages destinés aux vieillards et aux enfants ; il y a le sagou tapioca, qui est rougeâtre, et le sagou en granules, qui est insoluble dans l'eau. Ce dernier comprend deux qualités : le sagou ancien, qui ne se transforme pas en empois, et le sagou nouveau, qui donne un empois très fort.

Ce produit se distingue aisément des autres féculs : les granules sont ovoïdes, ou elliptiques, allongés et souvent rétrécis en forme de col à l'une des extrémités ; leur diamètre varie

entre 3 centièmes et 8 centièmes de millimètre. Le hile, placé à l'extrémité la moins large, est souvent étoilé.

La fécule de sagou, lavée et purifiée, est préparée surtout à Malacca ; elle est importée à l'état brut, et cette importation dépasse 16.000 tonnes annuellement.

La production du sagoutier est considérable ; chaque palmier fournit environ 600 kilogrammes de fécule.

CHAPITRE IV

BOULANGERIE, PATISSERIE, FABRICATION DES PATES ALIMENTAIRES

Il est malaisé de limiter nettement l'art de l'industrie : le premier n'étant que la phase primitive d'une technique devenant industrielle par le seul fait d'un agrandissement de l'atelier. Ainsi actuellement, dans la plupart des cas, la boulangerie est un art : dans certaines villes, en particulier celles du Nord, pays de la coopération, il existe cependant de nombreuses usines véritables où l'on fait le pain. Il est à prévoir que ce mode économique de production prendra de plus en plus d'extension. Il était donc rationnel de joindre la boulangerie aux industries alimentaires et agricoles des matières amylacées : c'en est le stade ultime et peut-être le plus important.

Pétrissage et fermentation des pâtes. — En malaxant de la farine avec une petite quantité d'eau, on provoque le gonflement du gluten, de l'amidon, et la formation d'une « pâte homogène ». Cuite ainsi, la pâte ne donnerait que des galettes dures ; on doit pour obtenir le pain, lui donner une porosité

convenable. La « levée » de cette pâte est provoquée par la naissance, dans la masse de bulles gazeuses qui, grâce à l'élasticité du gluten, font gonfler l'ensemble. On peut produire la formation des gaz en incorporant à la masse du bicarbonate sodique, puis de l'acide tartrique par exemple : on opère parfois ainsi en pâtisserie dans certaines contrées. Mais, généralement, le gaz est toujours obtenu par suite d'une fermentation: les cellules de levures (cf. p. 137)-ensemencées dans la pâte ayant séjourné quelque temps dans un endroit chaud, y rencontrent des sucres qu'elles consomment en produisant de l'alcool et du gaz carbonique. Ce gaz rend la pâte poreuse et permet d'obtenir un pain léger et facile à digérer.

Le ferment employé en boulangerie peut provenir d'une pâte faite précédemment (levain de pâte) ou des usines de distillerie de grains (levures pressées). On emploie parfois l'un et l'autre produit. Le levain de pâte est préparé par exposition dans un endroit à température constante d'un peu de pâte prise à la fin de chaque pétrissée. Moins d'une dizaine d'heures après le prélèvement, la masse a doublé de volume: on la pétrit après addition d'eau et de farine, on laisse à nouveau reposer, on pétrit encore. Finalement, on obtient le « levain de tout point » très riche en ferments qui ont pu se multiplier, grâce aux manipulations et repos successifs.

Voici, dans les petites boulangeries, comment est d'ordinaire utilisé ce levain. Placé dans un « pétrin », auge horizontale demi-cylindrique en bois, le levain ($\frac{1}{5}$ du poids total de la pâte obtenue) est additionné d'eau et souvent d'un peu de levure pressée. On ajoute environ $\frac{1}{2}$ kilogramme de sel par sac de 159 kilogrammes de farine; on procède alors à la « délayure » en transformant la pâte en bouillie, puis on ajoute peu à peu la farine: c'est la « frasse ». La « contrefrasse » consiste à ramasser ensuite toutes les portions de pâte adhérant au pétrin puis à les travailler en la soulevant, la pliant, la laissant retomber sur elle-même. Haletant régulièrement à chaque effort, presque nu, le « geindre » relève incessamment la pâte, la laisse tomber, la fait aller d'un côté et d'autre, l'étire, la replie, la rend parfaitement homogène.

Ce travail est fort pénible, et de plus, il est très malsain tant pour l'ouvrier que pour le consommateur qui absorbe dans le pain la sueur et les microbes du geindre. Aussi, en boulangerie moderne fait-on de plus en plus le pétrissage de la pâte au moyen d'appareils mécaniques à agitateurs reproduisant les mouvements des bras ou malaxant la masse de toute autre manière. On construit à présent des pétrins de systèmes très nombreux dans lesquels la pâte subit des mouvements absolument semblables à ceux donnés par le geindre, ou est malaxée d'autres diverses façons. La préférence semble aller maintenant aux modèles simples composés d'un récipient métallique dans lequel tourne lentement un seul arbre portant des palettes spécialement disposées pour assurer un bon mélange (fig. 30).

Les nombreuses variétés de pain de luxe se font en pâte préparée à la façon habituelle, mais souvent avec des farines spéciales comme les gruaux de Hongrie, ou de lait (pain viennois), de graisse (croissants).

On procède aussi différemment à la préparation du levain, au travail de la pâte ; mais il ne s'agit jamais que de modifications secondaires. Voici, à titre d'exemple, la méthode, en quelque sorte classique employée pour la confection du « pain blanc de Paris ».

A huit heures du soir, on prélève une portion de pâte formée de 8 kilogrammes de farine et de 4 kilogrammes d'eau, et on abandonne dans un endroit chaud jusqu'à six heures du matin. On la travaille alors avec 8 kilogrammes de farine, 24 kilogrammes d'eau (levain de première) ; puis, après repos jusqu'à deux heures de l'après-midi, on pétrit avec 16 kilogrammes de farine, 28 kilogrammes d'eau (levain de seconde) ; enfin, à cinq

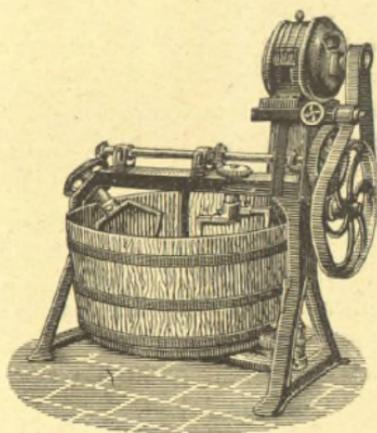


FIG. 30. — Pétrin mécanique à moteur électrique.

heures, on ajoute 100 kilogrammes de farine, 52 kilogrammes d'eau et 200 à 300 grammes de levure pressée, ce qui donne après malaxage environ 200 kilogrammes de levain « de tout point ». La masse est à sept heures travaillée avec 132 kilogrammes de farine, 68 kilogrammes d'eau, 2 kilogrammes de sel et 500 grammes de levain : on obtient 402 kilogrammes de pâte correspondant à 264 kilogrammes de farine.

La moitié de la pâte est façonnée en pain qu'on pèse de façon à tenir compte de la perte à la cuisson, on place dans des paniers d'osier recouverts de toile, en saupoudrant de basse farine pour éviter l'adhérence et on laisse lever en un point du fournil à proximité du four. Le reste de la pâte est travaillé avec 132 kilogrammes de farine, 68 kilogrammes d'eau, 2 kilogrammes de sel et 500 grammes de levure de façon à obtenir une seconde fournée. En continuant de la sorte, on fait par jour trois, quatre, cinq fournées, la dernière travaillée spécialement étant réservée aux pains de luxe.

La pâte pétrie est finalement divisée en petites masses que l'on pèse, de façon à ce que leur poids soit supérieur du dixième environ à celui des pains à obtenir, ceci pour tenir compte de la perte d'eau à la cuisson. On façonne en boules, en flûtes, en galettes, on saupoudre de « fleurage », déchets de meunerie ou de féculerie finement moulus, et on place dans les « panetons » ou paniers ayant la forme des divers genres de pain. Il suffit de placer alors la pâte dans un endroit chaud, près du four, par exemple : elle « monte », augmente de volume et devient propre à être enfournée.

La cuisson du pain.— La cuisson du pain n'assure pas seulement la mort des microbes qui y pullulent : la pâte subit dans le four une transformation complète. Une certaine quantité d'eau et tout l'alcool que les levures ont préparé avec l'amidon sont volatilisés ; les bulles de gaz enflent et se gonflent ; l'amidon mouillé et porté à haute température se transforme en divers produits. Une solide croûte extérieure due à la torréfaction de la pâte protège la masse de mie. Ainsi le pain cuit, débarrassé de ses germes, enveloppé de sa croûte, séché, fixé, de-

vient facilement digestif et peut être conservé quelques jours.

Le four primitif, encore très employé dans les campagnes, est à chauffage direct et intermittent par le bois. Construit en briques, il est de la forme d'un œuf aplati, une voûte surbaissée recouvrant une sole presque plate. En avant, une porte sert à la fois pour l'introduction du combustible, le nettoyage de la sole, l'entrée et le défournement des pains; en arrière, des carnaux assureront la conduite des gaz vers la cheminée.

Pour « cuire », on commence par introduire des petites bûches d'un bois sec à flamme vive, on allume et on ferme la porte. Après combustion, on ouvre, on retire la braise à l'aide de ra-

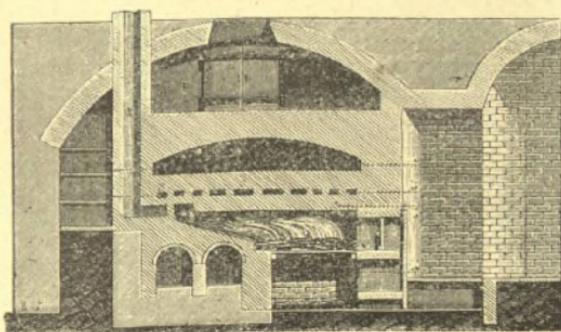


FIG. 31. — Corps d'un four de boulangerie.

cloirs à longs manches, on nettoie la sole et on enfourne, en s'éclairant pour placer les pains avec des branches de bois allumées. On referme : sous l'action de la chaleur emmagasinée dans les briques du four, le pain cuit en un temps variant de trente-cinq à soixante minutes selon la grosseur des pains ; il est indispensable que la cuisson soit ainsi complète, car en remettant au four des pains mal cuits on n'obtient que de mauvais résultats.

Le rendement d'un tel four est très médiocre : on ne peut l'utiliser que périodiquement ; une forte partie de la chaleur est perdue ; enfin, on doit employer un combustible relativement cher. C'est pourquoi on substitue maintenant un peu partout aux fours primitifs des systèmes plus perfectionnés. Les

plus employés sont les appareils chauffés au charbon par foyer distinct (*fig. 31*), dont les flammes, guidées par des canaux ménagés en place convenable dans le massif de maçonnerie, chauffent le four en se rendant à la cheminée. Pour régulariser le chauffage, la sole portant les pains est parfois tournante ; quelquefois aussi le four est à double entrée, en sorte qu'on y peut cuire de façon presque continue, les pâtons étant introduits d'un côté et les pains ressortant de l'autre.

Malgré leurs avantages, peut-être les fours chauffés à la houille ne se répandront-ils plus guère maintenant dans les petits fournils. On construit, en effet, depuis peu, pour chauffer les fours simples, des appareils à gaz, qui s'adaptent facilement sans presque aucune modification et permettent un chauffage rapide très économique.

Les chauffe-fours à gaz se composent d'un ou de plusieurs « brûleurs » à flamme bleue, analogues à ceux qui chauffent les becs Auer, mais de bien plus grandes dimensions. On sait que dans ces becs le gaz est mélangé d'air avant de brûler, ce qui permet d'obtenir une flamme peu colorée, mais très chaude. Le gaz arrivant alimente une veilleuse par un petit tube spécial ; dès qu'on ouvre le robinet, il pénètre dans le tube, la pression produisant une aspiration d'air. Air et gaz se mélangent et arrivent à l'extrémité du brûleur, où, au contact de la petite flamme veilleuse, ils s'allument. Placé à l'arrière de façon à régler et diriger l'appareil comme il veut, l'ouvrier envoie alors la flamme dans le four, en faisant pénétrer le brûleur par la porte ; les flammes lèchent les parois qui sont ainsi très rapidement chauffées. Le chauffage coûte le même prix que par l'emploi du bois, il est beaucoup plus rapide et commode.

Il existe enfin des fours de boulangerie chauffés à l'électricité ; mais, jusqu'à présent, le coût d'un tel mode de chauffage est trop élevé pour devenir vraiment pratique, sauf peut-être pour la pâtisserie.

En principe, la boulangerie est bien moins perfectionnée que la meunerie, en raison de la non-industrialisation de l'art. Les frais de mouture ne s'élèvent qu'à 1 fr. 50 environ par quintal

de blé tandis que les frais de panification s'élèvent à Paris au delà du quart de la valeur du pain. Toutefois, cet état de choses tend à changer du fait de l'industrialisation de l'art. Quoique les méthodes employées à l'usine et au fournil soient les mêmes, l'économie est grande de la production à l'usine, par le seul fait de la substitution à la main-d'œuvre de moyens mécaniques perfectionnés.

A Paris, la Société « la Vigneronne » fabrique journellement de 12.000 à 15.000 kilogrammes de pain. Les coopératives « l'Union », à Roubaix, et « l'Indépendante », à Lille, fabriquent mécaniquement 6 à 7 millions de kilogrammes par an ; celle « Help U'Zelve », d'Anvers, prépare 20.000 kilogrammes de pain par jour : pour lutter contre cette concurrence, les boulangers de là-bas ont créé une usine centrale qui fabrique aussi leur pain. On ne peut que se féliciter d'une telle heureuse évolution.

Pâtisserie. — Biscuiterie. — Une transformation de même genre peut être observée dans l'art du pâtissier, lequel est en principe analogue à celui du boulanger, mais infiniment plus varié : les pâtes sont additionnées de fécule, de beurre, d'œufs, d'amandes, de sucre, de confitures diverses... Depuis quelques années, les pâtisseries pouvant être conservées et se prêtant à l'emballage facile, c'est-à-dire, en fait, les multiples variétés de biscuits, gaufrettes, fours divers sont préparés dans les grandes usines. Il s'agit là d'une véritable industrie où les pâtes sont faites en pétrins mécaniques, avec addition de blancs d'œufs battus mécaniquement, de crèmes diverses, de pâtes chocolatées, préparées avec l'appareillage et d'après les méthodes de la fabrication des bonbons et chocolats. Après laminage entre cylindres gravés, on découpe et on procède à la cuisson, dans des fours portant les tablettes étagées où sont placés les biscuits. Pour les gaufrettes, la pâte est moulée entre plaques matrices, ensuite chauffées au contact des gaz d'un foyer : il existe des machines modernes à mouvement automatique des plaques dans lesquelles moulage, cuisson, enlevage se font successivement sur les éléments placés à la périphérie d'un tambour rotatif.

Pâtes alimentaires. — Les pâtes alimentaires sont des mélanges farineux préparés sous diverses formes et consistantes. Les unes, comme le tapioca, sont à base de féculés ; d'autres, comme le macaroni, le vermicelle, sont faites au contraire avec des matières riches en gluten. Enfin, on ajoute aux pâtes à nouilles par exemple des œufs et des matières grasses.

Les semoules ne sont autre chose que des gruaux de farines dures. Les tapiocas sont préparés avec des féculés de manioc, de sagou, voire de pommes de terre pour les produits bon marché, réduites en bouillies épaisses auxquelles on fait traverser une « passoire » à paroi inférieure formée d'étole perforée. Les gouttelettes tombent en se desséchant sur une plaque chauffée à 120° C. environ où elles se solidifient en commençant à cuire.

Le macaroni, les nouilles, le vermicelle se font avec des gruaux de blés durs, auxquels on ajoute même souvent des glutens résiduels d'amidonnerie. Un peu de matière colorante (safran, couleurs organiques de synthèse) donne à la masse une teinte jaune de façon à faire croire à l'emploi d'œufs pour préparer les pâtes. Au reste, on emploie parfois aussi des œufs, du beurre...

Le mélange de tous les constituants, additionnés d'eau bouillante (un quart du poids total) est malaxé dans un pétrin mécanique. Souvent, cette action est complétée d'un broyage plus énergique sous lourdes meules verticales analogues à celles employées en huilerie. Finalement, on porte à la « presse », cylindre de bronze à fond perforé de trous (vermicelle), d'orifices allongés (nouilles) ou annulaires (macaroni). Une double enveloppe à circulation d'eau chaude assure la fluidité convenable de la masse, un piston mù mécaniquement oblige cette dernière à passer par les trous inférieurs d'où les filaments sortent dans un courant d'air réfrigérant et desséchant. On coupe à longueur variable, on noue ou non en sorte d'écheveaux et on porte finalement au séchoir.

Les pâtes d'Italie en forme d'étoiles, lettres, etc., sont préparées de la même façon, mais avec des presses à filières raclées à courts intervalles par un couteau circulaire qui découpe les filaments, de profils appropriés, en lames minces au fur et à mesure de leur formation.

BIBLIOGRAPHIE DU LIVRE I

Il existe en français toute une série de bons ouvrages consacrés à la meunerie. Au risque de paraître vains, nous mentionnerons tout d'abord le petit volume que l'un de nous publia en collaboration : *Meunerie et Féculerie*, par François et Laurent (in-8° de l'Encyclopédie scientifique Léauté, 1911), parce qu'on trouvera dans cet ouvrage, auquel d'ailleurs nous empruntâmes beaucoup, un exposé des principes scientifiques de ces industries, qui servira d'indispensable introduction à la lecture de traités plus importants.

Le Froment et sa Mouture, de Girard et Lindet (in-8°, 1903), est très complet; on y trouvera des détails relatifs aux questions historiques, études anatomiques et chimiques des grains et farines, qu'on chercherait vainement ailleurs. L'ouvrage datant un peu déjà il sera bon d'en compléter la lecture par celle du plus modeste ouvrage de Fleurent, le *Pain de froment* (in-12, Paris, 1911), consacré principalement à l'étude comparative des farines blanches et bises au point de vue alimentaire. Le *Traité pratique de Meunerie*, de Caubet et Coqueblin (in-8°, 1910), est plus simple, il eût été plus clair si les auteurs eussent adopté un plan plus rationnel et remplacé des descriptions hors d'œuvre et forcément incomplètes, sur la force motrice et la législation, par quelques indispensables notions d'actualité, blanchiment des farines par exemple. Enfin le magistral *Manuel du Constructeur de moulin et du Meunier*, de Baumgartner et Bibra (3 vol. in-8°, 1901 à 1904), est un riche recueil de tout ce qu'il importe au technicien de connaître sur la construction des appareils et la conduite du travail. Il ne s'adresse guère d'ailleurs qu'aux professionnels.

Pour qui voudra bien connaître l'histoire du pain, nous ne saurions mieux faire que recommander la lecture de l'ouvrage *Notre pain quotidien*, de Rousset, très bien écrit, fort joliment illustré et très bon marché, publié dans la collection scientifique de la Bonne Presse (in-8°, Paris, 1912; nous fîmes à cet auteur quelques emprunts). On pourra consulter en outre le petit volume de Ach. Magnier : *le Pain, son rôle, son histoire, sa technique* (in-12, Paris, 1907), fort intéressant et très riche de détails historiques et anecdotiques divers. Au point de vue science de la panification, le volume de Bontroux, *le Pain et la Panification* (in-12, Paris, 1899), contient nombre de renseignements fort intéressants. Au point de vue technologie, le traité de Serand, *le Pain* (in-8°, Paris, 1911), est très complet et parfaitement documenté.

LIVRE II

INDUSTRIES DU SUCRE

CHAPITRE V

LES PLANTES SACCHARIFÈRES

Le sucre fut pendant très longtemps produit exclusivement par la canne à sucre, connue des anciens dès la plus haute antiquité. Le suc de la plante est en effet non seulement très sucré, mais il ne contient que peu d'impuretés de mauvais goût ; on pouvait donc consommer la canne directement ou sous forme de suc concentré. La betterave industrielle, au contraire, n'est pas comestible ; on ne peut en extraire le sucre qu'après épuration du jus à l'aide de procédés assez complexes. Aussi n'est-ce qu'au début du siècle dernier que prit naissance l'industrie de la sucrerie indigène.

La betterave sucrière. — Non seulement l'on dut alors s'ingénier à mettre au point de nouveaux procédés de fabrication du sucre, mais la plante elle-même, indispensable matière première, fut améliorée de la façon la plus extraordinaire. Tandis en effet que la *beta vulgaris*, la *beta maritima*, qui croissent spontanément dans le midi de la France et dans toutes les régions méditerranéennes, n'ont que de maigres racines peu riches en sucre, les variétés créées artificiellement et seules cultivées maintenant à grand renfort d'engrais et de façons culturales ont des poids atteignant 1 kilogramme pour les types à

gros rendements, et des richesses saccharines dépassant quelquefois 20 0/0.

C'est en *sélectionnant*, parmi les plantes obtenues par semis, les individus plus gros et plus sucrés, que l'on est parvenu à transformer ainsi la betterave. Actuellement encore, pour conserver et améliorer leurs types, les producteurs de graines soumettent à l'analyse chimique chaque racine destinée à faire souche, le dosage étant effectué sur une très petite prise d'essai prélevée sur la betterave avec une sonde. L'espèce est d'ailleurs d'une étonnante plasticité ; c'est ainsi qu'une plante sauvage contenant 8 0/0 de sucre donna après dix années de sélection des betteraves pesant plus de 400 grammes et contenant 19 0/0 de sucre ! Aussi a-t-on pu retirer de la *beta* vulgaire des variétés de toutes sortes, à propriétés très différentes (*fig. 32*), et les brusques variations constatées dans la culture de la betterave ont-elles été souvent citées par le célèbre physiologiste de Vries à l'appui de ses théories sur la mutation.

On peut diviser les nombreuses variétés de betteraves industrielles en deux catégories : les « demi-sucrières » caractérisées par leurs grosses racines dont la partie supérieure sort de la terre et dont les feuilles forment un bouquet assez haut (*fig. 32, C*). Les betteraves « extra-riches » ont des racines plus coniques, mieux enterrées, les feuilles sont basses et souvent frisées (*fig. 32, B*) ; on remarque sur chaque betterave deux sillons légèrement hélicoïdaux où la peau est plissée et d'où partent un grand nombre de radicelles : ce sont les « sillons saccharifères », indices d'une forte teneur en sucre. Après des années d'expériences comparatives faites à la fois dans toute la France sous la direction du Syndicat des Fabricants de sucre, il semble définitivement prouvé que les betteraves extra-riches donnaient le maximum de sucre à l'hectare. Non seulement, en effet, elles avaient une teneur supérieure en saccharose, mais le poids brut à l'hectare atteignait et dépassait dans certains cas celui des betteraves moins riches.

La culture de la betterave sucrière doit être particulièrement soignée, elle oblige l'agriculteur à employer les procédés modernes les plus perfectionnés. Après un labour d'automne

très profond, la terre doit recevoir une forte fumure riche en principes facilement et immédiatement assimilables ; il est indispensable d'employer concurremment au fumier des engrais chimiques azotés, phosphatés et potassiques. On sème au printemps avec des semoirs mécaniques, soit en lignes continues, soit en « poquets » alignés et également espacés entre eux.



FIG. 32. — Betteraves de diverses variétés.

A, betterave sauvage. — B, betterave sucrière riche. — C, betterave demi-sucrière.

Dès que les jeunes plantes sont bien visibles, on procède successivement à deux ou trois binages pour retirer les mauvaises herbes et les betteraves en excès (démariage) ; chaque racine, en effet, pour acquérir son plein développement, doit être isolée et l'on ne laisse d'ordinaire végéter que six à huit plants par mètre carré de surface cultivée. Ces façons se font à la main et à l'aide de houes traînées par un cheval.

A l'automne, dès que les feuilles commencent à jaunir, les betteraves sont arrachées à la main avec une petite pelle triangulaire, ou avec des machines composées en principe d'une fourche qui, suivant souterrainement la ligne de betteraves, sou- lève les racines hors de terre. D'un coup de serpe on sépare des pivots charnus le « collet » et le bouquet de feuilles y adhérant qui sont utilisés pour la nourriture des bestiaux ou enfouis

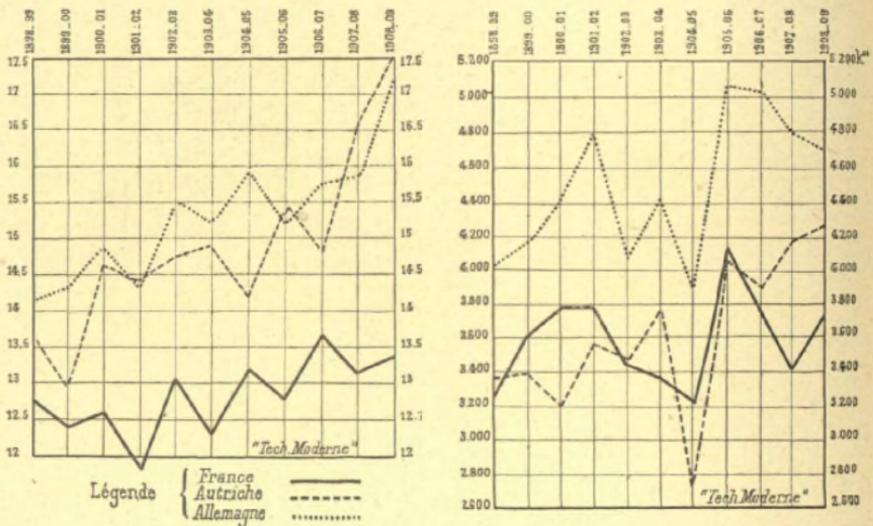


FIG. 33 et 34. — Graphiques de la production comparée des betteraves et du sucre dans les principaux pays producteurs.

dans la terre. Les betteraves sont finalement mises en petits tas jusqu'à chargement dans les voitures ou wagonnets pour le transport à la sucrerie ou à ses dépôts établis aux gares de voies ferrées ou près des canaux.

Au point de vue de la production des betteraves, nous sommes restés notablement inférieurs à nos rivaux allemands et autrichiens, tant sous le rapport de la richesse saccharine qu'en ce qui concerne le rendement sucre à l'hectare. Ces différences apparaissent clairement par l'examen des courbes suivantes (fig. 33).

La Bohême paraît être le pays de prédilection de la betterave, elle y a donné en 1908-1909 un rendement sucre à l'hectare de 5.055 kilogrammes (*fig. 34*).

L'Allemagne.....	4.693 ^{kg} ,	soit 362 ^{kg}	de moins	que la Bohême.
L'Autriche-Hongrie..	4.225	—	830	—
La France.....	3.792	—	1.263	—
La Belgique.....	4.663	—	392	—

Il est évident que la Bohême ou l'Allemagne, produisant respectivement 12 et 9 quintaux de sucre à l'hectare de plus que la France, peuvent lutter avec avantage sur les marchés étrangers.

Quoique cette infériorité tienne dans une certaine mesure au climat et à la richesse du sol, il semble bien que les procédés de sélection et de culture y soient pour quelque chose. Aussi les producteurs français s'efforcent-ils d'améliorer les uns et les autres. Ceci est d'autant plus indispensable que sur les marchés d'exportation, le sucre de betteraves lutte de plus en plus difficilement contre le sucre de cannes, produit généralement dans de meilleures conditions économiques.

La canne à sucre. — La canne à sucre est une sorte de gigantesque roseau, atteignant une hauteur de 2 à 5 mètres (*fig. 35*), dont la tige creuse est remplie d'une moelle imprégnée de liquide très sucré : le suc extrait par pression contient jusqu'à 25 grammes de saccharose par litre. Originaires des pays chauds où croissent spontanément des variétés peu différentes de celles que l'on cultive, la canne ne peut se développer que sous un climat très doux dans des sols convenablement irrigués ou suffisamment humides. Cuba est de beaucoup le centre mondial de la culture des cannes à sucre ; viennent ensuite Java et les Indes néerlandaises, les îles Hawaï, le Brésil, la Louisiane, l'Inde, nos colonies de la Guadeloupe et de la Martinique ; en Egypte, et en Espagne, on peut obtenir à la fois de la canne à sucre et de la betterave.

Les plantations de cannes se font sur un sol défriché, creusé de sillons ou de trous d'une profondeur d'environ 25 centimètres. On y dépose et enterre de mètre en mètre des boutures

formées de cannes à sucre coupées par fragments de 50 centimètres. On peut aussi obtenir des cannes par semis, mais le développement est moins rapide et la plante ainsi obtenue est souvent dégénérée ; aussi le procédé n'est-il que rarement employé.

Pendant la durée de la végétation, on doit sarcler périodiquement les champs de cannes ; les pieds doivent être buttés et les tiges épaillées, c'est-à-dire dégarnies de leurs feuilles inférieures sitôt que celles-ci se dessèchent. Quand il ne reste plus qu'un bouquet terminal à chaque canne, le développement est au maximum, et l'on coupe les tiges au moyen de couteaux ou sabres spéciaux ; on retire en même temps les sommités de chaque plante qui sont données aux animaux. Les tiges de cannes sont alors le plus souvent liées en bottes pour la facilité de manipulation au cours du transport à la sucrerie.

Un champ de cannes à sucre peut donner des récoltes normales pendant une durée variant de trois à quinze années, selon le climat, la variété cultivée, la richesse du sol. Quand la production baisse trop, on laboure la terre et la laisse reposer avant d'y faire une nouvelle plantation : souvent aussi, on fait directement succéder à la canne une culture de plantes différentes : maïs, manioc, riz. D'ailleurs, cultivée depuis un temps immémorial par toute la terre, la canne à sucre est soumise à des traitements beaucoup plus variés que ceux usités en culture betteravière. Il existe des centaines de variétés ne différant d'ailleurs souvent que par de petits détails, durée des plantations, façons culturales ; tout dépend des usages régionaux, et tout varie beaucoup d'un pays à l'autre.

A Java, par exemple, on obtient de 60.000 à 75.000 kilogrammes de cannes à l'hectare, contenant environ 10 0/0 de sucre cristallisable, dont le prix de revient est d'une vingtaine de francs le quintal. Les pays où l'on cultive la canne sont : Cuba, et les Antilles, Java, et la Malaisie, l'île Maurice, les îles Hawaï, etc... Jusqu'en 1900, on produisait dans le monde entier moins de sucre de cannes que de sucre de betteraves. Mais, depuis 1905, tandis que les chiffres de production du sucre européen sont en baisse constante, ceux concernant le

sucre exotique progressent régulièrement. Ceci provient de la suppression des primes d'exportation données au sucre de betteraves. Normalement, le sucre de cannes est un peu meilleur marché que celui de la betterave.

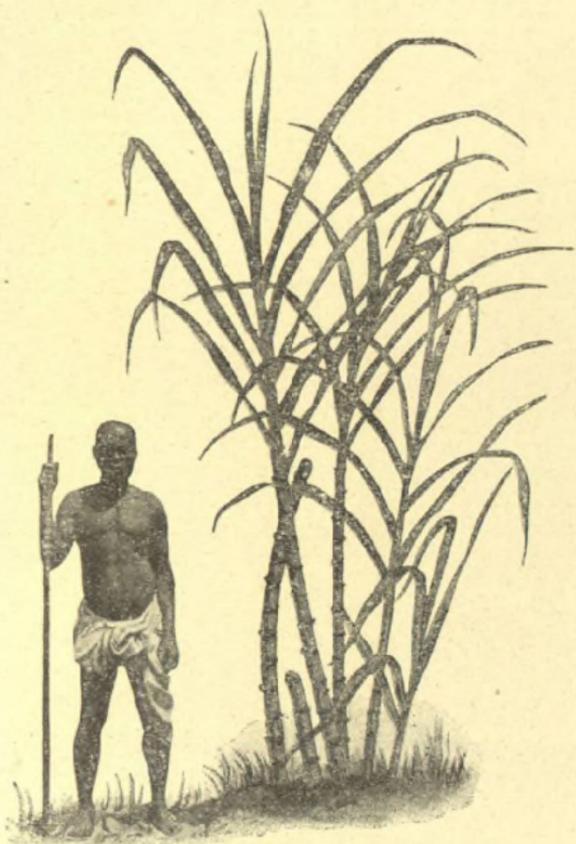


FIG. 35. — Canne à sucre.

Les plantes sucrées diverses ; la formation des sucres.

— Outre la betterave et la canne, il existe plusieurs végétaux utilisés industriellement pour l'extraction du sucre. Le *sorgho* sucré fut cultivé autrefois en France pour l'obtention de jus analogues à ceux de canne. Abandonné par suite des faibles rende-

ments obtenus, il est encore cultivé exceptionnellement dans certaines contrées d'Amérique. L'*érable à sucre* possède une sève qui, reçue par des incisions faites au tronc de l'arbre, puis concentrée, donne un sirop de table fort apprécié au Canada et aux Etats-Unis où on le consomme comme une sorte de confiture. En Afrique, on utilise de même le jus concentré de certains *palmiers* pour préparer par évaporation à chaud des sucres très impurs destinés aux seuls indigènes.

On sait que tous les fruits contiennent du sucre, ou plus exactement des sucres. Quoique le prix des matières premières, leur faible rendement, la présence de glucose incristallisable, rendent difficile l'extraction du sucre, celle-ci fut pratiquée aux premiers temps de la sucrerie indigène. Aux moments du blocus continental, le sucre exotique était à un tel prix qu'il fut possible de lui substituer économiquement du sucre de raisin, par exemple. On se contente aujourd'hui de consommer directement le sucre des fruits.

Le miel est encore un sucre d'origine végétale ; les abeilles le forment des sirops butinés sur les fleurs. Ce sont de beaucoup les plus anciennes industrielles du sucre, et nos premiers essais de fabrication ne furent que des imitations : on voulut substituer au produit des abeilles, une matière sucrée d'origine végétale et artificiellement concentrée. L'étymologie du mot mélasse (le seul sucre primitivement connu) indique nettement l'analogie avec le miel.

Comment se forment ces sucres des végétaux ? On sait que ce ne peut être qu'aux dépens de l'anhydride carbonique de l'air et de l'eau du sol ; mais le mécanisme de la formation est inconnu. Il s'agit cependant là d'un procédé de synthèse à l'importance industrielle infiniment plus considérable que ceux dont nos chimistes sont le plus fiers : pendant une chaude journée de soleil, il peut se former dans les champs de betteraves de France plus de 25.000 tonnes de sucre. Au cours de ses études sur la betterave, Aimé Girard reconnut que le saccharose se formait dans les feuilles proportionnellement à l'intensité de la lumière ; pendant la nuit, sous l'influence d'un équilibre osmotique, le sucre émigre dans la racine où il s'emmagasine. La formation

des sucres résulte évidemment d'actions diastasiques, réactions accomplies aux températures ordinaires sous l'influence de très faibles quantités de composés organiques très complexes et très instables capables de modifier des milliers de fois leur poids de matière en se combinant et décomposant sans cesse. Il semble d'après les dernières synthèses obtenues à basse température que l'anhydride carbonique (CO^2) se transforme en glucose ($\text{C}^6\text{H}^{12}\text{O}^6$) en passant par l'aldéhyde formique (CH^2O).

CHAPITRE VI

LA SUCRERIE

Perdue dans les riches plaines du Nord ou flanquant quelque petit village, la sucrerie se reconnaît aisément d'entre toutes les usines par un haut four à chaux placé dans la cour, son « condenseur » : baromètre à eau saillant au-dessus du toit, les grands tas des réserves de charbon, de coke, de calcaire et des résidus gris blanc de la défécation. Presque déserte pendant les trois quarts de l'année, l'usine s'emplit tout à coup, dès octobre, d'ouvriers, des bruits de wagons, de voitures qui amènent les racines qu'on amoncelle en énormes « silos ». Désormais, nuit et jour la sucrerie reste en pleine activité jusqu'au râpage de la dernière betterave.

L'extraction des jus sucrés. — *Transports et lavages des betteraves.* — Les cultivateurs livrent en général leurs betteraves aux fabricants de sucre aussitôt après l'arrachage. D'où nécessité de conserver les racines non immédiatement employées, pendant les quelques mois que dure la fabrication : ordinairement deux ou trois mois. Le stock de betteraves est formé par des « silos » ou tas de 2 à 3 mètres de haut placés en

plein air ou sous de légers hangars, au-dessus de larges fossés dans la partie inférieure desquels se trouve un caniveau en ciment ou en briques, présentant vers l'usine une pente de 12 à 14 millimètres par mètre. C'est le « transporteur hydraulique » au fond duquel on peut faire passer un rapide courant d'eau; en retirant alors au fur et à mesure des besoins les petites claies surmontant les caniveaux, les betteraves du silo tombent dans l'eau et sont rapidement entraînées et nettoyées, sans

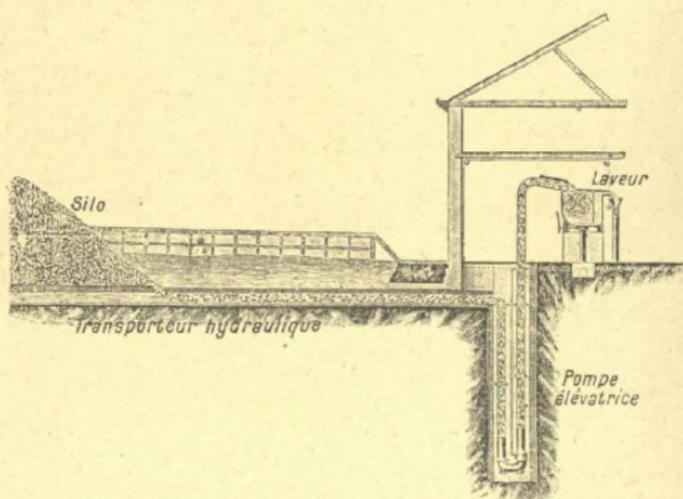


FIG. 36. — Transport des betteraves.

frais de main-d'œuvre, aux laveurs (*fig. 36*). En raison de la pente des caniveaux, il est nécessaire alors de les élever jusqu'à hauteur de l'atelier de lavage. On peut employer à cela une pompe à injection d'air comprimé émulsionnant l'eau de lavage : le mélange eau-betterave s'élève après descente dans un tube en U de gros diamètre dont la branche ascendante communique dans le bas, par une paroi perforée, avec la conduite d'air (*fig. 37*). Le plus souvent, l'élévation est faite dans une roue à godets de très grand diamètre, à moitié noyée dans le sol, et qui peut soit relever seulement les racines dans ses cloisons à claire-voie, le liquide boueux étant enlevé par une

pompe, soit élever le tout, les betteraves tombent d'un côté, dans une conduite aboutissant aux laveurs, et les eaux sales coulant d'un autre côté.

Les laveurs sont de grandes auges métalliques dans lesquelles tournent lentement des arbres munis de bras transversaux qui agitent sans cesse les racines. Les bras sont aplatis obliquement de manière à provoquer le déplacement des racines de l'une à l'autre extrémité du bac ; l'appareil est parcouru par un courant d'eau en sens inverse, de sorte que

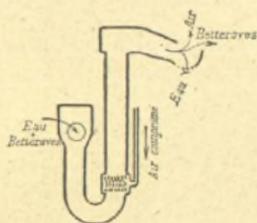


FIG. 37. — Schéma d'un élévateur à pression d'air.

l'eau propre arrivant achève le nettoyage des betteraves et devient de plus en plus sale jusqu'à sa sortie. Débarrassées de la plus grosse partie de la terre adhérente, les betteraves sont à nouveau lancées dans un second appareil semblable au premier, après quoi une chaîne à godets les élève à la partie supérieure de l'usine. A la suite de chaque laveur les betteraves traversent un épierreur, constitué par une auge en tôle, le fond est formé par des barreaux de fer espacés de 5 à 6 centimètres et reçoit de bas en haut un courant d'eau qui aide les betteraves à passer dans le laveur suivant ou dans l'élévateur, tandis que les pierres plus denses tombent au fond, à travers les barreaux, et sont éliminées. En outre, on intercale parfois à la suite de cet appareil des machines destinées à parfaire le nettoyage : claie animée de petites secousses rapides, brosses rotatives sur lesquelles passent les betteraves ainsi débarrassées de l'eau adhérente et des radicelles inutiles. Finalement les racines propres tombent dans la benne d'une bascule munie d'un enregistreur : on connaît ainsi exactement la quantité de matière première mise en œuvre, renseignement indispensable pour la conduite rationnelle de l'usine.

Coupe-racines. — De la benne de pesage, les betteraves tombent dans le coupe-racines où elles sont débitées en minces lames ou « cossettes ». Autrefois, quand on extrayait le suc des

tissus végétaux par pression, les betteraves étaient râpées pour en obtenir une pulpe extrêmement fine. Maintenant, en vue de l'extraction par « diffusion » ou lavages méthodiques à l'eau chaude, les exigences sont différentes : les fragments doivent être assez gros pour ne pas s'entasser en une masse que ne pourrait traverser le liquide en circulation dans la batterie de diffusion, ils doivent néanmoins présenter une grande surface, de façon à faciliter les échanges osmotiques entre les liquides de l'intérieur et de l'extérieur des cellules. Ces exigences, en apparences contradictoires, ont été ingénieusement résolues par l'emploi des coupe-racines à couteaux « faitières » (fig. 38) qui permettent de découper les betteraves en lamelles évidées de forme caractéristique (fig. 39).

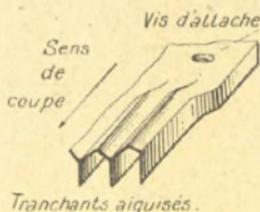


FIG. 38. — Une partie de couteau faitière.

Le coupe-racines habituellement employé se compose d'un plateau horizontal tournant à la partie inférieure d'un récipient cylindrique (fig. 40). La partie centrale du plateau, où la vitesse tangentielle est d'ailleurs trop faible, reste inutilisée, abritée qu'elle est par une cloche recouvrant le mécanisme de transmission ; la périphérie porte des fenêtres placées radialement, dans lesquelles on place les couteaux. Ces derniers, en acier trempé, sont formés d'une plaque épaisse d'un

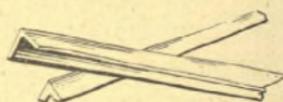


FIG. 39. — Deux cossettes.

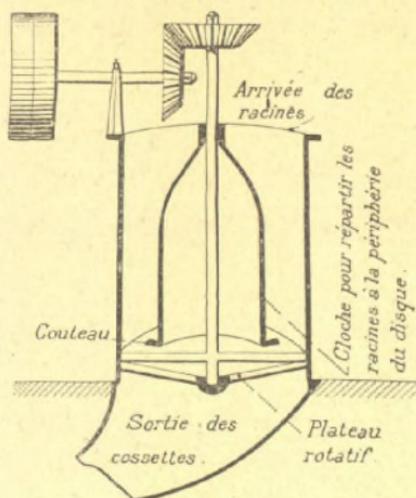


FIG. 40. — Schéma d'un coupe-racine.

derniers, en acier trempé, sont formés d'une plaque épaisse d'un

côté, et portant là des trous où passeront les boulons d'attache, amincie de l'autre côté et ondulée de façon spéciale (*fig. 38*), le tranchant ayant la forme d'un zigzag dont les creux se terminent par des ailettes. Les betteraves accumulées dans le coupe-racines, étant naturellement pressées contre le plateau rotatif inférieur, et le côté coupant de chaque couteau dépassant légèrement la surface du disque, chaque racine laisse à chaque couteau une série de bandes qui tombent immédiatement par la mince fenêtre ménagée en avant du tranchant. Ce plateau tournant assez vite (60 tours par minute si le diamètre est de 2 mètres), la racine creusée de gouttières parallèles est aussitôt coupée par le couteau suivant, ce qui produit la forme doublement biseauté des cossettes (*fig. 39*). A leur sortie du coupe-racines, les cossettes sont de suite dirigées par une simple gouttière ou par un transporteur à toile sans fin, vers le diffuseur où se fera l'extraction du sucre. Elles s'altèrent en effet à l'air par suite d'oxydation.

Diffusion méthodique. — Le diffuseur où tombent ainsi les cossettes est un récipient de tôle formé d'un cylindre d'environ 2 mètres de haut, large de 1^m,20 à 2 mètres et terminé par de courts troncs de cône aboutissant à des portes ; la partie d'emplissage placée en haut est plus petite que celle de vidange, placée en bas, ou sur le côté (*fig. 42*). A l'intérieur, des tôles perforées empêchent les cossettes de pénétrer dans les tubes de circulation aboutissant aux récipients. Sur le côté des « calorisateurs », cylindres chauffés par des serpentins ou des faisceaux tubulaires où l'on injecte de la vapeur, permettent de régler la température du liquide arrivant dans chaque diffuseur.

Ces récipients à cossettes sont toujours assemblés en « batteries » de dix, douze, voire quatorze ou seize, alignés à côté les uns des autres selon une droite, deux parallèles ou une circonférence. La disposition n'a d'ailleurs d'autre importance que de permettre la meilleure utilisation des locaux disponibles ou une plus grande commodité pour les manœuvres ; dans tous les cas, le fonctionnement est identique. Il consiste essentielle-

soupapes sont ouvertes ou fermées de manière que le liquide puisse circuler du bas de chacun, vers le haut du diffuseur suivant. Toutefois, on remarquera une exception : le diffuseur précédemment rempli de cossettes ne reçoit pas par le haut le jus du vase voisin ; comme, en effet, il contient de l'air interposé entre les cossettes, on risquerait, opérant ainsi, d'avoir

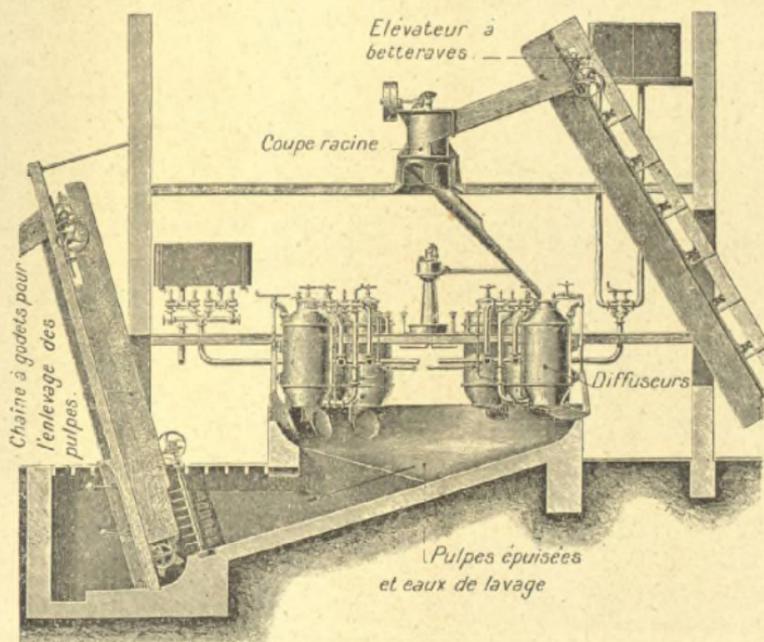


FIG. 42. — Vue d'ensemble d'une batterie de diffusion circulaire.

les jus émulsionnés et des cossettes ne baignant pas dans le liquide qui les épuiserait mal. C'est pourquoi le jus venant du diffuseur de « tête » emprunte la conduite générale sur un petit parcours de façon à pénétrer d'un calorisateur dans l'autre ; il arrive de la sorte au bas du diffuseur plein de cossettes fraîches qui sont ainsi régulièrement et complètement immergées. Ce dispositif constitue le « meichage » (de l'allemand *meischen*, mêler), et dure jusqu'à ce que le jus arrive en haut

du diffuseur. Dès que le jet d'air qui se dégage là fait place à l'écume du jus, on manœuvre les soupapes, de manière que la circulation se fasse normalement ; à la période de meichage succède celle du « soutirage ». La circulation s'effectue toujours, de l'un à l'autre diffuseur, sous l'action de la pression d'eau agissant sur le vase de queue, mais le jus, au lieu de chasser l'air devant lui, pénètre dans le collecteur général qui le conduit, hors de la diffusion, aux bacs de jaugeage et de chaulage.

Sous l'action de cette circulation méthodique, les lits de cossettes de chaque diffuseur qui, ensemble, forment une colonne dont l'épaisseur atteint de 1^m,80 à 2 mètres sont si bien desséchés que la « pulpe » résiduaire de la diffusion ne doit plus contenir que 0,20 à 0,30 0/0 environ de sucre. On pourrait d'ailleurs abaisser encore cette teneur, mais ce ne serait pas économique, l'évaporation des jus trop dilués alors obtenus coûtant plus que le sucre récupéré.

Pratiquement, on consomme utilement environ 105 à 115 litres d'eau pour « laver » par diffusion un quintal de betteraves à teneur moyenne en sucre de 16 0/0. Et l'on obtient des jus de diffusion contenant de 10 à 12 kilogrammes de sucre par hectolitre.

La plupart des sucreries pratiquent la diffusion par le procédé que nous venons de décrire, porté dès l'origine par le promoteur, un fabricant de sucre autrichien, Robert, à ce rare état de perfection.

Toutefois, nombreux furent les efforts des techniciens de sucrerie pour perfectionner la méthode classique ; et dans un certain nombre d'usines, on emploie maintenant des procédés spéciaux. Celui de Naudet, par exemple, consiste à isoler le diffuseur de tête pour le soumettre à une circulation « forcée » sous l'action d'une pompe spéciale. Celui de Steffen, employé dans d'assez nombreuses sucreries allemandes, est appliqué à l'aide d'un appareillage spécial, beaucoup plus simple qu'une diffusion. Les betteraves, découpées par le coupe-racines en tranches minces, tombent dans un échaudoir, où elles sont malaxées avec du jus porté à 90-100° (*fig. 43*). Elles sont ensuite entraîn-

nées par une hélice inclinée, placée dans un long cylindre dont la partie inférieure est percée de trous. Les cellules, gonflées et légèrement pressées, laissent échapper, par ces trous, le jus dans un bac A, d'où on l'envoie à la carbonatation, tandis que les tranches de betteraves, arrivées à l'extrémité de l'hélice, passent dans une presse à pulpes puissante, qui en sépare, d'une part la pulpe épuisée, et de l'autre le jus, qu'une pompe renvoie à l'échaudoir, après filtration et passage dans un réchauffeur.

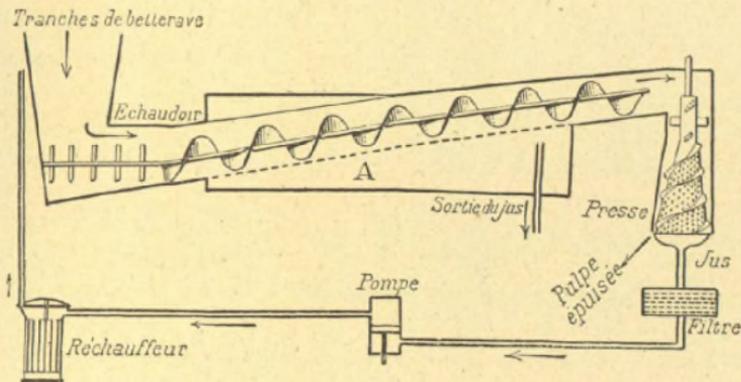


FIG. 43. — Schéma de la diffusion Steffen.

Ce procédé a l'avantage d'être extrêmement simple, et d'abaisser les frais de fabrication de près de trois francs par tonne de betteraves. Il laisse beaucoup de sucre dans la cossette épuisée, 2 à 2,5 0/0, mais on obvie à cet inconvénient en la desséchant, ce qui fournit alors un excellent fourrage pour la nourriture des animaux.

On imagina aussi des diffuseurs « continus » dans lesquels les cossettes cheminent mécaniquement en sens inverse du liquide en arrivant et en sortant continuellement. Il ne semble pas, malgré les très intéressants résultats obtenus avec certains appareils, que ces diffusions aient grand chance de se répandre.

Pressage des pulpes. — Les pulpes épuisées sont évacuées par simple ouverture de la porte inférieure du diffuseur, après quoi on rince le vase avec un peu d'eau. Cossettes et eau tombent

dans une cuve cimentée placée au-dessous de la batterie (*fig. 42*) et se rassemblent à sa partie inférieure d'où une chaîne à godets les remonte à l'étage supérieur. Là, le mélange passe dans une pièce formée d'un cylindre de tôle perforée au milieu duquel tourne lentement un arbre tronconique à palettes légèrement hélicoïdales. On conçoit que, pénétrant dans le haut de l'appareil et descendant forcément sous l'action des pales rotatives, la pulpe soit de la sorte comprimée dans un espace de plus en plus réduit ; l'eau chassée passe à travers les tôles perforées, elle est recueillie par des canalisations d'évacuation. Du bas de l'appareil tombe une pulpe suffisamment essorée, qui cependant contient encore environ 88 0/0 d'eau, mais se manipule, se conserve aisément et constitue pour les animaux (surtout les ruminants) un fourrage d'hiver très apprécié. Toutefois, dans certaines sucreries, pour obtenir un produit concentré, de transport facile et de conservation indéfinie, on sèche complètement les pulpes, à l'aide de dessiccateurs chauffés par exemple à l'aide de fumées perdues de générateur. C'est surtout en Allemagne que sont desséchées les pulpes, les fabricants français préférant, en général, vendre leurs produits sur place aux cultivateurs, leurs clients. Ces derniers les conservent en « silos » pendant tout l'hiver, de façon à les pouvoir utiliser au fur et à mesure des besoins. On facilite la conservation en répandant sur la pulpe, lors de l'ensilage, un peu de sel marin et de « cultures » de ferments lactiques qui provoquent la production d'une acidité agréable au goût de l'animal.

La préparation des jus ne s'effectue pas toujours à la sucrerie même. Pour réduire les frais de transport des betteraves, on construit parfois des « râperies » éloignées de l'usine centrale. Les jus préparés ainsi dans chaque centre de culture sont chauffés, puis envoyés à la sucrerie sous l'action de pompes puissantes, dans des tubes souterrains. Certaines sucreries possèdent ainsi jusqu'à dix râperies à conduites branchées sur un réseau convenable de canalisation : on ne voit parfois jamais de betteraves à l'usine centrale !

Chaulage et carbonatation. — Le jus sucré venant de la dif-

fusion est trouble, noirâtre, mal odorant ; pour 12 0/0 de sucre qu'il contient, il renferme environ 2 0/0 de matières organiques diverses : pectates, acides malique et oxalique, asparagine phosphates et autres sels de potasse, de soude, de magnésie, etc. Aussi est-il indispensable de l'épurer. De tous les procédés d'épuration successivement préconisés et employés, le plus simple et le plus efficace, employé dans toutes les sucreries de betteraves depuis plus d'un demi-siècle, est le chaulage, suivi d'une carbonatation. Le précipité de carbonate ainsi formé englobe toutes ces matières organiques en suspension dans le jus et il suffit de filtrer pour obtenir un liquide limpide, très faiblement coloré, bien plus pur que le jus primitif.

Le chaulage est fait dès la sortie de la batterie de diffusion, pour éviter toute altération éventuelle du jus. On l'effectue presque toujours par addition d'un volume mesuré de lait de chaux, la quantité employée correspondant d'ordinaire de 2 kilogrammes à 2^{ks},500 de chaux sèche par quintal de betteraves. L'opération se fait dans des cuves à agitateurs alternativement remplies et vidées, les jus chaulés étant ensuite envoyés par une pompe à la partie supérieure de la sucrerie dans les chaudières de carbonatation.

Là, on chauffe vers 75°-90° C. après quoi on injecte par un barboteur placé au fond de la cuve — simple récipient en tôle haut de 5 à 6 mètres — un courant de gaz carbonique extrait du four à chaux et refoulé dans la chaudière par l'intermédiaire d'une pompe puissante ; le liquide chaud mousse abondamment, ce à quoi on remédie en ajoutant au besoin un peu de graisse, et devient de moins en moins alcalin. Quand il ne reste plus que 1^{sr},10 à 1^{sr},20 de chaux libre par litre, ce que le carbonateur voit par l'aspect du précipité ou par un essai alcalimétrique, on arrête l'arrivée de gaz, et le contenu de la chaudière est dirigé vers les filtres-presses. C'est du moins ainsi qu'on opère encore dans la plupart des sucreries ; mais dans nombre d'usines, la carbonatation est continue : jus chaulé et gaz carbonique arrivent dans la chaudière de façon régulière et agissent convenablement l'un sur l'autre, après quoi le jus carbonaté s'écoule par un trop-plein. En

réglant minutieusement les valves d'arrivée, l'ouvrier obtient un degré d'alcalinité constant ; il y parvient aisément quand le travail est bien ordonné, les jus chaulés contenant toujours le même 0/0 de chaux et le gaz ayant une richesse constante en anhydride carbonique.

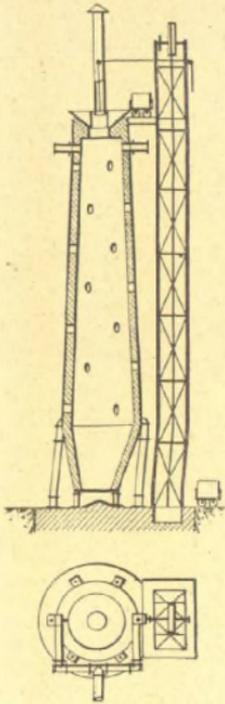


FIG. 44. — Coupe-élévation d'un four à chaux de sucrerie.

La première carbonatation est toujours, après filtration des jus, suivi d'une seconde carbonatation, qui complète l'action épurante. On ajoute au liquide filtré 0^{kg},300 à 0^{kg},500 de chaux par hectolitre de jus et on sature à nouveau par barbotage de gaz en réglant très soigneusement l'alcalinité finale, qui est ordinairement fixée à 0^{sr},30 de chaux par litre. Les jus sucrés doivent en effet toujours rester légèrement alcalins de façon à éviter toute altération ou fermentation. La seconde carbonatation se fait dans des chaudières absolument semblables à celles décrites précédemment. Elle est de même suivie d'un passage des jus aux filters-presses.

Chaux et gaz carbonique employés à l'épuration des jus sucrés proviennent d'un four placé dans la cour de la sucrerie, et de dimension suffisante pour suffire à la consommation. Hauts de 10 à 15 mètres, les fours à chaux de sucrerie sont analogues en principe à des sortes de hauts fourneaux : on jette périodiquement à la partie supérieure des proportions dosées de coke et de calcaire, généralement 1 partie de coke pour 10 de pierre ; le mélange descend peu à peu en s'échauffant, le coke brûle et le carbonate de chaux se dissocie. On recueille à la partie inférieure la chaux qui, broyée et délayée dans les jus peu sucrés provenant du lavage dans les filters-presses, servira pour le chaulage. Quant aux gaz produits, ils sont aspirés par des pompes puissantes

dans de larges tuyaux passent à travers un laveur colonne à plateaux, arrosée d'une pluie d'eau ; ainsi refroidis et débarrassés de leurs poussières, ils sont injectés dans les barboteurs des cuves à carbonater.

Sulfitation. — Tandis que la carbonatation est une véritable épuration chimique, la sulfitation ne produit guère qu'une diminution de la viscosité des jus et une décoloration, ce qui pratiquement est très important, la qualité commerciale des sucres dépendant de leur blancheur. On a pendant très longtemps décoloré les jus de sucrerie par filtration sur des colonnes de noir animal ; on emploie maintenant partout l'action du gaz sulfureux, préparé en brûlant du soufre.

Il existe quantité de « fours à soufre » consistant tout essentiellement en un coffre de fonte dans lequel brûle du soufre en canon, l'air comburant étant introduit soit par un compresseur, soit par un aspirateur. Ce dernier dispositif est généralement préféré, car toute la fuite dans les portes ou la tuyauterie ne produit pas d'émanations désagréables à respirer, comme c'est le cas avec les fours à air comprimé.

L'appareil de sulfitation le plus ingénieusement simple est celui de Quarez, dans lequel l'appel d'air est produit par les jus eux-mêmes. Pour cela, le liquide à sulfiter est injecté par une pompe dans une trompe soufflante analogue à celles employées dans les laboratoires, mais naturellement beaucoup plus grande. Le gaz aspiré, dont on peut régler la proportion par une valve *ad hoc*, n'est autre que le résidu de la combustion

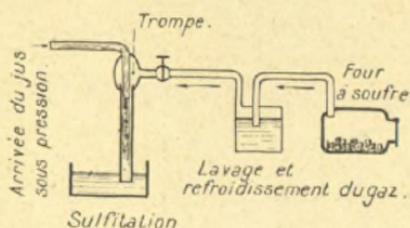


FIG. 45. — Schéma de la sulfitation Quarez.

dans le four à soufre ; si bien que la sulfitation s'effectue dans la branche descendante de la trompe (*fig. 45*). Naturellement on peut aussi sulfiter dans des chaudières à barbotage, analogues aux cuves de carbonatation ; il est même possible

ainsi de régler plus exactement le point de saturation. Habituellement, on interrompt l'action du gaz sulfureux dès que le jus traité n'est plus que faiblement alcalin.

D'autres procédés d'épuration des jus ont été préconisés. L'emploi d'alumine en gelée, de sulfate d'alumine, d'aluminate de baryte, donne de bons résultats et permet de réduire la quantité de chaux nécessaire. La substitution, à la chaux, de la baryte ou de la strontiane est intéressante ; malheureusement le prix assez élevé de ces succédanés en restreint l'usage.

Un assez grand nombre d'essais d'épuration électrolytique du jus ont été entrepris. On emploie des électrodes solubles généralement en zinc ; à l'anode se forment des sels de zinc, à la cathode l'électrolyse des sels alcalins du jus fournit des alcalis, d'où précipitation au sein du liquide d'oxyde de zinc qui entraîne une forte partie des matières organiques et colorantes. L'épuration est beaucoup plus complète quand on sépare les deux électrodes par un diaphragme poreux. Aucun de ces procédés n'est maintenant employé ; l'action exercée étant peu efficace et le coût du traitement assez élevé.

La filtration. — Les questions de filtration ont en sucrerie une grande importance. Cela est si vrai que tous les systèmes de filtres employés industriellement furent imaginés par des techniciens de sucrerie qui résolurent successivement les nombreuses difficultés rencontrées en pratique. Il est en effet indispensable : 1° de pouvoir filtrer rapidement des jus boueux extrêmement chargés de particules en suspension ; 2° de retirer du résidu la forte quantité de sucre qu'il contient ; 3° de compléter la préfiltration d'une complète clarification. On emploie à cet effet en sucrerie, d'une part les filtres-presses à lavage, puis d'autre part les filtres « mécaniques » à tissus ou à sable.

Schématiquement, un filtre-presse se compose de plateaux verticaux serrés les uns sur les autres (*fig. 46*), parmi lesquels on distingue les plateaux impairs, garnis de tôles perforées sur lesquelles on place d'épaisses serviettes de coton ou de jute, et les cadres pairs, évidés. Dans les angles supérieurs des

plateaux, sont ménagés des trous qui forment par leur réunion un canal où arrive le liquide boueux (amené par le sommier fixe de la monture). Ce canal communique par des trous spéciaux avec tous les plateaux pairs qui s'emplissent

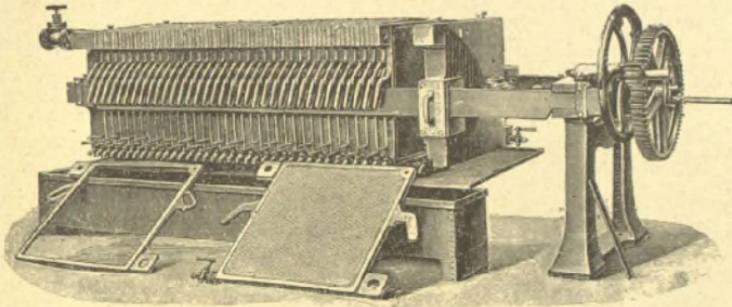


FIG. 46. — Un filtre-press (sur le devant, deux plateaux démontés).

ainsi du mélange. C'est là que s'agglomère le précipité de carbonate calcique («écumes de défécation»), tandis que le liquide passe à travers toile et tôle pour s'échapper par les trous inférieurs pratiqués dans les plateaux impairs (fig. 47). Quand tous les cadres sont remplis et que le liquide coule trop lentement, on arrête l'arrivée du jus, on ferme un sur deux des robinets inférieurs et on envoie de l'eau dans le canal supérieur du fond (fig. 48). Dans ces conditions, l'eau emplant les chambres vides passe à travers les gâteaux latéraux d'écume, emporte le sucre qu'ils contiennent et ressort par les chambres vides d'à-côté.

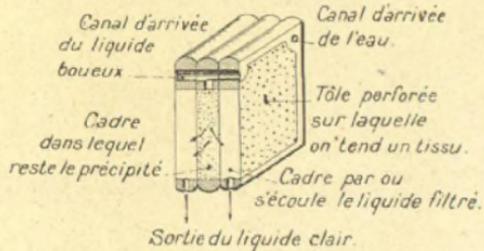


FIG. 47. — La filtration dans une presse.

Le lavage terminé, on desserre par des écrous à volants *ad hoc* les plateaux placés sur leur monture (fig. 46) et on les fait glisser successivement de façon que les gâteaux puissent

Le lavage terminé, on desserre par des écrous à volants *ad hoc* les plateaux placés sur leur monture (fig. 46) et on les fait glisser successivement de façon que les gâteaux puissent

se détacher et tomber à l'étage inférieur où on les recueille dans des wagonnets ou dans une auge à vis sans fin.

Il existe de nombreux systèmes de filtres-presses différant par la disposition des canaux dans les plateaux, le mécanisme de serrage, les dimensions ; mais, en principe, le fonctionnement est toujours analogue à celui que nous venons de décrire.

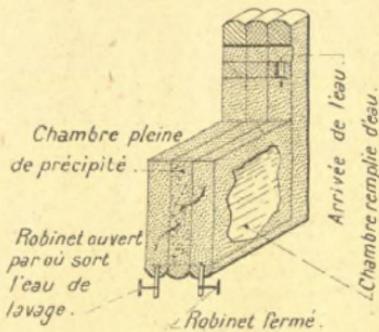


FIG. 48. — Lavage d'un tourteau dans une presse.

Au contraire, dans les filtres « mécaniques », employés pour la filtration parfaite des liquides contenant peu d'impuretés qui ne sont pas lavées dans l'appareil, les dispositifs essentiels varient beaucoup selon les constructeurs. Mais, comme presque toutes les sucreries ont adopté un modèle particulièrement commode et simple, il nous suffira de décrire ce dernier comme exemple.

Le filtre Philippe se compose essentiellement d'une caisse

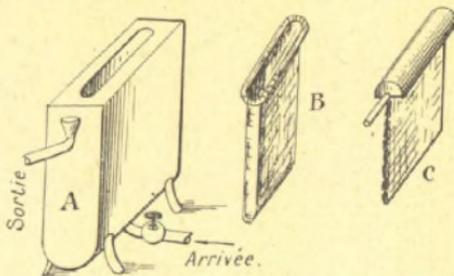


FIG. 49 et 50. — Élément schématique du filtre Philippe.

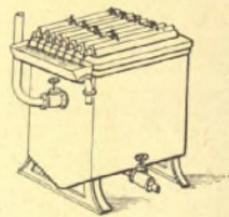


FIG. 51. — Vue d'un filtre Philippe.

métallique dans laquelle on introduit le jus à filtrer sous faible pression. La partie supérieure du récipient est percée d'une longue rainure (fig. 49) par laquelle on introduit un sac de tissus filtrant (fig. 50, B) portant autour de son ouverture un

bourrelet qui vient s'arrêter contre l'ouverture de la caisse. On enfonce alors à l'intérieur du sac un treillis métallique (*fig. 50, C*) qui en maintiendra la forme, et qui est fixé à une gouttière de fonte terminée d'un côté par une tubulure. En serrant la gouttière-chapeau C contre la paroi d'un récipient A, on comprime le bourrelet de B qui forme joint : dans ces conditions, le liquide arrivant en A passe à travers B et sort par C en s'écoulant dans un entonnoir ou une nochière. Pratiquement le filtre Philippe comporte toute une série de tels éléments, placés parallèlement dans une même caisse (*fig. 51*), ce qui permet d'obtenir une très grande surface filtrante dans un espace fort réduit.

Les filtres à tissu sont d'emploi assez coûteux, les serviettes de prix notables étant mises rapidement hors d'usage, en raison de l'alcalinité des jus filtrés. C'est pourquoi on tend à leur substituer depuis quelques années des filtres à sable, dont la ma-

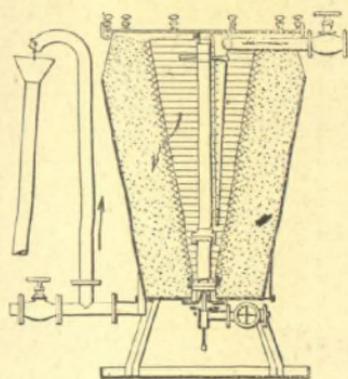


FIG. 52. — Coupe d'un filtre à sable.

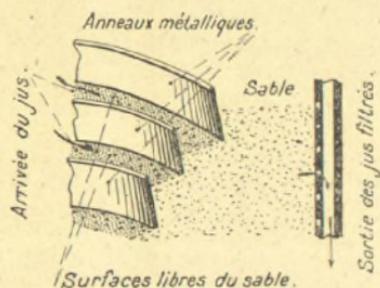


FIG. 53. — La filtration sur le sable.

tière inusable et bon marché peut être facilement nettoyée ou changée pour une autre plus ou moins fine. Le filtre Reinecken, par exemple, se compose d'un récipient tronconique au centre duquel arrive le jus à filtrer qui, après traversée d'une épaisse couche de sable, ressort par un évidement annulaire extérieur ménagé entre la paroi du récipient et une tôle perforée maintenant le sable (*fig. 52*). On obtient une large surface filtrante en maintenant le sable par des anneaux tronconiques de plus

en plus grands, empilés les uns sur les autres de façon à laisser entre chacun d'entre eux un anneau sensiblement horizontal formé par le sable étalé librement (*fig. 53*).

Extraction du sucre des jus. — Concentration des jus. —

Pour extraire des jus convenablement épurés le sucre qu'ils contiennent, on les fait bouillir jusqu'à ce qu'on puisse obtenir par refoiissement des cristaux de sucre faciles à séparer de l'eau mère. La méthode est simple, peu coûteuse et offre le grand avantage de permettre la séparation du sucre, non seulement de l'eau, mais de toutes les impuretés des jus, lesquelles restent dissoutes.

Primitivement, et c'est ainsi qu'on opère encore dans certaines sucreries rustiques de cannes, on se contentait d'évaporer les jus dans des bassines mises sur le feu jusqu'à obtention de sirop très visqueux.

Mais cette méthode donne des produits très impurs, une partie du sucre étant caramélisée par cuisson, et la dépense de combustible atteignant des proportions très élevées. Aussi, dès la création des sucreries industrielles de betteraves, imagina-t-on de faire la cuisson des jus dans des chaudières hermétiquement closes dont la partie supérieure était reliée à une pompe pneumatique : dans ces conditions, les jus entrent en ébullition à température relativement basse et peuvent rester longtemps dans l'appareil sans se caraméliser.

Plus tard, en 1830, un ingénieur français, Rillieux, imagina un nouveau perfectionnement des appareils à concentrer ; il installa dans une sucrerie d'Amérique un appareil évaporatoire à « double effet ». Le dispositif consiste à concentrer du jus dans une chaudière verticale quelconque, chauffée à la vapeur, par un faisceau tubulaire, par exemple (*fig. 54*) ; mais cette première « caisse » est suivie d'une seconde absolument identique où arrive le jus déjà concentré en I et qui est chauffé non par de la vapeur ordinaire, mais par celle provenant de la caisse I.

Cette vapeur peut parfaitement assurer l'ébullition du jus contenu dans la caisse parce qu'il règne en I et en II des dépressions différentes. Tandis par exemple que dans le second

« effet » dont le haut est directement relié à la pompe pneumatique, la tension de vapeur correspond à une pression barométrique de 320 millimètres de mercure (point d'ébullition correspondant 82° C.), dans le premier une température de 96° suffit parfaitement à faire bouillir le jus sucré à la pression de 650 millimètres. On peut ainsi, et c'est ce qu'on fit plus tard, monter en série trois, quatre, cinq chaudières, formant l'appareil connu en sucrerie sous les noms de triple, quadruple et quintuple effet. On n'est limité que par la nécessité d'avoir

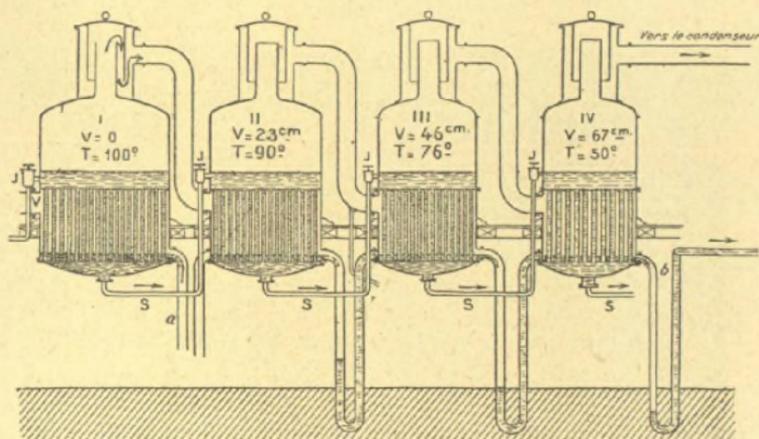


Fig. 54. — Coupe schématique d'un multiple effet.

entre chaque « caisse » des chutes suffisantes de température pour obtenir un chauffage rapide. Aussi ne dépasse-t-on jamais six effets, et dans la plupart des cas s'en tient-on à quatre.

L'avantage du multiple effet est considérable : en chauffant à la vapeur une seule caisse, on provoque l'ébullition dans toutes les chaudières à la fois ; si l'on pense que la plus grande partie du charbon brûlé en sucrerie sert à la concentration des jus, on voit tout l'intérêt de l'emploi des multiples effets vu la quantité considérable d'eau à évaporer pour déterminer la cristallisation du sucre : 400.000 à 500.000 kilogrammes par jour pour une usine d'importance moyenne traitant 400 tonnes de betteraves par vingt-quatre heures. On peut juger de

l'importance des économies ainsi réalisées de même que de l'intérêt de l'invention de Rillieux, par la comparaison de ce qu'il faut de charbon pour concentrer un mètre cube de solution à un point donné.

Dans des chaudières à feu direct.....	220 ^{kg} environ
Chauffage par la vapeur d'un générateur...	180 —
Chauffage par la vapeur, ébullition sous pression réduite.....	120 —
Dans un appareil à double effet.....	60 —
Dans un appareil à triple effet.....	40 —

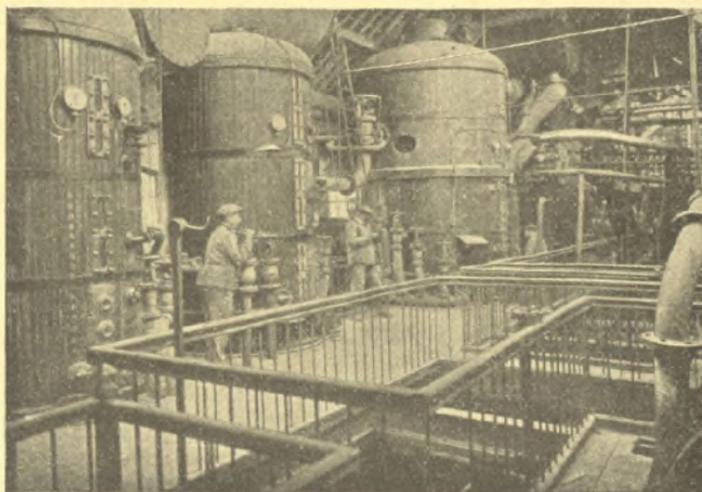


FIG. 55. — Un triple effet de sucrerie.

La question économie de charbon est pratiquement d'extrême importance en sucrerie ; et on a fait là sous ce rapport les plus remarquables progrès. C'est ainsi que pour chauffer les jus à la diffusion, aux carbonatations et autres postes de l'usine, on emploie dans les sucreries modernes, non de la vapeur à haute pression, ou même celle s'échappant des moteurs, mais de la vapeur venant de telle à telle caisse ou multiple effet. C'est ainsi qu'on est arrivé à réduire la consommation de houille de 150 kilogrammes il y a une dizaine d'années à 80 à 100 kilo-

grammes par tonne de betteraves travaillées. Cette économie de 50 kilogrammes par tonne représente pour une usine travaillant 40 millions de kilogrammes de betteraves, une économie de $40.000 \times 50 = 20.000.000$ de kilogrammes de charbon, soit 25 francs à la tonne, une économie de 50.000 francs.

Les chaudières des appareils à multiple effet sont le plus souvent en forme de grands cylindres verticaux (*fig. 55*) munis de regards en glace pour surveiller l'ébullition, de trous d'hommes pour pénétrer à l'intérieur lors du nettoyage des faisceaux tubulaires, dans lesquels circule la vapeur produisant le chauffage. On fait aussi des « effets » disposés horizontalement et dans un grand nombre d'installations modernes des caisses importantes dites « à grimpage ». Dans ces appareils, très hauts et de petit diamètre, le jus arrivant au bas à l'intérieur des tubes chauffés est entraîné en haut, en grim pant le long des parois, par la vapeur formée qui se dégage avec une grande vitesse (*fig. 56*). Le passage est très rapide, ce qui évite toute altération éventuelle du sucre. Les jus pèsent 25 à 30° B, à la sortie ; ces sirops contiennent 50 0/0 de sucre au lieu de 10 à 11 0/0. Comme au cours de la concentration certaines impuretés sont devenues insolubles, on passe les sirops dans des filtres à tissu ou à sable. Souvent aussi, on les sulfite absolument de la même façon que le jus. Finalement, ils sont envoyés dans la « cuite », où s'achève la concentration d'une certaine manière qu'il serait difficile de réaliser dans le multiple effet.

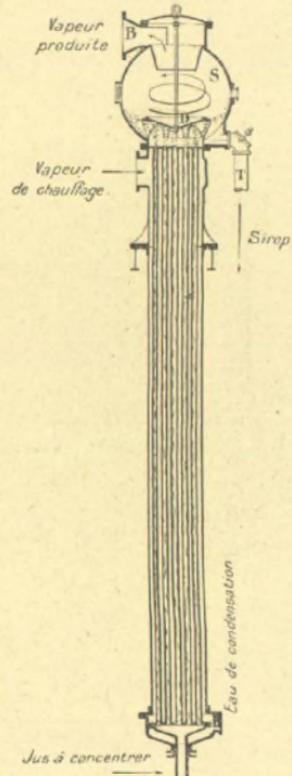


FIG. 56. — Élément d'un multiple effet Kestner.

Cuite et malaxage. — La cuisson des sirops est en effet une opération délicate qui doit être conduite par un « cuiseur » longuement exercé à régler introduction des sirops, débit de la vapeur chauffante et intensité du vide de manière à obtenir finalement le maximum de cristaux baignant dans une eau mère idéalement « dessucrée ». La chaudière à cuire est un énorme récipient haut de 4 à 5 mètres, large de 3 à 5 (fig. 57),

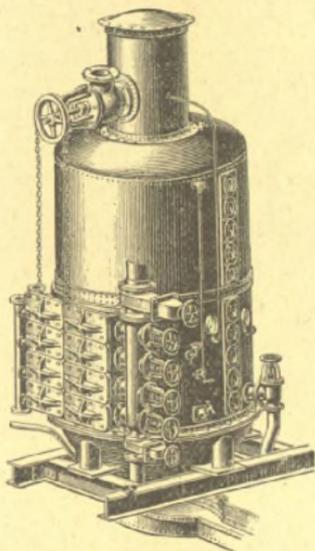


FIG. 57. — Chaudière à cuire.

muni à la partie inférieure d'une large valve de vidange, dans le bas, de plusieurs serpentins à vapeur et d'une sonde pour prélever des échantillons. Sur toute la hauteur, des fenêtres armées d'épaisses glaces permettent de voir la masse en ébullition; parfois, un agitateur intérieur assure l'homogénéité de la masse; des thermomètres et manomètres indiquent constamment l'allure de marche. Enfin le haut de la chaudière à cuire, par où se fait l'incessant appel de vapeurs, est relié par un large tube au condenseur barométrique.

Ce condenseur est, comme l'indique son nom, une espèce de baromètre et, comme il fonctionne à l'eau, sa hauteur doit atteindre une dizaine de mètres. La lanterne supérieure reçoit les vapeurs qui, au contact de la pluie d'eau froide injectée et tombant en cascades, se condensent: le liquide s'écoule alors spontanément par le tube barométrique dans la bêche inférieure, sans que cesse de régner dans la lanterne un vide convenable. Une pompe à air aspire constamment à la partie supérieure de la lanterne les gaz non condensables et permet la mise en route de l'appareil (fig. 58).

Au début de l'opération, le cuiseur introduit peu à peu dans la chaudière une certaine quantité de sirop qui est concentré

jusqu'à saturation. A ce moment, il fait arriver brusquement une forte charge de sirop froid : la température baisse aussitôt, ce qui a pour effet, le sucre étant moins soluble à froid qu'à chaud, de faire précipiter une foule de tout petits cristaux de saccharose, c'est l'opération du « grainage ». A partir de ce moment le cuiseur nourrit le « grain », c'est-à-dire maintient le chauffage et l'arrivée de sirop pour qu'il y ait constamment sursaturation, et par conséquent augmentation de cristaux. Il doit se garder de la moindre variation intempestive, une baisse de température produisant par exemple des cristaux fins nuisibles, et une hausse, la redissolution du sucré déjà formé.

Au bout de plusieurs heures, — chaque cuite dure en moyenne de six à dix heures — les cristaux sont devenus assez gros. On « serre » alors la cuite, c'est-à-dire qu'on diminue l'introduction du sirop de façon à concentrer le plus possible la masse, en augmentant la quantité de sucre cristallisé et diminuant la proportion d'eau mère. C'est alors qu'on rentre à la cuite les « égouts » résiduels du turbinage qui permettent de pousser l'épuisement de l'eau mère en conservant la fluidité indispensable. Finalement, on arrête l'arrivée de vapeur, on laisse entrer l'air et on « coule » le contenu de la chaudière ou « masse-cuite » dans un malaxeur placé au-dessous. Là, se poursuit lentement la cristallisation pendant huit à vingt-quatre heures, suivant le nombre de cristallisoirs adoptés. Comme la température baisse peu à peu — ce qui est souvent assuré et réglé par une circulation d'eau d'abord tiède, puis froide — et que la masse est sans cesse brassée, le sucre en dissolution se sépare peu à peu en se dé-

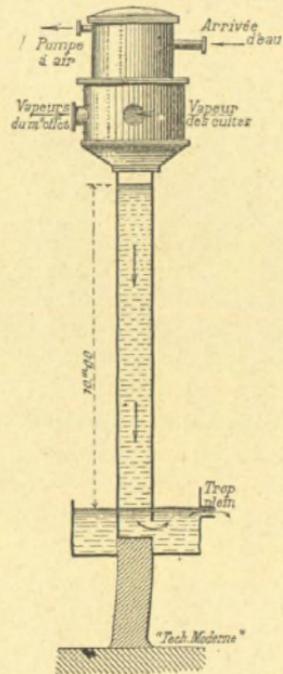


FIG. 58. — Condenseur barométrique.

posant à la surface des cristaux. On règle la chute de température et l'addition d'égout fluidifiant d'après le degré de sursaturation de l'eau mère.

Quant aux appareils malaxeurs, ils sont en principe tous sem-

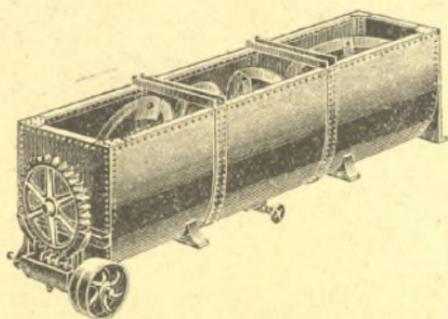


FIG. 59. — Malaxeur de masse-cuite.

blables : dans une auge demi-circulaire tourne lentement un arbre axial portant des bras radiaux ou une garniture hélicoïdale (*fig. 59*) ; la réfrigération se fait par circulation d'eau dans une chemise extérieure ou dans les éléments brassants.

Turbinage. — Pour séparer les cristaux de sucre de l'eau mère impure et visqueuse dans laquelle ils sont en suspension, on emploie desessoreuses centrifuges ou « turbines » : la masse-cuite est versée dans un tambour à paroi annulaire formée d'une toile métallique à mailles fines, après quoi on fait tourner autour de son axe le tambour à une vitesse de plus de 1.000 tours par minute. Sous l'action de la force centrifuge, la masse-cuite est appliquée fortement sur la périphérie du panier et, tandis que les grains sont arrêtés par la toile métallique, l'eau mère passe au dehors. Au bout d'un temps très court, une à deux minutes, on arrête l'appareil en débrayant et freinant, et on ramasse dans le panier du sucre cristallisé, tandis que l'égout s'écoule dans une nochère inférieure.

Les turbines employées en sucrerie sont à grand ou à petit panier (diamètre variant de 0^m,80 à 1^m,50 et même davantage) et diffèrent encore par le mode de commande de l'arbre central. Dans les turbines du type classique, la transmission se fait en haut, sur un bâti à arcade (*fig. 60*) par des cônes de friction ; les turbines Weston possèdent des paniers suspendus ; enfin les turbines « toupies » sont au contraire munies par le bas, le panier étant de la sorte d'accès particulièrement facile

(fig. 61). Aux turbines de ces divers genres, commandées par courroies, on tend maintenant à substituer des appareils mus électriquement par des dynamos dont le noyau est monté sur l'arbre même portant le panier essoreur ou hydrauliquement, par une turbine collée sur l'arbre et recevant la pression d'eau d'une pompe centrifuge puissante.

Quand on produit du sucre blanc, ce qui est le cas dans toutes les sucreries françaises, le turbinage ne s'effectue pas aussi simplement que nous venons de le dire. Vers la fin de l'opération, quand l'égout est séparé du sucre, il en reste malgré tout un peu à la surface des cristaux qui sont ainsi légèrement colorés en jaune. On les blanchit alors en « clairçant », c'est-à-dire en projetant dans le panier de l'eau pulvérisée ou de la vapeur : le liquide lave la

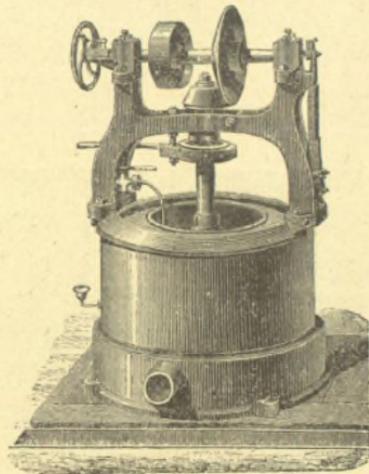


FIG. 60. — Turbine à arcade.

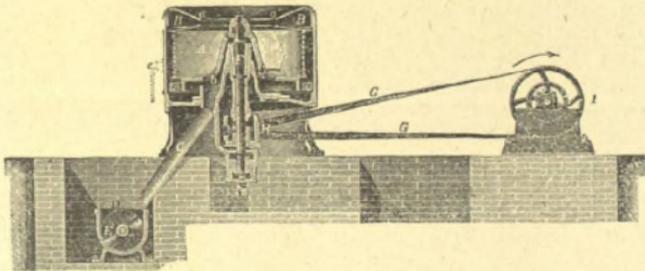


FIG. 61. — Coupe d'une turbine toupie.

surface des grains et le sucre obtenu est plus pur. L'égout obtenu pendant le clairçage, ou « égout riche », est plus pur que l'égout normal : on le sépare et on le mélange aux sirops

au début de la cuite. Pour obtenir des sucres « extra-blancs », on ajoute à la dernière eau de clairçage un peu de bleu d'outremer : les cristaux ainsi azurés ont bien meilleure apparence.

On a construit des turbines automatiques, dans lesquelles toutes les manœuvres sont faites par un arbre à cames, des turbines continues, à panier tronconique dans le bas duquel la masse arrive, puis remonte en raison de l'élargissement de

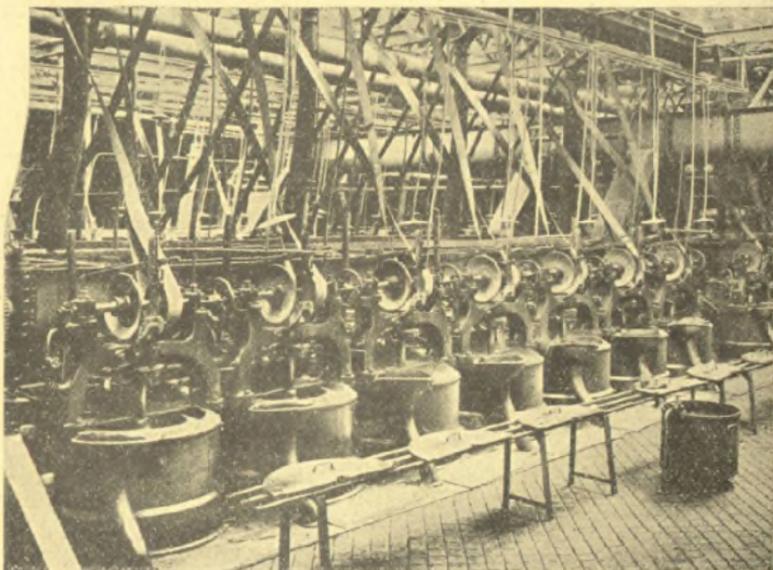


FIG. 62. — Atelier de turbinage.

la paroi perforée : dans leurs parcours, les grains en s'élevant passent dans des zones de clairçage, puis sont expulsés en arrivant à la périphérie. Ces appareils employés dans certaines usines étrangères, ne se sont guère répandus chez nous, car ils ne donnent des sucres bien homogènes que si la masse à turbiner est toujours de même consistance, condition qui pratiquement est loin de se réaliser !

Le sucre essoré passe de chaque turbine dans un collecteur à vis sans fin qui le conduit vers un élévateur à godets allant au magasin. Là se font les mélanges de sucres : si habiles que

soient les ouvriers turbineurs, il y a en effet des inégalités de coloration, et de séchage entre les diverses turbines, d'où nécessité d'homogénéiser le stock pour avoir des lots marchands. Le mélange se fait mécaniquement dans des appareils divers parmi lesquels les séries de silos (*fig. 63*) sont les plus employés. On y empile les sucres des cuites et turbinées successives, et on recueille dans le bas une masse mélangée qui,

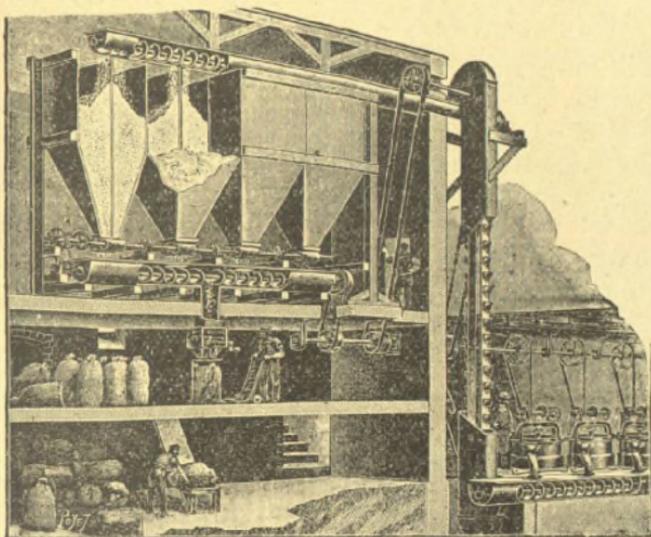


FIG. 63. — Mélangeur à sucre.

broyée pour désagréger les mottes accidentelles, est ensachée dans des appareils à bascule permettant de régler exactement le poids de chaque sac, fixé en France à 100 kilogrammes. Turbinage et ensachage se font sous la surveillance des employés du fisc, lesquels, en raison du fort droit qui frappe la consommation du sucre (24 francs par quintal), ont pour mission de veiller à ce qu'il ne soit livré au commerce que de la marchandise libérée de l'impôt.

Travail des bas produits. — L'égout de turbinage du sucre obtenu avec les sirops — sucre dit de « premier jet » — est en

partie, comme nous l'avons vu, rentré à la cuite et au malaxage. Il en reste toutefois une forte proportion qui, concentrée à nouveau, permettra d'obtenir le sucre de deuxième jet, moins beau et blanc que celui du premier jet, mais il est néanmoins assez pur puisqu'il contient 90 à 94 0/0 de saccharose.

Les égouts sont donc recuits dans une chaudière analogue à la cuite du premier jet, mais plus petite, et de façon souvent un peu différente. Par suite de l'impureté, de la viscosité de l'eau mère, la cristallisation est en effet plus difficile et on est souvent obligé de « l'amorcer » avec des sirops ordinaires. Parfois on cuit « au filet » en concentrant la masse le plus possible sans se soucier d'y former des cristaux : le sucre cristallise pendant le malaxage. Cette dernière opération doit être très longue pour permettre un épuisement suffisamment complet de l'eau mère : aussi dispose-t-on généralement d'une batterie de nombreux appareils (10 à 12 bacs) utilisés par roulement, en sorte que chaque malaxage puisse durer de six à dix jours.

Finalement la masse est turbinée, longuement, en raison de la forte viscosité de l'eau mère. On ne clairce pas, car les grains très fins se dissoudraient trop fortement. Comme le sucre ainsi obtenu est impur et jaunâtre, dans la plupart des sucreries on le refond avec des sirops ordinaires, ou on le jette dans les malaxeurs de premier jet : il est de la sorte obtenu finalement sous forme de sucre blanc.

Quand le travail est bien conduit, l'égout de second jet ne contient plus de sucre extractible par cristallisation, c'est de la mélasse. En France, la mélasse est vendue aux distillateurs et aux fabricants de fourrages sucrés, les dispositions fiscales ne permettant pas, en effet, d'en extraire le sucre avec avantage. Néanmoins il existe de nombreux procédés permettant d'effectuer ce traitement, plusieurs furent très employés autrefois en France et le sont encore dans certains pays étrangers ; les principaux consistent en une séparation du sucre par lavage d'une combinaison de sucrate calcique formée en malaxant la mélasse avec de la chaux, ou par échange osmotique à travers des parois de parchemin végétal (les sels passent d'un côté de la paroi, le sucre de l'autre).

Le contrôle de ce travail, comme d'ailleurs en général celui de tous les traitements de la sucrerie, est fait au laboratoire par divers procédés analytiques. On se sert surtout là, pour apprécier la teneur en sucre des divers produits, du *saccharimètre* (fig. 64), instrument permettant de mesurer l'effet produit par les liquides sucrés sur la lumière polarisée : la déviation est proportionnelle à la quantité de sucre.

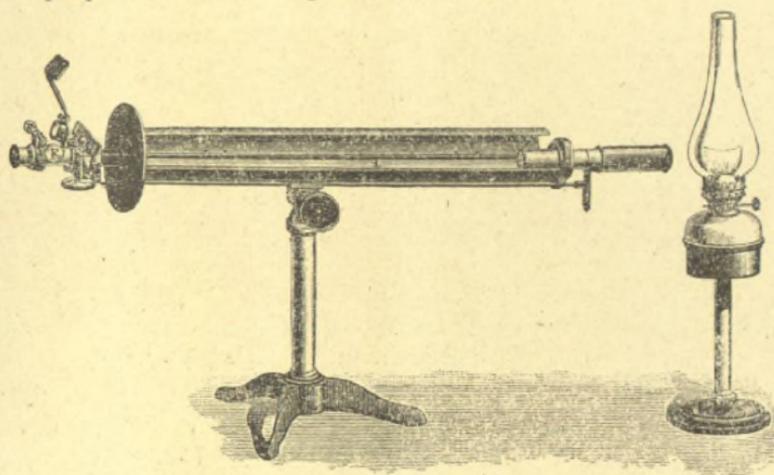


FIG. 64. — Saccharimètre.

Sucrerie de cannes. — L'industrie ne nous intéressant qu'indirectement, en tant que spécialité coloniale, nous n'exposerons que fort succinctement ses caractéristiques. Au reste, par de très nombreux détails, elle est analogue à la sucrerie indigène.

En général, à part quelques exceptions, les cannes, arrivant des champs débarrassées de leurs feuilles et coupées en tronçons, ne sont pas diffusées. On en extrait le suc par pression dans des « moulins » à cylindres multiples laminant les tiges. On opère ainsi plusieurs pressions successives, précédées d'un arrosage, de façon à extraire le maximum de sucre. La canne pressée ou « bagasse », séchée au soleil, est finalement employée comme combustible.

Bien moins impurs que les jus de betteraves, les jus de cannes ou vesous sont simplement tamisés, chauffés vers 70° C. puis additionnés d'une petite quantité de lait de chaux (une cinquantaine de grains de chaux par hectolitre). On chauffe alors vers 90° C. sans aller à l'ébullition, on décante et on filtre ; dans certaines sucreries, on filtre sur noir animal, on sulfite, on carbonate même quelquefois.

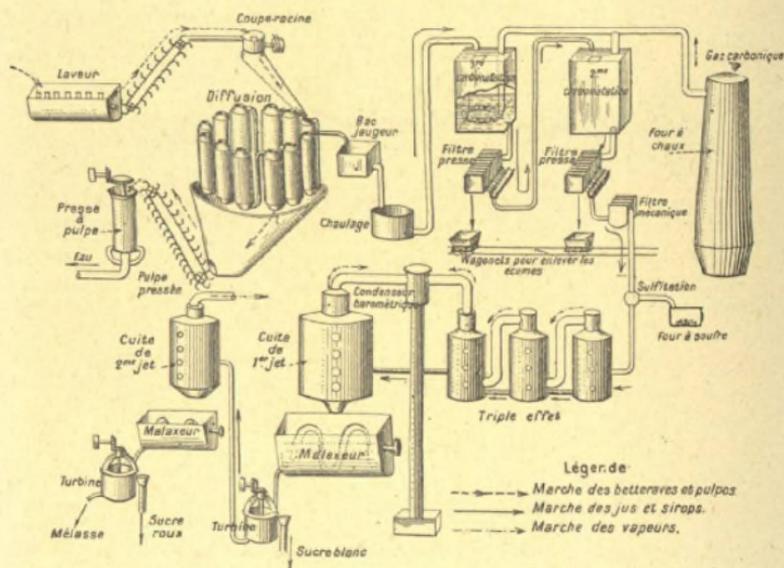


FIG. 65. — Schéma de la marche d'une sucrerie.

Finalement on procède à l'évaporation et à la cuite absolument comme en sucrerie de betteraves. Cristallisation et turbinage se font de même façon, avec naturellement quelques variantes. C'est ainsi que les turbines des sucreries de cannes sont le plus souvent suspendues par le haut, en sorte qu'il suffise d'ouvrir le bas du panier pour provoquer la vidange du sucre dans la nocherie collectrice. Mais ce ne sont là que détails secondaires, et l'extraction du sucre des pis se fait en principe absolument de même façon pour la canne que pour la betterave.

Production et consommation du sucre. — Il existe en France environ 250 sucreries, occupant dans la période d'activité 25 à 30.000 ouvriers, consommant une moyenne de 600 millions de kilogrammes de houille. Les usines sont d'importance variable, les plus nombreuses étant les fabriques d'importance moyenne où l'on travaille de 300 à 500.000 kilogrammes par journée de vingt-quatre heures. Il en est quelques-unes comme à Meaux, Cambrai, dans lesquelles la consommation de racines est décuplée. Dans certaines usines, pour éviter les coûteux transports nécessités par l'étendue du rayon d'approvisionnement, l'usine mère ne reçoit pas les betteraves : on lui envoie par des tuyaux souterrains le jus sucré extrait sur les lieux de production dans de petites râperies comprenant simplement laveurs, coupe-racines et diffusion. Le sucre est, à l'encontre du préjugé commun, non un stimulant superflu, mais un aliment de premier choix : à

valeur physiologique égale, son prix est très inférieur, il est pur, et s'assimile facilement et totalement en raison de sa solubilité. C'est ainsi que le savant docteur Landouzy a pu recommander à l'ouvrier de préférer quatre ou cinq morceaux de sucre à un beefsteak ! Le sucre, comme, comme l'ont reconnu les physiologistes Mosso, Chauveau et *tutti quanti*, est surtout un énergogène qui permet aux muscles de produire un travail considérable et supprime la fatigue : de fait, les hommes de sport connaissent et mettent à profit ces propriétés.

Depuis quelque temps, le sucre s'est vu opposer un singulier rival : la *saccharine* sous ses diverses formes plus ou moins

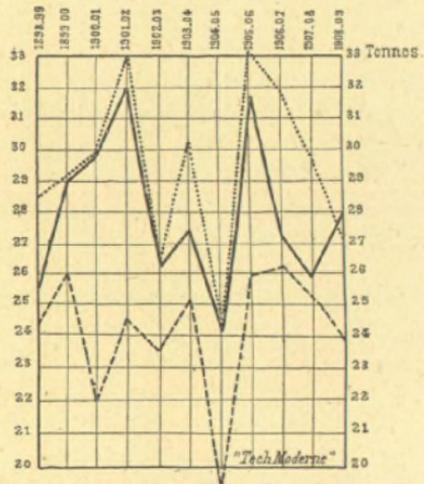


FIG. 66. — Production du sucre dans les divers pays.

analogues. Ce produit est une matière organique synthétique dont le pouvoir sucrant est tel qu'un gramme dissous dans un litre par exemple, sucre autant que 300 ou 500 grammes de sucre ! Dans ces conditions, malgré le prix élevé du produit, il y aurait avantage à l'employer, si sa valeur correspondait à son pouvoir sucrant. Mais loin d'être un aliment, la saccharine est un antiseptique ne pouvant que gêner la digestion et sortant dans l'urine absolument sous la même forme qu'à l'ingestion. Aussi une loi prohibe-t-elle l'emploi de saccharine avec laquelle de peu scrupuleux fabricants préparaient des sirops et des confitures à trop bon compte. On n'en trouve plus que chez les pharmaciens, qui en vendent sous forme de petits agglomérés pour les diabétiques : n'ayant aucune des propriétés du sucre, la saccharine ne peut provoquer la formation de glucose dans les urines et le malade se donne ainsi l'illusion de boire son café sucré. La saccharine se fabrique surtout à Lyon, dans les usines de matières organiques synthétiques ; elle coûte environ 30 francs le kilogramme ; elle ne peut être expédiée et vendue que sous la surveillance du fisc.

CHAPITRE VII

RAFFINERIE, CANDISERIE, GLUCOSERIE

Raffinage du sucre

Le sucre « cristallisé » provenant des sucreries de betteraves ou de cannes est rarement livré sous cette forme à la majorité des consommateurs. Si les sucres bruts « extra-blancs » sont en effet sensiblement aussi purs que les raffinés — et sont employés directement par les fabricants de sirops, de bonbons, de confitures, de biscuits..., — leur forme se prête mal aux habitudes

du public. La forme pulvérulente convient moins bien, pour un dosage facile et exact, que celle en tablettes régulières, et la grosseur des cristaux élémentaires rend la dissolution moins rapide que quand on emploie les fins cristaux feutrés du raffiné. Aussi bien, la très faible différence de prix existant entre les deux variétés de sucre rend la plupart des acheteurs indifférents à l'économie résultant de l'achat du sucre cristallisé.

Le raffinage est en effet une opération théoriquement fort simple : en principe, le sucre brut est simplement fondu, clarifié, décoloré, après quoi on fait concentrer et cristalliser de façon à obtenir une masse de cristaux fins.

Fonte et épuration. — Les sacs ou barriques de sucre sont vidés dans les chaudières à fondre, des grattages et secouages assurant la vidange complète ; on traite ensuite les uns par un jet de vapeur, les autres par un lavage à l'eau pour enlever les dernières parcelles de sucre adhérent. Souvent, on mélange du sucre de betteraves à du sucre de cannes, l'alcalinité de celui-là neutralisant l'acidité de ce dernier. On règle d'ailleurs à une alcalinité empêchant l'action des ferments par addition d'un peu de chaux ou de soude.

La chaudière, chauffée par serpentins à vapeur et munie d'un agitateur mécanique, est d'abord remplie au quart d'eau que l'on chauffe, après quoi on fait tomber le sucre et on agite jusqu'à obtention d'une densité convenable. La concentration est d'ordinaire de 30 à 32° B. pour la « clairce à cuire » et de 36° B. pour la « clairce fine ». On introduit alors un peu de noir animal en poudre et de sang frais de bœuf, ou d'une solution de sang desséché. On agite à nouveau et on chauffe : le noir absorbe certaines matières colorantes, le sang se coagule en formant une écume qui englobe toutes les impuretés insolubles du sirop. Quand cette écume est devenue bien cohérente, on laisse reposer et on soutire.

Les sirops sont ensuite filtrés, d'abord dans des presses ou des filtres à poches analogues aux appareils de sucrerie, puis sur des filtres à noir : le liquide arrive à la partie supérieure d'une assez haute colonne remplie de noir animal en grains suppor-

tée par un double fond perforé, et sort par le bas. Le noir, au fur et à mesure qu'il absorbe les impuretés des sirops, perd ses propriétés ; aussi doit-on périodiquement le revivifier ». Pour cela, on le lave à l'eau légèrement acidulée pour dissoudre les sels calcaires et les dépôts extérieurs des matières organiques, on le fait sécher, puis on le calcine dans des fours spéciaux. Après un certain nombre de revivifications, la matière, définitivement épuisée, est vendue comme engrais. Naturellement, toutes les eaux de lavage des filtres, ou « eaux de dégraissage », sont soigneusement conservées afin d'être rentrées en fabrication.

Cuite et cristallisation. — Le sirop épuré est concentré dans une chaudière à cuire, analogue à celles employées en sucrerie. Mais l'opération est conduite d'autre façon : au lieu de former de petits cristaux en nombre relativement peu élevé, qu'on « nourrit » ensuite longuement, on opère la concentration de manière à former une bien plus grande quantité de cristaux qui restent très fins. C'est pendant la cuite qu'on ajoute à la masse un peu de bleu d'outremer dont les fines particules disséminées dans le sucre lui donneront un teint bleuté plus agréable à l'œil. La cuite terminée tombe dans un « réchauffoir » d'où on la coule dans des « formes » coniques en tôle placées sur des wagonnets, ou mieux, pour les produits destinés à être vendus cassés en morceaux, dans des moules spéciaux en forme de tablettes rectangulaires.

Après repos de huit à dix heures, la masse cuite est devenue consistante ; on roule alors les wagonnets vers les « greniers », chambres dont la température reste constamment fixée à 30° C. Là, on enlève les obturateurs fermant les pointes des moules coniques et on place les formes sur les « planchers lits de pain », chaque sommet de cône étant fiché dans les ouvertures correspondantes du plancher. Dans ces conditions, l'eau mère baignant les cristaux de sucre s'écoule en partie et est recueillie sur une paroi inférieure garnie de zinc.

On procède ensuite, après repos de deux ou trois jours, au « clairçage », lavage ayant pour but d'enlever le reste d'eau mère

encore adhérente. Pour éviter de dissoudre les cristaux, on emploie à cet effet une solution aqueuse déjà saturée de sucre qui déplace la mélasse. On procède ainsi à deux ou trois clairçages faits avec des sirops de plus en plus purs ; finalement, on hâte l'égouttage en reliant les sommets des formes à des « sucettes », tubes reliés à un réservoir où une pompe fait un vide partiel. Quand on emploie des moules en plaquettes, l'égouttage est fait dans des turbines centrifuges à panier spécialement aménagé : l'opération, plus rapide et plus parfaite, tend à se substituer à la précédente méthode.

Dans certaines raffineries, on opère l'épuration des sucres par un grand nombre de clairçages réglés plus méthodiquement : la méthode Steffen permet de supprimer tout bas-produit résiduel en partant de masses cuites relativement très impures, coulées en récipients sur lesquels on fait passer après cristallisation une douzaine de clairces de puretés croissantes. Après avoir ainsi passé sur une douzaine de récipients où elles se souillent de plus en plus d'impuretés, la clairce rentre à la cuite. Quant au sucre lavé successivement une douzaine de fois, il est tout à fait pur.

Bien d'autres méthodes sont encore employées pour le raffinage du sucre. Le plus souvent les modifications n'affectent que des détails secondaires, au reste, elles sont généralement mal connues : les raffineries étant en petit nombre, il est facile d'y cacher jalousement les procédés employés.

Si bien égouttée que soit la masse des fins cristaux de sucre, elle retient encore de l'eau mère. Mais ceci n'est pas un inconvénient, car la dernière clairce employée étant un sirop pur, le liquide resté adhérent ne colore nullement la masse : il suffira de sécher le tout pour obtenir un produit marchand. Avant de procéder au séchage des pains, on nettoie ces derniers en grattant au couteau ou à la machine la surface de base, toujours un peu souillée (« plamotage »), puis on démoule en culbutant et en frappant (« lochage »). On porte ensuite dans une étuve chauffée de 50 à 60° C., où les pains restent de six à dix jours. On reconnaît qu'ils sont parfaitement secs quand, frappés d'un corps dur, ils rendent un son sec et sonore.

Les pains sont alors enveloppés dans des papiers (« habillage ») ; quant aux plaquettes, elles sont débitées dans un sens à l'aide d'une scie à ruban, les prismes ainsi obtenus sont ensuite régulièrement cassés sous l'action des couteaux de machines automatiques.

Travail annexe du raffinage. — Les eaux de dégraissage des emballages et des filtres, les solutions impures provenant de l'égouttage des pains et plaquettes (« sirops verts ») et les résidus de clairçage (« sirops couverts »), servent après recuite et cristallisation à préparer des sucres légèrement roux, les « vergeoises ». On opère absolument comme pour le raffinage usuel, et on obtient cette fois des mélasses d'où il est impossible d'extraire le sucre ; on emploie ces résidus, d'ailleurs de bien meilleur goût que ceux de sucrerie, aux mêmes usages que ces derniers.

Candiserie

Le sucre candi est préparé en raffinerie par cristallisation très lente de sirops concentrés jusqu'à contenir 900/0 de sucre. On emploie des sirops décolorés par filtration sur noir (candis blancs) ou, au contraire, faits à dessein avec des sucres bruns de cannes (candis roux). Les sirops à concentration convenable sont coulés dans des bassines de cuivre portant des fils tendus horizontalement. Le tout reste exposé dans des étuves chauffées vers 50° pendant plusieurs jours : le sucre en solution sursaturée cristallise autour des fils en agrégats solides qu'on isole en réchauffant un peu l'extérieur des bassines, mettant à égoutter, puis faisant sécher à l'étuve avant d'emballer.

Glucoserie

Le glucose est un sucre cristallisable différant du saccharose de betteraves ou de cannes par sa composition, ses propriétés chimiques et sa saveur sucrée environ trois fois moins intense.

En raison de son bon marché, on l'emploie en assez fortes quantités pour la fabrication des sirops, des confitures et de la bière. On prépare chez nous les glucoses presque exclusivement avec des féculs de pomme de terre; mais, certaines années de récolte déficitaire, on emploie aussi des féculs de sagou et de manioc, parfois l'amidon de maïs. Il est indispensable d'employer les féculs préparées au préalable, l'utilisation directe des matières végétales riches en féculs donnant des glucoses de fort médiocre qualité.

Au moment de l'emploi, la matière première amyliacée est délayée dans l'eau, puis la pâte homogène ainsi obtenue passe au délayeur dans le saccharificateur, autoclave en cuivre timbré à 5 kilogrammes. L'appareil est d'abord rempli d'eau acidulée (10 kilogrammes d'acide sulfurique à 66° B. pour 1.000 kilogrammes de féculs sèche), après quoi on introduit la bouillie. On ferme, on chauffe jusqu'à ce que la pression atteigne 1^{kg},5 et on maintient la température pendant un quart d'heure : la matière amyliacée se transforme d'abord en dextrine et maltose, puis en glucose. On s'assure de la fin du traitement en ajoutant à une prise d'essai un peu d'eau iodée : toute trace de féculs non décomposée provoque une coloration bleue. Il reste d'ailleurs toujours dans la solution une forte quantité de dextrine : parfois jusqu'à 50 0/0 du poids de glucose, dans le sirop cristal.

La saccharification effectuée par la méthode que nous venons de décrire donne en effet des produits destinés, par moyenne concentration, à préparer le « sirop cristal », contenant 40 à 45 0/0 de glucose. Pour obtenir le glucose « massé » sous forme sèche (65 à 70 0/0 de glucose), on saccharifie plus fortement, en augmentant un peu la dose d'acide et chauffant jusqu'à pression de 3 kilogrammes.

Le liquide évacué de l'autoclave est ensuite concentré, neutralisé par addition d'un peu de carbonate de chaux (blanc de Meudon), délayé dans l'eau, après quoi on concentre. Dans la plupart des glucoseries, on emploie de simples chaudières à vide analogues à celles des sucreries (cf. p. 86), les premières installations d'appareils à multiple effet ayant donné des mé-

comptes par suite des dépôts de sulfate calcique sur les parois des tubes chauffants. Néanmoins, dans les usines modernes on utilise avec succès l'évaporation bien plus économique dans les appareils à multiple effet.

Pour obtenir le sirop cristal, on concentre d'abord, avant toute filtration, de 17 à 25° B., la température ne dépassant pas 60° C.

On ajoute ensuite un peu de noir animal finement pulvérisé

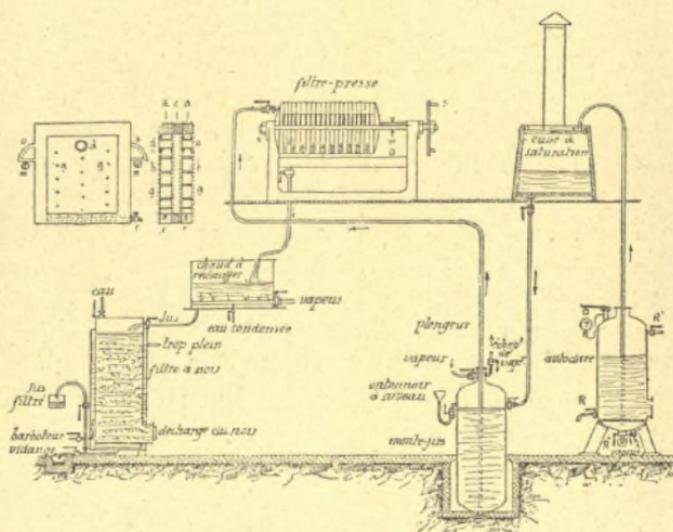


FIG. 67. — Schéma d'une glucoserie.

qui décolore le liquide et facilite la filtration des boues de sulfate calcique. On dirige finalement vers les filtres-presses, dans lesquels reste un résidu vendu comme engrais ; puis on filtre sur noir animal dans des appareils analogues à ceux des raffineries.

L'épuration subie ensuite se fait dans des cuves, sous l'action d'une addition convenable de chlorure de baryum, ou mieux d'oxalate de baryum, pour précipiter les sels calciques restés en dissolution. On ne doit ajouter que juste la dose suffisante, les composés du baryum étant toxiques : pratique-

ment on emploie de 160 à 300 grammes d'oxalate par hectolitre de liquide chauffé à 75°. On filtre aux presses, puis sur les appareils à noir, on réchauffe et on filtre une troisième fois sur noir. Finalement, on concentre à nouveau dans un appareil à vide après avoir procédé à une très légère sulfitation. On obtient de la sorte des sirops épais et limpides à 45° B., titrant 30 à 400/0 de glucose.

C'est ainsi du moins qu'on opère pour fabriquer le sirop-cristal : quand il s'agit d'obtenir du glucose massé, il est préférable de filtrer à la presse et sur le noir avant toute concentration. On concentre finalement jusque 42° B. à la température de 70 à 75° C. et on coule dans un grand bas à agitateur. Au bout de huit ou dix heures, la masse suffisamment refroidie est coulée dans des « formes » en tôle contenant chacune environ 16 kilogrammes, on laisse les blocs se solidifier, après quoi on démonte et on expose les blocs dans une salle bien aérée où ils sèchent.

Le rendement, pour des féculs de bonne qualité (à 20 0/0 d'eau) atteint 95 0/0 en sirop cristal à 45° B. et 105 0/0 en glucose massé. On fabrique en France de 20 à 30.000 kilogrammes de glucose, dont le quart est employé en brasserie.

CHAPITRE VIII

ALIMENTS SUCRÉS COMPLEXES

Une grande quantité du sucre produit n'est pas consommé directement : on le transforme en produits sucrés alimentaires divers : chocolats, confitures, bonbons divers. Il importe d'autant plus d'exposer le principe des techniques de préparation de ces produits qu'outre le sucre, ils sont pour la plupart composés de substances agricoles diverses.

Les aliments sucrés industriels sont préparés par des pro-

cédés très différents les uns des autres et en général dans des usines spécialisées pour tel ou tel genre de produit. C'est qu'en effet le chocolat par exemple, simple mélange broyé de sucre et de cacao convenablement préparé, diffère absolument de la confiture, résultant d'une coction d'un sirop aqueux de sucre profondément modifié au cours de l'opération. De même le bonbon se prépare par des procédés absolument autres que ceux de la confiserie des fruits.

Dans tous les cas, on emploie une forte quantité de sucre, on fait souvent usage de certains mêmes produits aromatiques ou colorants. Très souvent aussi, les spécialités différentes présentent quelques points de contact : le bonbon en chocolat peut être fait par les fabricants de chocolat ou les confiseurs, certaines confitures se rapprochent des fruits confits. C'est pourquoi il était tout naturel de réunir les uns près des autres les diverses monographies des industries d'aliments sucrés.

Chocolaterie

Matières premières employées à la fabrication du chocolat. — **Cacaos.** — On sait que les fèves de cacao importées de divers pays tropicaux sont les amandes contenues dans des « cabosses » pleines d'une pulpe sucrée. Les fèves dites *non lerrées* sont simplement extraites des cabosses, puis mises à sécher au soleil : les fèves *lerrées* sont abandonnées pendant quelque temps au contact de la pulpe du fruit, qui fermente en se transformant en une boisson légèrement alcoolique. Cela modifie la couleur des fèves qui deviennent brunes ; d'autre part le traitement développe l'arome.

Le cacao est produit dans de nombreux pays parmi lesquels on peut citer comme particulièrement gros exportateurs : le Brésil, Saint-Thomas, l'Equateur (environ chacun 25.000 tonnes), Saint-Domingue, la Trinité, le Venezuela, l'Afrique occidentale anglaise (de 10.000 à 15.000 tonnes). Au total, la production atteint actuellement 150.000 tonnes et est en progression constante, le chiffre ayant parfois doublé en

dix ans. Un certain nombre de pays producteurs frappent le cacao de droits d'exportation assez élevés (1 à 30 francs le quintal). Dans la plupart des pays de consommation, il existe également des droits, perçus à l'entrée, lesquels varient de 1 franc par quintal (Suisse) à 20 à 25 francs (Allemagne, Angleterre...), voire même plus de 100 francs (France, Espagne, Russie). Chez nous ces droits sont réduits de moitié pour les cacaos venant de nos colonies : on en envoie environ 1.500 tonnes de la Guadeloupe et de la Martinique.

Les cacaos doivent leur valeur alimentaire à leur teneur en rouge de cacao, qui s'aromatise au cours de la torréfaction, en théobromine, alcaloïde donnant au chocolat son pouvoir excitant, et en beurre de cacao très nutritif. Les richesses en ces divers éléments des divers cacaos commerciaux varient selon l'origine et le mode de préparation.

Quoique les fèves de cacao aient été nettoyées sur les lieux de production avant leur expédition, il est indispensable de leur faire subir avant emploi un sérieux complément d'épuration. On emploie maintenant généralement à cet effet des appareils à cylindre garnis de tôles perforées, tournant dans un coffre à trémies inférieures aboutissant à des sortes de grands tiroirs : morceaux et fèves trop petites sont ainsi séparés du cacao de grosseur convenable, lequel tombe à l'extrémité du trieur sur un tablier sans fin circulant entre deux ouvrières qui enlèvent au passage toutes les fèves de coloration ou d'aspect anormal.

On procède ensuite à la torréfaction, traitement de grande importance ayant pour effet de développer l'arome et d'enlever l'âcreté des fèves, de faire gonfler les grains d'amidon qu'elles renferment et de rendre la coque facilement cassante et mal adhérente pour permettre la séparation de l'enveloppe. Cette torréfaction doit être effectuée à plus basse température que celle des grains de café ; il importe de ne pas dépasser 130 à 140° au plus. La torréfaction à feu nu dans le rustique appareil à boule analogue au brûloir à café est peut-être encore le procédé le plus répandu, malgré son peu de rendement et sa délicatesse de conduite. Il est vrai qu'on construit maintenant des appareils de ce genre relativement perfectionnés, avec dis-

positifs permettant la prise d'échantillon pendant la marche. On chauffe d'abord la boule au feu de coke, on charge, puis on fait tourner lentement (30 à 35 tours à la minute) jusqu'à bonne odeur de grillé. On active alors un peu la vitesse des rotations en continuant à chauffer jusqu'à ce que les fèves soient bien odorantes et cassantes. On décharge alors en étendant sur plaques de tôle de manière à faire refroidir assez rapidement les fèves. Le tout dure de quarante à quarante-cinq minutes. Dans les installations à forte production, on refroidit généralement en recevant le cacao dans un wagonnet à double fond perforé, lequel est relié à un ventilateur : le courant d'air refroidit rapidement la masse.

Les cacaos torréfiés sont ensuite décortiqués dans des appareils composés d'un broyeur supérieur à cylindres cannelés ou à cloche d'où les fèves grossièrement désagrégées tombent dans un coffre comprenant une combinaison de bluterie et de tarare : balayées par un courant d'air, les écorces légères partent à l'extrémité de l'appareil, les menus morceaux et les poussières sont classés par grosseur d'éléments dans les tiroirs inférieurs. Tout ceci produit une freinte assez élevée dont il convient de tenir compte pour l'évaluation des prix de revient.

Sucres. — On peut employer en chocolaterie toutes sortes de sucres. En général, on s'en tient aux sucres dits « cristallisés » à l'exclusion des raffinés, plus coûteux et non plus purs que les beaux produits de sucrerie. On emploie d'ailleurs en chocolaterie des sucres roux, la couleur important peu en raison de la nuance des cacaos, mais seulement les sucres roux de cannes, la mélasse de betteraves qui reste dans les sucres roux indigènes ayant plutôt mauvais goût. Les sucres, même très finement granulés, sont pulvérisés avant incorporation aux pâtes de cacao : on emploie pour cela des broyeurs centrifuges, à palettes lançant avec force les grains de sucre contre une paroi métallique au contact de laquelle ils se brisent.

Matières amylacées. — Leur emploi n'est pas général, quoique assez répandu. En général, il s'agit d'additions souvent

frauduleuses destinés à obtenir des produits fort bon marché, par réduction du 0/0 de cacao sans emploi de doses exagérées de sucre. On emploie de la sorte des farines de froment, naturelles ou plus ou moins dextrinisées, des féculs exotiques diverses telles que sagou, arrowroot, des farines de fèves ou de châtaignes. En particulier, cette dernière substance, légèrement torrifiée pour lui enlever son âcreté, sert à donner de la consistance aux chocolats saccharinés pour diabétiques. On emploie aussi du malt d'avoine pour préparer certains chocolats pour potages.

Matières grasses. — Nous l'avons dit, le cacao contient normalement une assez forte quantité de glycérides. Mais, pour obtenir certains chocolats tels que fondants et couvertures, il faut ajouter aux pâtes une quantité supplémentaire de beurre de cacao. De plus, ce beurre est très cher. Aussi fabrique-t-on certains chocolats bon marché à base de cacao débeurrés, auxquels on doit alors naturellement ajouter d'autres matières grasses. Les graisses de coco et de palmiste sont les plus employées pour cela, surtout depuis que l'industrie du raffinage des graisses végétales produit des matières parfaitement désodorisées et amenées à consistance convenable par élimination de l'oléine. Il existe dans le commerce des graisses spécialement destinées à la chocolaterie composées de stéarines de coco ou de palmiste, additionnées éventuellement d'huiles de sésame ou d'autres matières grasses.

Aromates. — On fait en chocolaterie une énorme consommation de vanille et de vanilline, cette dernière substance étant préférée pour la préparation des produits à bon marché. Dans certains pays, en Allemagne par exemple, on fait aussi beaucoup de chocolats à base de cannelle, de cardamome, de muscade, de girofle... La saccharine, dont on connaît l'énorme pouvoir sucrant, ne peut être employée qu'à la préparation des chocolats médicaux, l'usage en est sévèrement prohibé pour la fabrication des chocolats commerciaux.

Le miel, le lait, les noisettes, servent à la préparation de chocolat fantaisie à goûts particuliers.

Méthode normale de préparation des chocolats. — Si, en principe, le chocolat est toujours fabriqué comme au temps où les Aztèques apprirent aux Espagnols le secret du grillage des cacaos et du mélange au sucre, les détails diffèrent. Ils diffèrent même assez notablement de la méthode industrielle imaginée dès que le produit fut consommé en grandes quantités. La caractéristique des procédés modernes est l'extrême division du travail. Au lieu de subir un seul broyage avant moulage, le chocolat est fait de sucre pulvérisé préalablement, de cacao déjà mis en pâte, et il subit ensuite plusieurs broyages effectués chacun dans des circonstances particulières.

Broyage des pâtes de cacao. — Autrefois, les cacaos étaient réduits en pâte dans les broyeurs où on ajoutait ensuite le sucre. Actuellement on préfère généralement, au moins dans les usines modernes bien installées, employer des appareils spéciaux absolument analogues aux meules des minoteries. La pâte grossière sortant à la périphérie, d'entre meule gisante et meule dormante, passe souvent dans une seconde paire de meules, disposées un peu au-dessous de la première : parfois même, on dispose ainsi trois paires de meules en escalier, ceci permettant d'obtenir des pâtes parfaitement désagrégées, indispensables à la préparation des chocolats fins et en particulier des produits dits « fondants ».

Les pâtes de cacao sont prêtes pour le mélange au sucre. C'est alors qu'on les mélange en quantités convenant pour l'obtention d'un produit à arôme normal : il est en effet indispensable, pour neutraliser certaines propriétés désagréables de cacaos divers, de faire entrer dans la composition des chocolats des fèves de plusieurs origines. Chaque fabricant emploie pour régler cela des formules souvent plus ou moins secrètes lui permettant d'avoir des produits particulièrement bon marché, ou à arôme spécial.

Avant emploi, les pâtes doivent être réchauffées au bain-marie jusqu'à fusion du beurre, ce pour leur donner la fluidité facilitant le malaxage : parfois, on les additionne de sucre dans des appareils spéciaux à bras agitateurs mus mécaniquement. Mais, le plus souvent, l'addition se fait directement dans les machines à table tournante.

Broyage du chocolat. — Les pâtes de cacao sont amenées à la surface de tables rondes en granit tournant lentement autour de leur axe vertical, et au-dessus desquelles roulent deux lourds galets de granit, montés fous de manière à peser de tout leur poids sur la table. On conçoit que, la rotation de la table, commandée par transmission inférieure, provoque celle des galets. La machine étant en mouvement, on ajoute en plusieurs fois le sucre à incorporer à la pâte, en broyant entre chaque addition. L'opération dure au total de une demi-heure à une heure selon dureté des matières premières et perfection du travail à produire : on s'arrête à l'obtention des pâtes bien homogènes et parfaitement plastiques.

Le raffinage des pâtes ou broyage spécial complémentaire, vient au reste compléter l'action du broyage précédent. Il est effectué entre des cylindres horizontaux (*fig. 68*) en roches grani-toïdes très dures comme la diorite, à surface parfaitement polie.

Le bâti d'une machine supporte un ou plusieurs éléments formés chacun de trois cylindres, tournant en sens inverse les uns des autres, et dont les axes parallèles peuvent être plus ou moins éloignés les uns des autres selon perfection du broyage à obtenir. La pâte, chargée par une trémie, se colle au cylindre central, subit l'action du troisième cylindre, puis est détachée par une râcle et retombe alors vers un nouvel élément broyeur, ou vers un récipient quelconque. Finale-

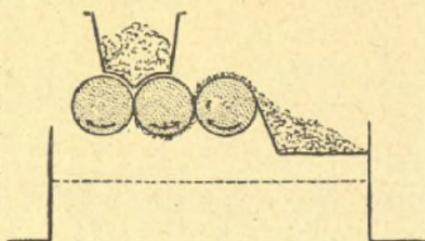


FIG. 68. — Schéma d'un broyeur à chocolat.

ment, on la chauffe vers 50° C., puis on la malaxe un peu, ce pour lui rendre le liant perdu au cours des multiples broyages.

On obtient de la sorte un mélange absolument homogène, à particules parfaitement désagrégées, capable de donner avec l'eau ou le lait des émulsions très stables, de produire dans la bouche une agréable sensation de fondant. Le public gâté par quelques fabricants renommés, est d'ailleurs devenu difficile, et c'est pourquoi tous les fabricants durent ainsi perfectionner méthodes et appareillage de broyage.

Moulage. — Les pâtes raffinées, conservées dans des armoires chauffées à la vapeur, sont soumises au boudinage, pour les amener sous forme régulière facilitant le passage, et les purger des bulles d'air qu'elles peuvent contenir. La boudineuse est formée d'une trémie surmontant un tronc de cône où tourne lentement une vis d'Archimède, l'ensemble rappelant beaucoup les petits hache-viandes ménagers. La trémie étant pleine de pâte et la vis en mouvement, il sort de l'extrémité de l'appareil un boudin de chocolat. Ce boudin est découpé par un couteau rotatif mû mécaniquement selon la vitesse de sortie, et réglable de manière à permettre l'obtention de petits pâtons de poids régulier (chacun pèse habituellement 250 grammes).

On procède alors au moulage : chaque fragment est placé dans un récipient creux en fer-blanc, de la forme des tablettes à obtenir. Ces moules sont placés par rangées de dix ou vingt sur des panneaux de bois, le tout étant chauffé à la même température que la pâte, ce qui est indispensable pour éviter la formation de marbrures (25 à 33°, selon forme des tablettes).

Le dressage des tablettes se fait sur les « tapoteuses », petites tables métalliques montées sur un pied relié inférieurement à une transmission qui provoque, à l'aide de dispositifs convenables, une succession de petites secousses très vives. La trépidation oblige la pâte à se répandre uniformément dans le moule dont elle épouse tous les détails.

Le démoulage ne peut être effectué qu'après refroidissement, qui donne au chocolat une consistance convenable.

Autrefois, on portait les moules dans une cave fraîche et sèche : mais on ne pouvait de la sorte obtenir, surtout en été, qu'un refroidissement fort peu rapide. Ceci produisait d'abord un grand encombrement et la nécessité d'avoir de coûteuses installations, ensuite des chocolats granuleux, par suite d'une sorte de cristallisation subie par le beurre de cacao. Aussi, toutes les usines modernes possèdent-elles des magasins de démoulage, refroidis artificiellement par une machine frigorifique quelconque.

Le moulage peut être fait aussi par estampage : on opère ainsi pour la confection des œufs de Pâques et autres fantaisies de même genre.

Chocolats divers de fantaisie. — Outre le chocolat du type normal dont nous venons d'exposer les procédés de fabrication, on fabrique en assez grande quantité divers autres produits à base de cacao. De tous, les plus importants sont les cacaos dits « solubles », désagrégés de façon à permettre leur facile émulsion dans les liquides. On les prépare en traitant les fèves, légèrement torrifiées, par 2 à 3 0/0 de carbonate de potasse, en solution dans une quantité suffisante d'eau pour bien imprégner la masse. Le cacao alcalinisé est broyé, puis débeurré sous l'action de puissantes presses hydrauliques. Les gâteaux obtenus, broyés et tamisés, constituent le cacao « soluble », surtout fabriqué dans les usines hollandaises.

Les chocolats « fondants », au contraire des cacaos désagrégés, sont additionnés de beurre de cacao ; de plus, on les triture longuement, après broyage et raffinage, dans des « conches », auges de granit sur le fond incurvé desquelles va et vient une roulette de granit. Ainsi réduits en particules extrêmement fines, ces chocolats donnent à la bouche la sensation de « fondant ».

Enfin on fabrique des chocolats contenant, outre le cacao, le sucre et les aromates divers, de notables quantités de constituants modifiant le goût : le chocolat au lait, préparé par malaxage de cacao, de sucre et de lait desséché ; le chocolat au miel, à base de cacao, sucre et miel ; les chocolats à la

noisette, à l'avoine, etc. Tous se préparent par des procédés différant peu des méthodes usuelles.

Confitures et Fruits confits

On désigne sous le nom de confitures, diverses conserves alimentaires; souvent à base de fruits, parfois contenant d'autres matières végétales associées à du sucre en quantité suffisante pour jouer un rôle antiseptique. On distingue des *confitures* proprement dites, dans lesquelles les fruits restent en conservant leur apparence; les *gelées*, où le sucre est simplement associé au jus limpide des fruits; les *marmelades*, où les matières conservées sont tout à fait désagrégées, et les *compotes*, ne contenant que peu de sucre, insuffisamment pour assurer une longue conservation.

Quant aux fruits confits, ils conservent leurs formes, leur suc naturel étant simplement remplacé par un sirop très concentré de sucre. En raison même de la viscosité d'un tel sirop, l'imprégnation est assez difficile; souvent, elle exige beaucoup de temps, et la successive mise en œuvre de sirops peu à peu de plus en plus concentrés.

Cuisson des sirops de sucre. — Pour la préparation des confitures, gelées, fruits confits, on a presque toujours à préparer des sirops sucrés d'une concentration donnée. Les professionnels savent très bien juger du degré de cuisson d'après la viscosité du liquide et possèdent un vocabulaire spécial pour désigner les différents états du sirop de plus en plus concentré. Dès qu'il s'attache à l'écumoire, on dit que le sirop *fail la nappe*; il est cuit au *pelil lissé* lorsqu'une goutte, déposée sur l'ongle, s'étale et reste plane et si on l'étire entre le pouce et l'index donne un filet qui se rompt immédiatement; le sirop est cuit au *grand lissé* si le filet ainsi formé ne se rompt pas de suite. Quant à l'ébullition, il se forme des bulles ressemblant à des perles: le sirop est dit *perlé*; il est *au soufflé* dès qu'il forme des bulles quand on souffle dans les trous de l'écumoire.

Pour reconnaître la cuisson au *pelil boulé*, on trempe l'écumoire dans le sirop, on la secoue, on souffle dans les trous ; les gouttelettes en sortant doivent pouvoir former de petites boules entre les doigts mouillés. Lorsqu'en prenant du sirop sur l'écumoire on peut former avec les doigts mouillés une boulette qui s'écrase sous la dent en y adhérant, le sucre est cuit au *pelil cassé* ; il est au *grand cassé* si la boulette se brise sans adhérer à la dent.

De tels essais demandent une assez grande habileté professionnelle. On peut les remplacer en plongeant un thermomètre dans le sirop bouillant. Rien n'est plus facile que d'obtenir ainsi très exactement la température d'ébullition, et celle-ci permet de trouver et la quantité de sucre contenu dans le liquide et l'état de la cuisson exprimé avec les termes consacrés des confiseurs.

Voici le rapport des points d'ébullition aux pourcentages de sucre et aux degrés pratiques de cuisson :

Température.	État des sirops.	Sucre 0/0.
109°	Filet.	85.
110°	Crochet léger.	87
112°	Crochet fort.	88
116°	Petit soufflé.	89
121°	Grand soufflé.	91
122°	Petit cassé.	92,65
128°,5	Grand cassé.	93,75

La cuisson des liquides sucrés est souvent accompagnée d'une interversion du saccharose : chaque fois qu'un acide est en présence (il en existe dans tous les sucs de fruits), il y a formation de plus ou moins grandes quantités de glucose et de lévulose, sucres incristallisables. Cette transformation est d'ailleurs bien souvent indispensable pour éviter la cristallisation du sucre dans les confitures et confiserie.

Pour résister à l'action des acides, on emploie presque exclusivement à la coction des sirops sucrés des bassines et des poêlons de cuivre rouge. Dans les ateliers importants, le tout est chauffé à la vapeur (*fig. 69*).

Préparation des gelées de fruits. — Sans entrer dans le détail des multiples recettes publiées pour la préparation des gelées, on peut distinguer trois modes de préparation des gelées sucrées de fruits : 1° on ajoute du sucre au jus préalablement extrait et clarifié, puis on cuit à concentration convenable le sirop ainsi obtenu ; 2° on fait un sirop de sucre très concentré (au perlé), on ajoute alors le suc de fruits, agité et retiré du feu ; 3° on fait cuire le mélange de sucre, d'eau et de fruits, puis on tamise pour avoir le liquide.

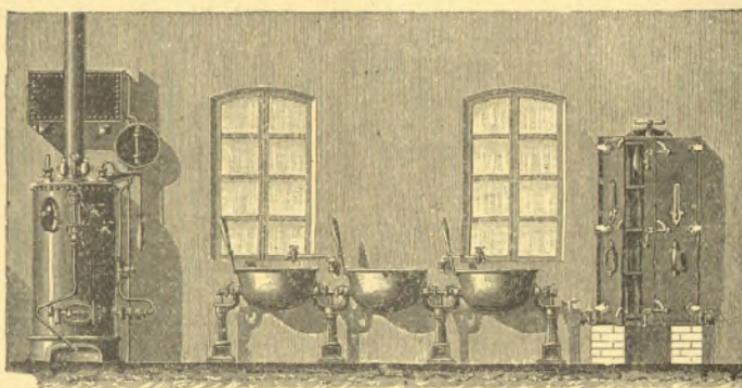


FIG. 69. — Atelier de confiturerie. A gauche, machine à vapeur ; au milieu, bassines ; à droite, armoire autoclave.

1° Dans la première méthode, on doit opérer sur un jus de fruits très limpide ; pour l'extraire on peut faire cuire les fruits puis tamiser, ou les presser à froid dans une petite presse à panier de tôle perforée. Dans un cas les albumines du jus coagulées par la chaleur l'ont clarifié, dans l'autre il est nécessaire soit de filtrer sur une chausse, soit de « coller » au blanc d'œuf ou à la caséine. On ajoute ensuite au jus son poids de sucre, et l'on fait cuire jusqu'à ce que le mélange se prenne en gelée par refroidissement. Les gelées de coings, de groseilles, de pommes, de mûres, de grenades se préparent souvent ainsi.

2° On emploie le second procédé pour les fruits dont l'arome

fugace risque d'être altéré au cours de la cuisson : les framboises par exemple. Le suc des fruits est extrait soit par pression, soit par tamisage après avoir fait « crever » dans un peu d'eau ; on l'ajoute au sirop préparé avec un poids égal de sucre cuit dans un peu d'eau et une cuillerée de vinaigre jusqu'à ce qu'il fasse nappe.

3^o La cuisson du mélange de sucre et de fruit est peut-être la méthode la plus simple et commode ; mais elle provoque la perte d'une certaine quantité de sucre restant dans les rafles. Aussi convient-il de l'appliquer plutôt aux gelées de pommes, de reines-Claude par exemple, en prenant soin d'éplucher les unes et de dénoyauter les autres ; la masse restant sur le tamis constitue alors une excellente compote qui, additionnée d'un peu de sucre, peut être consommée de suite, ou qui, séchée au four en couche mince, devient de conservation facile.

Confitures et marmelades. — On distingue deux méthodes principales de préparation des confitures. On peut blanchir les fruits dans un sirop perlé ; les pêcher avec l'écumoire et ne les remettre qu'après concentration. Le procédé est suivi exclusivement avec les fruits de consistance délicate qu'une trop longue cuisson désagrègerait (on aurait alors des marmelades et non des confitures). Avec les fruits à chair consistante, on opère toujours en mélangeant les fruits au sirop de sucre et cuisant jusqu'à concentration voulue. On peut rattacher à l'un ou à l'autre des procédés les variantes consistant à ajouter au sucre les fruits cuits auparavant dans l'eau, à mettre dans les pots les fruits « blanchis » et à y ajouter en dernier lieu le sirop convenablement réduit.

Normalement, on emploie des poids égaux de fruits et de sucre. Il est possible de remplacer les fruits par certains légumes tels que potiron, carotte, navets, en prolongeant la cuisson pour détruire le plus possible le goût originel, remplacé par celui de quelque aromate. Ce sont là moins des confitures que des marmelades, qui se distinguent par la complète désagrégation des fruits ou divers substituts. Les compotes sont faites de même façon, mais avec bien moins de sucre, aussi

ne peut-on les conserver, à moins toutefois qu'on ne les dessèche, le produit obtenu constituant alors la pâte de fruits.

Gelées et confitures diverses, quand on les prépare sans y laisser trop d'eau (la consistance étant alors donnée avec un peu de gélatine), se conservent fort bien. On les coule à chaud dans des vases de verre ou de fer étamé le plus souvent, simplement obturés par des rondelles de papier.

Fruits confits. — Les fruits confits sont naturellement imprégnés de sucre de façon à ce que tout leur jus naturel soit peu à peu éliminé et remplacé par du glucose, du saccharose ou du sucre interverti. Les fruits confits conservent leurs formes, leurs couleurs et leur goût qui ne doit être masqué que par la saveur fortement sucrée. Aussi les traitements de la confiserie sont-ils en général beaucoup plus longs et délicats que ceux usités en confiturerie.

Les fruits destinés à la confiserie doivent être en général *soufrés* dans un placard ou une pièce hermétiquement close, le soufroid. On les expose sur des claies ou tablettes, on place au milieu de la pièce, sur un fourneau *ad hoc* une quantité de soufre telle que l'on en retrouve finalement ; on allume et l'on ferme. La combustion se poursuit jusqu'à ce que tout l'oxygène de l'air soit transformé en gaz sulfureux qui agit sur les fruits. Maturation et fermentation sont arrêtées ; on sait en effet que ce sont là des actes vitaux et que l'anhydride sulfureux est un antiseptique puissant. En outre, il y a blanchiment des fruits. Après exposition au soufroid, pendant cinq à huit heures, les fruits sont complètement blancs ; on ouvre alors, puis on aère soigneusement la pièce. Les fruits soufrés sont mis en tonneaux, recouverts d'eau et conservés à l'obscurité. Ils peuvent ainsi séjourner huit à dix jours sans danger d'altération.

Au moment de l'emploi, on soumet les fruits aux diverses opérations de l'épluchage, de l'énoyautage, etc., par les procédés usités à l'office ou dans l'industrie.

La première façon subie par les fruits blanchis est la *mise au sucre*. Après égouttage, on les place dans des terrines conte-

nant environ 10 litres de liquide ; on verse dessus du sirop bouillant à 25° de façon à les baigner complètement ; on laisse reposer en cave ou cellier pendant six à dix-huit heures. Les fruits sont alors séparés du sirop qui les baigne, soit en renversant les terrines recouvertes d'une grille, soit par l'ouverture d'un trou inférieur de vidange. Le liquide ainsi obtenu n'a plus que 8 ou 10° au lieu de 25° ; pendant le contact, il y a en effet osmose à travers les parois des fruits et la concentration des solutions sucrées à l'intérieur et à l'extérieur de ceux-ci tend à s'égaliser ; l'eau ainsi extraite des fruits est évaporée en cuisant à nouveau le sirop, en y ajoutant du sucre pour le ramener à 25°, après quoi on le verse sur les fruits. Ces opérations sont renouvelées plusieurs fois, après quoi on emploie des sirops à 28, à 30, puis à 32°. Le traitement est alors terminé, et les tissus des fruits se sont peu à peu gorgés de sucre ; c'est au prix, d'ailleurs, d'un travail assez long. Dans la confiserie de luxe certains fruits, les cerises par exemple, sont ainsi soumis à huit ou neuf enrichissements successifs. En confiserie courante, on s'efforce à diminuer ce nombre en employant dès le début des sirops plus concentrés ; mais le sucre pénètre alors moins facilement dans la chair des fruits qui sont racornis et manquent de transparence. On emploie très fréquemment, en confiserie industrielle, au moins pour la fabrication des produits bon marché, des sirops de glucose, les résultats obtenus sont approximativement les mêmes qu'avec le sucre. Il est même recommandable d'en employer un peu pour la préparation des derniers sirops très concentrés : On doit également ajouter à ceux-ci un peu d'acide acétique pour provoquer l'inversion du sucre, il pourrait sans cela se produire à l'intérieur des fruits confits des cristallisations nuisibles à la qualité.

On peut cependant réduire à soixante heures environ la durée du traitement des fruits les plus difficiles à traiter, tels que les poires, cerises, par l'emploi d'un matériel spécial se composant d'un vaste bain-marie à vapeur portant des bassines émaillées à fond plat. Sirop de sucre et fruits sont constamment soumis à une température telle que l'eau émigrant du fruit dans le liquide le baignant soit évaporée ; la concen-

tration du sirop ne change que peu ou pas et la chaleur facilite l'imprégnation. Au fur et à mesure de l'opération, on ajoute du sirop de sucre pour remplacer l'eau évaporée ; finalement, le liquide où baignent les fruits est à 36° : l'opération est terminée.

Le *candisage* s'applique aux fruits déjà mis en sucre. Le contenu des terrines, après chauffage, puis égouttage, est versé dans un sirop à 15° préparé avec le liquide égoutté. On remue, puis retire les fruits et les place sur des tamis en toile ou des grilles spéciales, on porte le tout à l'étuve et on l'y laisse séjourner deux jours. On range alors à nouveau les fruits séchés dans des « candissoires », récipients métalliques spéciaux, on recouvre d'une grille, puis verse dessus le sucre candi froid, de façon à les submerger complètement. On laisse « candir » pendant huit heures environ, on égoutte doucement pendant une journée en basculant les candissoires de façon à ce que le candi sèche. Le sucre cristallise alors à l'intérieur des fruits qui croquent sous la dent de façon caractéristique.

Le *glacage* des fruits s'applique souvent aux pièces montées ou d'apparat qu'il faut recouvrir d'un vernis brillant de sucre. On ne doit glacer que peu de fruits à la fois, on risquerait sans cela de les abîmer et de faire prendre le sirop en masse. Les fruits à glacer sont placés dans la quantité nécessaire de sirop cuit au soufflé ; on les laisse « revenir », c'est-à-dire chauffer, sans qu'il y ait cuisson (une à deux minutes), après quoi on retire la bassine du feu. Les fruits sont alors retirés un à un et posés sur une grille recouvrant une terrine de façon à ce que le sucre se solidifie.

Le *caramélisage* des fruits est fait dans un sirop cuit et fort cassé ; on y trempe des brochettes de fruits posées sur une grille de façon à ne pas se toucher. Quand tout est trempé, on coupe les fils qui pendent après les fruits et l'on place les caramels sur un tamis. Quant à la préparation des fruits, elle varie selon les variétés : les raisins sont enfilés grain à grain dans des fils d'archal, les cerises à l'eau-de-vie sont réunies sur une branche de bois, les oranges aussi après épluchage et *séparation des quartiers*. On emploie aussi les marrons grillés,

la pâte de pistache. Les fruits au caramel ne sont d'ailleurs modifiés que superficiellement et doivent être consommés de suite après préparation.

On confit la plupart des fruits charnus comestibles, les écorces d'oranges et de citrons, les tiges de rhubarbe, enfin et surtout les marrons, qui, notamment en décembre et janvier, sont consommés en très grandes quantités. Nous décrirons, à titre d'exemple, les méthodes employées à la préparation des marrons « glacés ».

Les fruits sont entaillés de façon à n'atteindre que la première peau pour donner libre passage à l'air et à la vapeur. On les place ensuite dans un panier de fil de fer introduit lui-même dans une bassine, on ajoute de l'eau jusqu'à ce que le niveau dépasse de plusieurs centimètres la couche supérieure de marrons ; on recouvre, puis on chauffe doucement jusqu'à presque ébullition. Le liquide doit être maintenu à cette température pendant une douzaine d'heures, on remplace l'eau souillée par de l'eau propre et chaude en évitant de laisser refroidir les marrons.

Les fruits ainsi blanchis et cuits sont alors soigneusement épluchés, puis, au fur et à mesure de l'épluchage et avant qu'ils ne soient refroidis, plongés dans un sirop de sucre bouillant, refroidis, puis plongés à nouveau dans un sirop de sucre vanillé bouillant à 25 0/0. Ce sirop est contenu dans une bassine à double enveloppe ; on y laisse séjourner les marrons pendant trente-six heures environ en ajoutant du sirop au même degré pour compenser la perte d'eau évaporée ; on arrive ainsi à obtenir un sirop à 36°, les marrons sont glacés. On ne doit pas remuer les fruits au cours des opérations ni les prendre avant refroidissement pour éviter de les briser. Il est à recommander, pour éviter les cristallisations, soit d'ajouter au sucre un tiers au moins de glucose, soit d'aciduler légèrement le premier sirop.

Les Bonbons

Les bonbons sont composés de sucre auquel on associe diverses substances modifiant la saveur : gommés, amandes broyées ou concassées, beurres, essences de fruits, etc. Les modes de préparation varient à l'infini, mais ils se rattachent à quelques méthodes types.

Les bonbons « mi-ouvrés » du genre pastilles de menthe sont obtenues par mélange de sucre en poudre et d'une petite quantité d'eau, de telle sorte qu'une partie seulement se dissout. On brasse en chauffant un peu, on parfume et on colore convenablement, puis on coule goutte à goutte sur une surface froide huilée légèrement, où la goutte s'étale en se solidifiant immédiatement. Des pastilleuses spéciales permettent de couler à la fois un grand nombre de pastilles tombant sur une sole sans fin. Il existe aussi des pastilleuses par compression, dans lesquelles des « flans » découpés à l'emporte-pièce dans une feuille de pâte sucrée laminée sont comprimés par des matrices portant des gravures en creux. On porte finalement au séchoir pour amener les pastilles à consistance convenable. Les bonbons médicinaux, à masse additionnée de purgatifs ou autres ingrédients, sont en général ainsi estompés.

Les fondants sont préparés avec des sirops de sucre cuits « au boulé », parfumés, puis coulés immédiatement et malaxés pendant le refroidissement. On obtient de la sorte une masse pâteuse de cristaux extrêmement fins qui « fondent » dans la bouche. La pâte refroidie est finalement moulée.

Les bonbons « durs » sont faits avec des sirops cuits au maximum de concentration, qu'on additionne souvent de glucose ou d'une petite quantité d'acide organique (citrique, tartrique) qui produit une interversion partielle de saccharose. On évite ainsi qu'à la longue, les bonbons ne cristallisent en perdant leur transparence.

Après addition de colorants, de parfums, on coule sur une table et on découpe à l'emporte-pièce dès que la couche commence à se solidifier. On peut aussi, avant coulée, malaxer

de façon à obtenir une masse non transparente ; et remplacer le découpage à l'emporte-pièce par un laminage entre cylindres gravés de concavités : cela permet d'obtenir des « berlingots » de toutes formes.

Les nougats sont préparés par malaxage, dans un sirop de sucre d'amandes mondées, entières ou découpées en menus morceaux.

Les bonbons « cristallisés » sont obtenus par coulée d'un sirop dans un moule de manière à ce que, pendant un lent refroidissement, le sucre puisse cristalliser : c'est ainsi qu'on prépare les œufs de Pâques.

On confectionne les pralines avec des amandes grillées légèrement, après trempage dans un sirop de sucre ; on enrobe ensuite d'une couche irrégulière de sucre en agitant dans une bassine chaude arrosée de sirop. Quant aux dragées,

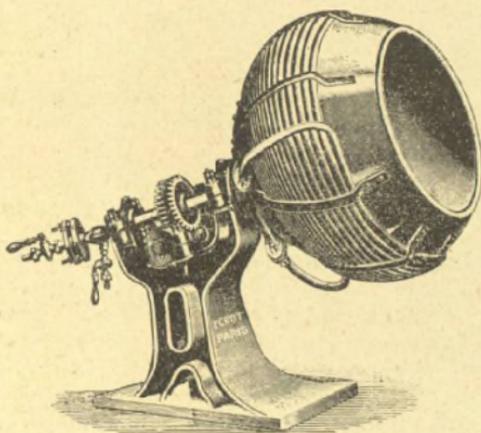


FIG. 70. — Turbine à dragées.

elles diffèrent en ce que la couche de sucre qui enveloppe l'amande — ou la noisette, le grain d'anis, le chocolat... — est lisse et régulière. On obtient ce résultat en effectuant le dépôt dans des bassines à mouvement continu.

Ces bassines, en cuivre rouge, chauffées par un brûleur à gaz ou par une circulation périphérique de vapeur, sont inclinées et mobiles sur leur axe (*fig. 70*). Un tube arrivant sur le devant permet de faire arriver à l'intérieur de l'air chaud ou de l'air froid. Les matières à enrober de sucre étant placées dans la bassine, on fait arriver une petite quantité de sirop de sucre : sous l'influence du chauffage, du courant d'air, le sirop se concentre et le sucre se dépose. En raison du roulement

in cessant, des dragées les unes sur les autres, la couche durcit et se polit : c'est le garnissage... Vient ensuite le « blanchissage » consistant à contenir le dépôt avec un sirop contenant de l'amidon en quantité d'autant plus forte que les dragées sont destinées à être vendues meilleur marché ; on ajoute parfois aussi un peu de gomme adragante pour rendre moins cassantes les couches de sucre. Le « finissage » terminal se fait presque à froid avec un sirop moins concentré que ceux employés précédemment.

BIBLIOGRAPHIE

Il existe sur la fabrication du sucre d'assez nombreux bons ouvrages : citons, en particulier, le *Traité de fabrication du sucre* de Horsin-Déon (2 in-8°, Paris, 1912) et les *Manuels de fabrication du sucre* par Teyssier (in-8°, Paris, 1902) et par Vranken-Aulard (in-8°, Bruxelles, 1910). On les pourra, au besoin, compléter par la lecture de l'excellent volume consacré à la *Betterave* par Geschwindt et Sellier (in-8°, Paris, 1901) et du petit traité de Ch. Toury consacré à la *Raffinerie* (in-8°, Paris, 1912).

Aucun récent ouvrage publié en français ne permet d'étudier à fond les procédés de raffinerie. Par contre, il existe plusieurs volumes consacrés à la chocolaterie : le meilleur est de Zipperer (*la Fabrication du chocolat*, in-8°, Liège, 1907). A noter aussi l'excellent petit volume sur les *Confitures* de J. Michel (in-12, Paris, 1910), utile aussi bien à la ménagère qu'à l'industriel. Enfin l'un de nous a publié sur les *Aliments sucrés industriels* une succincte description de l'état actuel des technologies du chocolat, du bonbon, de la confiserie et de la confiture (in-8° de l'Encyclopédie scientifique Léauté, Paris, 1912).



LIVRE III

L'ALCOOL ET LES BOISSONS FERMENTÉES

CHAPITRE IX

PRÉPARATION DES LIQUIDES ALCOOLIQUES

Matières premières. — Les nombreux produits qui peuvent servir à la préparation de l'alcool se divisent en deux classes :

1^o Les *matières sucrées*, fruits divers, betteraves, mélasse, miel, etc., qui, par fermentation directe par la levure, donnent facilement de l'alcool ;

2^o Les *matières amylacées*, comprenant les grains de céréales : maïs, seigle, orge, avoine, riz, et la pomme de terre. Ces substances, avant d'être attaquées par la levure, doivent subir un traitement spécial ou saccharification ayant pour but de transformer l'amidon qu'elles renferment en sucres fermentescibles.

Ces différentes matières sont plus ou moins employées suivant les cours de ces produits, toutefois la distillerie de grains tend, en France, à reculer de plus en plus devant la distillerie de betterave, qui produit l'alcool à meilleur compte, surtout depuis l'établissement des nouveaux droits sur les maïs importés.

En Allemagne, par contre, la plus grande partie de l'alcool est produite par la distillation de la pomme de terre, mais ceci n'est dû qu'à des dispositions législatives spéciales, qui favorisent la distillation de la pomme de terre.

La fabrication de l'alcool comprend trois phases principales :

- 1^o Préparation du moût ou liquide fermentescible ;
- 2^o Fermentation du moût, ou transformation en alcool ;
- 3^o Distillation et rectification, ou extraction de l'alcool formé et purification.

Préparation des moûts

Préparation des moûts de betteraves. — Les betteraves sont traitées absolument comme en sucrerie pour en extraire le jus, sauf cette différence qu'on acidule légèrement par l'acide sulfurique la cossette à son entrée dans le diffuseur. On empêche ainsi le développement des ferments étrangers, pour lesquels l'acide sulfurique est un antiseptique léger, et on transforme une partie du sucre de la betterave en glucose, sucre directement fermentescible par la levure et très facilement décomposé. Le jus obtenu est légèrement rosé s'il provient de betteraves roses, ou d'un blanc légèrement laiteux, ressemblant à de l'eau de savon, si l'on travaille des betteraves blanches ; il contraste singulièrement avec le jus noir et visqueux obtenu en sucrerie.

L'acide sulfurique est dilué d'au moins dix fois son volume d'eau et réparti sur la cossette aussi uniformément que possible ; généralement, on le laisse tomber d'un jaugeur goutte à goutte dans la trémie du coupe-racine, en même temps que tombe la cossette. La quantité d'acide sulfurique employée doit être telle que l'on obtienne dans les jus une acidité minérale de 1^{re},50 à 2^{es},50 par litre ; pour cela, il faut en ajouter un peu plus pour tenir compte de la quantité employée à neutraliser ou à décomposer certains sels organiques. Cet excédent est du reste variable suivant la composition de la betterave.

Il est recommandable de déterminer par quelques essais préliminaires l'acidité la plus favorable pour l'année, et de s'y maintenir aussi exactement que possible, le degré d'acidité ayant une influence prépondérante sur la marche de la fermentation.

L'extraction du jus par diffusion est le plus recommandable, cependant beaucoup d'usines possèdent encore leurs appa-

reils d'extraction par râpage et pressurage, et même on monte encore ce procédé dans les petites installations agricoles par suite de la simplicité avec laquelle se fait le travail, aussi nous allons examiner ces procédés.

Extraction par râpage et pression. — La râpe généralement employée est la râpe centrifuge, constituée par un tambour fixe, garni intérieurement de fines lames dentées, laissant entre elles un vide juste suffisant pour le passage de la pulpe. A l'intérieur du cylindre et calé sur un arbre tournant à la vitesse de 800 à 1.000 tours, se meut un système de palettes, qui entraîne les betteraves amenées à l'intérieur du cylindre par un entonnoir latéral et les projette contre les dentelures des lames où elles se réduisent en pulpe (*fig. 71*).

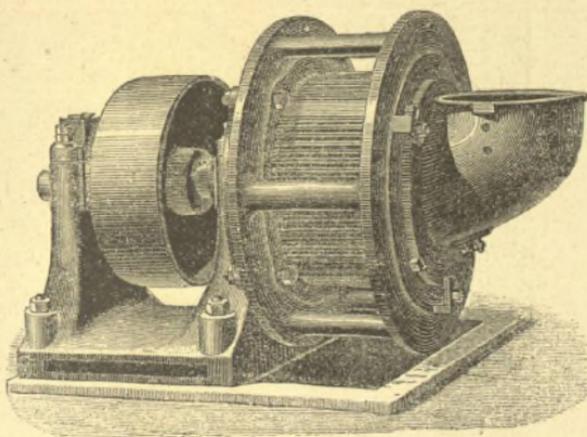


FIG. 71. — Râpe centrifuge.

La pulpe produite tombe dans le bac de la râpe, où on la malaxe avec des petits jus ou de l'eau légèrement acidulée. Les cellules ouvertes abandonnent facilement leur jus, celles intactes cèdent leur sucre par diffusion.

Le malaxage doit être long et énergique ; la pulpe bien délayée est aspirée par des pompes puissantes et envoyée aux presses continues où on en extrait la plus grande partie du

jus, tandis que la pulpe est renvoyée dans des malaxeurs avec des jus moins concentrés. On la soumet ainsi à deux ou trois malaxages successifs, suivis de pressions, jusqu'à ce qu'elles ne contiennent plus que des traces de sucre.

Les presses employées pour l'extraction des jus après ma-

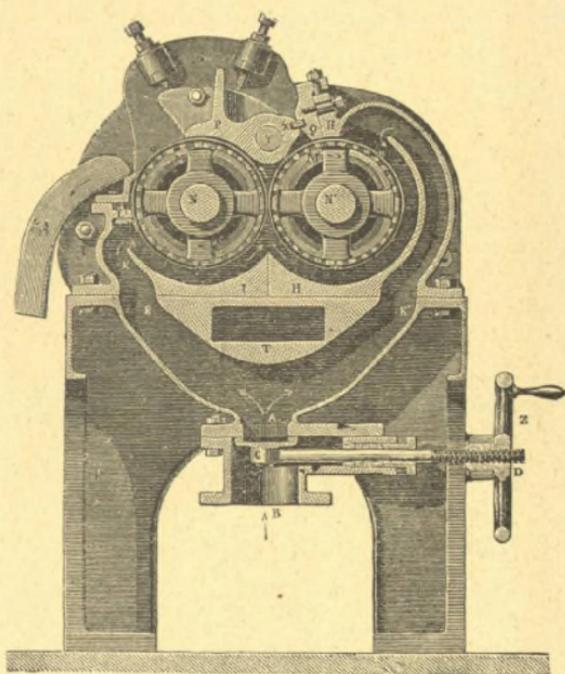


FIG. 72. — Coupe d'une presse continue.

laxage, sont ou se rapprochent du type de presses continues Dujardin. Elles se composent de deux rouleaux creux en bronze, à surface cannelée et recouverte d'une tôle perforée en cuivre, pour éviter l'attaque par l'eau acidulée. Ces cylindres compresseurs tournent en sens inverse et sont entourés d'un carter en fonte, disposé de façon à ce que la pulpe refoulée par la pompe arrive en A et soit obligée de passer entre les rouleaux en se comprimant ; le jus traverse la tôle perforée

et la pulpe comprimée par le volet B sort en C en une nappe de la largeur du cylindre (*fig. 72*).

L'épuisement obtenu dépend en grande partie de la perfection et de la régularité du râpage ; il faut éviter la production de morceaux non râpés ou semelles, et d'une râpüre trop fine se pressant mal et donnant de mauvais résultats.

On travaille par double ou triple pression. Dans le premier cas, la pulpe renferme encore 2 0/0 de sucre ; dans le deuxième, qui est le plus recommandable, on arrive à ne laisser que 0,80 à 1 0/0 de sucre dans la pulpe. Comme la quantité de pulpe produite est beaucoup moindre qu'en diffusion (30 à 33 0/0 du poids de la betterave au lieu de 150 0/0), l'épuisement est à peu près le même dans les deux cas, soit 0,25 0/0 du poids de la betterave.

Extraction par macération. — Ce procédé est très employé dans les petites installations agricoles par suite de sa simplicité ; il ressemble au procédé de diffusion, et n'en diffère guère que par l'épuisement se faisant dans des cuves en bois et à l'air libre. Le jus circule méthodiquement d'une cuve dans une autre moins épuisée jusqu'à la dernière cuve remplie de cossettes fraîchement découpées, d'où on le soutire.

L'installation est peu coûteuse et recommandable pour les petites usines traitant moins de 80.000 kilogrammes par vingt-quatre heures.

Diffusion continue de pulpes. — Le système Collette, nouvellement entré dans la pratique courante, paraît donner des résultats très satisfaisants.

Ses avantages résident dans la marche continue de l'appareil, sa conduite facile et pour ainsi dire automatique ; l'eau et la pulpe, entrant à chaque extrémité, cheminent en sens inverse, il y a dans ces conditions diffusion maximum, encore augmentée par l'égouttage entre chaque élément.

L'appareil est peu coûteux, sans beaucoup de pièces mécaniques, et la circulation est produite par la disposition très ingénieuse des tamis, bacs de retours et émulseurs, où le jus

est remonté par injection d'air comprimé, absolument comme dans l'appareil Beduwé, pour élever les betteraves (voir p. 66).

Chaque élément (*fig. 73*) se compose d'un bac diffuseur où la pulpe et l'eau ou les petits jus arrivent constamment et s'écoulent, par trop-plein, à l'autre extrémité pour descendre

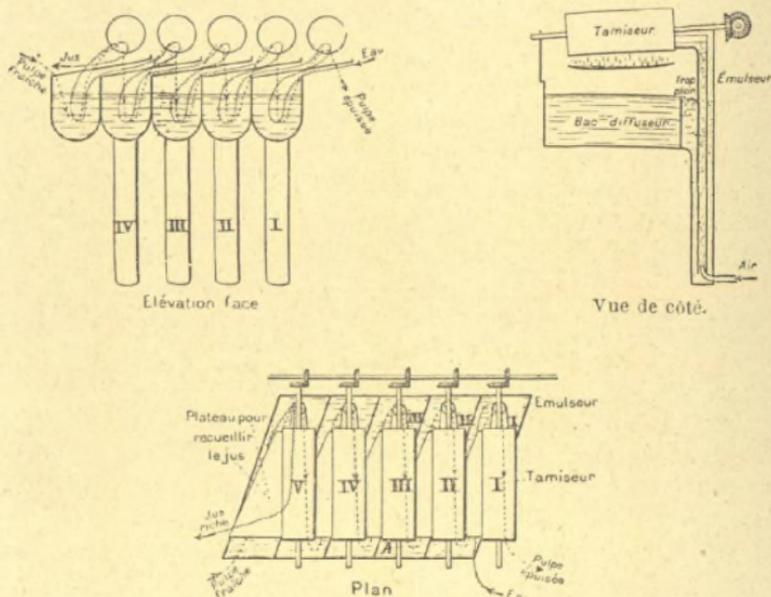


FIG. 73. — Schéma d'une diffusion Collette.

dans un émulseur qui les remonte dans un tamis où se fait l'égouttage.

Les tamis se présentent alors normalement, les bacs malaxeurs et les bacs recueillant le liquide des tamis sont disposés obliquement.

Si nous considérons par exemple le numéro 3, supposé en marche normale, nous voyons que la pulpe de ce diffuseur est remontée par l'émulseur dans le tamis situé au-dessus, et qu'elle s'en échappe en A, en tombant dans le diffuseur suivant vers la droite où elle rencontre de l'eau et un liquide

plus dilué. Au contraire, les eaux recueillies par le bac de retour du tamis n° III sont envoyées dans le diffuseur suivant à gauche, où elles rencontrent une pulpe plus riche. Elles l'épuisent en s'enrichissant et ainsi de suite, les jus et la pulpe cheminant en sens inverse, jusqu'à ce qu'ils arrivent aux derniers éléments où la pulpe presque épuisée rencontre de l'eau pure qui termine l'épuisement. Cette eau passe de diffuseur en diffuseur, et sort sous forme de jus concentré du dernier élément de gauche.

Il existe encore d'autres appareils plus ou moins simplifiés en usage surtout dans les petites usines. L'essentiel est de bien conduire les appareils généralement existants et d'en retirer tout le profit. Nombreuses sont encore dans les petites usines les installations où la conduite routinière des appareils ne donne que des extractions très incomplètes.

Pour obtenir des résultats certains, il est indispensable de contrôler les épuisements par de fréquentes analyses des cossettes épuisées. Par suite du tonnage considérable, une perte supplémentaire de 0,1 à 0,2 0/0 dans les cossettes se traduit pour une usine traitant annuellement 9 à 10 millions de kilogrammes de betteraves pour une perte de 90 à 100 hectolitres d'alcool.

Préparation des moûts de mélasse. — Cette préparation est très simple, elle consiste simplement à diluer la mélasse de façon à ramener sa teneur en sucre de 50 0/0 à 6 à 7 0/0, et à y ajouter la quantité d'acide nécessaire pour obtenir une acidité de 2 grammes par litre.

Préparation des moûts de matières amylacées. — Le principe actif pour la production de l'alcool avec ces matières est l'*amidon* et la préparation des moûts consiste à transformer cet amidon en sucres fermentescibles, *glucose* ou *mallose*, par *saccharification*.

La saccharification peut être effectuée soit par la diastase ou malt, soit par certains champignons ou mucédinées, soit enfin par l'action de l'acide.

Saccharification par les diastases. — Pendant la germination de l'orge, certaines cellules sécrètent une substance soluble se rapprochant par sa composition des matières albuminoïdes végétales et qui a la propriété de transformer l'amidon en maltose ou sucre d'orge. Ces principes actifs ou *diastases* ont une puissance de transformation remarquable, une petite quantité de diastase peut provoquer la transformation de masses considérables d'amidon.

Il suffit donc de produire une petite quantité de cette diastase mise au contact de l'amidon du grain, pour le transformer en sucres fermentescibles. Cette opération est réalisée journellement pour la préparation des mouts de distillerie, et elle est la base de l'industrie de la brasserie.

Comme nous étudierons en détail la production du malt dans le chapitre de la brasserie, nous nous contenterons de résumer brièvement l'opération du maltage, en distillerie, renvoyant pour plus de détail au chapitre *Brasserie*.

L'orge parfaitement nettoyée est mise à tremper deux à trois jours dans de l'eau froide, en aérant de temps en temps, puis étendue en couches minces sur la sole du germoir, vaste pièce demi-obscurie maintenue à la température de 12 à 13°. On retourne les couches de temps en temps de façon à les mélanger et à empêcher l'élévation de température. La germination ne tarde pas à se développer et, au bout de deux à trois jours apparaissent les radicelles, pendant que l'embryon croît à l'intérieur du grain et que les cellules avoisinantes sécrètent la diastase. Lorsque la plumule, ou embryon intérieur, est prête à sortir, on arrête l'opération, on a le malt vert qui peut être employé tel si on l'utilise immédiatement, ou que l'on dessèche à aussi basse température que possible (car la diastase est très sensible à l'action de la chaleur et est détruite à l'état d'humide vers 60°) de façon à, pouvoir le conserver.

Le malt vert ou sec est employé sous forme de *lait de malt*. On commence par l'écraser au moyen de cylindres ou de meules en une farine grossière. S'il s'agit de malt vert, on le fait passer dans un dépeleur centrifuge, de façon à le transformer en une bouillie claire et parfaitement homogène.

Ce dépeleur se compose de deux disques en fonte dure, pouvant être plus ou moins rapprochés à l'aide d'un volant de manœuvre. L'un est fixe et l'autre tourne à une grande vitesse ; on y ajoute généralement une turbine à palettes formant pompe, qui aspire le liquide d'une cuve préparatoire, le lance entre les disques et le refoule dans la cuve, d'où elle est reprise par le bas et recommence le même trajet (*fig. 74*). On obtient ainsi une division et un mélange très intime, c'est le *lait de mall*, contenant à l'état de dissolution la diastase,

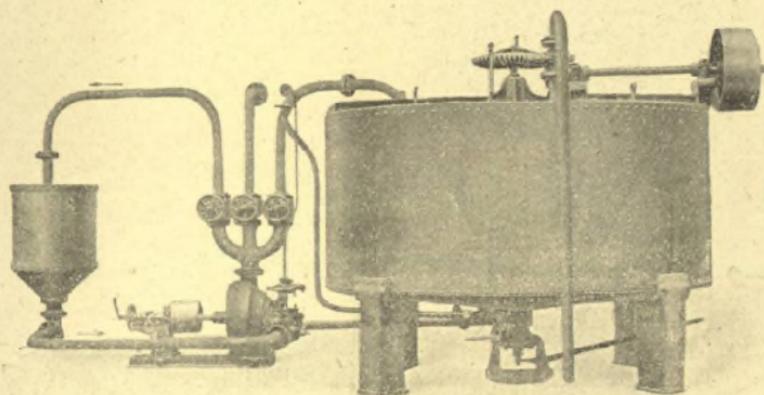


FIG. 74. — Cuve-matière de distillerie avec dépeleur centrifuge (à gauche).

produite pendant la germination. Le lait obtenu, la turbine du dépeleur permet de le refouler dans la cuve-matière, par une simple manœuvre de soupape.

L'amidon n'est attaqué que très lentement par la diastase ; aussi, pour activer cette attaque, opère-t-on industriellement sur de l'amidon cuit, ou *empois d'amidon*.

L'opération se pratique généralement en vases clos, dans des *cuisseurs*, grands récipients coniques ou cylindro-coniques (*fig. 75*) construits en tôle de fer, avec soupape de sûreté s'ouvrant à 3 kilogrammes. L'eau et la farine ou l'amidon sont introduits dans le cuiseur, un agitateur ou une disposition spé-

ciale des injecteurs de vapeur pour le chauffage, permettent de brasser énergiquement la masse. La cuisson terminée, l'appareil est vidé par un ajustage étroit, placé à la pointe du cône

et sous pression, de façon à diviser parfaitement la masse et à favoriser l'éclatement des cellules restantes, par changement brusque de pression.

Sous l'action de la chaleur et de l'eau, les grains d'amidon se gonflent, font éclater les cellules qui les renferment ; et ainsi mis à nu, ils entreront beaucoup plus facilement en contact avec la diastase.

La transformation en empois peut facilement se faire sous pression, à l'air libre, mais on obtient une gelée tellement épaisse et difficile à manipuler que pratique-

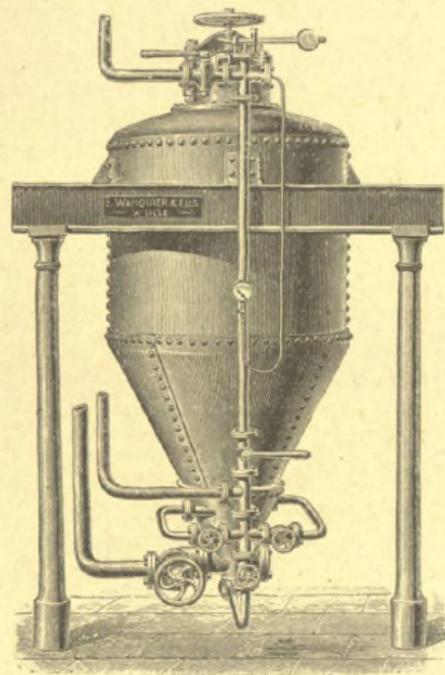


FIG. 75. — Cuisneur de grains.

ment on préfère presque toujours opérer en autoclaves.

La préparation du grain cuit et du lait de malt terminée, il n'y a qu'à les mélanger pour obtenir la saccharification en veillant à ce que la température ne dépasse pas 60°, température où la diastase commence à être détruite. L'opération se fait soit dans des cuves-matières, analogues à celles employées en brasserie, soit dans des macérateurs spéciaux ; ces appareils se composent essentiellement d'une cuve généralement en tôle, munie d'un agitateur très énergique et d'un réfrigérant puissant. On y coule le lait de malt et on y fait arriver sous pression le jet d'empois sortant du cuisneur, les appareils

de réfrigération et d'agitation étant en pleine marche, de façon à combattre l'élévation de température. Une tuyauterie spéciale fait souvent communiquer le macérateur ou la cuve-matière avec le dépeleur précédemment décrit, pour assurer broyage et parfait mélange du tout.

Dans certains appareils, la vidange du cuiseur se fait dans un exhausteur, sorte de cheminée dans laquelle le jet d'empois arrive par le haut et se pulvérise sur une tôle. Un violent courant d'air aspiré par un injecteur à vapeur arrive par le bas et refroidit énergiquement le lait de malt.

En somme, l'appareil est d'autant plus parfait qu'il produit un mélange plus intime et produit instantanément l'égalité de température entre le lait de malt et l'empois arrivant du cuiseur.

On s'efforce de maintenir la température à 50-55° à laquelle la diastase est la plus active et son travail plus satisfaisant ; la diastase peut transformer l'amidon en maltose ou en dextrine et la production de cette dernière matière devient considérable quand la température dépasse 60°.

On peut utiliser n'importe quel grain : maïs, orge, avoine, etc. ; mais, en raison des hauts prix de ces produits, on n'utilise guère pratiquement que les maïs exotiques.

La conduite de l'opération varie suivant le grain employé et suivant son état de concassage : grain entier, concassé, ou en farine. On tend de plus en plus à employer le grain concassé, la cuisson est beaucoup plus facile qu'avec le grain entier ou la farine, et le rendement meilleur ; nous allons donner à titre d'indication la description d'une opération :

Le grain est concassé au moyen de meules, on introduit dans le cuiseur 200 litres d'eau par 100 kilogrammes de maïs, on chauffe à 60°, on met l'agitateur en mouvement et on fait arriver le maïs grossièrement moulu. On porte à ébullition, on ferme le cuiseur et on chauffe doucement, de façon à arriver à la pression de 3 kilogrammes en deux heures ; cette pression est maintenue pendant un quart d'heure à une demi-heure, suivant le degré de concassage du maïs, après quoi on vide l'appareil dans la cuve-matière contenant le lait de malt et les agita-

teurs en fonction. On règle le réfrigérant de façon à avoir une température de 55° à la fin de la vidange.

Le maïs contient des proportions assez notables d'huile qui reste dans la pulpe ou drêche, on l'extrait soigneusement dans les grandes exploitations en passant la pulpe au filtre-pressé, séchant le tourteau et l'épuisant à l'aide d'un dissolvant approprié : éther de pétrole, benzine ou sulfure de carbone.

Saccharification par les mucédinées. — Ce nouveau procédé, destiné vraisemblablement à un grand avenir, est dû au savant français Calmette, qui, surpris de voir les Chinois fabriquer de l'alcool avec du riz sans le saccharifier auparavant, étudia leur levure et on y découvrit une moisissure particulière, de la famille des mucédinées, à laquelle il donna le nom d'*Amylomyces Rouxii*. Cette levure, vivant dans un milieu d'air raréfié, a la propriété de transformer l'amidon en maltose. Sa culture sélectionnée méthodiquement a conduit au *Mucor Delebart*, beaucoup plus actif. La mise au point de ce procédé industriel, faite chez MM. Collette et Boidin, à Seclin, a donné naissance à un très élégant procédé de fabrication connu sous le nom de procédé *amylo*.

Ce procédé comporte deux opérations : 1° cuisson du grain ; 2° saccharification et fermentation simultanées. Le grain concassé est cuit sous pression dans un cuiseur pendant une heure avec une trace d'acide, la masse liquéfiée est envoyée dans un bac fermé où elle se détend, la vapeur qui se dégage est utilisée pour amener à l'ébullition l'eau servant à la dilution. La masse passe du bac d'attente dans la cuve de fermentation où elle est diluée avec de l'eau stérilisée par ébullition. Cette cuve est fermée par un couvercle muni de plusieurs ajutages et est munie d'un agitateur puissant. On injecte de la vapeur pour faire bouillir le tout et assurer la stérilisation complète, puis on refroidit à 40° par une injection d'air stérilisé par passage sur un filtre à coton.

On ensemence alors la cuve en observant les prescriptions données plus loin (voir p. 142) ; le mucor se développe rapi-

dement et sécrète la diastase qui produit la saccharification. Il ne reste plus qu'à ensemercer la cuve avec une faible quantité de levure pure pour provoquer la fermentation de toute la masse.

Ce procédé absolument scientifique permet d'opérer, lorsqu'il est bien conduit, à l'abri de tout ennui ; il donne des rendements très satisfaisants, notablement supérieurs à tous les autres modes de travail. Il supprime le travail de malterie toujours ennuyeux et évite le traitement par les acides qui attaquent les appareils et donnent une pulpe ou drêche de peu de valeur par suite de son acidité.

Saccharification par les acides. — Les acides étendus à l'ébullition transforment facilement l'amidon en glucose ; l'opération peut se faire soit à l'air libre, dans des cuves en bois, soit sous pression à 3 kilogrammes dans des autoclaves en cuivre.

A l'air libre la dose d'acide employée est 5 d'acide sulfurique ou 10 d'acide chlorhydrique pour 100 de grain, et de 4 à 5 kilogrammes d'acide chlorhydrique lorsqu'on opère sous pression, ce qui est le cas général. On introduit l'eau acidulée dans le cuiseur porté à l'ébullition, on introduit le maïs concassé, sans interrompre l'ébullition, on ferme le couvercle de l'autoclave et on laisse la pression monter à 2 ou 3 kilogrammes. On la maintient une ou deux heures, et on vide l'autoclave. On neutralise ensuite partiellement au moyen de chaux, en laissant une acidité de 1 à 2 grammes par litre, dans le but de favoriser la fermentation.

Travail de la pomme de terre. — La pomme de terre renferme en grande quantité de la fécule, matière en tous points semblable à l'amidon au point de vue chimique ; aussi, par une saccharification identique, on transforme la fécule en glucose et on obtient un moût fermentescible.

La production de l'alcool avec la pomme de terre est peu répandue en France, où le cultivateur produit difficilement la pomme de terre. Elle est au contraire très courante et prospère

en Allemagne, où la législation favorise la production de l'alcool par la pomme de terre.

La pomme de terre est parfaitement nettoyée à l'aide d'un matériel se rapprochant de celui employé en féculerie. Les tubercules sont cuits sous pression, la pomme de terre est introduite dans le cuiseur sans eau, chauffé graduellement en observant les mêmes précautions que pour les grains. On maintient la pression pendant un quart d'heure à 2^{ks},500 à 3 kilogrammes. On vide en pression, brusquement, pour diviser parfaitement la masse. Celle-ci arrive dans la cuve-matière contenant le lait de malt, les agitateurs et réfrigérants étant en marche. Le mélange se produit instantanément et la saccharification très rapidement.

La quantité de malt à employer est de 3 à 5 kilogrammes de malt vert par 100 kilogrammes de pommes de terre.

Fermentation

Principes de la fermentation. — La fermentation alcoolique a pour objet le dédoublement des sucres fermentescibles en alcool et acide carbonique ; elle est produite par les *cellules de levure*, végétaux inférieurs se rapprochant des moisissures (*fig. 76*). Examinées au microscope, les levures apparaissent comme formées de simples cellules isolées, ou réunies par deux ou trois. Elles se reproduisent normalement par bourgeonnement et cette reproduction est excessivement rapide, c'est ce qui explique leur puissance d'action.

En même temps que les cellules de levure, il se développe facilement dans les moûts en fermentation de nombreuses espèces d'organismes ayant une action nuisible. L'étude de ces variétés ayant une grande importance pratique, nous allons examiner celles que l'on rencontre le plus souvent. On distingue ainsi :

Les *bactéries* (*fig. 76*), constituées par des cellules allongées ou *bâtonnets*, se reproduisant par cloisonnements transversaux et séparation de la nouvelle cellule. Il en existe de nombreuses

espèces, se rencontrant principalement dans les fermentations putrides et les mauvaises fermentations : les bactéries lactique, acétique et butyrique viennent quelquefois troubler les fermentations alcooliques et transformer une partie du sucre en acide lactique, acétique, butyrique, au grand détriment du rendement alcool. Dans d'autres circonstances, ces bactéries peuvent avoir une action heureuse ; c'est ainsi que le ferment lactique est très utile en laiterie, pour la maturation de la crème et des fromages. De même le ferment acétique est l'agent actif qui transforme le vin en vinaigre, transformation heureuse lorsqu'on se propose la fabrication de ce dernier, mais désastreuse lorsqu'elle s'opère spontanément par ensemencement par l'air, sur du vin que l'on veut conserver.

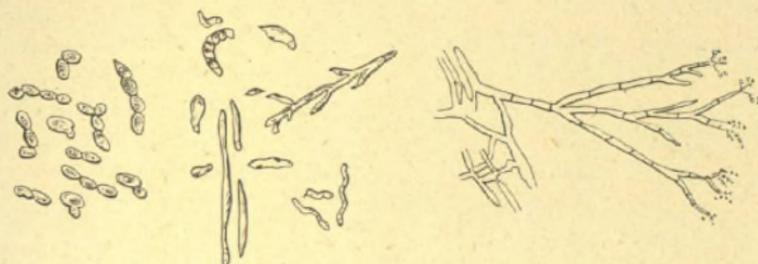


FIG. 76. — Aspect microscopique de micro-organismes de la fermentation.
A gauche : cellules de levures alcooliques. Au milieu : bactéries diverses.
A droite : moisissure.

Les *mucédinées* constituent la famille importante des moisissures. Ce sont de longs filaments plus ou moins ramifiés, ils se reproduisent par *spores*, petites boules qui se forment à l'extrémité des rameaux et se détachent. Lorsque les conditions sont favorables, elles donnent naissance à un nouveau végétal.

Les *gymnoascées*, auxquelles appartiennent les levures, se présentent sous forme de cellules ovales, isolées ou réunies par deux ou trois. Elles se multiplient par bourgeonnement : d'un point de la cellule part un mamelon, qui grossit de plus en plus et finalement (au bout d'une heure environ) se détache

et constitue une nouvelle cellule, capable à son tour d'en engendrer de nouvelles.

Les cellules de levure peuvent, de plus, se reproduire par spores, ce qui se produit surtout lorsqu'elles sont soumises à une cause déprimante, par exemple manque de nourriture. Les spores produites peuvent se conserver très longtemps et ne germer que lorsque les conditions sont favorables. Elles sont beaucoup plus résistantes que les cellules aux actions destructives : chaleur, dessiccation, etc.

Tous ces organismes sont extrêmement répandus dans la nature, et existent à peu près partout, sur les végétaux, dans l'air, les poussières, etc. Aussi, lorsque l'on veut sélectionner et cultiver une espèce particulière, il faut se mettre à l'abri de toutes ces causes d'encensements.

Pour cela, on commence par détruire tous les germes existant dans le liquide, en le *stérilisant*, c'est-à-dire le portant pendant dix minutes à une température de 120° en vase clos. A cette température, tous les micro-organismes et leurs spores sont détruits.

On laisse refroidir et on ensemence le liquide, en observant les précautions d'usage, avec une trace de la levure à étudier, puis on ferme l'ouverture par un tampon de ouate, qui filtre l'air rentrant et arrête tous les germes y existant. On porte le ballon à l'étuve, à la température reconnue la plus favorable. Dans ces conditions, la multiplication des ferments est très rapide et, au bout de cinq à six heures, les quelques cellules introduites dans le ballon se sont multipliées par millions et peuvent servir à produire une fermentation pure dans une quantité de liquide beaucoup plus grande. C'est le principe des appareils à levain de levures pures, dont nous reparlerons plus loin.

Les liquides dans lesquels se font les cultures doivent avoir une composition convenable, pour permettre la nourriture des cellules ; on se sert de bouillons artificiels, de bouillon de viande, de lait ou de moûts sucrés.

Dans un liquide ensemencé par plusieurs espèces de micro-organismes, celle pour laquelle la température et les autres

facteurs : acidité, alimentation, etc., sont les plus favorables, se multipliera le plus rapidement et empêchera les autres de se développer ; c'est ce que l'on essaye de réaliser le mieux possible dans l'industrie, où souvent on ne stérilise pas le moût.

Les micro-organismes sont particulièrement sensibles à l'action de certaines substances dites *antiseptiques*, et une trace de ces corps suffit pour arrêter leur développement ; c'est ce que l'on peut réaliser avec le formol, l'acide phénique, le bichlorure de mercure, etc. Cependant, par de nombreuses cultures, on arrive à acclimater certaines espèces à des doses croissantes d'antiseptique. Ce principe est la base du *procédé Efferont*, dans lequel la levure acclimatée à l'acide fluorhydrique se développe normalement dans un moût en contenant quelque peu, alors que les autres espèces de micro-organismes non acclimatées ne peuvent s'y développer.

Les levures agissent par les *diastases* qu'elles sécrètent. On nomme diastases des principes solubles sécrétés par des cellules vivantes, qui ont la propriété de transformer certaines substances en d'autres principes facilement attaqués. Ainsi par exemple, la diastase sécrétée par les cellules du grain d'orge en germination transforme l'amidon inattaquable par les levures en maltose, sucre que les levures assimilent facilement et transforment en alcool.

Les conditions de vie et d'activité des levures sont assez étroites, il faut s'y conformer exactement si l'on veut obtenir de bons résultats. La température et l'acidité, notamment, ont une grande importance ; et il faut se tenir dans les limites fixées comme les plus favorables, pour l'espèceensemencée. De cette façon, elle conserve une grande activité, et son développement vigoureux s'oppose à l'envahissement par les ferments étrangers, moins favorisés par les conditions physiques. On arrive ainsi à avoir des fermentations très pures, même sans stériliser le moût fermentescible, opération qui, quoique recommandable, est trop coûteuse dans beaucoup de cas.

Dans la fermentation, le dédoublement du sucre en alcool et acide carbonique est toujours accompagné de la fermenta-

tion de produits secondaires, en quantité plus ou moins grande. D'après les expériences de Pasteur, 100 grammes de sucre donnent 105 grammes de sucre interverti, se transformant par fermentation en :

Alcool.....	51 ^{gr} ou 0 ^{lit} ,64
Acide carbonique.....	49 ^{gr} ,0
Glycérine.....	3 4
Acide succinique.....	0 6
Levure produite.....	1 3

Dans les fermentations industrielles il y a, en outre, toujours formation d'alcools supérieurs, d'aldéhydes, etc., et le rendement ci-dessus de 64 litres d'alcool par 100 kilogrammes de sucre, n'est jamais atteint. Pratiquement, on peut considérer le chiffre de 61 litres d'alcool par 100 kilogrammes de sucre, comme maximum très rarement atteint.

Pratique de la fermentation. — Le moût refroidi à 25° par passage dans un réfrigérant, arrive dans de grandes cuves, en bois ou en fer, de 300 à 500 hectolitres et souvent plus.

C'est dans ces cuves que s'opère la fermentation ; nous supposons qu'il s'agit de moût de betteraves. La concentration du moût est réglée à 3°₅ de densité et la température à 25°. L'acide sulfurique a été ajouté dans les diffuseurs, de façon à produire une acidité finale de 1^{gr},50 à 2 grammes par litre.

On commence par faire un *ped de cuve* ; pour cela, on remplit la première cuve au dixième de son volume, avec le jus arrivant à la densité et la température citées ci-dessus.

On délaye la levure pressée devant servir à l'ensemencement dans un baquet parfaitement propre, avec du jus à 28°, on laisse en contact une demi-heure et on culbute le contenu du baquet dans la cuve. On note la densité, la température et l'heure, puis on attend deux ou trois heures : la levure se développe et le sucre se transforme en alcool, ce que l'on constate en prenant la densité du jus, qui diminue à mesure que la transformation se produit. Quand la densité est tombée à 1° à 1°₅, la cuve est en pleine fermentation et on peut commencer

à l'alimenter en coulant doucement du moût sur la masse en fermentation. On prend de fréquents échantillons pour observer la densité qui doit demeurer dans les environs de 1° (1,010). Il faut avoir bien soin de ne pas *noyer la cuve*, c'est-à-dire couler trop vite et laisser la densité monter, car alors le nombre de cellules par litre devient trop faible, la fermentation se ralentit, et les ferments étrangers se développent et peuvent prendre le dessus et arrêter la fermentation. La densité doit rester fixe, le sucre arrivant par le moût compensant le sucre disparu par suite de la transformation en alcool.

La première cuve pleine, on la coupe avec une cuve vide, c'est-à-dire qu'on les fait communiquer, pour les mettre à niveau, et l'on coule doucement sur les deux cuves en s'arrangeant pour que la densité reste toujours un peu au-dessous de 1, et la température au degré choisi 28 à 30°. De même, on doit s'assurer que l'acidité est toujours la même. Les deux cuves remplies, on les met en communication avec une troisième, puis avec une quatrième. Lorsque la quatrième est remplie, on peut soit les couper avec une cinquième, si l'on a beaucoup de moût à sa disposition, soit séparer la première remplie et couper les trois autres avec une quatrième vide. La première cuve est abandonnée à elle-même, la fermentation s'achève et tombe lorsqu'il n'y a plus de sucres fermentescibles. Il suffit d'envoyer alors le contenu de la cuve à la distillation.

La rapidité de fermentation dépend, toutes autres conditions normales, du nombre des cuves en fermentation ; il est évident que si l'on coule constamment sur quatre cuves au lieu de trois, on a à sa disposition un quart en plus de micro-organismes, et l'on pourra couler plus vite. C'est au chef de cuverie de régler sa marche pour ne pas faire attendre la diffusion, sans toutefois laisser tomber la densité complètement et laisser la cuve mourir faute d'aliments ; ce qui obligerait à refaire un pied de cuve, opération toujours longue et délicate.

Les cuves doivent être soigneusement lavées après chaque vidange, de même les bacs et nochères de coulage, à chaque arrêt. En un mot, la plus grande propreté doit présider à toutes les opérations.

Fermentation par levains de levure pure. — Les levures pures d'espèces déterminées sont fournies par des laboratoires industriels, sous forme de petites doses, souvent gélatinisées. On les introduit dans des appareils spéciaux, dits à production de levains purs, avec des moûts stérilisés et refroidis. Ces appareils se composent, en principe, d'un récipient en cuivre fermé par un trou d'homme permettant les nettoyages.

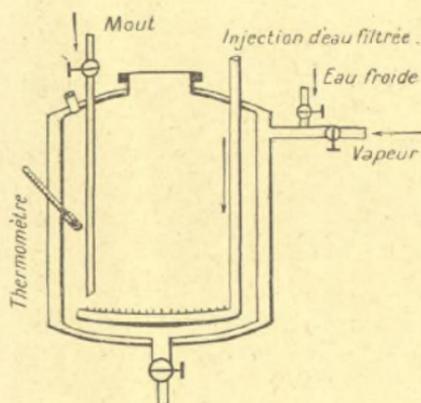


FIG. 77. — Coupe schématique d'un appareil à production de levain.

L'appareil est à double paroi, dans laquelle on peut faire circuler soit de la vapeur, soit de l'eau froide, pour produire l'échauffement ou le refroidissement (fig. 77).

On commence par stériliser l'appareil par chauffage à 120° par la vapeur, on y introduit le moût, on porte à l'ébullition pour le stériliser, puis on refroidit en faisant circuler de l'eau dans la double

enveloppe ; lorsque le thermomètre indique 30° , on enseme, en introduisant quelques grammes de levure par la tubulure, en retirant et remettant aussitôt le tampon de ouate qui l'obstrue et forme filtre à air.

On fait ensuite arriver par le barboteur à air un léger courant d'air stérilisé par filtration, pour favoriser le développement de la levure. On maintient la température à 28° en faisant circuler l'eau ou la vapeur dans la double enveloppe. Au bout de douze heures, le liquide est complètement enseme par une levure pure, jeune et active. Il n'y a plus qu'à soutirer ces levains, et à s'en servir pour enseme une cuve.

Fermentation par le procédé Effront. — On est arrivé par des cultures successives en présence de quantités croissantes

d'acide fluorhydrique, à acclimater des levures à de fortes doses de ce puissant antiseptique. Les levures non acclimatées ne pouvant se développer dans ces milieux, on obtient économiquement ainsi des fermentations d'une pureté remarquable.

On est arrivé à faire vivre des levures très actives dans des mouts contenant 0^{sr},50 à 1 gramme d'acide fluorhydrique par hectolitre, dose très suffisante pour arrêter le développement des autres organismes.

La quantité d'acide sulfurique à ajouter peut être réduite d'un quart, ce qui compense largement les frais occasionnés par l'achat de l'acide fluorhydrique. Celui-ci est généralement ajouté sur la cossette, après mélange avec l'eau et l'acide sulfurique. La conduite du travail est exactement la même que précédemment.

Effront a également conseillé l'emploi de la colophane ou résine, qui, ajoutée au jus en fermentation, sous forme d'émulsion ou de savon de soude, agit physiquement en se précipitant sur les bactéries qu'elle entraîne au fond des cuves.

Mauvaises fermentations. — Elles proviennent presque toujours d'une mauvaise levure, ou du manque des soins de propreté, quelquefois aussi d'un manque d'acide.

Le mieux, dans ce cas, est de nettoyer le tout complètement à la brosse avec de l'eau chaude et un antiseptique, et de refaire un pied de cuve.

L'acidité du jus arrivant en fermentation a une grande importance : trop forte, elle retarde la fermentation et l'empêche de se terminer complètement ; trop faible, elle ne peut s'opposer au développement des ferments étrangers.

De même une température dépassant 30°, outre qu'elle détermine des pertes d'alcool par évaporation, est très favorable au développement des organismes étrangers. La diminution de la densité permet de se rendre compte à tout instant de la marche de l'opération et de la quantité d'alcool formé ; une chute de 1° densimétrique correspond à la formation de 1,28 d'alcool dans 100 de liquide.

CHAPITRE X

EXTRACTION DE L'ALCOOL

Distillation. — La distillation a pour but de séparer l'alcool produit par fermentation de l'eau et des matières étrangères qui l'accompagnent dans les moûts fermentés ou vins. La distillation peut se pratiquer avec un grand nombre d'appareils plus ou moins compliqués ; bien que semblant différents au premier abord, ces appareils reposent tous sur le même principe. Le liquide à distiller est chauffé dans un récipient, les vapeurs qui se dégagent sont plus riches en parties volatiles que le liquide de la chaudière, elles se dégagent par un tuyau qui les amène à un réfrigérant qui en détermine la condensation.

L'appareil distillatoire le plus simple, qui peut être construit

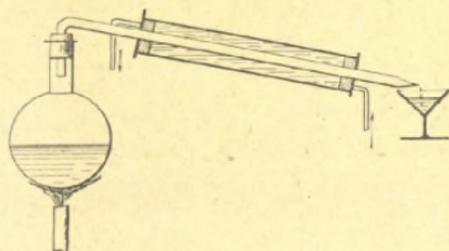


FIG. 78. — Appareil à distiller des laboratoires.

partout le monde, se compose d'un ballon en verre dans lequel on met le liquide à distiller ; on ferme avec un bouchon où passe un tube pour l'échappement des vapeurs ; le tube traverse un manchon parcouru par un courant d'eau qui détermine la condensation de

la vapeur dans le tube central à l'extrémité duquel on recueille les gouttelettes condensées. L'appareil ainsi monté (*fig. 78*) sert à faire de petites opérations indispensables au contrôle chimique et à l'étude des rendements en distillerie.

Pour la production de l'eau distillée ou des alcools de fruits, on emploie des appareils métalliques du même genre. L'appar-

reil classique des bouilleurs de cru se compose d'une chaudière construite généralement en cuivre, métal bon conducteur de la chaleur. Cette chaudière est chauffée à l'aide d'un fourneau spécial, elle est surmontée d'un dôme ou chapiteau, relié par un tuyau en serpentin de réfrigération, plongé dans une bêche d'eau et chargé de produire la condensation des vapeurs (fig. 79).

On augmente considérablement l'effet concentrateur de cet appareil en surmontant la chaudière d'une lentille ou boule, refroidie extérieurement par l'air ou même par un léger courant d'eau. Le mélange des vapeurs d'alcool et d'eau y séjourne quelques instants et se fractionne partiellement; les vapeurs d'eau, plus facilement condensables, retombent en partie dans l'appareil, alors que le mélange de vapeur d'eau

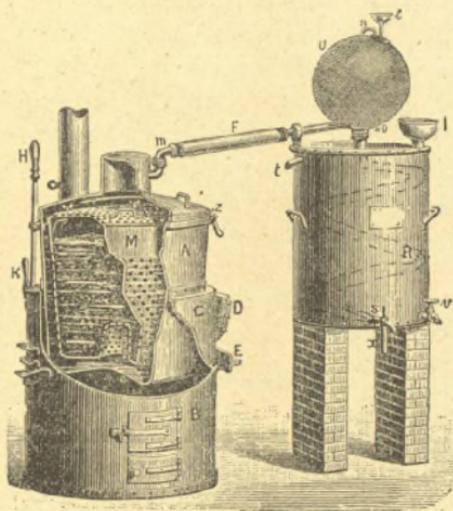


FIG. 79. — Bouilleur de cru.

et d'alcool qui passe est beaucoup plus concentré en alcool. On obtient ainsi directement des alcools à 60-70°, alors qu'autrement on n'arrive à ce résultat qu'en redistillant une deuxième fois le liquide passé. Pour éviter de donner un goût de brûlé à l'alcool, les appareils des bouilleurs de cru sont généralement chauffés au bain-marie et munis de paniers perforés, qui empêchent le contact direct entre la matière à distiller et la paroi de la chaudière.

Quoi qu'il en soit, ces appareils n'ont qu'un débit insignifiant et ne permettent d'atteindre des liquides à haut degré en alcool que par une série de redistillations. On évite ces inconvénients dans l'industrie par l'emploi des *colonnes à distiller*, qui réalisent le travail très parfaitement et très économiquement.

Colonnes à distiller. — La colonne à distiller est composée, en principe, d'une série de plateaux disposés les uns sur les autres et qui agissent comme s'il s'agissait d'une série d'alambics, à la suite les uns des autres, et distillant chacun le liquide qu'ils reçoivent du précédent.

Adam a réalisé le premier ce système, en disposant en cascade un certain nombre de vases : chacun d'eux hermétiquement fermé recevait par un tuyau spécial les vapeurs du vase inférieur qui y venaient barboter, et envoyait de même ses vapeurs dans le vase suivant et chauffait directement le vase inférieur. Les vapeurs émises venaient chauffer la chaudière suivante en s'y condensant ; le liquide enrichi par ses vapeurs ne tardait pas à entrer à son tour en ébullition, ses vapeurs allaient enrichir et porter à l'ébullition le vase suivant et ainsi de suite, le dernier élément étant mis en communication avec un condenseur ou réfrigérant. L'alcool produit ainsi était très concentré et la consommation de combustible, relativement modérée. A intervalles réguliers, on arrêtait l'appareil, on rejetait le liquide épuisé du bas et on faisait descendre d'un rang le contenu des dernières capsules, jusqu'au milieu de l'appareil où le liquide en cours avait à peu près la richesse du vin ; on arrêtait alors le transvasement, on chargeait la capsule vide avec le vin, et on remettait l'appareil en marche. L'opération continuait, les vapeurs alcooliques s'élevant progressivement, le vin descendant d'un élément à chaque opération. Cellier Blumenthal perfectionna l'appareil primitif en mettant les éléments directement les uns sur les autres, formant une sorte de colonne fermée, et surtout en rendant l'arrivée du vin continue, ce qui, en produisant une marche constante sans à-coups et arrêts, augmenta considérablement le rendement de l'appareil. La colonne à distiller était trouvée : il n'y eut plus qu'à la perfectionner dans ses détails, pour en faire l'appareil actuel méthodique et économique.

L'appareil moderne se compose d'une série de *plateaux*, empilés les uns sur les autres, où le vin descend en s'épuisant méthodiquement, par barbotage par les vapeurs venant des éléments inférieurs (*fig. 80*). Ces vapeurs s'enrichissent en alcool,

à mesure qu'elles s'élèvent dans la colonne, elles en sortent pour se rendre dans le *chauffe-vin*, où les parties les moins vola-

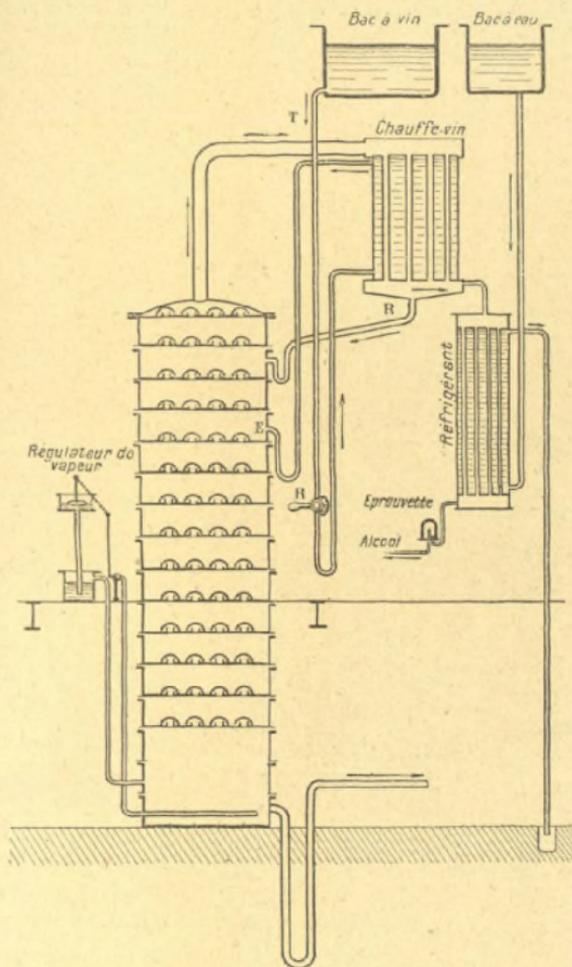


FIG. 80. — Schéma d'une colonne à distiller et de ses accessoires.

tiles se condensent partiellement et retournent dans la colonne, pendant que les parties les plus alcooliques contiennent leur trajet, passent dans le réfrigérant, se condensent et coulent

à l'éprouvette, sorte de cloche disposée de façon que l'on puisse se rendre compte facilement du coulage de l'appareil et de la densité du liquide. La colonne est chauffée par un courant de vapeur arrivant à la partie inférieure et dont le débit est généralement réglé automatiquement par un *régulateur de vapeur*. Le vin arrive sur les plateaux, vers le milieu de la hauteur de la colonne, et le liquide épuisé ou vinasse s'échappe des tronçons inférieurs par un siphon. Nous allons étudier en détail ces différents éléments et nous verrons ensuite le fonctionnement de l'appareil.

Les plateaux sont constitués par des sortes de bacs plats, de section généralement circulaire ou rectangulaire, dressés à la raboteuse de façon à pouvoir facilement s'assembler en une pile verticale, et à former une colonne hermétique, par simple interposition d'un joint de carton ou de mastic entre chaque élément. Chaque plateau communique avec le suivant par un trop-plein, maintenant une certaine hauteur de liquide

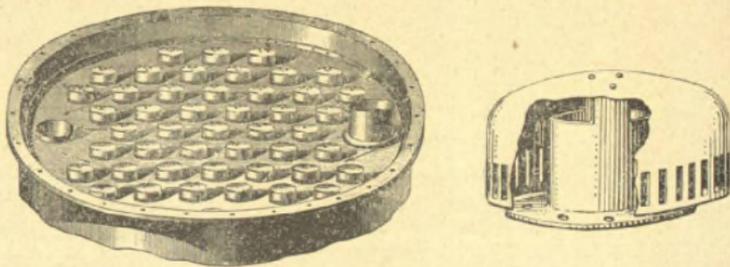


FIG. 81 et 82. — Plateau de colonne et détail d'un barboteur.

sur le plateau et destiné à conduire l'excès de liquide au plateau inférieur. Les plateaux sont en outre percés d'ouvertures laissant passer les vapeurs venant des plateaux inférieurs ; ces ouvertures sont recouvertes de calottes ou de dispositifs divers obligeant les vapeurs à barboter dans le liquide étalé sur le plateau (*fig. 81*).

L'effet actif d'un plateau dépend en grande partie de la disposition de ces appareils de barbotage ; plus ils produisent un mélange intime de la vapeur finement divisée et du liquide,

meilleur est le rendement, et moins on mettra de plateaux pour constituer une colonne produisant une concentration déterminée.

Les plateaux Champonnois sont munis d'une ouverture centrale, recouverte par une calotte dentelée portant une étoile à six branches. Chacune de ces branches est maintenue à quelques centimètres du plateau, elle présente la section d'une gouttière renversée et dentelée à la partie inférieure, ce qui divise les vapeurs et les répartit sur le plateau.

Les plateaux à calotte présentent plusieurs ouvertures recouvertes d'une cloche plongeant dans le liquide. Barbet a perfectionné ce système en dentelant le bord des calottes, et en réduisant la grosseur, de façon à en placer un grand nombre sur chaque plateau (*fig. 82*). Le vin circule facilement et se divise autour de toutes ces calottes, la surface de contact est considérablement augmentée par rapport aux types anciens. Le pourtour de toutes ces calottes est divisé par une infinité de traits de scie et la vapeur, emprisonnée sous chaque cloche, se lamine finement à travers toutes ces ouvertures : il en résulte une utilisation parfaite.

Guillaume a construit une colonne spéciale, dite colonne inclinée, inobstruable, convenant particulièrement pour la distillation des liquides épais, qui risqueraient d'obstruer les autres colonnes ; sa faible hauteur permet de réduire la hauteur des bâtiments destinés à loger ou de la combiner avec d'autres appareils.

Le fond de la colonne forme un caniveau continu dans lequel les moûts circulent librement, suivent une section et une pente continues, la pression hydrostatique s'exerçant de haut en bas, sans aucune perte de charge ni interruption, pour forcer cette circulation. Les moûts à distiller arrivent à la partie supérieure en fond incliné et la sortie des drêches se fait dans le bas au moyen d'un régulateur d'extraction spécial (*fig. 83*). La vapeur de chauffage entre dans la colonne par 2, passe au-dessous des cloisons 3, 3, etc., et va de chambre en chambre barboter dans le liquide à distiller. Cette colonne est particulièrement recommandable pour distiller les moûts épais de grains ou de pommes de terre,

Les vapeurs se dégageant du dernier plateau vont dans le faisceau tubulaire du chauffe-vin et produisent l'échauffement

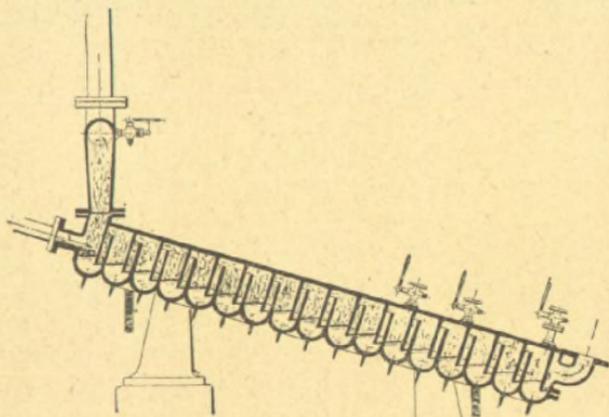


FIG. 83. — Coupe d'une colonne inobstruable.

de celui-ci arrivant régulièrement et en quantité modérée d'un bac en charge. On produit ainsi un chauffage économique du vin, avant son entrée dans la colonne et une condensation partielle des vapeurs les moins volatiles, c'est-à-dire les plus aqueuses, qui rétrogradent dans la colonne. L'autre partie des vapeurs passe dans un serpentin, ou un deuxième faisceau tubulaire, autour duquel circule un courant d'eau qui refroidit énergiquement les vapeurs et en produit la condensation. L'alcool produit coule à l'éprouvette, dispositif qui permet de se rendre compte du débit de la colonne et de peser l'alcool en y plongeant un thermomètre et un alcoomètre pouvant y flotter librement (fig. 84).

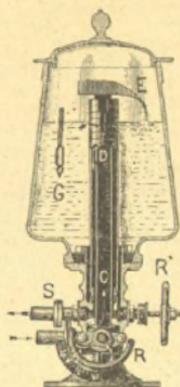


FIG. 84.
Éprouvette.

Le chauffage de la colonne se fait soit à l'aide d'un faisceau tubulaire, dans lequel passent les vinasses à leur sortie de la colonne, soit plus généralement par barbo-

tage, un simple tuyau perforé amenant la vapeur au niveau des tronçons inférieurs et produit l'ébullition de la vinasse y séjournant avant son départ pour le siphon. La pression de la vapeur devant être constante dans la colonne, on y adapte généralement un régulateur de vapeur, qui règle l'admission de cette dernière.

Cet appareil se compose de deux ballons superposés et disposés l'un au-dessus de l'autre (fig. 85). Le récipient supérieur est supporté par des tiges, des vis de pression permettent d'en faire varier la hauteur suivant les besoins. Les deux récipients communiquent par un tuyau descendant jusqu'au fond du récipient inférieur. Celui-ci contenant un peu d'eau, est mis en communication avec le bas de la colonne par un tuyau. La pression existant dans la colonne se transmet dans le récipient inférieur et produit l'élévation de l'eau dans le tube vertical et le récipient supérieur. Là est renfermé un gros flotteur qui, par un système de leviers coudés, actionne la soupape d'ouverture de la vapeur, et la ferme progressivement lorsque, la pression s'élevant dans la colonne, le niveau monte dans le récipient supérieur.

Il est clair que, si l'on veut augmenter la pression existant dans la colonne et par suite son débit, il n'y a qu'à élever le récipient supérieur, le tube de communication couissant dans le presse-étoupe du vase inférieur.

Certaines colonnes présentent en outre un récupérateur de chaleur des vinasses, appareil constitué par un faisceau tubulaire que traversent les vinasses; le vin circule autour des tubes et s'y chauffe gratuitement en prenant une partie des calories contenues dans la vinasse.

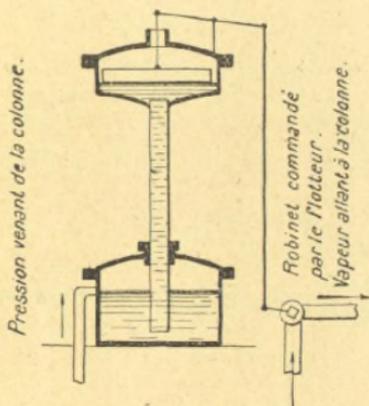


FIG. 85. — Régulateur d'arrivée de vapeur.

Fonctionnement et conduite des colonnes à distiller. —

Le vin arrive du bac à vin, placé en charge, généralement sur le plancher le plus élevé de l'usine ou sur une terrasse, passe dans la tuyauterie T (*fig. 80*), le chauffe-vin et entre dans la colonne en E; un robinet placé en R, à portée de la main du distillateur, permet d'en régler le débit. Le robinet présente un cadran gradué qui permet d'en mesurer l'ouverture avec une précision indispensable à la bonne marche de la colonne.

Le vin entré dans la colonne est chauffé par le courant de vapeur qui la parcourt de haut en bas, et descend par les trop-pleins de plateaux en plateaux, à mesure qu'il s'épuise en alcool. Il arrive aux tronçons inférieurs formant chaudière et le jet de vapeur qu'il y rencontre le dépouille des dernières traces d'alcool avant qu'il ne s'écoule par le siphon de sortie des vinasses.

Les vapeurs montent de plateaux en plateaux en s'enrichissant en alcool et passent dans le faisceau tubulaire du chauffe-vin. Les parties les plus aqueuses se condensent là, retournent à la chaudière pendant que les vapeurs les plus alcooliques passent dans le réfrigérant et s'y condensent.

L'alcool coule à l'éprouvette; le débit doit être constant et l'alcool toujours bien froid. On en observe fréquemment le degré à l'aide de l'alcoomètre plongé dans l'éprouvette; si le titre baisse, on augmente légèrement l'arrivée de vin et on le diminue au contraire s'il monte au-dessus du degré normal, de façon à prévenir l'engorgement de la colonne, ou à éviter des pertes dans les vinasses.

On distingue les colonnes à bas degré et les colonnes à haut degré, les premières surtout utilisées dans les usines où se fait la rectification de l'alcool à 70-80°, ce qui est bien suffisant puisque pour produire une bonne rectification on est obligé de diluer l'alcool et de le ramener à 50°.

Les colonnes à bas degré se distinguent par leur moindre hauteur; la circulation y est sensiblement analogue à celle des colonnes que nous avons déjà décrites.

Pour produire du haut degré, il est nécessaire de concentrer les vapeurs alcooliques en les faisant barboter dans un liquide

riche en alcool, qu'elles épuisent en s'enrichissant. On arrive à ce résultat, en plaçant à la partie supérieure de la colonne d'épuisement des plateaux supplémentaires formant un tronçon de concentration. On condense partiellement les vapeurs alcooliques dans le chauffe-vin et le liquide riche condensé alimente le tronçon de concentration, dans lequel les vapeurs s'enrichissent en alcool. Naturellement, la hauteur de la colonne est augmentée, le fonctionnement est identique et la conduite de l'appareil pas plus difficile surtout si le régulateur de vapeur fonctionne bien. On arrive ainsi à produire directement de l'alcool à 91°-93°, propre à la dénaturation. Ces appareils sont surtout avantageux pour les usines ne rectifiant pas elles-mêmes et permettent de réaliser des économies sur le transport et l'emmagasinage si elles vendent aux raffineurs ou même de s'affranchir de ces derniers en vendant directement à la dénaturation.

Rectification des flegmes. — L'alcool obtenu à la première distillation ou flegmes renferme un grand nombre d'impuretés volatiles, à odeur désagréable, qu'il faut séparer pour obtenir de l'alcool pur.

On distingue ces impuretés en *produits de tête* et *produits de queue*, suivant qu'à la distillation elles passent avant ou après l'alcool pur. L'opération se fait dans des appareils discontinus, ou depuis peu dans des appareils continus.

Le rectificateur discontinu (*fig. 86*) se compose essentiellement d'une grande chaudière, chauffée par un serpentin de vapeur et surmontée d'une colonne de rectification en cuivre rouge, avec plateaux disposés pour produire un barbotage intensif.

Les vapeurs alcooliques sortant de la colonne passent dans un puissant condenseur, qui produit une abondante condensation, retournant dans l'appareil tandis que les parties les plus volatiles passent au réfrigérant et de là vont couler à l'éprouvette.

Pour obtenir de bons fractionnements, il est indispensable d'opérer sur de fortes quantités de flegmes, 300 à 400 hecto-

litres. Les flegmes sont d'abord étendus à 45-50° pour faciliter le fractionnement, puis neutralisés aussi exactement que possible, sans cependant arriver à alcalinité. On ouvre la vapeur, pour porter doucement à l'ébullition, les

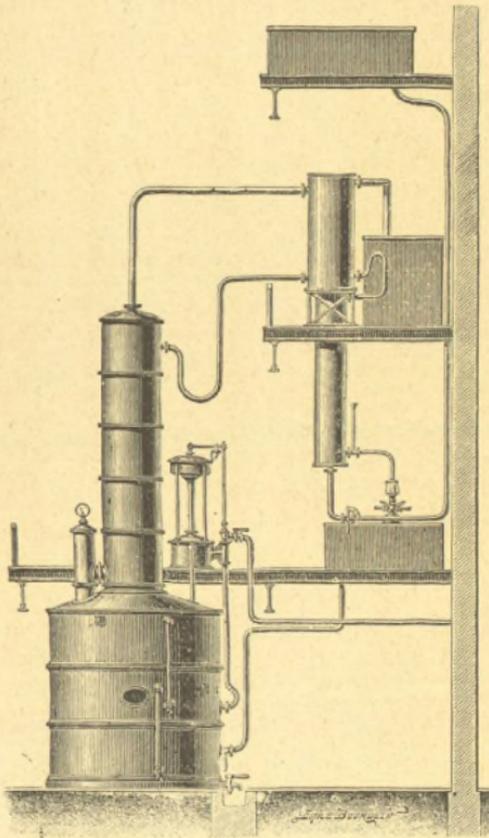


FIG. 86. — Rectificateur discontinu.

plateaux se chargent et les parties les plus volatiles ne tardent pas à passer à l'éprouvette, ce sont les mauvais goûts de tête à odeur forte et piquante et constitués en grande partie par de l'aldéhyde éthylique et de l'éther acétique.

Cette première phase dure une heure ou deux, ensuite passent les moyens goûts de tête, constitués par un mélange d'alcool et d'impuretés. Après une période de dix à vingt heures arrive la période de l'alcool bon goût, puis celle de l'alcool extra ou de cœur. En continuant l'opération on arrive à la période des moyens goûts de queues, puis des mau-

vais goûts de queues et des huiles. Tous ces produits sont recueillis séparément et redistillés ou mieux envoyés directement à la dénaturation.

Voici, d'après Sorel, la quantité des différents produits obtenus par la rectification d'une charge de 400 hectolitres

d'alcool étendu à 39°, soit en alcool absolu 154 hectolitres :

Mauvais goûts de tête.....	0 ^h 1,65
Moyens goûts de tête.....	34 05
Bons goûts.....	94 82
Moyens goûts de queue.....	9 20
Mauvais goûts de queue.....	8 19

Les proportions obtenues dépendent du reste de la qualité de l'alcool que l'on veut obtenir, le rectificateur se guidant surtout sur l'odeur et la saveur du produit.

On construit maintenant des rectificateurs continus, qui présentent sur les rectificateurs discontinus de nombreux avantages : économie de vapeur et de main-d'œuvre, obtention de l'alcool bon goût, et des mauvais goûts en deux ou trois jets qu'il n'y a plus à repasser, en un mot, simplification de l'opération.

Comme type, nous allons décrire le rectificateur continu de Barbet, l'un des promoteurs de ce système.

L'arrivée du flegme, emmagasiné dans le bac F (fig. 87), est réglée par un robinet d'alimentation très sensible R, il s'échauffe par passage dans le récupérateur U et entre à mi-hauteur dans la colonne à plateaux E E', il y subit une douce ébullition, suffisant à expulser les têtes, sans les épuiser en alcool. Les vapeurs des produits de tête, se dégagent

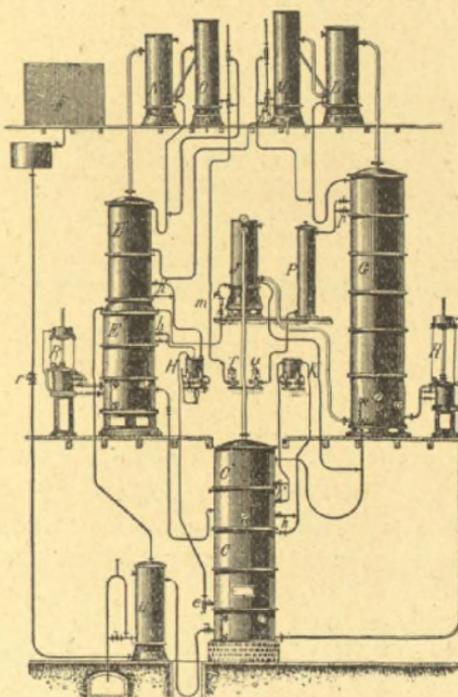


FIG. 87. — Rectificateur continu.

et se concentrent dans les plateaux supérieurs E, sous l'influence de la rétrogradation du condenseur N et du réfrigérant O. Par un robinet spécial, on ne laisse arriver à l'éprouvette T que la quantité exacte de produits de tête que l'on désire soutirer, 5 à 10 0/0 par exemple, l'excédent refluant dans la colonne.

Le flegme épuisé en aldéhydes et produits de tête, par passage dans les plateaux E, descend dans les plateaux C' de la colonne d'épuisement en alcool CC' où il subit une ébullition énergique. Les vapeurs alcooliques qui se dégagent se concentrent dans la colonne C, grâce à l'action des plateaux et au retour des rétrogradations du condenseur. Pour être bien exempt de produits de queues, l'alcool doit marquer 96° ; les huiles essentielles sont refoulées dans les parties basses par les reflux et, comme elles sont expulsées du bas par l'ébullition, elles se cantonnent dans certains plateaux intermédiaires où elles arrivent à une grande concentration ; il suffit donc de pratiquer une extraction continue à ces étages pour maintenir les concentrations en équilibre dans l'appareil, c'est ce qu'on réalise au moyen de tuyaux aboutissant aux éprouvettes où l'on recueille les huiles.

Les vapeurs alcooliques concentrées passent dans une sorte de condenseur J, qui élimine par l'éprouvette *m* les impuretés restant, tandis que les vapeurs alcooliques arrivent dans la colonne rectificatrice proprement dite G. Les vapeurs alcooliques montent dans la colonne, une faible partie contenant encore quelques traces d'impuretés volatiles, est extraite après avoir passé le condenseur et son réfrigérant à l'éprouvette N, qui, au moyen d'un robinet gradué, permet d'en renvoyer une quantité déterminée, 5 à 6 0/0 par exemple, à la colonne épuratrice des produits de tête E. L'alcool pur est extrait du deuxième ou troisième avant-dernier plateau en *p*, où la pratique démontre qu'il est le plus pur ; il est refroidi en P et coule à l'éprouvette A où son début est réglé à 94 0/0.

L'appareil, quoique un peu compliqué, se conduit bien et donne d'excellents résultats.

Appareils de distillation-rectification. — On est arrivé à

faire ces deux opérations dans un même appareil, on peut produire des vapeurs alcooliques dans une colonne ordinaire et les épurer aussitôt dans un jeu de colonnes, analogue à celui des rectificateurs continus ; c'est le système employé par la majorité des constructeurs.

Barbet, cependant, dans son appareil dit de distillation-rectification directe, fractionne les différents produits, pendant la distillation même du flegme, substitué au vin. Ces appareils sont assez compliqués et peu répandus ; nous n'entrons pas dans les détails de leur fonctionnement.

Rendements et résidu de distillerie. — La composition des matières premières, betteraves, grains, pommes de terre, variant considérablement, il est bon, pour étudier les rendements, de les rapporter à la matière première utilisable, sucre ou amidon. D'après les expériences de Pasteur, 100 kilogrammes de sucre peuvent donner en s'entourant de toutes les précautions possibles en laboratoire 64^l,36 d'alcool ; pratiquement, il faut considérer le chiffre de 61 litres comme un rendement maximum et celui de 60 litres comme un bon rendement normal.

De même, 100 kilogrammes d'amidon peuvent donner, toujours d'après les expériences de Pasteur, 67^l,90 d'alcool, mais la saccharification complète est rarement atteinte et pratiquement on dépasse rarement avec les procédés ordinaires le rendement de 60 à 63 litres d'alcool en bon travail. Le procédé amylo permettrait d'atteindre le rendement de 66 litres.

Voici les rendements moyens que peuvent donner par 100 kilogrammes les plus employées dans la fabrication de l'alcool :

Seigle à 63 0/0 d'amidon.....	36	litres d'alcool à 100°	
Orge à 60 0/0 d'amidon.....	34	—	—
Malt vert à 40 0/0 d'amidon..	23	—	—
Malt touraillé à 68 0/0 d'amidon	39	—	—
Pomme de terre à 13 0/0 de féculé	8,6	—	—
Pomme de terre à 20 0/0.....	11,50	—	—
Pomme de terre à 25 0/0.....	14,25	—	—
Betteraves à 5° 5 de densité..	6	—	—
Betteraves à 8° de densité....	9	—	—

Résidus des distilleries industrielles. — Les pulpes provenant des matières premières, betteraves, pommes de terre ou grains, sont utilisées dans l'alimentation du bétail, après pressage énergique pour en éliminer la plus grande partie possible de la forte quantité d'eau qu'elles renferment. Les pulpes de betteraves notamment sont utilisées en grand pour la nourriture des vaches et des bœufs, généralement utilisés dans les fermes produisant la betterave.

Les résidus de distillation ou vinasses contiennent en solution une grande partie des sels de la betterave, et sont employés comme engrais, le plus généralement en irriguant le sol ; elles renferment des quantités appréciables de potasse et un peu d'azote et d'acide phosphorique.

Les vinasses provenant des mélasses de sucrerie, où les sels sont déjà accumulés, sont traités spécialement pour l'extraction des sels de potasse qu'elles renferment en grandes quantités.

Analyse des liquides alcooliques. — L'analyse des liquides alcooliques : alcools, flegmes et eaux-de-vie, se fait facilement en plongeant dans ces liquides un alcoomètre de Gay-Lussac. Cet appareil est un densimètre spécial qui, plongé dans un mélange d'alcool et d'eau, indique directement par la graduation de sa tige et le point d'affleurement le volume d'alcool pur contenu dans 100 centimètres du liquide.

Si la température de ce liquide est de 15°, la détermination ne souffre aucune difficulté ; si l'affleurement a lieu à 25°, on en conclut simplement que 100 centimètres cubes du liquide contiennent 25 centimètres cubes d'alcool pur. Lorsque la température est différente de 15°, il faut soit ramener l'échantillon à 15°, soit faire usage de tables spéciales de correction, ce qui est plus simple.

Lorsque l'on a à examiner un liquide contenant, outre l'alcool, des matières étrangères, vin, résidus de distillation ou vinasse, liqueur alcoolique sucrée, etc., il faut séparer l'alcool des autres matières dissoutes, par distillation, et c'est dans le liquide passé à la distillation qu'on dose l'alcool comme pré-

cédemment. Si le liquide est acide, on devra le neutraliser avant distillation.

Soit par exemple à doser l'alcool restant dans une vinasse, ou l'alcool existant dans un vin, pour en déterminer le rendement. On en prélève 200 centimètres cubes que l'on met dans un ballon, on neutralise et on installe l'appareil de distillation de laboratoire (*fig. 78*) ou un appareil spécialement destiné à cet usage comme l'alambic de Salleron. On chauffe, pour produire l'ébullition, en faisant circuler le courant d'eau dans le réfrigérant, on recueille les gouttelettes condensées dans une éprouvette graduée lorsque le volume du distillat atteint 150 centimètres cubes, on admet que la totalité de l'alcool est passée, on complète le volume à 200, qui correspond au volume du liquide mis dans l'appareil à distiller. On agite l'éprouvette et en y plongeant un thermomètre et un alcoomètre, on en détermine comme ci-dessus la richesse alcoolique, qui est celle du vin considéré.

Marche générale et dispositions de distillerie industrielles. — Les distilleries, traitant des quantités considérables de matières, doivent autant que possible être situées à proximité d'une gare ou d'un canal.

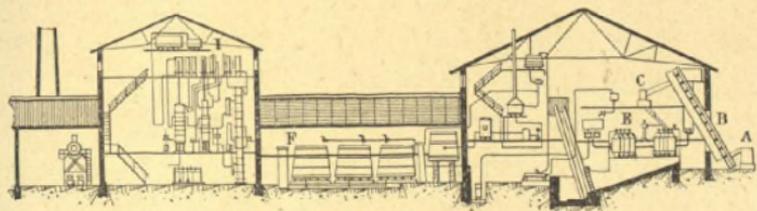


FIG. 88. — Installation de distillerie.

Le schéma ci-contre (*fig. 88*) représente une distillerie de betteraves. Les betteraves sont débarrassées de la terre dans le laveur A, de là montent dans l'élévateur B, passent dans le coupe-racine C, où elles sont découpées en tranches fixes qui tombent dans les diffuseurs D. Là elles sont épuisées méthodiquement, la pulpe épuisée tombe dans la fosse située sous la

batterie, et remontée par l'élévateur aux presses et, après avoir subi leur action, tombe dans les voitures ou les wagonnets destinés à l'enlever.

Au milieu de la batterie, en haut, est un distributeur chargé de mesurer l'acide dilué et de l'envoyer dans le bas de la nochière du coupe-racine où il se mélange à la cassette avant son entrée dans les diffuseurs.

Le jus extrait de la batterie de diffusion passe dans un réfrigérant pour en abaisser la température à 28-30°, et entre dans les cuves en F où il subit la fermentation.

Le jus fermenté est extrait des cuves par les pompes, refoulé en I dans les bacs à vin placés en haut de l'usine. De là il passe dans les colonnes de distillation et de rectification.

A gauche est le générateur et en arrière le magasin destiné à recevoir et à conserver les alcools dans des bacs hermétiquement fermés. Ces alcools sont expédiés, soit dans de grands fûts généralement en fer ou *pipes*, d'une contenance de 5 à 6 hectolitres, soit dans des wagons-réservoirs.

CHAPITRE XI

LA BRASSERIE

La bière est une boisson fermentée préparée avec de l'orge et du houblon. L'amidon de l'orge est transformé par saccharification en maltose, qui par fermentation donnera de l'alcool, et en dextrines, que l'on retrouvera dans l'extrait, avec les matières nutritives de l'orge. Le houblon a simplement pour but d'aromatiser la bière et d'en assurer une meilleure conservation.

Boisson très nutritive, la bière renferme trois fois plus d'extrait que le vin et moins d'alcool, c'est donc une boisson hygiénique de premier ordre, tonique, rafraîchissante et

tout à fait recommandable, sauf naturellement le cas d'abus.

Sa consommation dans le monde dépasse 260 millions d'hectolitres, soit 70 millions pour l'Allemagne, 14 pour la France, ce qui correspond à une consommation par tête : en France, de 36 litres par habitant, et de 220 en Allemagne.

La préparation de la bière comporte toute une suite d'opérations que nous examinerons en détail, après énumération sommaire :

1^o Le *mallage* ou germination de l'orge, dans le but de développer les diastases nécessaires à la transformation de l'amidon en maltose et dextrines ;

2^o Le *brassage*, ou préparation du moût, par saccharification de l'amidon par la diastase ;

3^o La *cuisson et houblonnage*, opérations ayant pour but de stériliser, de concentrer et d'aromatiser le moût ;

4^o La *fermentation*, ou transformation du maltose produit par la saccharification de l'amidon en alcool.

Matières premières. — *L'eau.* — L'eau employée en brasserie doit être aussi pure que possible, on se sert généralement des eaux de puits ou de source.

Les eaux contenant une forte préparation de matières organiques sont non seulement chargées de micro-organismes, mais encore peuvent donner de mauvais goûts à la bière, par suite de la putréfaction de ces matières. Les micro-organismes sont bien détruits par la température, pendant la cuisson du moût, mais il peut toujours y avoir contamination ultérieure par suite de l'emploi de ces eaux pour le lavage des appareils et des fûts et il est recommandable de n'employer que des eaux de pureté bactériologique reconnue.

Les éléments minéraux n'ont qu'une influence secondaire, le calcaire et le sulfate de chaux, que l'on y rencontre souvent en grandes quantités ne présentent des inconvénients que s'ils y sont à dose massive.

L'orge. — Les orges les plus réputées pour la brasserie sont les orges à deux rangs : orge de Champagne, orge Chevalier,

orge de Hanna, etc., et les orges à quatre rangs, ou escourgeons formant un épi carré. On distingue les escourgeons d'hiver et les escourgeons de printemps.

Une bonne orge de brasserie doit être pure, exempte de toutes autres graines, débris de pierre, de balles, etc. ; ses grains doivent être de grosseur uniforme, afin d'obtenir un trempage régulier, sans lequel il n'y a pas de bon maltage possible.

L'orge doit avoir son odeur particulière, sans sentir le moisi, qui indique des orges humides s'altérant facilement pendant la conservation. Les grains doivent être entiers, ceux brisés par le batteur s'altèrent et germent mal.

On préfère généralement les orges lourdes, pesant au moins 65 kilogrammes l'hectolitre. La coupe du grain doit présenter un aspect farineux et on admet à tort ou à raison que l'aspect vitreux ou corné, de l'intérieur de l'amande, est l'indice d'une grande richesse en principes azotés, gênant dans la fabrication des bières fines. L'analyse et le dosage de l'azote permettent de fixer le brasseur d'une façon beaucoup plus certaine.

Enfin le pouvoir germinatif de l'orge a une grande importance puisqu'il est la base de la fabrication. On le détermine facilement en faisant tremper de l'orge, et en faisant germer un certain nombre de grains, entre des feuilles de drap, imbibées d'eau et exposées à une douce température. Une bonne orge de brasserie doit donner au moins 95 0/0 de grains germés.

Le houblon. — Le houblon est une plante grimpante surtout cultivée dans les plaines du Nord de la France, de la Lorraine, et dans les pays étrangers, en Allemagne, en Angleterre, en Belgique et aux Etats-Unis. Les variétés cultivées en Bohême et en Bavière sont particulièrement réputées pour leur parfum.

Les fleurs de houblon sont les seules parties utilisées de la plante ; elles constituent une sorte de cône formé de folioles disposées autour d'un axe central. A la base des folioles on trouve une résine très aromatique, contenant les principes actifs utilisés en brasserie. Cette résine est d'un beau jaune et

porte le nom de *lupuline* ; les cônes de houblon en renferment 9 à 18 0/0.

Les houblonnières sont constituées uniquement par des plantes femelles, et on s'applique à détruire les plantes mâles existant dans la houblonnière ou même à l'état sauvage dans la région, de façon à éviter la fécondation des cônes, qui, en produisant la fructification, serait cause de dépréciation du houblon.

En dehors des résines, les cônes de houblon renferment en proportion assez notable des huiles aromatiques mélangées aux résines et entraînaibles par la vapeur d'eau, des tannins, des matières azotées et des sels divers.

Le parfum s'apprécie, soit à l'aide d'appareils spéciaux, soit plus simplement en écrasant les cônes entre les mains et les frottant l'une contre l'autre ; l'odeur perçue doit être aussi aromatique que possible et exempte de goût de moisi. La lupuline doit être abondante et d'un beau jaune d'or, elle vire au brun chez les vieux houblons. Les cônes doivent être petits, d'une couleur jaune verdâtre ; si la coloration tire sur le rouge, le houblon a été récolté trop mûr ; si elle est vert foncé, la récolte a eu lieu avant complète maturité.

Un point capital est la dessiccation des cônes. Ceux-ci sont très altérables, au moment de la récolte ils renferment 80 0/0 d'eau, qu'il faut éliminer aussi à basse température, pour les conserver.

Cette dessiccation s'effectue soit dans des greniers, soit de préférence dans des tourailles chauffées à feu direct, par un combustible donnant peu de fumée comme le coke, ou mieux par de l'air chaud produit dans des appareils spéciaux. Le chauffage doit se faire progressivement pour ne pas altérer ou résinifier les huiles essentielles, et la température doit monter de 25° à 35-40° en fin d'opération.

Le houblon séché s'altère encore facilement ; il y a transformation chimique des huiles et résine, avec atténuation du parfum et, si l'élimination de l'eau n'a pas été assez complète, il moisit facilement.

On peut favoriser la conservation du houblon par léger sou-

frage, en faisant brûler du soufre pendant la dessiccation ; cette pratique est assez répandue. Cependant le procédé de conservation le plus recommandable consiste à le comprimer dans des sacs en forte toile ou des cylindres métalliques et à la conserver dans des magasins refroidis artificiellement par des machines à glace ; ce procédé est très répandu en Angleterre.

Grains divers et sucres. — Le maïs et le riz sont quelquefois utilisés en brasserie pour abaisser le prix de revient de la bière. On les emploie généralement après cuisson et, comme ils sont riches en amidon, ils permettent d'augmenter économiquement la richesse alcoolique des bières ou la dilution.

On introduit souvent dans le même but du glucose ; celui-ci doit être aussi pur que possible et surtout ne pas contenir d'arsenic apporté par l'acide sulfurique ayant servi à le fabriquer. Cet accident s'est produit en Angleterre il y a quelques années et a déterminé la mort de plusieurs consommateurs.

Dans les pays étrangers, notamment en Angleterre où le fisc permet cette substitution, on remplace le glucose par le sucre cristallisé produit plus pur, plus propre et donnant des bières de meilleure qualité que le glucose.

Maltage. — L'orge est d'abord parfaitement nettoyée, par passage dans des épierreuses, sasseurs et trieurs, qui éliminent les impuretés diverses ; pierres, clous, débris d'enveloppes et graines étrangères. Ces appareils sont analogues à ceux employés en meunerie : souvent on trie le grain en deux ou trois catégories, suivant leurs grosseurs de façon à avoir une trempe uniforme.

Le trempage a pour but de faire absorber au grain la quantité d'eau qui lui sera nécessaire pour subir la germination. L'opération se fait en immergeant le grain dans des cuves spéciales remplies d'eau, et en l'y laissant séjourner de soixante à cent heures suivant la température de l'eau et la nature du malt que l'on se propose d'obtenir.

Autrefois, l'opération se faisait dans de simples cuves en maçonnerie ou en tôle, généralement à fond conique présen-

tant une soupape de décharge pour l'élimination de l'orge trempée. On se sert souvent de cuves un peu plus compliquées, et munies de tuyaux d'air permettant l'agitation et l'aération de la masse. L'oxygène mené par l'air favorise la germination, l'embryon commence à se développer pendant le trempage. Aussitôt celui-ci terminé, l'orge se met à piquer, c'est-à-dire l'embryon à percer l'écorce du grain.

Il est recommandable de rejeter au bout de quelques minutes les premières eaux de trempage, de façon à éliminer les impuretés, les grains vides et les germes divers apportés par les grains. Ensuite, on change l'eau toutes les six à sept heures pour éviter toute altération ou fermentation dans la cuve ; dans ce but on ajoute quelquefois des antiseptiques aux eaux de trempage, notamment du chlorure de chaux.

Lorsqu'on dispose d'air comprimé, on donne de temps en temps un bouillon pour agiter le tout et, chaque fois que l'on change l'eau, on fait passer pendant quelques heures le courant d'air sur les grains après élimination de l'eau, pour activer la germination.

La durée du trempage dépend beaucoup de la température de l'eau de trempage ; celle-ci doit être de 10 à 12° au-dessus, la trempage est activée mais l'eau a une trop grande tendance à se putréfier ; au-dessous, l'opération serait trop longue.

Le trempage est d'autant plus long que les grains sont gros ; ceux à texture vitreuse se laissent plus difficilement imprégner par l'eau et la durée du trempage devra être prolongée. Il en sera de même chaque fois que l'on voudra obtenir des malts très actifs, à pouvoir diastatique élevé.

On se rend compte de la marche du trempage en coupant ou en écrasant un grain ; l'opération est arrêtée lorsque l'intérieur du grain paraît grisâtre et humide, sauf un petit point blanc non mouillé qui reste dans le milieu et disparaîtra par la suite, le grain pressé entre les doigts s'écrase et l'enveloppe se détache facilement. La quantité d'eau fixée atteint en moyenne de 50 à 55 0/0.

Une orge trop trempée donne à la germination des germes se développant rapidement et considérablement ; par suite le

malt est pauvre en extrait. Si le trempage fut insuffisant, les germes se développent lentement, le grain se dessèche et on n'obtient qu'un malt peu actif.

La germination se fait au germoir, composé de salles voûtées, construites généralement en sous-sol, de façon à conserver une température assez basse et surtout uniforme. Le sol, dallé ou cimenté, est parfaitement lisse avec une légère pente aboutissant à une rigole d'écoulement des eaux. La ventilation est assurée par des fenêtres, ou mieux par des ouvertures spéciales et des cheminées d'appel munies de registres, qui permettent d'en régler le triage.

Les grains égouttés sont vidés sur la sole du germoir et disposés en tas de 25 à 50 centimètres d'épaisseur, celle-ci étant d'autant plus réduite que la température est élevée.

Au bout de trente-six à quarante-huit heures, les radicules apparaissent à une extrémité du grain, sous forme d'un point blanc, l'orge *pique*; si l'on a employé le trempage avec aération, l'orge pique au bout de six à douze heures.

Pendant la germination, la température de la masse de grain s'élève, l'eau contenue dans les couches intérieures, se vaporise et se condense dans les couches extérieures, refroidies par l'air du germoir, sous forme de gouttelettes; on dit que le *grain sue*. On procède alors à un premier retournement qui a pour effet de régulariser la température et la distribution de l'humidité; on favorise en même temps l'aération de la masse et on empêche en partie les radicules naissantes de s'enchevêtrer en formant un *feulrage* épais, qui nuit à la pénétration de l'air dans la masse.

La température ne doit pas dépasser 12 à 14°; si elle s'élève on multiplie les retournages et on étend la masse sous une plus faible épaisseur. Les pelletages doivent être exécutés à fond, c'est-à-dire la masse prise à la pelle et projetée de côté, de façon à ne pas laisser de parties non retournées.

La durée de germination dépend surtout de la température; elle est de sept à huit jours pour des températures de 17 à 18° et de douze à quinze jours pour des températures de 11 à 12°. L'examen de la longueur de la plumule permet de se rendre

compte de la marche de l'opération ; pour la brasserie, on l'arrête lorsque la plumule atteint les trois quarts de la longueur du grain. Pour le malt destiné à produire la saccharification en distillerie et dans lequel la seule qualité recherchée est l'activité diastasique, on n'arrête la germination que lorsque la plumule est prête à sortir ou même sortie.

Les détails de l'opération du maltage ont une importance capitale pour la production de bières de qualités déterminées ; aussi cette opération est-elle à juste titre considérée comme délicate et demandant une grande pratique.

A certaines saisons, il est difficile de régler la température pour produire un bon malt. On y arrive cependant depuis quelques années, grâce à l'aide des maltoirs perfectionnés dits *pneumatiques*, qui effectuent mécaniquement les retournages et permettent de régler plus facilement les températures, en envoyant dans la masse un courant d'air frais saturé de vapeur d'eau.

Le maltage pneumatique Saladin s'opère dans une série de cases en maçonneries placées à côté l'une de l'autre et au nombre de quatre à huit suivant l'importance de l'usine. L'orge trempée disposée dans ces cases est aérée et retournée mécaniquement (*fig. 89 et 90*).

Le maltage pneumatique peut encore être exécuté dans des tambours spéciaux, dits *lambours malleurs*, dans lesquels le retournement du grain est produit par la rotation du

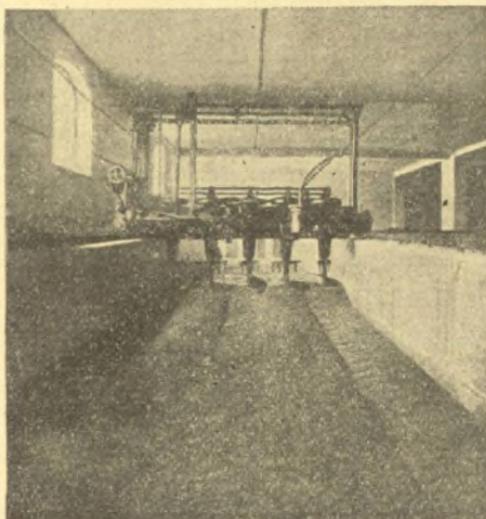


FIG. 89. — Retournement de l'orge dans une case de malterie Saladin.

cylindre et l'aération par un courant d'air refroidi et saturé d'eau.

Touraillage. — Le malt arrivé au point de germination désiré est *touraillé*, c'est-à-dire séché à assez basse température. Cette opération arrête la germination et en desséchant le malt,

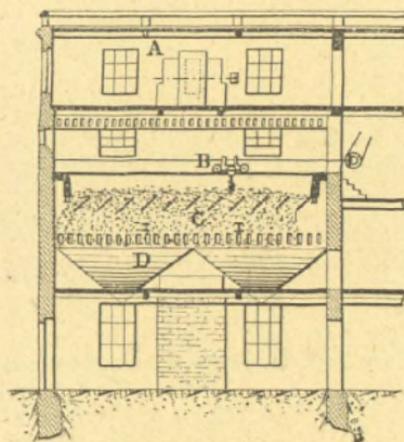


FIG. 90. — Schéma d'une malterie pneumatique.

A, nettoyage des grains. — B, retourneur.
C, couche de grains.

permet de le conserver en attendant emploi. Elle détermine, en outre, la production d'un arôme particulier très apprécié dans la bière et une coloration du malt plus ou moins accentuée suivant la manière dont elle a été conduite.

La dessiccation se fait dans une touraille, sorte d'étuve en maçonnerie, dans laquelle le malt vert est disposé sur des plateaux. Un courant d'air chauffé traverse la touraille du haut en bas et détermine la dessiccation.

L'élévation de température ne doit se faire que progressivement, car les diastases sont d'autant plus sensibles à l'action destructive de la chaleur que la masse renferme plus d'eau. On débute donc à basse température, en produisant une ventilation énergique, et on élève la température à mesure que le grain se dessèche. A ce moment, on peut chauffer plus fort pour déterminer un commencement de torréfaction pour produire l'arôme et la coloration nécessaires à la production de la sorte de bière que l'on veut fabriquer. On termine la dessiccation du malt à 80-85° pour les bières blondes et à 100-105° pour les malts destinés aux bières brunes.

Les tourailles sont chauffées, soit par les gaz mêmes du

foyer, soit, ce qui est préférable, par de l'air chauffé par un foyer; le tirage de la touraille se fait généralement par cheminée, on le règle au moyen de registres. La couche de grains doit être fréquemment retournée sur les plateaux; ce travail peut s'exécuter à bras d'homme et alors il est pénible par suite de la température élevée de l'étuve, ou mécaniquement dans les grandes tourailles.

Le malt vert est étendu sur le plateau de la touraille, en couches de 20 centimètres environ, on chauffe lentement et on maintient la température à 30-35° en retournant fréquemment la masse. On élève lentement la température jusqu'à 50° et on la maintient.

Les tourailles système Diebold, à agitation mécanique, se composent d'un grand plateau, généralement à jalousies; l'air chaud provenant du calorifère est réparti uniformément sur la surface du plateau; le tirage du calorifère est produit par un ventilateur, qui rend la touraille indépendante de l'atmosphère extérieure et donne une marche bien plus régulière qu'une cheminée.

Le retournement de la couche de grains est effectué rapidement, aussi souvent qu'on le veut et quelle que soit la température, à l'aide d'un agitateur à palette analogue à celui des cases Saladin, alors que ce travail à la pelle est très pénible pour les ouvriers par suite de la haute température.

Le chauffage doit être très modéré au début, moment où la diastase est très sensible à l'action de la chaleur; on arrive graduellement à 30-35° en multipliant les retournages, puis à 50°, température que l'on maintient jusqu'à ce que le grain paraisse sec à la main.

On pousse alors la température jusqu'au point fixé, 80 ou 100°, en continuant les pelletages; on arrête l'accès de l'air et on maintient le malt trois ou quatre heures à cette température pour développer l'arôme. La durée totale de l'opération est d'environ quarant-huit heures.

Le malt sortant de la touraille est *dégermé*; l'opération se fait facilement en faisant passer le malt dans un tambour formé d'une tôle perforée ou d'une toile métallique. A l'inté-

rieur de ce tambour tourne à une assez grande vitesse un battant qui entraîne le malt. L'agitation et la friction déterminent l'arrachage des radicelles, sèches et rigides, elles passent à travers les trous du tambour et sont éliminées.

Le dégermage doit suivre de très près le touraillage, sans quoi les radicelles reprennent rapidement de l'humidité et se séparent beaucoup plus difficilement. Lorsque le dégermage est mal exécuté, les radicelles restantes peuvent donner à la bière un mauvais goût et une coloration anormale.

Le malt séché ne doit pas renfermer plus de 5 0/0 d'eau, on le conserve soit en sacs, soit dans des silos en bois ou en maçonnerie.

Les radicelles détachées par le cylindre dégermeur sont vendues pour la nourriture des animaux sous le nom de *touraillon*.

Pour l'obtention de bières très foncées, la coloration fournie par le malt foncé ordinaire est insuffisante ; pour la renforcer, on prépare des malts spéciaux, dits *malts noirs* ou *malts caramels*, en chauffant du malt à demi desséché, progressivement, dans une sorte de torrificateur ressemblant aux appareils à griller le café, une température variable avec la coloration et l'arôme à obtenir, et pouvant atteindre 200°. Ces malts ont un pouvoir colorant considérable.

Le rendement moyen de l'orge est de 75 à 80 kilogrammes de malt pour 100 kilogrammes d'orge, ce rendement varie avec la nature du malt et la conduite de l'opération.

Brassage. — L'opération du brassage consiste à produire un moût sucré par transformation de l'amidon provenant du malt, associé ou non à d'autres grains en maltose. Cette transformation s'accomplit à l'aide de l'*amylase* ou diastase du malt.

Le malt est d'abord concassé, puis empâté ; ensuite a lieu la saccharification proprement dite suivie du soutirage du moût et du lavage de la drêche.

Le *concassage* se fait à l'aide de moulins spéciaux à deux ou à quatre cylindres ; il a pour but de briser l'amande et de mettre l'amidon à nu, de façon à en favoriser l'attaque par la diastase.

Bien que la saccharification se passe d'autant plus facilement que la farine est plus fine, on est obligé, pour avoir une filtration facile, de se contenter d'une mouture moyenne, en respectant le plus possible les enveloppes qui doivent être déchirées, mais non pulvérisées. Ceci a surtout une grande importance lorsque l'on travaille à l'aide de la cuve-matière, où ce sont les débris d'enveloppes qui forment masse filtrante et empêchent la farine de passer.

Les prix du malt augmentant de plus en plus, on tend à renoncer aux anciens systèmes de filtration sur faux-fond et à moudre plus fin pour avoir le rendement maximum. La filtration se fait alors à l'aide de filtres-presses ou analogues.

L'empâtage a pour objet le mélange intime de l'eau avec la farine de malt. L'opération se fait soit dans un malaxeur spécial ou hydrateur, soit directement par agitation dans la cuve-matière qui, comme nous allons le voir, permet à elle seule de réaliser toutes les opérations du brassage. La température à laquelle se fait l'empâtage a une grande influence sur les résultats du brassage et dépend du mode suivi.

Il existe de nombreuses méthodes de brassage, mais elles peuvent se ramener à trois types principaux :

1^o Le *brassage par infusion*, dans lequel on produit l'élévation de température par des additions graduelles d'eau chaude ;

2^o Le *brassage par décoction*, où l'élévation de température est produite en portant à l'ébullition une partie de la trempé qu'on ramène dans la cuve pour en produire l'échauffement ;

3^o Le *brassage à moult trouble*, ou *méthode mixte*.

Le travail avec addition de grain au malt vient encore compliquer et augmenter le nombre de ces méthodes, qui, en fait, ne présentent pas de différences bien intéressantes ; aussi, après description sommaire du matériel, nous nous contenterons d'indiquer quelques méthodes à titre d'exemples.

La cuve-matière est l'appareil le plus ancien et le moins coûteux, en ce sens qu'à lui seul il permet d'opérer l'hydratation, le brassage et souvent la filtration. Elle est constituée par une cuve en tôle, doublée extérieurement de bois pour en prévenir le refroidissement, et munie d'un serpentín réchauf-

feur appliqué le long des parois. On y adapte un dispositif de malaxage très puissant fermé par un arbre vertical portant des palettes inclinées en sens inverse, ou des dispositifs plus compliqués, connus sous le nom de *vagueurs*.

Lorsque la cuve doit servir à la filtration, elle présente un faux-fond perforé.

Si l'on dispose d'appareils spéciaux pour la filtration, l'opération du brassage peut se faire dans un *macérateur*. Cet

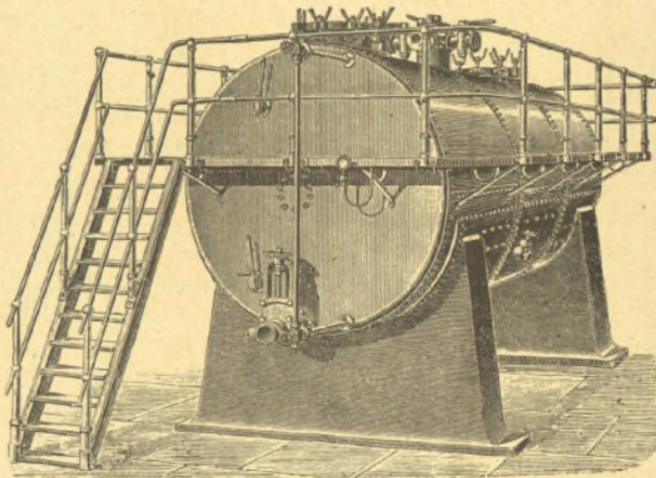


FIG. 91. — Macérateur.

appareil se compose d'un corps cylindrique en tôle d'acier (*fig. 91*) construit de façon à pouvoir résister à la pression de 4 à 5 kilogrammes et présentant des agitateurs verticaux ou horizontaux, suivant les constructeurs, mais donnant une agitation très énergique. Le chauffage a lieu par double fond.

Ces appareils permettent de réaliser le brassage à toute température, et au besoin la cuisson des grains sous pression pour les ajouter au malt. Ils peuvent en outre servir à la cuisson du moût houblonné.

Lorsque l'on veut employer la cuve-matière pour le travail

avec grains, on est obligé de se servir d'un *cuisseur*, analogue à ceux employés en distillerie de grains.

Enfin, dans les procédés de brassage par décoction ou mixtes, on utilise surtout les *chaudières à trempe*.

Ces chaudières sont construites en cuivre ou en tôle d'acier, elles sont généralement cylindriques, recouvertes d'un dôme avec cheminées d'appel pour entraîner les vapeurs. Dans certains modèles, la cheminée est remplacée par un couvercle d'autoclave et l'appareil permet le chauffage sous pression.

Les chaudières à trempe sont chauffées soit à feu nu soit par la vapeur au moyen de serpents ou de double fond, elles doivent amener le liquide rapidement à l'ébullition. Comme les masses à cuire sont généralement pâteuses, les chaudières sont munies d'agitateurs puissants, à palettes rasant le fond, pour éviter toute adhérence au dépôt.

Les appareils de filtration, sont *la cuve à filtrer* à double fond percé de trous et les filtres spéciaux genre *filtres-presses*.

L'emploi de la cuve à filtrer demande une certaine habitude et nécessite l'emploi d'un malt grossièrement moulu, souvent au détriment du rendement. On dispose dans ces cuves des agitateurs spéciaux, dits *piocheurs*, qui divisent la masse au moment du lavage de la drêche en sorte d'en faciliter l'épuisement.

Les filtres à moûts sont de véritables filtres-presses (voir p. 79) avec quelques modifications secondaires pour en faciliter la manœuvre. Leur emploi se répand de plus en plus, elles permettent d'obtenir un rendement maximum, grâce à la mouture du malt qui peut être très fine ; le lavage de la drêche se fait vite et parfaitement et la manœuvre en est très simple.

Brassage par infusion et par cuve-matière. — Le malt est empâté (malaxé) avec de l'eau à 60° environ de façon à former une bouillie épaisse (environ 150 litres d'eau par 100 kilogrammes de malt), on vague pour mélanger parfaitement et on abandonne quinze à vingt minutes au repos. On fait alors une première trempe, en introduisant par le faux fond de l'eau

à 80°, doucement de façon à ne pas dépasser la température de 65°, l'agitateur étant remis en mouvement avant de commencer la trempe. On agite encore un quart d'heure, puis on arrête l'agitateur, laisse dépasser une heure et soutire par le faux-fond. Le moût obtenu est envoyé dans la chaudière à cuire.

On refait alors une deuxième trempe avec de l'eau à 75° en agitant énergiquement, on abandonne une heure et on envoie la deuxième trempe se mélanger à la première dans la chaudière à houblonner, où s'achève la saccharification.

La drêche est lavée sur le double fond jusqu'à épuisement, les eaux de lavage sont rentrées dans le travail.

On peut ne faire qu'une trempe : on empâte très épais à une température de 40-45° et en agitant vigoureusement, on fait arriver doucement de l'eau presque bouillante, à 95°, de façon à atteindre progressivement la température de 72 à 75°. On malaxe un moment, on laisse déposer, on soutire et on lave la drêche restante.

Les méthodes de brassage par infusion sont surtout employées dans le Nord de la France et de l'Allemagne, la Belgique et l'Angleterre.

Pendant la période d'empâtage, la diastase se dissout et entre en contact avec l'amidon du grain à mesure que la température s'élève, l'action de la diastase augmente de plus en plus et devient très énergique vers 60-65°.

La méthode à une trempe permet de conduire l'opération suivant nature du malt et résultat à obtenir. Si, par exemple, le malt est bien désagrégé et fortement diastasé, en élevant la température à 65°, on aura la proportion voulue de maltose et de dextrines. Une élévation lente de la température, avec un tel malt très diastasique, aurait au contraire produit une quantité trop abondante de maltose et peu de dextrines, par suite du long séjour au-dessous de 65° : on n'aurait obtenu qu'une bière plate et sèche, quoique riche en alcool.

Brassage par décoction. — Dans la méthode bavaroise, l'empâtage se fait à froid, à raison de 250 litres d'eau par

100 kilogrammes de malt. On vague et on ajoute de l'eau chaude pour arriver à 35-40°. L'agitateur étant toujours en mouvement, on envoie à l'aide d'une pompe un tiers environ du moût pâteux de la chaudière à trempe ; on la chauffe progressivement en agitant de manière à arriver à l'ébullition en une heure et demie environ. On fait bouillir vingt à trente minutes et on ramène la masse bouillante dans la cuve-matière, l'agitateur étant en mouvement.

La température monte alors à 50° ; on fait un nouveau prélèvement du tiers, toujours sans interrompre l'agitation, on le porte doucement à l'ébullition et on le rentre comme précédemment.

La température montée à 65° environ, on arrête l'agitateur, on laisse déposer et on prélève une troisième trempe dite *trempe claire* ; on la chauffe et la rentre comme précédemment en agitant. Elle élève la température à 72-75°, on vague un moment et laisse déposer.

Le brassage est terminé ; il n'y a plus qu'à soutirer le moût et à laver la drêche comme dans l'exemple précédent.

La méthode abrégée de Vindish est une variante de la méthode bavaroise, elle a l'avantage d'être plus rapide. L'empâtage, très épais, se fait à une température de 62° ; on prélève une trempe que l'on porte rapidement à l'ébullition que l'on maintient cinq à dix minutes, on la rentre dans la cuve où la température monte à 70°, puis on abandonne la cuve à cette température, très favorable à la saccharification, pendant une heure. On refait une deuxième trempe que l'on laisse bouillir cinq minutes et que l'on rentre dans la cuve où elle amène la température à 75°. On abandonne quelques instants et l'opération est terminée ; elle s'effectue en deux heures, au lieu de cinq dans la méthode bavaroise.

Les méthodes de décoction sont très employées dans l'Allemagne du Nord, l'Autriche et un peu en France, notamment pour la production de la bière de fermentation basse.

La méthode bavaroise fut surtout intéressante autrefois, lorsque la fabrication du malt était encore mal connue. Les produits étaient souvent peu actifs, surtout avec les malts foncés,

et en laissant stationner chaque trempe vers 65°, on obtenait d'autant plus de maltose qu'on maintenait longtemps cette température.

Aujourd'hui, au contraire, les malts sont très diastasiques, il y a toujours une forte proportion d'amidon, transformé en maltose et l'ancienne méthode bavaroise est remplacée de plus en plus par la méthode abrégée de Windisch, plus économique, et où la température rapidement élevée à 60° permet de fabriquer des bières suffisamment riches en dextroses et bien moelleuses.

Brassage mixte. — Dans la *méthode lilloise*, généralement employée dans le Nord de la France, on empâte à froid. On envoie de l'eau à 80° en agitant de manière à amener la température de la masse à 50°. On soutire une trempe ou *masse* que l'on envoie dans la chaudière à trempe. Pendant qu'elle chauffe, on fait arriver sur le reste du bassin une infusion d'eau à 90° dite *trempe de saccharification*, de manière à amener la température à 70°. On laisse reposer un moment, on soutire et envoie à la chaudière à houblonner.

La trempe arrivée à l'ébullition est versée sur les drèches, en faisant fonctionner l'agitateur ; elle dissout les dernières traces d'amidon. On laisse déposer, décante et l'envoie rejoindre la première portion dans la chaudière à houblonner.

Dans la *brassage avec grains crus* le grain moulu est cuit dans un macérateur avec quatre fois son poids d'eau et un peu de malt, pour favoriser la liquéfaction de l'empois. On chauffe à 85°, température de formation de l'empois, on maintient cette température une heure, puis on ajoute de l'eau de façon à ramener la température à 40-45° et on introduit en malaxant la farine de malt empâtée. On ajoute de l'eau chaude et on continue comme dans la méthode de travail ordinaire par empâtage.

On peut remplacer le macérateur par un cuiseur et une cuve-matière. On peut cuire les grains concassés à 100° à l'air libre ; mais, pour les grains non moulus, il est recommandable de chauffer sous pression, en fermant le macérateur.

Dans les méthodes par décoction, on ajoute le grain cru dans la chaudière à l'arrivée de la première trempe. On chauffe lentement en agitant et on reste un bon moment à la température de 70-75° de façon à favoriser la transformation en empois et la saccharification et on continue comme dans le travail ordinaire.

L'emploi du riz permet de produire des bières très pâles ; toutefois, si l'on veut obtenir des produits de choix, il est préférable de ne pas abuser de ces produits et de ne pas dépasser le maximum de 15 à 20 0/0 du poids du malt.

Les résidus restant sur les faux fonds des appareils de filtration ou sur les toiles des filtres après extraction des moûts et lavage sont une excellente nourriture pour le bétail ; 100 kilogrammes de malt donnent 120 à 150 kilogrammes de drèches.

Cuisson et houblonnage. — Le moût est envoyé dans des chaudières spéciales à houblonner, analogues aux chaudières à trempe, mais sans agitateur. L'opération peut même se faire dans les chaudières à trempe. Les appareils sont chauffés à feu nu, ou mieux à la vapeur.

On chauffe doucement au début jusqu'à l'ébullition, qu'on maintient assez vive. Les matières albuminoïdes se coagulent et

se précipitent sous forme de flocons qui grossissent à mesure que l'opération s'avance, en entraînant beaucoup d'impuretés ; la précipitation est complète lorsqu'en examinant un échantillon, on voit le liquide surnager parfaitement clair ; c'est le phénomène de la *cassure* ou *tranché*.

Si elle se produisait mal, la bière resterait trouble, si l'on

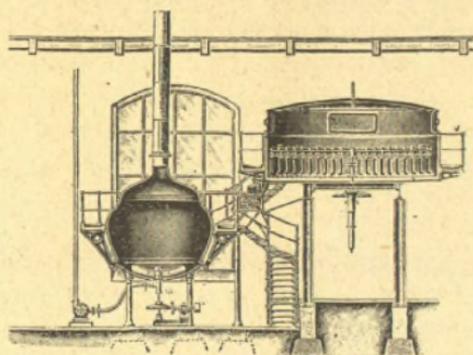


FIG. 92. — Cuve-matière et chaudière à trempe.

n'aidait à la formation du précipité en aérant la masse ou en y ajoutant un peu de houblon ou de tannin.

La cassure étant produite, on procède au houblonnage, en introduisant le houblon dans le moût à l'ébullition en deux ou trois fois.

On n'est pas absolument fixé sur le moment opportun pour effectuer le houblonnage ; la dissolution des principes du houblon demande un certain temps, variable avec les différents corps considérés : ainsi la dissolution des huiles essentielles est très rapide, celle des résines molles très aromatiques demande un peu plus de temps, enfin celle des résines solides est très longue. Si on prolonge trop longtemps l'épuisement à l'ébullition, il y a destruction d'une grande partie du parfum, les huiles se volatilisent en partie, les résines molles se polymérisent et durcissent.

On se sert quelquefois d'appareils spéciaux dits *extracteurs*, pour extraire les parfums du houblon ; leur emploi est très recommandable dans les grandes brasseries.

Généralement on sacrifie les résines dures, et on ajoute le houblon : une partie une demi-heure à une heure après la casse et le reste un quart d'heure avant la fin de l'opération. Le premier houblonnage apporte surtout les résines et le tanin, le deuxième les huiles essentielles. Enfin, lorsque l'on veut obtenir des bières très parfumées, on ajoute quelques cônes de houblon aussitôt l'arrêt de l'ébullition, avant la filtration, sur panier à houblon.

La dose de houblon à employer dépend de beaucoup de facteurs ; qualité du houblon, façon de l'employer, goût des consommateurs et type de bière à produire. La quantité à employer varie de 200 à 500 grammes de cônes secs par hectolitre de moût. Les bières genre Munich contiennent peu de houblon, les bières de Pilsen, les bières du Nord en contiennent au contraire de fortes proportions. Le houblon a une action très nette sur la conservation de la bière, et on houblonne plus fortement les bières faibles de conservation difficile.

Les moûts houblonnés sont envoyés dans des baes spéciaux où commence le refroidissement et où se rassemble le dépôt. A

L'arrivée du tuyau dans le bac, on interpose généralement un panier à double fond, les deux fonds sont percés et le supérieur est mobile. Les débris de cônes se rassemblent sur cette sorte de tamis et sont facilement éliminés.

On laisse le jus séjourner dans les bacs jusqu'à ce que la température tombe à 60° ; pendant toute cette période il n'y a que peu de chances de contamination en raison de la haute température du liquide. On décante le moût clair et on l'envoie dans des réfrigérants parcourus par un courant d'eau refroidie au besoin avec de la glace pour le refroidir énergiquement et l'amener à la température de fermentation, c'est-à-dire 4 à 5° pour la fermentation basse et à 12 à 16° pour les fermentations hautes.

Pendant son séjour dans le bac et le passage au réfrigérant, le moût s'oxyde légèrement et s'aère, ce qui facilite beaucoup la fermentation et la clarification.

On a proposé, pour diminuer les chances de contamination, l'emploi de bacs fermés dans lesquels on injecte un courant d'air filtré pour provoquer l'aération ; on peut aussi dans le même but de terminer le refroidissement à l'aide d'un réfrigérant fermé à l'abri de l'air. Ces appareils sont assez peu répandus ; le réglage du courant d'air dans le bac est assez délicat, une oxydation trop forte produirait une destruction partielle du parfum du houblon ; de plus, les appareils, notamment le réfrigérant fermé, sont très difficiles à nettoyer.

Généralement, on se contente de bacs ouverts et de réfrigérants à circulation combinées d'eau fraîche et de moûts de chaque côté d'une même paroi métallique, un des liquides étant étalé à l'air : ils sont d'un nettoyage facile. On place ces appareils dans une salle éloignée des poussières, et au besoin on y refoule à l'aide d'un ventilateur de l'air prélevé à l'extérieur, et filtré sur un filtre spécial en coton, pour arrêter les poussières.

Le dépôt des cuves de refroidissement est filtré sur des chonnes ou mieux sur filtres-presses spéciaux, et les bacs et les appareils de filtration sont vidés et nettoyés parfaitement après chaque opération.

Fermentation. — Cette opération se fait en deux phases :

1^o La *fermentation principale* ou tumultueuse ; 2^o la *fermentation secondaire* ou complémentaire.

Cette dernière a pour but la transformation des derniers produits fermentescibles en alcool et elle s'effectue dans les fûts ou les foudres de cave de garde.

Suivant les espèces de levures employées, on distingue :

La *fermentation haute*, qui s'effectue au moyen des levures du même nom, et à la température relativement élevée de 12 à 18°. La fermentation est très énergique, de courte durée, et la plus grande partie de la levure remonte à la surface entraînée par le bouillonnement.

La *fermentation basse* utilise les levures basses et se fait à la température de 5 à 8° pour la fermentation principale. La levure se multiplie lentement et reste au fond des cuves, l'opération dure dix à vingt jours. Au microscope, les levures hautes se présentent sous forme de chapelets branchus formés par plusieurs cellules ; les levures basses, au contraire, sont formées de cellules isolées ou réunies par deux.

On désigne sous le nom d'*atténuation* la proportion pour cent d'extrait fermenté sous l'action de la levure. On distingue l'*atténuation finale* obtenue au moment de la livraison de la bière, et l'*atténuation limite* obtenue au moment où le pourcentage d'extrait ne change plus.

Une bière présentant de grandes différences entre son atténuation finale et son atténuation limite se conserve mal, et est très sujette aux maladies. Arrivée chez le client, elle peut se troubler et fermenter, surtout si elle a subi de grandes variations de température. Il est facile, à l'aide de densimètres, de déterminer l'atténuation finale avant l'expédition. Pour l'atténuation limite, on recourt au¹ procédé suivant :

On met la bière à examiner dans des bouteilles, on y ajoute 1 à 2 0/0 de levure et on conserve les bouteilles deux à trois jours, exposées à 25-30°. Au bout de cette période, l'atténuation limite est atteinte et sensiblement la même que celle obtenue dans les conditions normales de conservation de la bière par un séjour beaucoup plus prolongé.

Fermentation basse. — On utilise pour l'ensemencement des moûts de levains de levure de brasserie provenant d'une opération précédente ou des levains de levure pure, qu'il faut fabriquer à l'aide de la petite quantité de levure donnée au laboratoire.

On délaye 1 kilogramme de cette levure dans un baquet parfaitement propre et stérilisé, avec 1 hectolitre de moût également stérilisé. Quand la fermentation est en pleine marche on culbute le baquet dans une cuve contenant 2 à 3 hectolitres de moût à 6°, après le départ de la fermentation, on ajoute 2 hectolitres, on laisse la fermentation tomber et on recueille la levure qui servira à ensemercer une cuve de 10 à 12 hectolitres à moitié pleine de moût, on la remplit lorsque la fermentation est bien partie et on récolte assez de levure pour produire la fermentation d'une grande cuve.

La *mise en fermentation* consiste à prélever la quantité de levure nécessaire, à la déployer dans de l'eau en agitant vigoureusement pour déterminer l'aération favorable à la multiplication des cellules de levures, et à la projeter dans les cuves de fermentation avec le moût à la température fixée, soit 4 à 6° en fermentation basse.

La dose de levure à employer est de 300 à 400 grammes par hectolitre de moût ; une plus grande quantité de levure n'active pas la fermentation ; la rapidité de fermentation est plutôt fonction de l'énergie de la levure.

Quinze à vingt heures après l'ensemencement, on voit apparaître les premières mousses, sous forme d'une couronne attachée aux parois de la cuve. La mousse ou *krausen* s'épaissit de plus en plus et la masse se met à bouillonner. On suit la marche de l'opération comme en distillerie au moyen d'un densimètre ou d'un saccharomètre ; celui-ci doit descendre de 1 à 2° par vingt-quatre heures.

Si la température du liquide en fermentation s'élève et menace de dépasser les limites fixées, malgré la basse température de la salle, on refroidit au moyen de réfrigérants ou de nageurs (récipients remplis de glace).

La rapidité de la fermentation dépend beaucoup de la

température ; pour les bières de Munich, la fermentation se fait à une température de 9 à 10° et la durée de l'opération est de six à huit jours pour les bières pâles, genre Pilsen et autres, où la température de fermentation n'est que de 7 à 8° ; elle nécessite quinze à vingt jours.

La fin de la fermentation est annoncée par un ralentissement considérable dans le dégagement des bulles ; la chute de densité n'est plus que de 1 à 2 dixièmes de degré par jour et on voit les mousses tomber. Si on prélève un échantillon dans un verre, on voit la levure se déposer rapidement et la bière apparaitre claire ; c'est le phénomène connu sous le nom de *cassure*. S'il y a eu des fautes de commises, le dépôt peut ne pas se faire très nettement et il est préférable, pour juger de la fin de l'opération, de se guider sur les chutes de densité. Quand elle n'est plus que de deux dixièmes par vingt-quatre heures, la fermentation principale est terminée et il faut se hâter d'envoyer la bière dans les foudres de garde ; ce transvasement porte le nom de *travassage*.

On arrête le soutirage lorsque l'on arrive au niveau de la couche de levure, que l'on recueille à part et qui peut servir pour une nouvelle opération.

Dans les foudres de garde, la fermentation activée par l'aération due au soutirage s'achève lentement, car la température de la cave de garde est maintenue à 4 ou 5° ; les mousses et les débris de résine sont rejetés par le trou de la bonde. Peu à peu la fermentation tombe et le liquide s'éclaircit.

Lorsque l'on veut obtenir des bières très mousseuses, on bondonne pendant quelque temps les foudres, à l'aide de bondes à soupape spéciale, de façon à avoir une pression de 0atm,2 à 0atm,4. Cela favorise la dissolution de l'acide carbonique dans la bière.

Les bières fines sont d'ordinaire clarifiées par passage dans des filtres à bière spéciaux, de façon à donner une bière parfaitement limpide.

La filtration se fait généralement au moment de la mise en fûts ou en bouteilles, on interpose alors le filtre entre les foudres de la cave de garde et l'appareil à remplir les fûts ou

les bouteilles, on donne la pression sur le foudre au moyen d'acide carbonique comprimé.

La bière chargée d'acide carbonique a une grande tendance à mousser et lorsque l'on a pratiqué le bondonnage, il serait impossible de remplir les fûts ou les bouteilles sans l'emploi

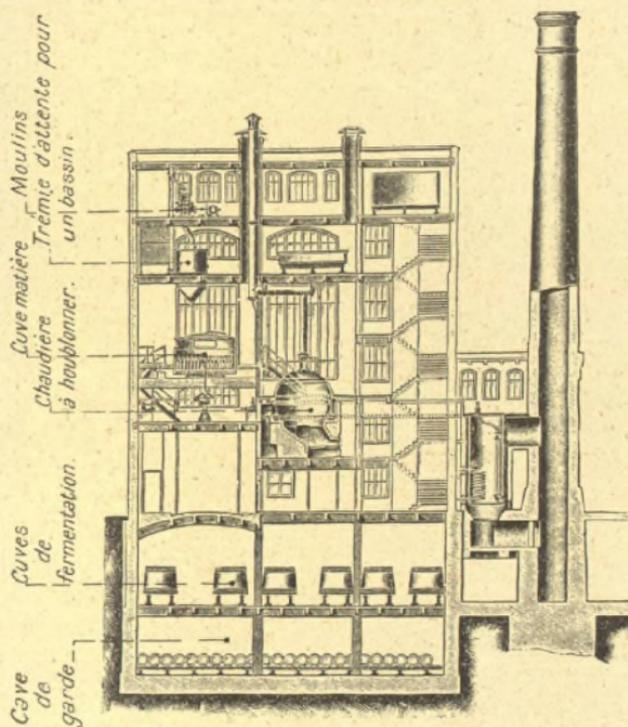


FIG. 93. — Schéma des installations d'une brasserie.

d'appareils spéciaux. Le principe de ces appareils, dits isobariométriques, consiste à maintenir dans le récipient à remplir une pression égale à celle existant dans le foudre, de façon à empêcher l'acide carbonique de se dégager. Il existe de nombreux modèles de ces appareils, pour les fûts et le remplissage des bouteilles.

Fermentation haute. — Cette fabrication s'effectue beaucoup plus simplement que celle par fermentation basse et avec un matériel beaucoup plus rudimentaire. La fermentation peut se faire soit dans les fûts mêmes d'expédition, soit dans des cuves.

Dans la fermentation en fûts, la mise en levain se fait dans une cuve spéciale dite *cuve guilloire*, et, quand elle est en pleine activité, on entonne dans les fûts. La dose de levure employée est de 200 à 300 grammes par hectolitre et la température de mise en levain de 15°.

Les fûts sont disposés en ligne sur des madriers en bois au-dessous desquels sont disposés des sortes d'augets en bois ou en pierre. Sous l'influence de la fermentation, les bulles se dégagent, les mousses débordent par le trou de bonde, s'écoulent le long des parois des fûts et tombent dans la cuvette placée en dessous, ou *menelle*.

Quand la fermentation diminue d'intensité, on recueille le liquide des menettes en le décantant et on l'ajoute dans les fûts pour les maintenir pleins et faciliter l'élimination de la levure. Il est évident que les fûts doivent être parfaitement propres extérieurement, ce qu'il est assez difficile d'obtenir avec des fûts d'expédition, même par des lavages soigneux effectués mécaniquement. Aussi est-il recommandable d'avoir des fûts spéciaux pour faire la fermentation et de transvaser ensuite ; on peut alors faire usage de fûts plus grands et ceux de 5 à 6 hectolitres de capacité sont très recommandables.

L'opération doit se faire dans une cave fraîche, de façon à empêcher le plus possible la température de s'élever au-dessus de 25°, sous peine de n'obtenir que des bières sans arôme et sans mousse.

L'emploi de cuves de fermentations permet de faire usage de réfrigérant et d'être maître de la température, ce qui permet d'obtenir des bières plus fines. On fait comme précédemment la mise en levain de 12 à 15°, sept à huit heures après on voit apparaître les premières mousses. Celles-ci deviennent de plus en plus épaisses, puis leur couleur blanche passe au jaune, c'est le moment de la *montée de la levure*. On en recueille une

certaine quantité pour la confection des levains suivants.

Au bout de deux à trois jours, la fermentation est terminée, on met en fûts que l'on abandonne un moment à la cave pour permettre à la fermentation complémentaire de se terminer.

Il existe de nombreuses méthodes de fermentation, tenant le milieu entre les fermentations basses et les fermentations hautes, et donnant des bières intermédiaires. Différents procédés permettent de produire des bières fines se rapprochant de celles obtenues par fermentation basse, mais beaucoup plus rapidement, en utilisant des appareils spéciaux et des levures particulières.

Les bières de fermentation haute sont généralement clarifiées par collage, opération plus facile à effectuer que la filtration. On se sert de colle de poisson ou à défaut de gélatine animale, bien pure et exempte de toute odeur. On fait tremper les gélatines une nuit dans l'eau froide ou douce et on les délaye ensuite en chauffant légèrement et en ajoutant un quart de leur poids d'acide tartrique. On introduit un peu de cette gelée dans le fût, par l'ouverture de la bonde, on rebouche et on agite énergiquement en tous sens ; au bout de quarante-huit heures le dépôt est rassemblé au fond et on permet le soutirage. La dose à employer est de 5 à 10 grammes de gélatine sèche par hectolitre de bière. Souvent le collage est fait dans le fût d'expédition même et dans ce cas le consommateur doit la laisser reposer au moins vingt-quatre heures après la mise en cave.

Les fûts et les bouteilles employés pour le logement de la bière doivent être l'objet de soins particuliers de la part du brasseur. Ils doivent être parfaitement lavés et égouttés intérieurement et extérieurement. Au bout d'un certain temps, le bois devient poreux et il devient très difficile de les désinfecter complètement. On utilise différents antiseptiques ; les plus recommandables paraissent être le permanganate à la dose de 1 0/0 et le formol ; après ce traitement, les fûts sont parfaitement rincés. Mais le moyen le plus certain est le goudronnage inférieur du fût, avec de la paraffine ou une poix spéciale.



CHAPITRE XII

VINIFICATION ET CIDRERIE

Le Vin

Nous dirons de ces spécialités ce que nous avons dit pour la boulangerie : ce ne sont pas encore généralement des industries, mais on peut prévoir le moment où les anciens arts seront tout à fait industrialisés, et déjà existent de véritables « vineries » usine, des chais possédant appareillage et laboratoires analogues à ceux des établissements de la grande industrie.

Le vin est obtenu par fermentation du suc extrait des raisins sous l'influence de la pression. Cette fermentation est absolument identique à celle que nous avons étudiée en distillerie, et il est inutile de revenir sur ce que nous exposons à ce propos sur la vie des levures et le mécanisme de la transformation du sucre en alcool. Tout se passe en vinification comme en distillation, à ces différences près que la préparation du moût est généralement plus simple et qu'on ne sépare pas l'alcool du liquide après fermentation.

Préparation des moûts de raisins. — Les grappes mûres du raisin cueillies joyeusement dans les vignes par les vendangeuses aux mains armées de ciseaux sont transportées au pressoir. La masse se compose des rafles (2 à 4 0/0 du poids total), c'est-à-dire des tigelles auxquelles sont attachés les grains; des peaux (6 à 10 0/0), des pépins (2 à 5 0/0) et enfin de la pulpe (87 à 89 0/0) formée surtout d'une solution aqueuse de sucre (glucose) avec un peu de sels et de matières diverses. Le suc extrait de cette pulpe contient en moyenne 120 à 250 grammes de glucose par litre, 0^{sr},40 à 0^{sr},70 de tartrate de potasse, 0^{sr},20 à 0^{sr},60 d'acides tartriques, maliques et quantité d'autres substances en plus faibles proportions. Cette composition varie

d'une année à l'autre, d'un cépage au cépage d'à côté et d'un pays aux pays voisins ; c'est ce qui produit les différences notables entre les vins d'origines diverses : selon que le raisin contient plus ou moins de sucre, le vin contiendra plus ou moins d'alcool. Quant aux autres substances, elles agissent non point seulement en modifiant directement le goût du liquide, mais en influençant le développement des levures qui fabriqueront des produits différents selon qu'elles trouvent des aliments de telle ou telle espèce.

Ceci explique l'importance du choix des vignes, de leur exposition, de leur culture, sur la qualité des vins obtenus. Nous allons voir que le soin apporté à la vinification n'importe pas moins.

Le *foulage* consiste à écraser les grains de raisin pour mettre la pulpe en liberté. On le faisait autrefois en piétinant les grappes, ce qui était insuffisant et malpropre ; maintenant, on foule en faisant passer la

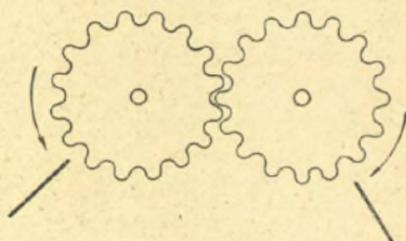


FIG. 94. — Coupe d'un fouloir à cylindres cannelés.

masse entre deux cylindres cannelés (fig. 94). Dans certains pays, les rafles sont considérées comme donnant un mauvais goût au vin, on les sépare soit en tamisant sur une claie, soit mieux en faisant passer dans une auge à paroi perforée où tourne un arbre à palette : les grains sortent par les trous tandis que les rafles sont entraînées latéralement par les palettes hélicoïdales (fig. 95).

Quand on veut préparer du vin rouge, c'est la masse foulée entière qui est soumise à la fermentation au cours de laquelle les matières colorantes des peaux pourront se dissoudre. Mais, dans la vinification en blanc, le mélange foulé est pressé pour séparer du suc les peaux et les pépins. Ces pressoirs sont formés d'une plate-forme sur laquelle on place des couches de masse foulées sur des claies en bois superposées. La pile est recouverte d'un solide plateau qu'on peut enfoncer à l'aide d'une vis cen-

trale. Les petits pressoirs sont à vis traversant les claies et portant un écran que l'on tourne ; les modèles industriels sont souvent à montants portant un sommier supérieur d'où descend la vis d'un écrou fixe (*fig. 96*). Dans certains modèles récents analogues à celui reproduit ci-dessus, les claies sont portées par des plateaux-chariots roulant, en sorte qu'on puisse préparer l'un tandis que l'autre est dans la période, toujours assez longue, de pressurage.

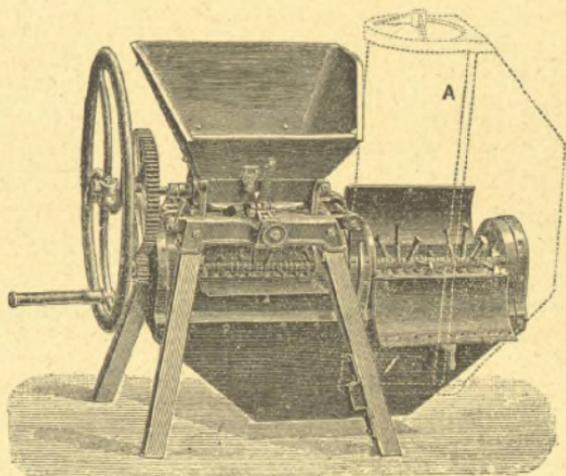


FIG. 95. — Fouloir-égrappoir.

On substitue parfois aux pressoirs des extracteurs à marche continue composés d'un tronc de cône en forte tôle perforée, dans l'axe duquel tourne un arbre portant une hélice : la masse foulée est introduite côté large par une trémie et l'hélice l'entraîne côté resserré, ce qui pressure le tout et oblige le suc à s'écouler par les perforations de la paroi.

Il existe encore quelques installations — à la vérité plutôt rares — d'un autre mode de préparation des moûts clairs. C'est l'extraction par diffusion, analogue en principe à celle usitée en sucrerie (voir p. 70), mais qui se fait avec un appareillage bien plus simple : une batterie de vases ouverts en haut (bacs carrés en ciment ou futailles de bois) et en opérant à froid.

Les *marcs de vendange*, résiduels de l'extraction du sucre, peuvent être additionnés d'eau pour préparer des vins de seconde cuvée, de qualité forcément très médiocre. On s'en sert parfois aussi pour préparer des provendes dont les bestiaux sont en général peu friands, comme engrais...

Autrefois, le moût de raisin était abandonné tel que à la fer-

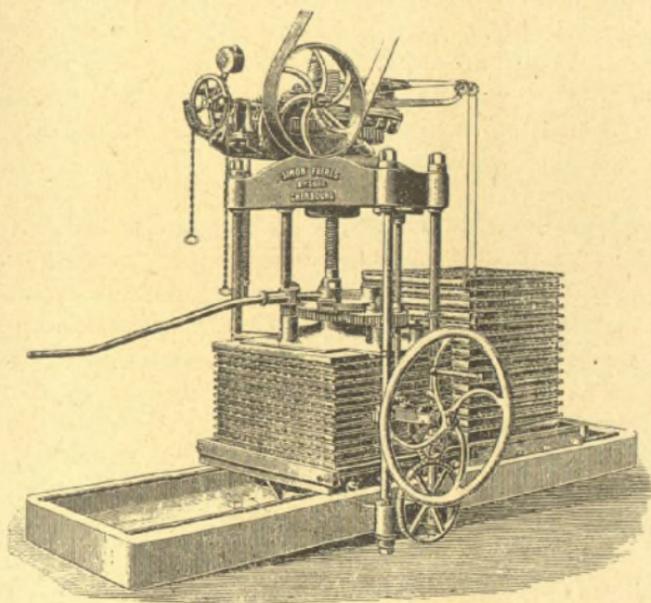


FIG. 96. — Pressoir moderne à grande production.

mentation spontanée, des cellules de levure existant toujours dans le liquide. Maintenant, on fait souvent subir au liquide divers traitements : on peut y ajouter du *sucre*, pour en élever le degré alcoolique, ce qui se fait surtout, outre le cas des vins de liqueur, pour les produits de seconde cuvée, et qui est légalement défendu pour préparer le vin véritable. On peut y ajouter aussi de l'*alcool* : c'est le vinage. Pour augmenter l'acidité des moûts de raisins trop mûrs, on peut ajouter un peu de *plâtre* qui décompose le bitartrate de potasse, ou plutôt un peu d'*acide tartrique* (ce qu'on fait le plus souvent à raison de 50 à 200

grammes par hectolitre), ou encore du *phosphale d'ammoniaque*. Parfois aussi on ajoute aux moûts trop doux un peu d'acide tartrique. Une pratique tendant maintenant à se répandre beaucoup, est l'addition d'anhydride sulfureux, employé à l'état liquide, sous forte compression et dosé alors par un appareil spécial (sulfitomètre) ; ou à l'état salin de métabisulfite de potasse. Le gaz sulfureux et les sulfites employés à fortes doses arrêtent totalement tout développement des levures et permettent de conserver indéfiniment le moût ; employés à faibles doses, ils empêchent la prolifération des seuls ferments nuisibles qui contrarient l'action des bonnes levures. Mais ceci nous mène à l'étude de la fermentation.

Fermentation des moûts. — On désigne sous le nom de cuvege la fermentation en rouge de la masse des raisins foulés sans séparation du suc d'avec peaux et pépins. Ces cuves sont en bois, parfois en ciment armé ou en glaces maintenues par des armatures métalliques. Elles contiennent de 100 à 150 hectolitres et sont emplies aux trois cinquièmes de leur hauteur. Peu après l'emplissage, les levures commencent à proliférer en produisant de l'alcool et du gaz carbonique dont les bulles se dégageant soulèvent peaux et rafles en un « chapeau » flottant (parfois on place dans les cuves des claies pour que le chapeau reste immergé).

Lorsque cesse le dégagement d'acide carbonique, la fermentation est terminée : cela dure de deux à huit jours selon les contrées, la rapidité étant d'autant moindre que s'élève plus la température. La fermentation en effet se fait avec dégagement de chaleur et, surtout dans les pays chauds, les moûts arrivent vite à 35°, ce qui est très nuisible à l'activité de la levure. Dans ce cas, force est de refroidir le liquide à l'aide de réfrigérants spéciaux.

Le vin, car cette fois notre moût primitif est transformé en vin véritable, est soutiré sitôt fait. Les résidus, s'il s'agit de vin rouge ou de vin blanc venant de raisins blancs (dans ce cas, on laisse les peaux pendant la fermentation), sont pressurés pour en extraire le liquide d'imbibition (vin de presse).

A ce mode de fermentation, extrêmement simple, on apporte parfois d'importantes modifications de détails. Ainsi, au lieu de laisser proliférer les seules levures spontanément apportées par les raisins, on peut ajouter des cultures pures de *levures sélectionnées* qui furent recueillies sur des vignobles de grands crus, et peuvent, dans une certaine mesure, produire un peu des substances qui font la valeur de ces crus. Les levures, en effet, sont de variétés différentes, chacune ayant des propriétés particulières. Toutefois, et bien que de bons résultats puissent être obtenus ainsi, le procédé ne donne souvent guère grande amélioration : 1^o parce que le bouquet du vin dépend pour beaucoup aussi de la composition des moûts, et non de la seule variété des levures ; 2^o parce que les levures naturelles concurrencent celles de la culture pure, souvent avec d'autant plus de succès qu'elles sont mieux adaptées au milieu. Pour remédier à ce dernier fait, certains viticulteurs pasteurisent les moûts par chauffage à 60°, pour gêner les levures spontanées, ou bien détruisent ces dernières par un sulfitage à outrance, nullement dangereux, le gaz sulfureux étant facilement ensuite entraîné par barbotage d'air (c'est le procédé de la vinerie Barbet, l'air agissant à l'état de vide partiel sur le liquide s'écoulant dans une colonne à plateaux genre distillerie).

Le vin contient d'abord et surtout de l'eau : 880 à 910 grammes par litre. Il contient 50 à 110 grammes d'alcool, 3 à 8 grammes de glycérine fabriquée par la levure, autant d'acide tartrique, très peu de potasse, de soude, de matières colorantes, et des traces infimes de toutes sortes de produits complexes, entre autres les alcools supérieurs et leurs éthers qui constituent le « bouquet » donnant surtout aux vins leur valeur.

Ce vin est un produit essentiellement altérable, parce qu'y vivent d'innombrables êtres microscopiques capables en se développant d'en modifier la composition et le goût : mycoderme acétique qui change le vin en vinaigre, ferments de la « tourne », du « gras » et autres véritables maladies des vins. C'est pourquoi le vin soutiré des cuves de fermentation doit subir divers traitements avant d'être mis dans le commerce. Au reste, il faut aussi en modifier la composition chimique : le débarrasser des

fins corpuscules en suspension qui le rendent trouble, enlever l'excès de tartre qui se déposerait en lies, etc....

Les vins mis en tonneau après fin de fermentation sont *soutirés* à plusieurs reprises (fin de l'automne, février ou mars, juin, puis chaque automne suivant) pour séparer le liquide clair des lies qui se déposent peu à peu et qu'on vend aux fabricants d'acide tartrique. Ceci se fait à l'aide de petites pompes portatives. La clarification est parfaite par *collage* : en ajoutant dans un hectolitre de vin deux ou trois blancs d'œuf, ou une quantité équivalente d'albumine, de caséine, de colle de poisson, et en battant fortement, on provoque la coagulation de la matière par l'acide du vin. En s'insolubilisant ainsi, les substances englobent, entraînent une infinité de matières en suspension trop menues pour se déposer spontanément. On peut remplacer le collage par une *filtration* dans un appareil à serviettes, analogue aux filtre de sucrerie (voir p. 80).

Un procédé très employé et fort efficace, c'est la pasteurisation, ou chauffage du vin à 60-70° maintenu pendant au moins

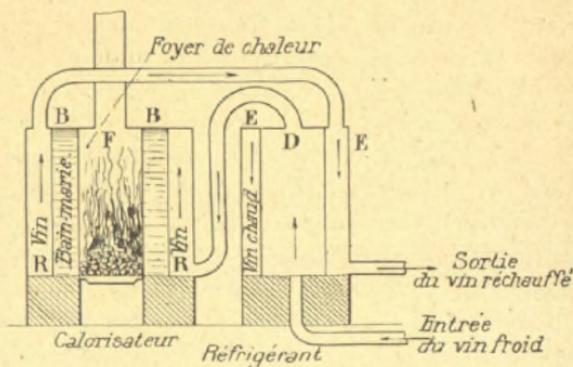


FIG. 97. — Schéma d'un pasteurisateur.

deux minutes. Cette opération, ainsi baptisée du nom de l'inventeur, l'illustre Pasteur, assure la complète destruction de tous les mauvais ferments du vin. Elle s'effectue dans des appareils de chauffage comprenant un échangeur de température où circulent en sens contraire le vin à échauffer et le vin pas-

teurisé, qui se refroidit en cédant sa chaleur au liquide arrivant (*fig. 97*) : on opère ainsi de façon relativement rapide, avec une faible dépense de chaleur.

On a proposé de substituer à la pasteurisation, la congélation des vins, mais le procédé est bien moins employé. On a proposé d'empêcher la prolifération des ferments nuisibles en ajoutant au vin des sulfites ou du gaz sulfureux : mais ces antiseptiques sont nuisibles à la santé. Aussi se borne-t-on à les employer pour le nettoyage antiseptique des fûts ce qui est indispensable à la bonne conservation du vin ; on peut d'ailleurs assurer ce nettoyage par d'autres agents antiseptiques : la vapeur d'eau, le chlore, etc.

Malgré toutes précautions prises, ou justement par suite du manque de précautions, le vin devient parfois malade. On le soigne : la pasteurisation, l'addition de sulfites, de tanin ou d'acide tartrique, la filtration, le collage ; bien d'autres pratiques plus ou moins tolérées ou défendues sont mises en œuvre.

Cidrerie

Le cidre est la boisson fermentée extraite de la pomme. Le jus sucré qui s'écoule du pressoir, mis dans les fûts, subit une fermentation tumultueuse ; lorsqu'elle a pris fin, le cidre peut être livré à la consommation, quoiqu'une partie du sucre seulement soit transformée en alcool. Cette transformation se continue lentement, et ce n'est qu'au bout de plusieurs mois, quelquefois presque une année, que le sucre a complètement disparu.

Le cidre encore un peu sucré peut être mis en bouteilles ; la fermentation se continuant en vases clos donne naissance à une boisson pétillante mousseuse.

La production du cidre constitue une richesse agricole fort importante : la moyenne de la période décennale de 1890 à 1899 inclus est de 15.459.000 hectolitres valant environ 160 millions de francs. De 1890 à 1908 inclus, le maximum a été de 40.953.000 hectolitres en 1904. Les départements plus gros pro-

ducteurs sont l'Ille-et-Vilaine, la Manche, le Calvados et les Côtes-du-Nord.

Matières premières. — Le pommier, point de départ de cette belle production, est un arbre précieux, qui doit être l'objet de nos meilleurs soins. On doit s'appliquer à constituer méthodiquement le verger, avec des espèces mûrissant au moment opportun, d'un mérite réel, et à fruit de grande richesse en sucre. La greffe des jeunes plans permet de peupler le verger d'espèces renommées, bien appropriées au terrain. Il faut avoir soin de posséder des espèces donnant des fruits doux et amers de façon à pouvoir, au moment de la fabrication, constituer des mélanges permettant de fabriquer des cidres de bonne qualité. On doit appliquer des engrais organiques ou chimiques au pied des arbres, les composts fermés de marcs de pommes et de phosphates de chaux, ou de scories de déphosphoration, donnent de très bons résultats.

Ne pas abuser d'engrais azotés, notamment de nitrate de soude, qui déterminerait une végétation en bois trop intense, au détriment de la récolte en fruits. Il faut aussi protéger les pommiers contre les nombreux parasites qui l'attaquent : hannetons, puceron lanigère, etc....

Les fruits mûrs donnent deux fois plus d'alcool que les verts, d'où nécessité de récolter à maturité. On opère par temps sec, en évitant la rosée du matin et du soir. On secoue modérément tout l'arbre d'abord, puis chaque branche avec un crochet de bas en haut, sans jamais gauler. Les pommes qui ne tombent pas facilement sont laissées : huit à dix jours après, on secoue à nouveau ; grossies et mûries, elles tombent facilement.

Pour la récolte, il est bon de placer sous l'arbre une grande toile enserrant le tronc et dont trois des angles sont suspendus par des piquets, le quatrième plus bas déversant les fruits dans un sac ou un panier. On remise les pommes dans les hangars aérés en couches de 50 à 60 centimètres au plus. Il convient de dresser un fagot tous les 3 ou 4 mètres, pour aider à la circulation de l'air à travers la masse et éviter la pourriture.

Les pommes renferment du sucre qui donnera de l'alcool,

du tanin, du mucilage et des acides. Plus les fruits ont de sucre, de tanin et de mucilage, plus ils ont de valeur ; cependant l'acidité doit y être en proportion modérée. Ce qui importe surtout au producteur, c'est de connaître la quantité de sucre.

La valeur des fruits se reconnaît à son aspect général et à la densité de son moût. Les pommes à peau et à couleurs brillantes sont généralement pauvres en sucre ; celles à peau rugueuse, tachée, grise, sont ordinairement à haute densité.

Le densimètre donne exactement la richesse de la pomme. Pour faire un essai de prise de densité, il convient d'extraire rapidement le moût de quelques fruits constituant un échantillon moyen, ce que l'on peut faire très facilement avec une petite râpe et une presse de laboratoire.

Les pommes à cidre de bonne qualité renferment par litre 3 à 5 grammes de sucre, autant de tanin et de mucilage.

Un bon cidre ordinaire est ainsi composé :

Alcool en volume	5 à 6°
Extrait sec par litre.....	30 ^{gr} ,0
Cendres	2 ,8

Un cidre donnant 3° d'alcool au moins est sûrement mouillé. Quand un cidre est encore doux, on évalue en alcool le sucre non transformé, en le pesant au densimètre et en multipliant le sucre obtenu par 0,06 ; ainsi 15 grammes de sucre correspondent à $15 \times 0,06 = 0,9$ ou près de 1° d'alcool.

Fabrication. — Le local de fabrication sera cimenté avec une pente convenable pour l'écoulement des eaux de lavage. On y trouvera le broyeur ; tout à côté le pressoir, puis la cuve de réception du moût, et si possible une pompe en cuivre avec tuyauterie en caoutchouc ou en étain pour l'envoi du moût dans les fûts et citernes de la cave (*fig. 98*).

Le matériel de fabrication se compose de broyeurs, pressoirs, cuves à moûts et à macération, pompes, filtres, corbeilles, etc., etc.

Dans la cave, on trouvera de grands fûts ou des cuves de

10 à 100 hectolitres, selon l'importance de l'exploitation, dans lesquels le moût est versé pour y fermenter.

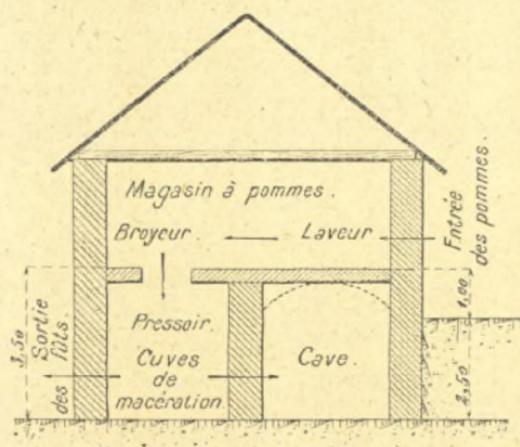


FIG. 98. — Schéma d'une cidrerie.

Les pommes à cidre se rangent, d'après leurs compositions et leurs propriétés organoleptiques, en trois catégories : *douces* ou riches en sucre ; *amères* ou riches en tannin ; *acides* ou riches en acides organiques.

En mélangeant les pommes de ces catégories, on peut obtenir des cidres de qualités différentes, ainsi on devra prendre :

	Cidre de conserve.	Cidre de ménage.	Cidre se faisant rapidement.
Fruits doux.....	1/3	2/3	1/4
Amers.....	2/3	1/3	1/4
Acides.....	0/0	0/0	1/2

Les pommes doivent être parfaitement lavées de façon à faire disparaître les impuretés de toute nature que les fruits portent à leur surface, et qui seraient une cause de fermentation mauvaise ou irrégulière.

Le lavage des pommes ne les appauvrit pas en éléments utiles, à condition d'opérer rapidement. On construit maintenant de petits laveurs à bras, formés d'un cylindre clair-voie tournant dans une auge ; ils fonctionnent parfaitement (*fig. 99*).

Les pommes sont ensuite broyées par passage entre des noix qui les écrasent, ou par écrasement contre une plaque munie

de rainures, comme dans le broyeur Simon. L'avantage de l'appareil est de ne pas bourrer, comme cela arrive fréquemment avec les appareils à deux noix.

La pulpe résultant du broyage doit être pressée aussitôt et non abandonnée un moment à l'air comme on le faisait autrefois ; il suffit d'opérer le broyage en pleine lumière du jour pour obtenir un moût de cidre présentant une belle teinte jaune d'or.

Le pressage se fait à l'aide des appareils décrits dans notre étude sur la vinification. De même on repasse souvent les marcs au pressoir, après les avoir fait macérer dans un peu d'eau (25 litres pour 100 kilogrammes de marc), et on obtient un deuxième cidre encore très bon, qui peut être consommé en nature ou mélangé au premier.

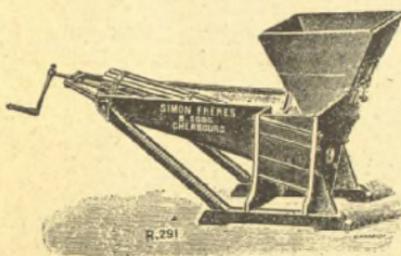


FIG. 99. — Laveur à pommes.

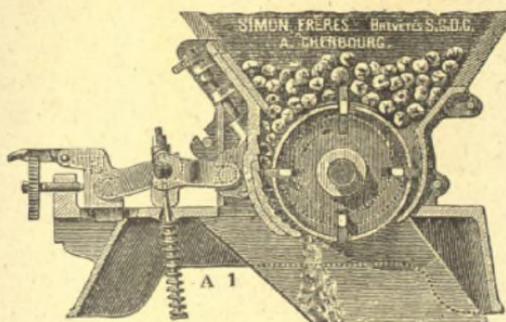


FIG. 100. — Coupe d'un broyeur à pommes.

La fermentation consiste dans la transformation du sucre de la pomme en alcool, sous l'influence d'un ferment dit *saccharomyces mali*.

Le moût contient en dissolution du sucre, des acides, du tannin, du mucilage, des matières azotées, des matières colorantes et des sels minéraux. Le sucre se transforme en alcool sous l'influence du ferment. L'acide malique et l'acide tartrique en quantité modérée concourent à une bonne fermentation, ainsi qu'au développement du bouquet du cidre. Le tannin conserve le cidre, lui donne du corps

et une pointe d'amertume agréable. Le mucilage est une substance glaireuse qui contribue puissamment à la clarification du cidre, le rend moelleux et en corrige l'acidité. Les matières colorantes lui donnent la belle couleur jaune d'or ; quant aux sels minéraux, ils sont indispensables à la vie des ferments et contribuent à donner au cidre ses qualités nutritives.

Les ferments ou levures existent à la surface de tous les fruits mûrs ; sur la pomme, ils sont surtout localisés dans l'œil. Les diverses variétés de pommes ont leurs ferments spéciaux ; les plus estimés sont cultivés par des spécialistes qui les livrent au commerce pour l'ensemencement artificiel des moûts.

Une bonne fermentation doit se produire promptement et durer peu de temps ; elle apparaîtra quatre ou cinq jours après l'entonnage et ne durera pas plus de dix à douze jours ; par ensemencement avec des levures sélectionnées, on doit pouvoir soutirer après cinq à six jours. La température du moût mis à fermenter sera d'au moins 20° ; celle du local ne sera pas inférieure à 15° : il faut une aération modérée ; les cuves seront couvertes d'une toile ou d'un couvercle, les foudres bouchés imparfaitement. Si la fermentation tarde à apparaître, on soutirera une partie du moût qu'on rejettera par-dessus, ou on agitera le liquide avec une branche flexible. On élève la température en chauffant 1/20 à 1/10 du moût à 50° pour le reverser par la bonde : il y a des appareils genres réfrigérant qui chauffent le moût, sans avoir à le tirer, par circulation d'eau chaude. Le cellier sera chauffé lui-même, les portes et les murs recouverts de paillasons si le froid est trop vif.

La fermentation lente peut également s'employer, mais seulement pour la fabrication du cidre doux, à l'aide de pommes de deuxième et de troisième saison, par un hiver très froid ou en employant des appareils frigorifiques.

Les ustensiles servant à la fabrication et à la manipulation du cidre sont autant que possible en bois ; on évite le contact du fer, qui provoque le noircissement. L'entonnage sera donc en bois ; à la douille sera adapté un tube en caoutchouc qui descendra jusqu'à cinq centimètres du fond du récipient. Les fûts sont remplis jusqu'à 5 à 10 centimètres de la bonde, afin

d'avoir la fermentation en dedans. La fermentation en dehors doit être proscrite ; elle salit fûts et caves qu'elle contamine de mauvais ferments. L'ouverture des cuves ou fûts est fermée imparfaitement pour permettre au gaz carbonique de s'échapper. On emploie avec succès les bondes Noël fermentant hermétiquement de façon à ne laisser échapper le gaz carbonique que par un clapet à ressort.

Pour conserver le cidre, la conservation étant terminée, il faut bondonner soigneusement les fûts, et veiller à ce qu'ils restent pleins, en remplaçant les pertes produites par l'évaporation. On le tire ensuite en bouteilles que l'on conserve bien bouchées, ou, si on le soutire au tonneau à mesure de la consommation, il faut avoir soin de le protéger du contact de l'air par une bonde spéciale ou par une mince couche d'huile que l'on forme facilement en versant un verre d'huile par la bonde. Le cidre est sujet aux mêmes maladies que le vin et on les combat par les mêmes méthodes.

BIBLIOGRAPHIE DU LIVRE III

Ne veut-on se documenter que sur les procédés de distillerie rustique des produits du vignoble et du verger ? Le plus simple est alors de demander aux constructeurs parisiens : Deroy (rue du Théâtre) ou Egrot (rue Mathis), le *Guide du distillateur*, qu'ils distribuent gratuitement. Pour l'étude des procédés de distillerie industrielle, il existe plusieurs gros *Traité de distillerie* en deux volumes, publiés assez récemment par Dejonghe (1900), Bucheler (1905) et Légier (1904). Les volumes *Fermentation et Distillerie* de Boullanger (in-12, 1903 et 1909) sont plus simples. Signalons enfin les monographies de Sorel, *Rectification, Distillation* (in-8° de la collection Léauté), et le volume de Jacquet, *l'Alcool* (in-8°, 1913), très intéressant au point de vue économie et statistique.

Deux excellents volumes concernant la brasserie peuvent être recommandés : l'un, *la Bière*, par Lindet (in-12, 1902), pour étudier les principes rationnels de fabrication ; l'autre, *Brasserie et Malterie*, par Petit (in-8°, 1904), pour approfondir les détails de cette technologie. Sur la fabrication du vin, nous citerons de même deux ouvrages, l'un très élémentaire : Chancrin, *le Vin* (in-12, 1910), l'autre plus savant et plus complet : Pacottet, *Vinification* (in-12, 1908). Citons enfin le traité d'Alliot : *Fabrication du cidre* (in-8°, 1905).



LIVRE IV

ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE

CHAPITRE XIII

VIANDE, CONSERVES, GRAISSES ET HUILES

Préparation des viandes. — En France tout au moins, la boucherie n'est pas une industrie. Même dans les abattoirs modernes, où sont réunis en vastes halls les ateliers de chaque boucher, ni par les méthodes, ni par l'installation, la spécialité n'est industrialisée. Il en est différemment aux Etats-Unis par exemple où existent d'immenses usines-abattoirs dans lesquelles l'animal, véhiculé par des transporteurs mécaniques, est successivement tué, échaudé, épilé, découpé, arrosé, salé (*fig. 101*). Remarquons toutefois qu'il ne s'agit cependant là encore que d'une succession d'opérations manuelles analogues en leur principe à celles qu'on fait dans les arrière-boutiques des campagnes françaises. Les seuls traitements mécaniques usités dans la préparation des viandes sont le hachage et le boudinage : les hachoirs industriels comme ceux employés dans les ménages sont composés de lames coupantes tombant incessamment sur une table tournant autour de son centre, ou raclant la surface d'un diaphragme terminant un conduit d'amenée dans lequel la viande est poussée par une hélice.

Nous ne nous occuperons pas davantage de ces procédés, parce qu'ils constituent une partie de l'industrie des conserves (voir p. 205) et parce qu'ils ne sont guère employés en France

Notons toutefois qu'il existe maintenant dans quelques villes des grandes charcuteries tout à fait industrialisées, et que dans les grands abattoirs on tend à employer les méthodes américaines.

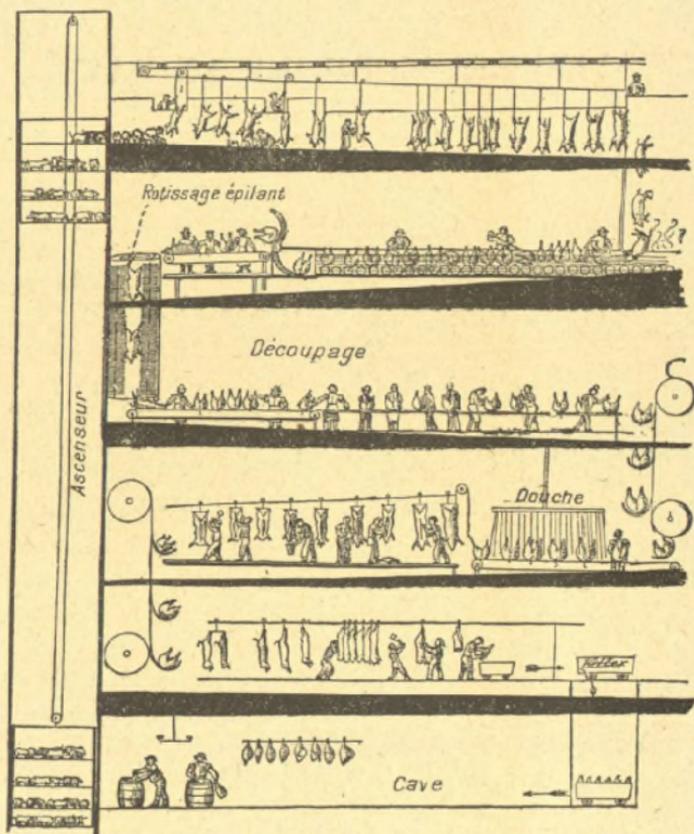


FIG. 101. — Trajet d'un porc dans les abattoirs de Chicago.

En général, dans les abattoirs français, les grands animaux : bœuf, cheval, sont abattus à l'aide du merlin anglais, qui produit sur le crâne une ouverture à la manière d'un emporte-pièce. Au merlin anglais, simple sorte de marteau, on substitue souvent le masque Bruneau, capote de cuir portant une

plaque frontale à trou où coulisse une cheville percutante qui s'enfonce dans le crâne sous l'action d'un coup de marteau. Parfois même on emploie des sortes de fusil ou de pistolet, à cheville s'enfonçant dans le crâne sous l'action de l'explosion d'une cartouche. Le

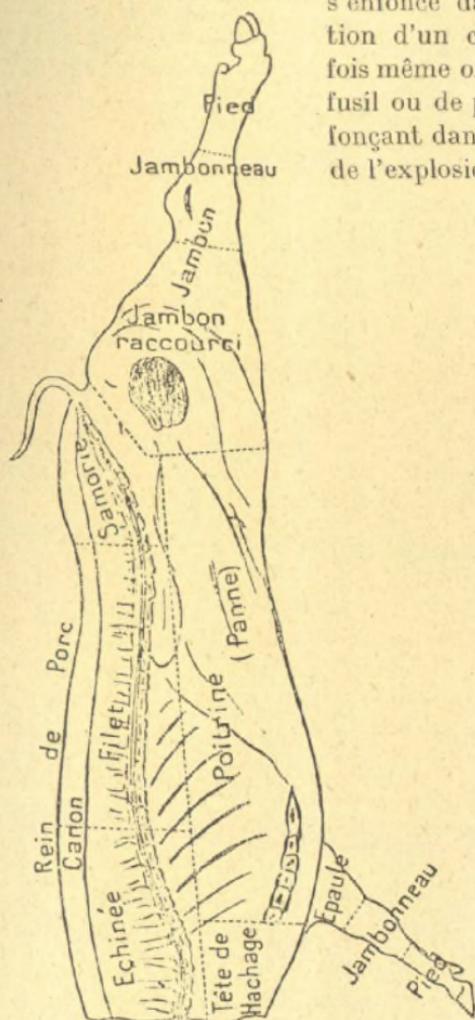


FIG. 102. — Dépeçage du porc.

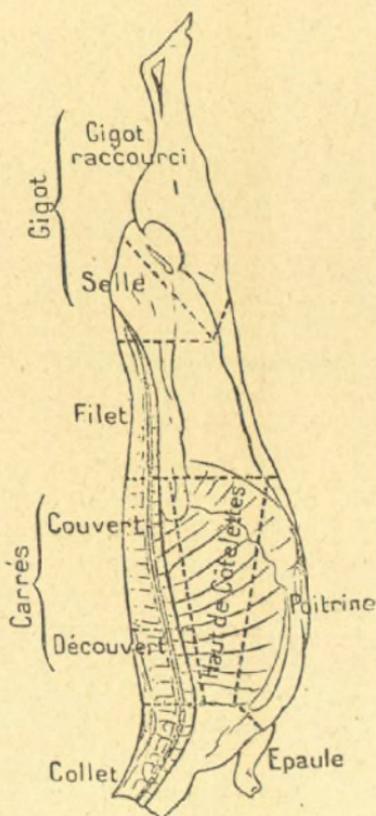


FIG. 103. — Dépeçage du mouton.

trou fait, on passe par là un jonc flexible et on l'agite, la substance cérébrale est ainsi désorganisée, ce qui supprime toute

possibilité de mouvements désordonnés de l'animal. On saigne aussitôt la bête abattue en incisant les carotides.

Pour le veau et le mouton, le coup de couteau à la gorge sert à la fois à tuer et saigner. Les veaux sont ensuite « soufflés », par injection sous-cutanée d'air, ce qui facilite la dépouille et donne belle apparence aux muscles.

Les porcs sont débarrassés de leurs soies par flambage ou par échaudage à l'eau bouillante suivi de grattage.

On dépouille ensuite les animaux, on retire les intestins, le cœur, les poumons, le foie, on coupe la tête et on sectionne le restant selon certaines règles différentes selon le genre de l'animal abattu (*fig.* 102 et 103). Le rendement en viande « nette » (os y compris) ainsi obtenu varie selon le genre et la qualité du bétail de 45 à 75 0/0.

L'abatage des viandes alimente certaines industries pour l'utilisation des sous-produits. Et ces industries sont même relativement importantes, puisque dans les abattoirs de Chicago on vend pour moins de viande qu'on achète de bestiaux : le coût des transformations et le bénéfice de l'industriel proviennent de l'utilisation des sous-produits. Les os sont vendus aux fabricants de colles, les excréments à ceux d'engrais, les cornes et sabots sont utilisés en tabletterie, le sang sert pour fabriquer de l'albumine et des engrais.

Dans les pays producteurs où la viande est très bon marché, comme en Argentin par exemple, il existe des fabriques d'extraits de viande. Ces extraits sont maintenant préparés par énormes quantités : on les emploie pour corser les mets en cuisine, ou pour préparer des agglomérés permettant la confection instantanée des potages. Les extraits des types Liebig, Bovril, etc., sont fabriqués par digestion de la viande hachée menu et dégraissée, avec environ dix fois son poids d'eau, en opérant sous faible pression. Les chaudières sont souvent montées en batteries de façon à permettre une circulation méthodique du liquide épuisant. Les bouillons sont concentrés dans des appareils distillatoires chauffés par double fond à vapeur, jusqu'à réduction au tiers du volume primitif ; on coule ensuite en pots et on laisse refroidir. S'il

s'agit d'obtenir des bouillons en tablettes, on coule la masse concentrée sur des plaques ensuite mises à sécher dans une étuve à courant d'air très faiblement chauffé.

Les peptones et produits divers à base de viandes modifiées chimiquement pour les rendre plus facilement assimilables (somatose par exemple) sont préparés en soumettant les viandes et bouillons à l'action de ferments divers.

Conserves alimentaires. — Le grand défaut d'une infinité de denrées, c'est leur extrême altérabilité. Cette incommodité est d'autant plus grave que beaucoup de produits animaux ou végétaux difficiles à conserver sont obtenus de façon très inégale sans qu'on puisse souvent ni prévoir ni provoquer les changements. Il arrive en conséquence par exemple que telle époque, dans tel pays, tels fruits ou tels poissons seront perdus par suite d'une récolte ou d'une pêche excessive. Tandis qu'à tel autre moment de l'année, ces mêmes produits, devenus très rares, seront haut cotés sur le marché. On s'explique dans ces conditions et le succès et l'importance des industries multiples de la conservation des aliments.

Qu'il s'agisse de viandes, de légumes ou de fruits, le processus de l'altération des tissus est, malgré de fortes différences, toujours du même genre. La substance alimentaire est envahie par les nombreux germes microbiens, qui pullulent partout, et qui, trouvant là un milieu favorable à leur développement, se mettent à proliférer avec une étonnante rapidité. Parfois aussi de plus volumineux parasites comme les larves d'insectes prennent part à la curée. Il est donc indispensable, pour conserver les tissus végétaux, de les protéger contre ces ennemis. D'autre part, il convient de ne pas modifier la nature de ces tissus, toujours assez délicats et fragiles. Enfin il importe beaucoup de ne pas les rendre immangeables par l'homme, si on les rend impropres à la nourriture des parasites.

Plusieurs ingénieux genres de méthodes permettent la conservation des aliments en conciliant ces indispensables desiderata. On peut ainsi distinguer : la conservation *aseptique* obtenue par destruction de tous les germes vivants contenus dans l'aliment,

ensuite enfermé hermétiquement pour supprimer tout risque d'invasion ; les conservations *antiseptiques*, par addition de matières telles que le sel, le sucre, l'alcool, les produits de la fumée... nullement nuisibles à l'homme, cependant qu'ils empêchent les parasites de proliférer ; la conservation *frigorigique*, consistant à abaisser la température des aliments jusqu'au point où les parasites ne s'y peuvent plus développer ; enfin la conservation par *dessiccation* produit le même effet par mise à profit du besoin d'eau éprouvé par les microbes pour vivre et se multiplier.

Nous étudierons successivement les méthodes employées dans chaque catégorie de conservations. Bien que nous ne nous occupions en principe, dans cette dernière partie du volume, que des aliments d'origine animale, nous réunissons ici conserves de légumes et de fruits à conserves de viandes en raison de l'analogie des traitements appliqués pour la conservation de tous ces aliments.

Conservation aseptique. — Vers la fin du XVIII^e siècle, Appert imaginait de stériliser des récipients remplis de matières alimentaires, végétales ou animales en les plongeant dans l'eau bouillante. Quoique perfectionné par divers chercheurs, le procédé Appert est encore maintenant employé sans grande modification dans de nombreuses fabriques de conserves.

Les récipients dans lesquels on place les matières soumises à la stérilisation chaude peuvent être en verre ou en fer-blanc. Le verre, absolument inaltérable, mais plus coûteux, plus fragile, est beaucoup moins employé. Les boîtes métalliques, très encombrantes, sont d'ordinaire préparées à l'usine de conserve à l'aide de morceaux découpés et imprimés qu'on courbe, qu'on agrafe et qu'on soude à l'aide d'ingénieuses machines, permettant d'effectuer très rapidement ces opérations relativement compliquées.

Pratiquement, ces questions de fermeture des récipients jouent un grand rôle et on a combiné d'assez nombreux systèmes plus ou moins avantageux. Citons à titre d'exemple quelques dispositifs particulièrement répandus : les soudures

peuvent être faites sur le fond, avec couvercle intérieur (fig. 104, A) ou sur le pourtour latéral, le couvercle étant alors extérieur à la paroi courbe (fig. 104, B). Les fermetures à sertissage, obtenues en plusieurs phases par le passage mécanique de gallets qui courbent de plus en plus les tôles selon un galbe donné, se fait avec interposition de bandes-joints en caoutchouc ou en étain (fig. 105). A noter que, toutefois, les joints en caoutchouc ne résistent pas à l'action de l'huile, ce qui les rend inemployables pour toute une catégorie de substances.

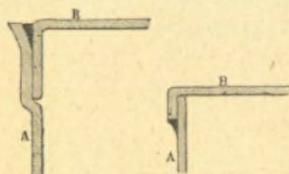


FIG. 104. — Coupe de boîtes fermées par soudure.

Naturellement, la préparation avant mise en boîte des aliments à conserver varie selon la nature de ceux-ci. Les légumes

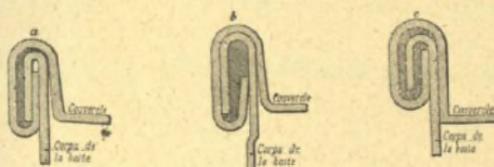


FIG. 105. — Phases successives du sertissage avec joint caoutchouc.

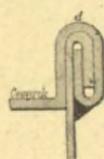


FIG. 106. — Sertissage avec soudure.

sont en général nettoyés, épluchés, découpés selon les habitudes culinaires, mais avec, chaque fois que possible, emploi d'engins mécaniques : machines à écosser qui font baisser des neuf dixièmes le coût de l'opération, cribles divers, machines à retirer la « pelure » des divers produits. On procède ensuite au blanchissage, ou légère cuisson dans l'eau salée bouillante. Souvent on colore les produits de façon à leur conserver la couleur vive de l'état frais, couleur qui s'atténue beaucoup par la cuisson ; c'est ainsi que les pois sont « verdis » en ajoutant à l'eau du blanchissage 100 grammes de sulfate cuprique par 100 kilogrammes de pois ; on emploie aussi les couleurs vertes à base de chlorophylle, ou les couleurs synthétiques tolérées à faibles doses par le service des fraudes (vert malachite, vert

acide J.). Dans certains cas, notamment pour les asperges, les fonds d'artichaut, les champignons, au lieu de verdir, on décolore, ce en ajoutant au bain de blanchissage un peu d'acide citrique.

Les *fruits* sont dénoyautés, coupés par quartiers, souvent soufrés, par exposition dans une pièce hermétiquement close où l'on fait brûler du soufre (durée du traitement : six à douze heures). On blanchit ensuite à l'eau chaude, avec précaution



FIG. 107. — Une petite usine de conserves.

de manière à ne pas désagréger les tissus naturellement toujours un peu fragiles.

La stérilisation se fait à l'autoclave, sorte de chaudière en tôle, chauffée à la vapeur par serpentins inférieurs et fermée solidement par une porte résistant à plusieurs atmosphères. Un manomètre et une soupape de sûreté sont placés sur l'appareil, un panier métallique roulant sur rail ou élevé par une petite grue selon que la chaudière est disposée verticalement dans les petits modèles (*fig. 107*) ou horizontalement dans les grandes installations permet la manipulation commode des boîtes.

Le chauffage, dont le degré varie de 100 à 120°, dure de quelques minutes à plusieurs heures ; le tout est réglé selon la

nature des produits à conserver et la grosseur des boîtes. En général, un chauffage énergique et court est préférable en ce que plus économique. On peut aussi opérer dans des bains-marie à l'air libre, en employant l'eau additionnée ou non de sel (chlorure de calcium en général) pour élever sa température d'ébullition.

Les récipients peuvent être fermés avant stérilisation si on ne tient pas à éliminer l'air ; quand, au contraire, on veut chasser l'air (conserves de viande pour l'armée, par exemple), il convient d'employer des boîtes portant un mince tube d'étain ou un petit trou où s'échappe la vapeur. On ferme l'orifice, la boîte étant chauffée à bain-marie, en serrant fortement le tube à la pince, ou en plaçant dans le trou une petite cheville d'étain qu'on soude en passant un fer chaud.

Conservation antiseptique. — C'est le mode de préparation des conserves employé depuis le plus de temps, encore actuellement le plus important, celui qui se prête à la plus grande variété de procédés. Outre les antiseptiques proprement dits, agissant à très faibles doses, et généralement d'usage dangereux, on utilise en effet des antiseptiques condiments comme le vinaigre, le sel ; des antiseptiques aliments comme le sucre des confitures, des antiseptiques stimulants comme les matières de la fumée de bois, qui donnent aux viandes un goût particulier très agréable ; des antiseptiques indirects comme la chaux, le silicate sodique dont on enrobe les coquilles d'œufs pour empêcher la pénétration de l'air.

Conservation par le sel et les saumures. — Très simple, le procédé est employé depuis un temps immémorial à la conservation des denrées d'origine végétale ou animale.

Les haricots verts, les fonds d'artichaut peuvent être conservés dans une saumure : on superpose des couches de légumes et de sel en comprimant le tout. Les choux ainsi traités dans certaines conditions subissent une fermentation acide et se transforment en choucroute.

Les viandes destinées à la salaison doivent autant que pos-

sible être bien débarrassées de leur sang. On sale surtout le porc, soit à sec, soit dans des saumures. A sec, on opère par frottis des morceaux avec du sel, puis placer dans un vase de grès avec interposition de sel (environ 20 kilogrammes par quintal de viande). L'emploi des saumures ne permet d'obtenir qu'une conservation moins longue ; ces liquides se composent habituellement, pour 100 litres d'eau, de 10 à 20 kilogrammes de sel, 500 grammes à 1 kilogramme de salpêtre destiné à donner aux viandes une agréable teinte rosée, et éventuellement un peu de sucre ou d'aromates divers. La viande est plongée dans le liquide pendant quelques semaines, puis mise à sécher, parfois ensuite fumée. Toutes ces façons varient selon les contrées, et c'est ce qui fait que les jambons d'origines diverses par exemple ont des goûts différents.

Les poissons divers se conservent très souvent par les sels. Les morues sont empilées aussitôt après la pêche (morue verte), soit après dessiccation à l'air (merluche), avec interposition de sel. Les harengs salés sont plongés dans une saumure, mis à égoutter, puis empilés en caque par lits alternatifs de poissons et de sel.

Conservation par enfumage. — Elle est surtout pratiquée pour certains poissons et quelques produits de charcuterie. On fume principalement le hareng, le maquereau, le saumon ; le hareng « saur » préparé par énormes quantités est vendu fort bon marché et se conserve plus d'une année. On fume le poisson après salage, dans des fours spéciaux à larges cheminées où sont suspendues les pièces à conserver et où passe la fumée de bois divers. On ne brûle en effet que des combustibles choisis : bouleau, noyer, chêne, à l'exclusion de tous bois résineux donnant à la viande un mauvais goût ; et on utilise souvent des sciures humides, fournissant beaucoup de fumées âcres, riches en principes antiseptiques.

Quant aux jambons et préparations diverses de charcuterie, ils sont d'ordinaire fumés après salage par longue suspension dans des placards interposés sur le parcours des cheminées où passent les gaz se dégageant d'un feu de bois. On sait que les

fumées de matières végétales contiennent des produits genre formol, créosote et autres désinfectants fort énergiques.

Antiseptiques divers. — Le vinaigre sert à la conservation des cornichons et des câpres, mis au préalable à dégorger dans le sel. Le sucre joue aussi le rôle d'antiseptique vis-à-vis des moisissures, il doit être employé à haute dose et sert aussi d'aliment (voir, p. 112, l'étude de la confiturerie).

La graisse est dans une certaine mesure un antiseptique. Aussi l'emploie-t-on à la conservation de certaines viandes, dites alors « confits ». Les confits d'oie, de porc sont préparés tout simplement en plaçant les morceaux de viande cuite dans un bain de graisse filtrée et en laissant refroidir le mélange, toute la viande étant bien enrobée de graisse.

Les œufs sont le plus souvent conservés par obturation des pores de la coquille, ce qui arrête le passage des germes et des gaz. Les procédés les plus employés sont l'immersion dans l'eau de chaux, ou la plongée momentanée dans un bain de silicate sodique : il se forme un enduit protecteur permettant une conservation d'ailleurs très limitée, mais bien suffisante en pratique, où il suffit de mettre l'été en réserve les œufs qui seront consommés en hiver.

Les œufs ainsi conservés ne possèdent ni l'aspect, ni le goût des œufs frais. Un procédé permettant de moins altérer les œufs est celui de les carder : il consiste à mettre les pièces à l'action du vide, à laisser absorber du gaz carbonique, à faire à nouveau un vide partiel comblé ensuite par arrivée d'azote.

Nous devons entraîner enfin certains antiseptiques capables d'exercer une action nocive de l'organisme les ingérant : ils sont pour cela absolument condamnés, encore que de peu scrupuleux industriels les emploient parfois encore. L'acide borique, l'acide salicylique, la saccharine peuvent ainsi servir à assurer la conservation des viandes, des fruits, qui en contiennent de très faibles doses.

Conservation frigorifique. — Comme le chauffage, la réfrigération rend impossible le développement des germes qui

altèrent les viandes et autres denrées « périssables ». Toutefois, l'action est beaucoup moins brutale : les microbes ne sont pas tués, mais seulement engourdis, les tissus ne sont pas décomposés et il suffira de laisser revenir les denrées à la température normale pour qu'ils reprennent leur fraîcheur sans la moindre modification. En outre, il n'y a lieu de se préoccuper d'aucun dispositif spécial d'emballage hermétique. Aussi, depuis que les progrès de l'industrie frigorifique permirent la création d'installations perfectionnées peu coûteuses, la conservation des denrées par le froid prit-elle une très grande extension. Comme, sous peine d'altération, le refroidissement conservateur doit être poursuivi sans interruption pendant toute la durée de la conservation, il existe des installations réfrigérantes fixes (entrepôts, abattoirs) et mobiles (paquebots, wagons). Dans ce dernier cas, la réfrigération ne sert bien souvent qu'à permettre de longs transports sans faire perdre la valeur des denrées transportées. D'ailleurs, en général, la conservation frigorifique ne convient que pour des périodes relativement courtes.

Quel que soit la destination du procédé, le refroidissement est assuré par un appareillage spécial construit selon divers systèmes pouvant se rattacher à trois groupes : machines à air, machines à liquéfaction de gaz, machines à absorption de gaz ammoniac.

Machines à air. — En comprimant de l'air, on transforme le travail mécanique dépensé en calories. En enlevant ces calories par refroidissement de l'air du contact d'eau froide, puis en laissant le gaz se détendre, on obtient un abaissement de température. C'est sur ce principe que sont basées les machines à air, composées essentiellement d'un compresseur à vapeur (fig. 108), d'un refroidisseur et d'un détendeur flanqué d'une « boîte à neige » où se dépose le givre donné par l'humidité ambiante. Encombrantes et de faible rendement, ces machines sont en général peu employées.

Machines à liquéfaction des gaz. — Elles sont au contraire très répandues et opèrent sur un gaz aisément liquéfiable :

anhydride sulfureux (Pictet), chlorure de méthyle (Douane): gaz ammoniac (Linde, Fixary), anhydride carbonique (Hall).

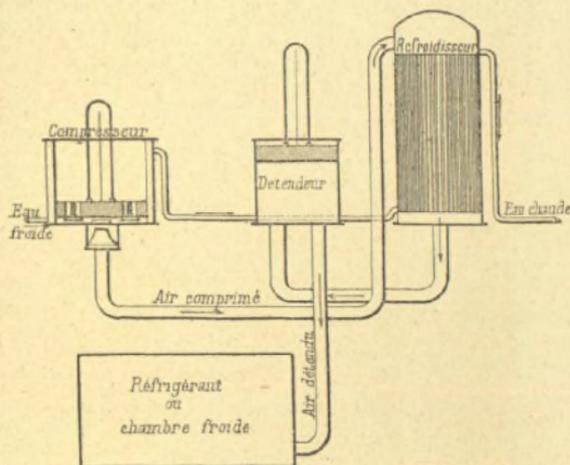


FIG. 108. — Schéma d'une machine frigorifique à air.

En principe, ces machines se composent : 1° d'un *réfrigérant*, source de froid, renfermant toujours une certaine quantité de gaz liquéfié (fig. 109). Sous l'action du *compresseur*, pompe aspirante et foulante qui fait le vide au-dessus du réfrigérant, le liquide se met à bouillir en refroidissant le bain de saumure incongelable circulant autour du récipient. Un *condenseur* sert à liquéfier les gaz refoulés par le compresseur, ce par passage dans un bac d'eau froide renouvelée continuellement. Un *régulateur* sert à déterminer exactement la quantité de gaz retournant par différence de pression du condenseur au réfrigérant.

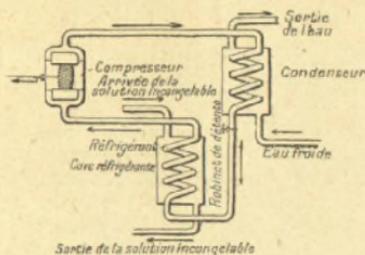


FIG. 109. — Schéma d'une machine frigorifique à gaz sulfureux.

Appareils à affinité. — Fonctionnant d'ordinaire avec de l'ammoniac, ils sont basés sur le principe suivant : on chauffe

en chaudière close de l'ammoniac; ce qui a pour effet de faire dégager du gaz allant sous l'influence de la pression se condenser dans un récipient refroidi par circulation d'eau (fig. 110).

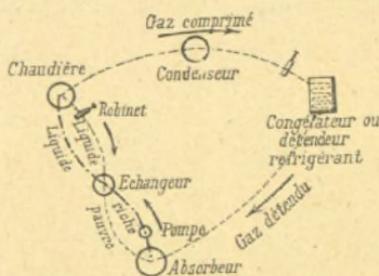


FIG. 110. — Schéma de la marche d'une machine frigorifique à affinité.

Envoyé dans un congélateur, le gaz liquéfié s'y détend, puis revient dans un absorbéur plein d'eau pour régénérer ainsi la solution primitive plus simplement qu'avec la pompe dans les machines à liquéfaction.

Installations de conservation. — Les produits à conserver sont placés dans des chambres à congélation, à pa-

rois faites de matières conduisant mal la chaleur. Les locaux sont refroidis par circulation de saumures (solutions aqueuses salines difficilement congelables) dans des tubes radiateurs, par circulation directe de l'agent réfrigérant, ou par courant d'air refroidi au contact de faisceaux de tubes à circulation. On distingue les chambres à congélation rapide, à température maintenue vers -20° C. : on expose là les viandes destinées à une longue conservation, et les chambres à conservation ou à congélation lente, refroidies seulement à -5° C. et destinées aux viandes devant être consommées un ou deux mois après l'entrée.

La conservation frigorifique est particulièrement précieuse pour les viandes destinées à l'exportation en navires spécialement aménagées pour maintenir dans les cales une basse température : ceci permet d'envoyer en Europe les viandes bon marché obtenues en Amérique. Voici, à titre d'exemple, comment sont organisées les installations d'une des plus puissantes compagnies argentine d'exportation de viandes (d'après Gradenwitz) :

L'abattoir de Buenos-Ayres, qui s'étend sur une superficie de 37.000 mètres carrés, n'occupe pas moins de 1.200 ouvriers.

Le service y est surveillé par deux vétérinaires ; des pâturages spacieux, suffisants pour 5.000 bœufs et 20.000 moutons, sont prévus à 5 kilomètres de distance. Les sept machines frigorifiques ont une puissance de 1.700.000 frigories par heure, ce qui correspond à une puissance réelle de 2.800 chevaux ; onze chaudières produisent la vapeur nécessaire.

Le bétail est amené dans des cours recouvertes communiquant avec l'abattoir. A côté de la salle d'abatage, se trouve une salle de séchage où le bétail tué, pour empêcher les dépôts d'humidité (sous la forme de neige) dans les compartiments réfrigérateurs, est séché pendant cinq à six heures. On transporte ensuite la viande par un chemin de fer suspendu vers les compartiments réfrigérateurs.

Les batteries réfrigératrices sont disposées immédiatement au-dessous du toit, dans des enceintes reliées par des conduites à air aux compartiments réfrigérateurs situés immédiatement au-dessous, de façon à recevoir le froid de l'air refroidi dans les batteries. Après une réfrigération de trois jours, la viande congelée, devenue dure comme la pierre, est descendue dans les magasins froids, en attendant le transbordement dans les steamers.

Les têtes, les intestins, les estomacs et les pieds, consciencieusement lavés au préalable et mélangés à d'autres déchets de viande, sont bouillis dans de grandes chaudières travaillant sous une pression de deux atmosphères. Après une ébullition de trois heures, la graisse est purifiée dans des réservoirs de clarification. Les qualités supérieures de cette graisse sont, après purification, employées comme beurre artificiel ; le reste sert à la fabrication des bougies. Les résidus constituent un combustible fort précieux et les cendres sont vendues comme engrais chimique.

Dans ces puissantes usines, il est possible de congeler 8.000 moutons ou 600 bœufs par jour. Les viandes frigorifiées, surtout préparées ainsi en Argentine, en Australie et en Nouvelle-Zélande, sont surtout consommées en Angleterre.

Les œufs peuvent être aisément conservés en chambres frigorifiques maintenues de $-1 + 4^{\circ}$ C., le degré hygrométrique

étant réglé de 75 à 80 0/0. C'est toutefois là un procédé délicat et on lui préfère souvent ceux basés sur l'emploi d'antiseptiques divers.

Les fruits divers, cueillis avec beaucoup de précaution un peu avant complète maturité, peuvent être conservés par réfrigération, dans des chambres faiblement refroidies (de 0 à + 4° C.), mais la préservation n'est jamais très longue.

On peut employer pour la réfrigération la glace, mélangée aux matières à conserver (expédition des poissons frais) ou mise dans les doubles parois d'armoires ou de magasins spéciaux (glacières). Mais c'est là en général un procédé peu efficace et bien inférieur aux méthodes à machines frigorifiques : le froid produit est faible, et il comporte un état hygrométrique de l'air très élevé, ce qui est nuisible à la bonne conservation.

Conservation par dessiccation. — Les viandes peuvent être rendues imputrescibles dans une certaine mesure par séchage, fait au soleil (bandes de viande transformées en « pemmican ») ou dans la fumée d'un feu de bois, la conservation étant alors aussi provoquée par l'action des produits de la fumée.

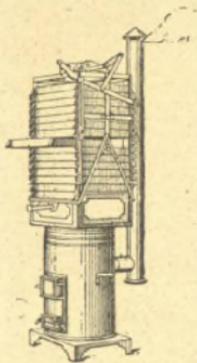


FIG. 111. — Étuve à sécher les fruits.

Mais c'est surtout les fruits qu'on conserve par dessiccation. Les raisins, les figues sont simplement exposés aux rayons solaires jusqu'à évaporation suffisante de l'humidité de leur suc. Les prunes doivent être d'abord séchées au soleil, étendues sur des claies, après quoi on passe au four à plusieurs reprises.

Les poires et pommes « tapées », les abricots et pêches « évaporés » sont, après épluchage et parfois échaudage rapide à l'eau bouillante, desséchés dans de petites étuves à marche méthodique des gaz sur les claies-tiroirs où sont placés les fruits (*fig. 111*). Naturellement la température ne doit pas dépasser une certaine limite, 90° au maximum, afin de ne pas porter les fruits à la cuisson. Les fruits de la claie inférieure,

qui sont les plus rapprochés du foyer sèchent les premiers. Lorsque le degré de dessiccation des fruits contenus dans ce cadre est obtenu, un système de levier permet de soulever la pile des châssis : celui du bas est retiré et se trouve automatiquement remplacé par celui qui venait au-dessus. On garnit le châssis vide de fruits frais et il est remis au-dessus de la pile. Il s'établit ainsi un roulement entre les divers châssis dont les fruits se dessèchent progressivement au fur et à mesure qu'ils se rapprochent du foyer. La chaleur de ce dernier se répartit uniformément sur toute la surface des claies.

Les fruits doivent subir une préparation avant le séchage ; ceux à pépins : pommes, poires, seront pelés, coupés en tranches, rondelles ou quartiers. Les pêches sont également pelées tandis que les prunes, les cerises, les figues, sont disposées telles quelles sur les claies. On conseille d'éclaircir les grappes de raisin qui seraient trop compactes, en enlevant quelques grappillons qui sont ensuite placés à côté des grappes. Les claies remplies de fruits pelés nouvellement garnies seront mises tout d'abord juste au-dessus du foyer afin de diminuer leur jaunissement.

Les produits du potager : petits pois, haricots verts, choux-fleurs, carottes, etc., peuvent également être conservés de la même manière, après avoir subi le traitement préalable qui convient le mieux à la préparation de chacun d'eux.

La durée de l'évaporation varie avec les produits : en règle générale les fruits coupés sont séchés en cinq à six heures ; si on veut les laisser entiers, il faudra compter deux fois plus de temps environ. La dessiccation des raisins est plus délicate et plus longue que celle des fruits ; elle dure de deux à trois jours.

L'appareil que nous avons pris pour type est destiné aux très petites exploitations. On en construit sur le même principe, mais avec circulation automatique des claies des appareils évaporateurs à plus grande production.

Huilerie et margarinerie.

Fabrication des huiles. — Quoique certaines huiles proviennent de matières animales, la plus grande partie des huiles comestibles proviennent de graines oléagineuses ou autres substances végétales riches en réserves grasses. Les produits les plus employés pour la préparation des huiles comestibles sont, l'olive, l'œillette, l'arachide, le sésame, le coton... Ces diverses matières premières diffèrent assez de composition entre elles comme permettent d'en juger les chiffres analytiques moyens reproduits ci-dessous :

	POIDS de l'hectol. de graines	MATIÈRES grasses pour 100 ^{grs}	HUMIDITÉ normale	DENSITÉ des huiles obtenues
Coprah.....	57,8	69,3	5,0	0,93427
Sésame blanc.....	62,2	54,0	5,2	0,92415
Olives.....	67,1	39,5	29,2	0,91647
Cotonnier.....	63,0	23,7	9,3	0,93625
Œillette.....	60,8	42,3	7,4	0,92705
Amandes douces.....	58,9	55,7	5,6	0,91844
Arachides décortiquées...	61,2	50,5	5,2	0,91822
Noix sans coque.....	44,2	64,3	4,7	0,92878
Noisette sans coque.....	54,5	60,4	6,6	0,91987

Très simple en principe, la fabrication des huiles, ou plutôt leur extraction, comprend trois phases : 1^o après nettoyage, les graines sont parfaitement broyées ; 2^o on procède ensuite à une ou plusieurs pressions pour séparer l'huile du résidu solide ; 3^o enfin ce résidu est, éventuellement, soumis à une lixivation méthodique par un solvant approprié pour le débarrasser de ce qu'il retient d'huile.

Le nettoyage des graines oléagineuses se fait dans des appareils trieurs : cribles, tarares, analogues en principe à ceux employés en meunerie (voir p. 9). Toutefois, le traitement peut être moins soigné que celui des céréales, les impuretés

diverses restant en général dans le tourteau : c'est même parfois un moyen de tirer de ces impuretés, ajoutées à dessein, un prix assez élevé.

Le broyage des graines oléagineuses se fait d'ordinaire en deux phases : concassage grossier préalable, puis trituration parachevante. Le concassage est provoqué par passage entre deux cylindres horizontaux et parallèles en fonte, à écartement réglable selon la grosseur moyenne des graines à concasser. Une trémie supérieure sert à l'introduction des graines, des ressorts permettent à l'un des cylindres de s'écarter de l'autre quand une pierre ou un corps dur passe accidentellement entre eux : enfin des racloirs détachent les matières adhérentes à chaque surface cylindrique.

Les graines concassées subissent un broyage plus complet dans un « moulin » à meules verticales. L'appareil se compose d'une table ronde horizontale en granit, maintenant par un bâti de fonte formant rebords ; là-dessus cheminent deux meules verticales en granit également. L'équipage mobile porte des dispositifs à palettes tournant lentement, lesquelles remuent la masse écrasée pour la mieux exposer à l'action broyante de la meule.

Pendant ce broyage, — et même aussi parfois pendant le premier concassage, — on doit arroser les matières travaillées avec un peu d'eau pour obvier à l'échauffement qui donnerait mauvais goût à l'huile.

En pressant fortement la masse broyée, on obtient l'huile « vierge », de goût agréable, du moins quand il s'agit des produits dont nous avons mentionné l'origine, et qui en principe est destinée à deux usages alimentaires. Mais le pressage ainsi fait est assez long et le rendement en huile généralement médiocre. C'est pourquoi l'extraction des huiles industrielles est généralement faite après échauffage, ce qui fluidifie l'huile et coagule les matières colloïdes qui en empêchaient l'écoulement. Souvent d'ailleurs en pratique l'un et l'autre procédé sont combinés : après extraction de l'huile vierge, on chauffe et on presse.

Ces pressions sont faites dans des appareils à vis analogues

aux pressoirs à vin et à cidre (voir p. 189), ou mieux dans des machines hydrauliques, tendant maintenant à se répandre partout. On distingue trois types de ces presses : les presses marseillaises, les presses à coffres, les presses à panier. Dans le premier cas, la pression est exercée par deux surfaces sans aucun support-guide intermédiaire; dans les presses à coffres, il y a une série de plateaux interposés, lesquels portent des ailes coulissant les unes dans les autres de façon à former des compartiments à épaisseur variable; enfin, les presses à panier, à coffre, et à filtre se composent d'un compartiment à parois perforées, dans lequel on place la masse huileuse, ensuite pressée par une sorte de piston : ces derniers appareils sont peu répandus.

Les graines broyées sont avant tout, qu'il s'agisse de presses à plateaux libres ou à coffres, placées dans un tissu qui retiendra les matières solides, l'huile fluide traversant seulement ses pores. On emploie dans ce but des sacs ou plus souvent de simples serviettes en laine, en coton (malfiles) et surtout en tissu de crin (scourtins, éteindrelles), bien plus résistant à l'usage. La matière huileuse étant étalée régulièrement sur une serviette, on rabat les coins régulièrement et on met sous presse dans les coffres, ou entre de minces plateaux en tôle ondulée. Comme les tourteaux ainsi formés sont nécessairement assez volumineux, ce qui limite la capacité des presses, on emploie parfois des machines à « former » les tourteaux, qui fait subir à la masse un commencement de compression pour en réduire le volume.

Selon le genre des graines travaillées, le chauffage éventuel de la masse broyée, la durée du pressage varie de un quart d'heure à une demi-heure, y compris le temps du chargement et du déchargement. Les presses hydrauliques pour huilerie n'offrent dans leur construction aucun détail spécial. A noter toutefois que dans les usines importantes où une pompe dessert toute une batterie de presses, il existe un accumulateur hydraulique, sorte de presse à piston supportant un coffre chargé de gueuses de fonte ou autres matières très lourdes. Quand les presses, toutes ou presque toutes en fin de pressée, n'absorbent

que peu d'eau, l'excès de liquide sert à soulever la masse pesante de l'accumulateur ; quand les presses, venant d'être chargées, absorbent beaucoup d'eau, le liquide accumulé, sous l'influence du poids soulevé, est renvoyé dans les machines et multiplie l'effet de la pompe.

Le dégraissage des tourteaux est opéré dans des appareils analogues en principe aux batteries de diffusion des sucreries (voir p. 70), mais plus simples et flanqués d'alambics pour distiller le liquide enrichi de matières grasses. On récupère ainsi le solvant, réutilisé et on isole l'huile.

Voici comment fonctionne, par exemple, l'appareil de Deroy.

L'épuisement s'opère *per ascensum*. Le dissolvant refoulé par la pompe est introduit au bas du premier macérateur ; après macération, la pompe est actionnée de nouveau et un nouvel apport de dissolvant au bas du premier vase chasse le dissolvant qu'il contenait dans le second vase chargé, où il s'introduit par le bas, et ainsi de suite jusqu'au quatrième vase, duquel il passera dans un des alambics.

C'est toujours dans le macérateur qui sera le premier à décharger que le dissolvant vierge est introduit, comme c'est toujours du dernier macérateur chargé que le dissolvant, ayant successivement macéré dans chacun des macérateurs du premier au dernier, passera à la distillation.

Quand on a déplacé le liquide du macérateur à décharger sur le macérateur suivant, les résidus épuisés retiennent encore une certaine quantité de dissolvant qu'on récupère en faisant passer dans les résidus un jet de vapeur direct pour entraîner le dissolvant, lequel va se condenser dans un faisceau tubulaire contenu dans le même réfrigérant que celui des alambics. Après quoi le résidu est retiré par le tampon de décharge. Le macérateur rechargé de matières nouvelles est celui duquel on évacuera la macération à l'alambic parce que de premier déchargé il sera devenu dernier chargé.

L'huile est recueillie dans les alambics où elle reste au fond après évaporation du dissolvant. Avant de décharger l'huile on y injecte de la vapeur en barbotage qui enlève les dernières traces du dissolvant.

Les dissolvants généralement employés sont le sulfure de carbone, la benzine et l'essence de pétrole. On a aussi tenté l'application de divers autres solvants : tétrachlorure de carbone en particulier qui présente le grand avantage de l'inflammabilité.

Graisses comestibles. — On fait pour la préparation des aliments, une grande consommation de graisses diverses : beurre, saindoux, margarine, graisses végétales.

Le beurre est, comme on sait, préparé par « barattage » de la crème séparée du lait à la suite d'un repos ou d'une centrifugation. Sa préparation, faite exclusivement autrefois à la ferme, tend à se centraliser dans des laiteries industrielles. Il en est de même, du moins dans certains pays, pour le saindoux préparé par simple fusion avec les tissus graisseux du porc. Toutefois, ce ne sont guère là des industries chimiques. Au contraire, la préparation des succédanés du beurre et du saindoux se fait par des méthodes en quelque sorte plus industrielles.

La *margarine* provient des suifs divers d'abattoirs. On sépare de ces suifs une huile en les chauffant doucement, on coule la matière fluide dans des moules où elle se solidifie en blocs à 20° C. Par un pressage à 30° C. fait avec des appareils hydrauliques, on sépare la stéarine, restant en gâteaux compacts vendus aux fabriques de bougies. L'huile s'écoulant est formée de stéarine, de margarine et d'oléine ; on la baratte avec un peu de lait aigre après addition de matière colorante, ce qui lui donne la consistance du beurre. On pétrit finalement avec 2 à 3 0/0 de sel. Bien préparée, la margarine est un produit plus pur et moins cher que le beurre dont elle n'a pas d'ailleurs le parfum. Aussi, la fabrication s'est-elle rapidement développée malgré la suspicion du consommateur, injustement mis en défiance par les producteurs de denrées naturelles.

Sous les noms de « cocose », « végétaline » en France, de « palmin », « kunerol » en Allemagne et en Autriche, de « nucoline » en Angleterre et d'une infinité de marques moins répandues, la graisse de coco est de plus en plus employée : la fabri-

cation mondiale, qui atteignait, en 1902, 10.000 tonnes (encore y avait-il surproduction), dépasse maintenant pour la France 60.000 tonnes.

On produit sur la seule place de Marseille, où est centralisée la préparation des beurres de coco, environ 20.000 tonnes dans trois puissantes usines. Le beurre végétal trouve, en effet, des débouchés de jour en jour plus importants, non seulement pour la cuisine, mais en biscuiterie, chocolaterie ; on en exporte beaucoup en Orient, dans les contrées où les graisses animales sont considérées comme « impures » et ne doivent pas être employées pour les usages alimentaires.

L'épuration des huiles et graisses extraites par les procédés habituels du *coprah* ou amandes de coco séchées comporte deux opérations : on doit d'abord neutraliser les acides gras libres contenus dans le produit, ce qui se fait le plus souvent avec un lait de chaux ; on désodorise la matière grasse neutre par barbotage de vapeur d'eau extrêmement divisée qui entraîne les impuretés odorantes, l'opération ayant lieu à l'abri de l'air pour éviter que la graisse ne s'altère.

On obtient finalement une masse blanche, de texture cristalline assez dure, inodore et très peu sapide, et qui fond à 25-26° C., ce qui oblige en France à l'emballer dans des boîtes métalliques où il peut se conserver liquide en été. Dans les pays du Nord, on le vend le plus souvent en paquets de papier comme le beurre. Comme il ne suffit pas que le nouveau produit soit à la fois plus pur et moins cher que le beurre pour supplanter ce dernier, on s'est ingénié au cours de ces dernières années, à lui donner la plupart des propriétés du beurre véritable. C'est ainsi qu'on a coloré les beurres de coco en jaune, que l'on a élevé leur point de fusion en y mélangeant des matières grasses végétales diverses : graisse de palmiste, cires végétales... C'est ainsi que pour modifier sa texture dure et brisante, on le broie après refroidissement en y incorporant un peu d'huile. Le produit peut alors se pétrir et s'étendre comme le beurre. Enfin, après avoir étudié les causes qui produisent le pétilllement et le noircissement du beurre fondu, on a tenté de donner ces mêmes propriétés aux beurres végétaux en les additionnant

de petites quantités de jaunes d'œufs ou de sucre de lait.

Le *saindoux* est préparé en nettoyant la graisse de porc (graisse de rognon de préférence) des parties sanguinolentes, en coupant par petits morceaux et en lavant à l'eau. On chauffe ensuite au bain-marie jusqu'à liquéfaction de la graisse ensuite filtrée sur un tamis et mise à refroidir. Industriellement on fait souvent suivre la préparation d'un raffinage permettant d'obtenir un produit plus blanc se conservant mieux. En principe le raffinage consiste à agiter le saindoux fondu avec de l'eau additionnée de noir animal. On prépare depuis quelques années des saindoux « artificiels » imitant plus ou moins le beurre : ce sont de simples mélanges de matières grasses diverses : suifs de mouton et de bœuf pour augmenter la consistance et ce point de fusion, huiles de coton, de sésame, d'arachide, produisant l'effet contraire.

CHAPITRE XIV

INDUSTRIES DU LAIT

Le lait peut être consommé en nature ou servir à la fabrication du beurre et du fromage. La consommation du lait en nature, sans donner lieu à une véritable industrie, demande cependant toute une série de soins et de traitements assez compliqués que nous examinerons succinctement. Le problème de l'alimentation des villes en lait sain présente en effet un grand intérêt tant pour la population des villes que pour le producteur pour lequel la production laitière pourrait être une source de revenus sérieux.

La composition du lait varie considérablement suivant le tempérament de l'animal, la race à laquelle il appartient et surtout la nourriture qu'on lui donne. Voici, à titre d'indica-

tion, sa composition moyenne et les écarts que l'on peut y rencontrer :

	Composition moyenne.	Limites des variations.	
	0/0	0/0	
Eau.....	87	de 85	à 90
Matières grasses....	3,5	2	à 6
Caséine.....	3,6	2,5	à 4,5
Lactose.....	4,6	3,5	à 5,5
Sels minéraux.....	0,8	0,5	à 1

La densité du lait varie lorsque l'on opère sur le mélange provenant de la traite de plusieurs animaux entre 1,025 et 1,035 avec une moyenne de 1,031 ; quand on opère sur le lait provenant d'une seule femelle, les variations peuvent encore être plus considérables.

La *matière grasse* se présente dans le lait sous forme de globules en suspension, visibles seulement au microscope et dont le diamètre ne dépasse pas 1/100 de millimètre. Cette matière grasse constituera par agglomération le beurre.

La *caséine* est la matière azotée, existant en grande quantité dans le lait ; alors que la matière grasse sert à la fabrication du beurre, la caséine séparée après enlèvement de la crème sert à la fabrication des fromages blancs maigres.

Le *lactose* est un sucre à saveur faiblement sucrée qui existe dans le lait, et que l'on peut recueillir facilement par concentration du petit-lait, après élimination aussi parfaite que possible de la matière grasse et de la caséine.

Le lait renferme entre autres sels des quantités appréciables de phosphate de chaux.

Le lait est un aliment complet, très recommandable pour les enfants et les malades, lorsqu'il est inaltéré et exempt de germes nuisibles, ce qui ne peut être obtenu que par l'observation d'un certain nombre de précautions. C'est un excellent milieu pour tous les microbes, qui s'y développent avec une rapidité très grande, lorsque les autres conditions, et notamment la température, sont également favorables. C'est ce qu'on s'applique le plus possible à éviter dans la pratique.

Traite et conditionnement du lait. — La traite est une opération fatigante et qui demande une certaine habitude. Elle doit être pratiquée à heure fixe, au moins deux fois par jour, le matin et le soir et de préférence par les mêmes personnes pour ne pas effrayer les animaux. Elle doit être faite très proprement, les mains de l'opérateur, les pis de la vache, les vases à lait étant parfaitement lavés au début.

La traite s'effectue en opérant à l'aide de la main un mouvement de traction et de compression de la mamelle, progressivement de haut en bas, mouvement qui détermine l'arrivée du lait, par jets discontinus, recueillis dans un seau. L'animal doit être traité à fond, les expériences ayant démontré d'une façon indiscutable que le rendement de la glande mammaire est d'autant meilleur qu'on l'épuise plus parfaitement à chaque opération.

On est arrivé à réaliser l'opération de la traite mécaniquement. L'appareil se compose en principe d'une machine à vide, d'un seau spécial et de trayeurs destinés à s'adapter aux trayons de l'animal. Chaque trayeur est composé d'un manchon de caoutchouc enfermé à l'intérieur d'un gobelet cylindrique. Une pompe à vide et une soupape spéciale produisent alternativement le vide et laissent rentrer l'air dans la double enveloppe formée par le gobelet et la membrane caoutchoutée. Il en résulte, quand l'appareil est fixé au trayon, une succion et une pression de la mamelle à chaque pulsation de la soupape, ce qui détermine l'écoulement du lait, encore favorisé par le vide existant dans le plat à lait.

Il existe un grand nombre de variantes, mais le principe de tous les appareils est sensiblement le même. Ils présentent à peu près tous l'inconvénient d'être encore coûteux et de ne pas épuiser la glande à fond. Il y a cependant un progrès considérable de réalisé, et nul doute que dans quelque temps ces appareils, suffisamment perfectionnés, ne deviennent d'emploi tout à fait pratique.

Aussitôt traité, le lait doit être filtré pour éliminer les impuretés (débris de fourrages, litières, poils, etc.) qui y existent toujours. L'opération se fait dans les petites exploitations

sur des toiles fines, la filtration est bonne si le tissu n'est pas perforé ; mais, lorsque la quantité de lait est un peu considérable, le débit ralentit et au bout d'un moment il faut changer de tissu. Celui-ci doit être parfaitement lavé à l'eau bouillante après chaque opération.

Lorsque l'on se sert de tamis métalliques à mailles serrées, la filtration est beaucoup moins bonne. Dans les exploitations sérieuses on se sert de filtres spéciaux, généralement formés par une couche de ouate que l'on change à chaque opération. Dans l'appareil Ulax, le lait est d'abord tamisé sur une toile métallique, qui le laisse tomber doucement sur une rondelle filtrante en tissu spécial, ne servant qu'une seule fois.



FIG. 112. — Filtre à lait.

Enfin, dans les grandes installations, on se sert, pour effectuer la purification du lait, d'écrémeuses centrifuges, légèrement modifiées, les impuretés plus lourdes que les éléments du lait vont se coller en haut de la paroi, formant un dépôt boueux qu'il est facile d'enlever, pendant que la crème et le petit-lait sont projetés ensemble sur une paroi, les globules gras sont émiettés et brisés. Par suite de la réduction de leur grosseur, ils se sépareront plus difficilement, et ne monteront plus aussi facilement à la surface ; le lait *ne crémera plus au cours des transports*, ce qui est un avantage sérieux. Ce traitement porte le nom d'*homogénéisation*.

Le lait filtre d'autant mieux qu'il est encore chaud, mais aussitôt on doit le refroidir rapidement. Les organismes contenus dans le lait se développent rapidement à la température de 25 à 30° du lait doux, et il importe, précisément pour empêcher le plus possible leur développement, de refroidir le lait au plus vite.

L'opération se fait avec des appareils divers, généralement à ruissellement, le lait coulant doucement en mince couche sur une surface ondulée, tandis que de l'eau froide circule de l'autre côté. L'appareil classique se compose de trois parties : vase distributeur, cylindre arroseur, vase récepteur (*fig. 113*).

Le vase distributeur est en forme de plat et sert à recevoir le lait ; il repose librement sur l'appareil et peut être enlevé pour le nettoyage. Le cylindre arroseur est formé d'un cylindre auquel est soudé un serpentin de section plat-ovale. Le vase récepteur est soudé au cylindre arroseur et reçoit le lait refroidi

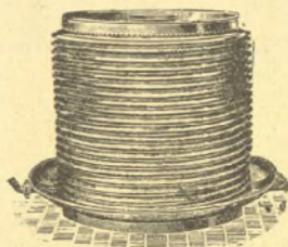


FIG. 113. — Réfrigérant à lait.

Le lait à refroidir est versé dans le vase distributeur d'où il s'échappe en légers filets par les trous répartis uniformément à son pourtour. Le lait descend en mince couche sur la partie réfrigérante du cylindre arroseur et se rassemble entièrement re-

froidi dans le vase récepteur, d'où on remplit les pots.

L'eau réfrigérante pénètre à la partie inférieure du cylindre arroseur au moyen du tuyau caoutchouc et circule en remontant autour dudit cylindre d'où elle s'échappe par une tubulure intérieure terminée par un tuyau caoutchouc allant jusqu'au sol, où elle s'écoule librement.

La consommation d'eau est d'environ 1 litre 1/2 à 3 litres par litre de lait. Le pouvoir réfrigérant est de 1° au-dessus de la température de l'eau réfrigérante.

La bonne conservation d'un lait dépend en grande partie des soins avec lesquels la traite a été faite, ainsi que de la rapidité et de la perfection avec laquelle on effectue la filtration et le refroidissement, qui doivent être immédiats.

Lorsque le lait doit être expédié au loin, il est prudent de lui faire subir la pasteurisation. Cette opération, tout en détruisant la plupart des organismes, ne les détruit pas intégralement, les spores notamment résistent parfaitement, et pour avoir une stérilisation absolue, il faut dépasser notablement la température de 100°, ce qui donne au lait un goût particulier, dit de *cuil*, assez désagréable ; aussi, la stérilisation n'est effectuée qu'assez rarement dans des cas spéciaux.

La pasteurisation consiste à chauffer le lait à 65-75°, et à le maintenir cinq à six minutes à cette température. On détruit

ainsi les ferments lactiques et les bactéries pathogènes ; le lait obtenu est plus sain et se conserve plus facilement.

Pour profiter entièrement des bons effets de la pasteurisation, il faut refroidir le lait rapidement après chauffage de façon à empêcher les spores qui ont résisté au traitement de se développer rapidement sous l'influence d'une douce température. Pour la même raison, le lait pasteurisé doit être conservé à basse température.

Il existe un grand nombre d'appareils, le point principal est de chauffer le lait à la température fixée, de l'y maintenir juste le temps nécessaire ; dans ces conditions, le lait ne doit contracter aucun goût spécial. Plusieurs systèmes d'appareils répondent à ces desiderata ; le point capital est d'avoir une circulation du lait bien régulière.

Dans l'appareil ci-contre (fig. 114) le chauffage est produit par une double enveloppe dans laquelle circule la vapeur. Le lait arrive par le bas, dans la cuve centrale en cuivre rouge ; un arbre central, muni de palettes et tournant rapidement, produit une agitation énergique, en même temps que la circulation du lait et son refoulement à une certaine hauteur, ce qui permet d'employer l'appareil comme élévateur. L'emploi des antiseptiques, formol, acide borique, etc., favorise la conservation du lait, mais dont l'emploi est proscrit, leur absorption continue pouvant présenter des dangers.

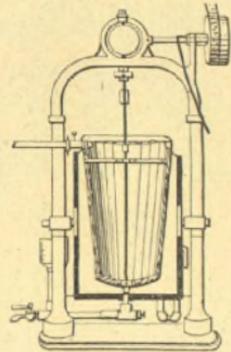


FIG. 114. — Pasteurisateur à lait.

La méthode du Tyndall ou *stérilisation discontinue* permet de stériliser complètement le lait, sans en altérer le goût et sans appareils spéciaux, mais elle est un peu longue et demandant des précautions. On pasteurise le lait comme ci-dessus en le refroidissant et abandonne douze heures ; on refait une deuxième pasteurisation et on abandonne encore douze heures. On répète ces opérations pendant trois à quatre jours, après quoi on peut admettre que le lait est complètement stérilisé.

Ces chauffages successifs, suivis d'une période de repos, ont pour but de provoquer le développement des spores et de détruire par le chauffage suivant les bactéries en résultant.



FIG. 115. — Nettoyage des pots à lait.

Le lait stérilisé se prépare par chauffage à 115° , dans des autoclaves spéciaux ou des flocons bouchés pouvant résister à la pression. Il faut chauffer un certain temps pour que la température fixée atteigne le centre du flacon, ce qui peut amener une altération au lait ; aussi, dans les appareils modernes, on produit une circulation du lait ou une agitation mécanique.

On prétend, à tort ou à raison, que le lait stérilisé est plus difficile à digérer que le lait cru. Cette question, qui a une grande importance pour l'alimentation des enfants, demanderait à subir une nouvelle étude.

Les récipients contenant le lait doivent naturellement être parfaitement propres. On les nettoie parfaitement en les stérilisant par injection de vapeur faite à l'aide d'un petit appareil spécial (fig. 115).

Préparation du beurre. — Écrémage. — La fabrication du beurre consiste à réunir et à agglomérer les globules gras en suspension dans le lait.

On commence par concentrer les globules gras dans une petite quantité de liquide, c'est l'opération de l'écrémage, qui peut se faire soit par *écrémage naturel*, soit par l'emploi d'*écrémeuses centrifuges*.

L'écrémage naturel consiste à abandonner le lait au ^{repos} à une température de 12 à 15° , les globules gras, de densité inférieure au liquide, montent à la surface et se rassemblent en une couche crémeuse, qu'il suffit d'enlever.

On a naturellement intérêt à faire cette séparation aussi

parfaitement que possible ; mais, le lait étant visqueux, la montée des globules n'est jamais complète, les plus petits restent emprisonnés dans la caséine en suspension et le rendement normal dépasse rarement 80 0/0 de la matière grasse totale avec l'écémage spontané.

Une légère élévation de température favorise l'écémage en diminuant la viscosité du milieu, mais elle favorise en même temps le développement des micro-organismes, qui peuvent produire l'acidification du lait ; celle-ci détermine la coagulation ou précipitation de la caséine entraînant avec elle les globules gras, ce qui rend évidemment l'écémage impossible. Les meilleurs résultats sont obtenus à une température moyenne de 12 et 15° ; le développement des micro-organismes n'est alors pas encore trop actif, ni le lait trop visqueux.

En été, il faut souvent refroidir le lait, de façon à l'empêcher de coaguler (tourner) avant que la séparation de la crème ne soit complète. Le lait est alors versé dans des bassins plats, placés dans une auge en maçonnerie, dans laquelle on fait circuler un courant d'eau ou, à défaut de toute installation, simplement dans une cave fraîche.

Pour toutes ces raisons, et principalement pour l'amélioration du rendement, l'emploi des écémuses centrifuges s'est généralisé dans toutes les exploitations un peu importantes.

Lorsque l'on soumet le lait à la force centrifuge, ses éléments constituants se séparent suivant leurs densités. Contre la turbine, au point le plus éloigné de l'axe, se réunissent les éléments les plus lourds : phosphate de chaux, quelques grumeaux de caséine et les poussières ou débris de toutes sortes. La couche moyenne est constituée par le lait écémé, et la troisième, la plus rapprochée de l'axe, est constituée par la crème.

En faisant arriver le lait d'une façon continue, on conçoit qu'avec quelques précautions, il soit possible, en faisant des prélèvements continus aux endroits voulus, de recueillir chacune de ces couches ; c'est ce que l'on réalise à l'aide des différents systèmes d'écémuses centrifuges.

L'écémuse Mélotte (*fig. 116*) se compose d'un bâti en fonte,

supportant un mouvement d'engrenages actionnés par une manivelle et pouvant donner un rapide mouvement de rotation (5 à 6.000 tours à la minute) au *bol* ou organe actif de l'écrémeuse.

Ce bol est constitué par deux cuvettes en acier, réunies solidement par un écrou et renfermées dans une enveloppe en fonte émaillée, il est suspendu à une tige légèrement flexible

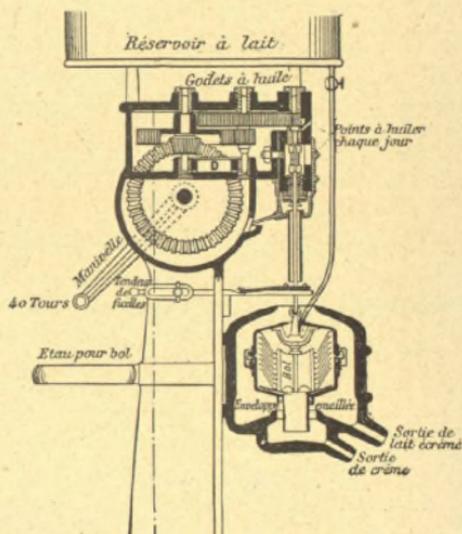
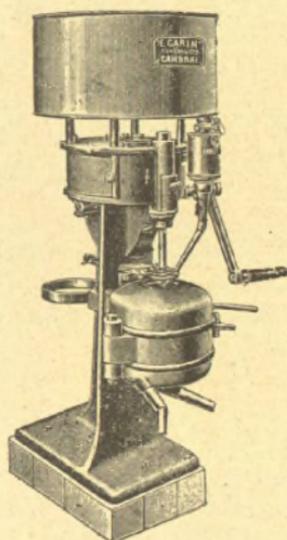


FIG. 116 et 147. — Vue d'une écrémeuse et coupe des parties essentielles.

se terminant par un dé reposant sur une cuvette à billes et recevant le mouvement de rotation par un engrenage à vis.

Le lait arrive du réservoir supérieur, le débit en est réglé par un régulateur spécial, en quantité exactement déterminée, arrive dans le bol où il subit l'action de la force centrifuge. M. Garin, le constructeur de cette écrémeuse, en a augmenté considérablement la puissance d'écrémage et la rapidité de séparation par l'application, à l'intérieur du bol, de plateaux coniques. Une lanterne centrale à quatre branches, assure la distribution du lait sur ces plateaux, le lait s'y étale en couches

minces, présentant une grande surface. Par suite de la disparition légèrement inclinée, il y séjourne quelques instants et subit l'action de la force centrifuge aussi complètement que possible. Aussi la séparation se fait parfaitement ; le lait écrémé, qui est la partie la plus lourde, est projeté vers la périphérie, et grimpe le long des disques, et sort par le haut du bol, alors que la crème moins dense est ramenée vers l'intérieur et sort à la partie inférieure du bol.

Tous les organes sont facilement accessibles et démontables pour permettre un nettoyage rapide et parfait ; un dispositif spécial, dit nettoyeur centrifuge, permet d'effectuer rapidement le nettoyage de la série de plateaux par la force centrifuge elle-même. On l'accroche à la place du bol, il suffit d'y loger d'un seul bloc la série complète des disques et d'y verser un peu d'eau tiède. En donnant quelques tours de manivelle, la série se trouve instantanément lavée, nettoyée et séchée.

Le mode de suspension du bol par axe flexible supprime tout effort transversal, occasionné par les turbines tournant sur pivot et à axe rigide, surtout lorsqu'il y a un peu d'usure. L'appareil est muni d'un frein permettant d'arrêter la turbine en une ou deux minutes, sans quoi l'arrêt ne se produirait qu'au bout d'un temps assez long, quinze à vingt minutes.

Il existe un grand nombre d'appareils actionnés à la main, d'autres par des manèges ou par moteurs ; les débits varient suivant l'appareil et son mode de commande, et on construit des écrémeuses traitant depuis 60 litres à l'heure jusqu'à 200 litres et plus.

Il y a une grande variété de systèmes, la plupart donnent d'excellents résultats et ne diffèrent guère que par des détails de construction. Un point capital est l'équilibrage du bol, qui doit être aussi parfait que possible, si l'on veut éviter une usure rapide ou des risques d'accidents sérieux.

Dans les nouveaux modèles le bol prend souvent son

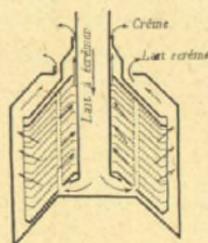


FIG. 118. — Schéma d'un bol d'écrémeuse.

équilibre automatiquement, ce qui réduit considérablement l'usure.

Les modèles actionnés par moteur doivent être munis de régulateurs de vitesse sérieux, capables d'éviter l'emballement de la machine, ce qui pourrait produire l'éclatement du bol.

La conduite d'une écrémeuse centrifuge demande quelques soins si l'on veut obtenir de bons résultats. La première condition à remplir est d'écrémer le lait aussi complètement que possible ; on admet comme moyenne que le lait écrémé ne doit pas contenir pour 100 grammes plus de 0^{sr},30 de matières grasses, si l'écrémeuse est actionnée à bras, et plus de 0^{sr},20 si elle est actionnée mécaniquement, car dans ce cas on obtient une vitesse bien plus régulière. Ces chiffres correspondent à une extraction de 92 à 95 0/0 de la matière grasse totale, alors que par l'écémage spontané on ne dépasse pas 80 0/0.

Les principaux facteurs qui influent sur le rendement sont les suivants : 1^o la vitesse de rotation du bol ; 2^o le débit du lait à l'arrivée de l'écémeuse ; 3^o la température du lait.

La vitesse de rotation dépend de la construction de l'appareil, elle est généralement indiquée sur l'appareil, et, comme la plupart possèdent un compteur de tours, il est facile de régler. La force centrifuge variant en proportion du carré de la vitesse, une faible différence de vitesse produit très nettement un résultat : si on tourne trop lentement, la séparation se fait mal et l'écémage est incomplet ; si on tourne trop vite, on risque de tout briser et de voir la turbine voler en éclats, au grand dommage de tout de qui l'entoure.

L'arrivée de lait au bol de l'écémeuse doit être régulière et conforme au débit indiqué par le constructeur ; s'il est trop considérable, le lait est moins bien écrémé. Le lait s'écéme bien mieux lorsqu'il est doux, il est avantageux de l'écémer aussitôt la traite ou de le réchauffer avant écémage, ce qu'on réalise dans les grandes exploitations à l'aide de réchauffeurs spéciaux.

Enfin les écémeuses présentent généralement des dispositifs de réglage, permettant d'obtenir une crème épaisse, très concentrée en globules gras, ou une crème claire beaucoup

plus diluée, avec toute la gamme des états intermédiaires.

L'écrémeuse permet de produire un beurre de qualité supérieure primé sur le marché et d'obtenir un rendement en beurre supérieur, le lait écrémé à la centrifuge ne renfermant que 0^{sr},15 de matières grasses, au lieu de 0^{sr},80 dans le petit lait obtenu par l'écémage spontané.

La crème est surtout employée pour la préparation du beurre, elle est constituée par des globules gras en suspension dans du lait entraîné, mais en proportion beaucoup plus grande que dans le lait ordinaire et atteignant 25 à 50 0/0, suivant le degré de consistance de la crème.

La crème provenant des écrémeuses centrifuges est dite *douce*, on l'abandonne généralement à elle-même quelque temps, pour la laisser s'acidifier légèrement, cette sorte de fermentation a l'avantage de donner au beurre un arôme très apprécié des consommateurs.

Cette saveur spéciale du beurre n'est obtenue qu'avec des organismes bien déterminés et, s'il se développe des ferments anormaux, le beurre peut au contraire contracter un goût désagréable. De même si on laisse la fermentation normale prendre un trop grand développement, le beurre est sujet à prendre mauvais goût, à rancir. Il faut donc surveiller de très près cette opération et porter toute son attention sur la température, qui est un des facteurs ayant le plus d'importance. La température de 12 à 14° paraît être la plus favorable, l'opération dure douze à vingt-quatre heures.

Il est recommandable de surveiller la marche de la maturation, en faisant de temps en temps l'acidité de la crème, elle doit monter régulièrement, jusqu'au point choisi et fixé par l'expérience, généralement 60 à 65° Dornic en hiver et 55 à 60 en été. Une crème est à 50° Dornic lorsque 10 centimètres cubes sont neutralisés par une quantité de soude correspondant à 50 milligrammes d'acide lactique. Si l'acidification se ralentit, il suffit d'élever légèrement la température de la salle, on la baisse dans le cas contraire. La crème, au moment du barattage, doit toujours avoir le même degré d'acidité.

Toutefois, il faut remarquer que l'acidité peut également

être produite, par une fermentation anormale, donnant des beurres de saveur peu agréable. On peut jusqu'à un certain point combattre les mauvaises fermentations, en ajoutant à la crème des ferments lactiques, soit par addition de babeurre, soit en y ajoutant des ferments lactiques purs.

Le moyen le plus certain de remédier à ces inconvénients, est de détruire la plus grande partie des micro-organismes de la crème par pasteurisation et de l'ensemencer avec des levures provenant de cultures pures obtenues par sélection d'espèces rencontrées sur les meilleurs produits de la région. Ce procédé, déjà très répandu à l'étranger, commence à se développer dans les grandes beurreries françaises.

Barattage de la crème. — Cette opération consiste à soumettre la crème à une agitation énergique et à une série de chocs, ce qui détermine l'agglomération des globules gras. Le liquide restant est dit *lait de beurre* ou *babeurre*.



FIG. 119.
Baratte ménagère.

De nombreux modèles d'appareils permettent d'arriver à ce résultat. L'appareil de ménage représenté ci-contre (*fig. 119*) se compose d'un récipient en verre, dans lequel se meut un agitateur commandé par

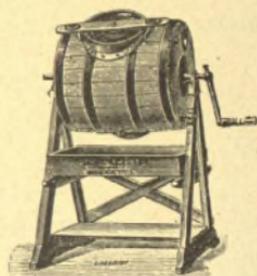


FIG. 120. — Baratte normande.

manivelle et engrenage. Cet appareil très simple est facile à nettoyer, permet de se rendre compte facilement de la marche de l'opération.

La baratte normande (*fig. 120*) se compose d'un tonneau en bois cerclé de fer, deux tourillons placés suivant les centres des fonds permettent de lui imprimer un mouvement de rotation à l'aide d'une manivelle. La baratte présente une ouverture assez large, pouvant être fermée par un tampon et qui sert à introduire la crème et à retirer le beurre. A l'intérieur se trouve un

agitateur fixe, ajouré, qui détermine l'entraînement de la masse. Ces barattes sont construites en plusieurs séries de toutes grandeurs, permettant de traiter depuis 5 litres de crème par opération jusqu'à 800 litres dans les grands modèles à moteur.

La baratte rotative (*fig. 121*) est constituée par un tonneau traversé dans le sens de sa largeur par un axe qui lui imprime au moyen d'une manivelle ou d'un engrenage un mouvement de rotation ; elle ne possède aucun batteur intérieur, c'est le culbutage qui produit le beurre. Le couvercle s'enlève entièrement et le nettoyage en est très facile. L'un des fonds porte un regard en verre, permettant de se rendre compte de la marche de l'opération et de l'arrêter au moment



FIG. 121. — Baratte rotative.

précis où le beurre se forme en grains ; l'autre est souvent constitué par un double fond permettant de réchauffer ou de refroidir la crème.

Le barattage est une opération qui passe pour être assez capricieuse, en raison de la multiplicité des facteurs qui interviennent sur la vitesse de transformation et le rendement ; voici, d'après l'excellent traité spécial de M. Martin sur la laiterie, quelques-unes des principales données qu'il importe d'observer pour obtenir de bons rendements.

Les crèmes acides donnent un rendement plus élevé que les crèmes douces, elles se barattent plus rapidement et le beurre possède un goût de noisette recherché des consommateurs.

La concentration de la crème a également une influence marquée : les crèmes concentrées donnent un babeurré plus riche en matières grasses que celui des crèmes fluides ; mais, si l'on rapporte ces teneurs au volume du lait qui a fourni la crème, on constate que le barattage des crèmes concentrées est plus favorable ; la durée du barattage des crèmes concentrées est moindre que celle des crèmes liquides.

Les crèmes pasteurisées donnent un rendement en beurre un peu supérieur, ceci est dû à ce que ces beurres retiennent une plus forte quantité d'eau que ceux obtenus sans pasteurisation ; la pasteurisation produit en outre une influence favorable sur la qualité du beurre et sur la durée de conservation, elle a aussi pour effet de diminuer la durée du barattage.

La température a une influence notable sur la bonne marche du barattage ; si elle est trop basse, l'opération se prolonge et le beurre devient dur et cassant ; si elle est trop élevée, on obtient un beurre mou. Dans les deux cas, il y a diminution de rendement et de qualité.

Les températures au moment du barattage doivent être les suivantes :

11 à 12° pour la crème douce ;

15 à 16° pour la crème fermentée ;

17 à 19° pour le lait acidifié.

Il faut se placer dans une salle à température modérée, et à peu près constante l'été comme l'hiver. Par le fait de l'agitation, la température dans la baratte a tendance à s'élever à la fin de l'opération.

La vitesse de rotation doit être celle indiquée par le constructeur de l'appareil, elle doit être aussi constante que possible ; si le mouvement est trop lent, la formation du beurre est retardée ; s'il est accéléré, la pâte du beurre manque de consistance, le beurre est dit brûlé.

Lorsque la température est basse, il est bon d'augmenter légèrement la vitesse ; on doit la ralentir dans le cas contraire.

La durée du barattage a une influence sur le rendement. Si le travail est trop prolongé, il y a une perte. Pour la crème moyennement acide, il faut obtenir un beurre en trente-cinq à quarante-cinq minutes.

Lorsque le travail est parfaitement exécuté, le babeurre renferme 0,3 à 0,5 0/0 de matières grasses, mais la proportion s'élève souvent bien au delà. En été, si l'on baratte à 20° le travail est accéléré et se fait en quinze ou vingt minutes, mais il peut rester 3 ou 4 0/0 de matière grasse dans le babeurre.

Le réglage de la température présente donc une importance considérable.

L'été, le beurre est franchement coloré en jaune ; mais l'hiver, sous l'influence du régime sec, il est généralement très pâle ; on remédie souvent à cet inconvénient en renforçant la coloration avec un peu de rocou ou de jus de carotte.

Le lavage du beurre a une grande importance au point de vue de la finesse du produit et surtout de la conservation.

Le procédé le plus recommandable consiste à laver le beurre dans la baratte même. On doit arrêter le barattage, lorsque les grumeaux ont la grosseur d'une tête d'épingle, car le lavage est d'autant plus facile qu'ils sont moins gros. On soutire le ba-beurre sur un tamis très fin, et on le remplace par de l'eau fraîche ; on fait tourner lentement la baratte de façon à produire le lavage sans que les grumeaux grossissent trop vite. On soutire, on remplace par une nouvelle eau et ainsi de suite quatre ou cinq fois, les grumeaux continuant à grossir et à s'agglomérer.

En employant de l'eau bien fraîche, on arrive à obtenir un beurre ferme dans toute la masse, même en été. L'eau employée doit être pure et exempte de tous micro-organismes, qui contamineraient le beurre.

Malaxage et moulage. — Le bord sortant de la baratte est malaxé pour éliminer l'eau restante et en rendre la pâte bien homogène.

L'opération se fait dans des appareils spéciaux, en évitant le plus possible le contact des mains.

Dans les petites exploitations, on se contente généralement d'un baquet plat et d'un rouleau cannelé, avec lequel on travaille le beurre, et l'éten-dant et en le ramassant (*fig. 122*).

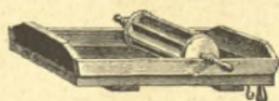


FIG. 122. — Malaxeur à tablette.

Dans les exploitations les plus importantes, on se sert de malaxeurs mécaniques, constitués par une table tournante qu'anime un jeu d'engrenage, et d'un fuseau cannelé qui travaille la masse (*fig. 123*) ; l'écartement entre la table et le rouleau étant réglable par un levier spé-

cial. Au début de l'opération on peut faire couler un courant d'eau, de façon à éliminer le petit-lait. Souvent la table est légèrement bombée, de façon à faciliter l'écoulement.

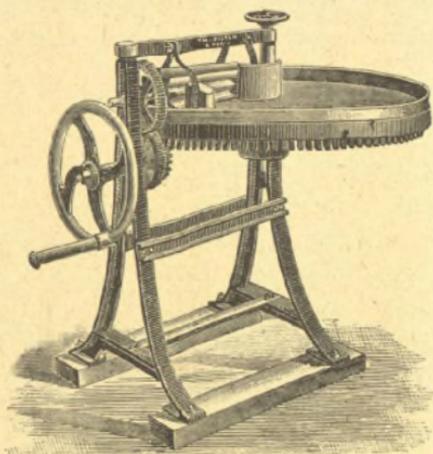


FIG. 123. — Malaxeur à table ronde.

L'appareil peut servir à mélanger des beurres ou à les saler. Le salage du beurre présente plusieurs avantages : meilleure conservation du produit, goût agréable recherché par certains consommateurs et élimination plus facile de l'eau retenue dans le beurre.

Pour l'effectuer on ajoute au beurre, après lavage et malaxage, 2 à 5 0/0 de sel assez fi-

nement pulvérisé, on fait tourner le malaxeur, on abandonne un moment pour permettre au sel de se dissoudre et on redonne quelques tours de malaxeurs, pour bien mélanger le tout.

La totalité du sel ajouté au beurre n'y reste pas : une moitié environ est éliminée avec les eaux de malaxage.

Après malaxage, le beurre est mis en mottes de formes et de poids différents suivant les cas. Pour les expéditions aux halles de Paris, ou le gros commerce, il est mis en pains de forme tronconique. Le moule est formé par une sorte de seau, dont les parois s'ouvrent au moyen d'une charnière pour favoriser le démoulage (*fig. 124*). Le beurre est entassé dans ces moules à l'aide de spatules et pilons en bois, de façon à ce qu'il ne reste aucune cavité à l'intérieur de la masse. La motte de beurre, résultant de cette opération, est enveloppée de papier



FIG. 124. — Moule à beurre.

ou de calicot, placé dans un panier spécial, souvent garni de paille, parfaitement propre et séché et expédié.

Pour la vente au détail, on se sert de petits moules spéciaux, ou de presses à beurre (fig. 125), et on enveloppe les pains généralement d'une livre ou d'une demi-livre, dans un papier parcheminé et marqué du nom du fabricant.

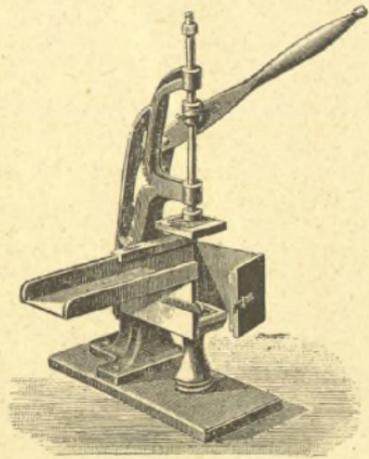


Fig. 125. — Presse à beurre.

Rendement et conservation du beurre. — Le beurre n'est pas constitué uniquement par de la matière grasse, il renferme toujours un certain nombre d'éléments entraînés, comme le montrent les analyses ci-dessous dues à Duclaux, et effectuées sur des beurres de tout premier choix.

	Composition.		
	Moyenne.	Maximum.	Minimum.
Eau.....	12,50	14	10,70
Matières grasses....	86,44	88,30	85,30
Sucre de lait.....	0,18	0,30	0,11
Caséine et sels....	0,79	1,50	0,50
	100,00	100,00	100,00

Étant donné que ces beurres sont des produits de première qualité, on peut admettre que le beurre doit toujours contenir au moins 80 0/0 de matières grasses, et que la moyenne est de 85 0/0.

Connaissant la composition du beurre et la richesse du lait, il est facile de déterminer quel en sera le rendement en beurre, en tenant compte des pertes.

En admettant une extraction de 95 0/0 de la matière grasse à l'écrémage et une perte de 0,5 à 1 0/0 au barattage, on retrouve dans le beurre 94 0/0 de la matière grasse du lait.

Comme le beurre ne contient que 84 0/0 de matières grasses, ces 94 donneront $\frac{100 \times 94}{84} = 1,10$ de beurre ; 100 de matières grasses contenues dans le beurre correspondent donc à 110 de beurre, et 1 à 100 fois moins, sont 1,10. Il suffira de multiplier la teneur du lait en matières grasses par ce facteur pour avoir le rendement que l'on doit obtenir en bon travail.

Ainsi un lait contenant 3,6 0/0 de matières grasses donnera par litre $3,6 \times 1,10 \times 10 = 39$ à 40 grammes de beurre. Le rendement s'élève un peu lorsque l'on travaille des laits riches, car la perte pour 100 à l'écémage est moindre.

Le beurre, pour conserver ses qualités, doit être maintenu à une température aussi basse que possible, faute de quoi il s'altère rapidement, surtout s'il a été mal lavé.

L'addition de toute autre substance grasse ou étrangère doit être considérée comme une fraude ; de même une teneur en eau supérieure à 20 0/0 doit être considérée comme anormale, et résultant de manœuvres ayant pour but une incorporation d'eau : pétrissage dans l'eau tiède, addition de substances absorbant facilement l'eau, etc.

Comme on le voit, la fabrication du beurre, sans être une industrie au sens complet du mot, demande beaucoup de soins et des appareils assez coûteux. Aussi le traitement à la ferme même est-il peu recommandable. L'établissement des beureries coopératives est au contraire à conseiller et nombreuses déjà les installations qui rendent des services sérieux.

Fromagerie. — Les fromages sont constitués par la caséine précipitée du lait et entraînant avec elle tout ou partie des matières grasses, suivant le degré d'écémage auquel on a soumis le lait.

Il existe de nombreuses variétés de fromages :

Les *fromages maigres*, constitués à peu près uniquement par de la caséine précipitée après élimination complète des matières grasses, par écémage spontané ou centrifuge ;

Les *fromages gras*, préparés avec le lait non écémé et qui sont évidemment de qualité supérieure. Il existe entre ces

deux variétés toute une série de produits provenant d'un écrémage plus ou moins complet. Au contraire, dans la fabrication des produits de choix, on ajoute souvent de la crème au lait destiné à la fabrication des fromages ;

Les *fromages cuils* se fabriquent en chauffant le caillé à une température déterminée. Les fromages peuvent être consommés à l'état frais ou à l'état de *fromages passés ou affinés*. Ces derniers subissent une fermentation spéciale avec solubilisation partielle de la caséine et production d'un bouquet, d'une saveur particulière.

En principe, pour préparer un fromage, on précipite la caséine à l'aide de présure, substance extraite de l'estomac des jeunes veaux, qui contient une diastase très énergique. Sous l'action de cette diastase, la caséine se précipite en gros flocons entraînant les matières grasses, et tout le lait ne tarde pas à se solidifier en une masse visqueuse, élastique, dont les propriétés varient suivant la réaction du lait au moment de la précipitation, la température et la quantité ou la qualité de la présure ajoutée.

Cette précipitation de la caséine peut être produite en abandonnant le lait à lui-même ; sous l'action des ferments lactiques, la masse s'acidifie et, lorsque l'acidité atteint 70 à 80°, la précipitation se produit à la température ordinaire. Ce procédé de précipitation n'est employé que pour la fabrication des fromages maigres de qualité très ordinaire.

Dans presque toutes les fromageries, on emploie les extraits de présure, dosés et livrés par le commerce. Lorsque la précipitation est complète, le petit-lait remonte à la surface, il doit être parfaitement transparent et limpide.

Voici, d'après Duclaux, comment se séparent les éléments du lait dans la coagulation :

	Éléments en suspension.		Éléments en solution.	
	Lait.	Sérum.	Lait.	Sérum.
Matières grasses....	4,30	0,85	»	»
Sucre de lait.....	»	»	5,37	5,73
Caséine	3,50	0,46	0,37	0,37

La masse précipitée est divisée à l'aide d'agitateurs spéciaux, pour faciliter la séparation du lait ; souvent même on l'active encore en chauffant légèrement, comme dans la fabrication des fromages cuits.

Le caillé est mis en moule, égoutté et souvent soumis à une pression plus ou moins forte suivant la variété de fromage à produire. Une forte pression favorise l'élimination du petit-lait, mais la fermentation se fait plus lentement par suite du tassage en résultant. Le fromage est ensuite salé, puis livré à la consommation ou soumis à l'affinage.

Les procédés d'affinage sont variables avec la nature du fromage à produire, mais le procédé est toujours complexe ; il y a solubilisation d'une partie de la caséine avec transformation de la pâte et production d'une saveur spéciale.

D'après M. Mazé, qui a étudié la question de très près, le rôle prédominant dans l'affinage des fromages appartiendrait aux ferments lactiques. La fermentation lactique élimine ou tout au moins contrarie toutes les autres fermentations susceptibles de se déclarer dans le lait, elle facilite l'égouttage des fromages et elle leur communique l'arome recherché.

Pendant l'affinage, ce sont les ferments lactiques répandus dans toute la masse qui solubilisent une partie de la caséine. D'autres ferments interviennent également par la *caséase* qu'ils produisent ou par l'ammoniaque qu'ils dégagent ; mais l'expérience démontre que les produits sont d'autant meilleurs que ces actions sont plus réduites.

La maturation méthodique produite par ensemencements de levures pures et de champignons d'espèces déterminées a donné d'excellents résultats, et permet dès maintenant de produire à coup sûr des produits de choix.

On commence par pasteuriser le lait à 65° pour détruire la plus grande partie des ferments. On refroidit aussitôt et on ensemence avec une levure pure et active de ferments lactiques, qui se propagent rapidement et arrêtent le développement des micro-organismes ou des spores non détruits par le chauffage.

On précipite par la présure, on ensemence avec des spores

de champignons d'espèces choisies, on met en moule et on laisse égoutter. Les champignonsensemencés se développent rapidement et on ne tarde pas à voir apparaître à la surface du fromage un revêtement mycélien, qui l'enveloppe complètement et le met à l'abri de toute contamination. Il n'y a plus qu'à s'entourer des conditions qui favorisent le développement du ferment du rouge, que l'onensemence également, pour obtenir au bout de quelque temps et à coup sûr des fromages qui présentent toutes les qualités des produits de choix et qui ont sur eux l'avantage de se conserver longtemps et de ne jamais couler.

A titre d'indications, nous décrivons la fabrication du fromage frais universellement connu sous le nom du suisse et du fromage de Brie.

Le fromage double crème dit *suisse* se fabrique en mélangeant intimement au lait de la crème (du dixième au quart du volume total). On ajoute une faible quantité de présure étendue d'eau, de façon à produire une précipitation lente, s'effectuant en vingt-quatre heures ; ce qui produit un caillé très onctueux.

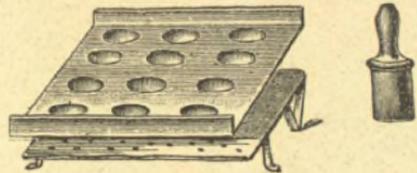


FIG. 126. — Moules à petits suisses.

Le caillé est mis à égoutter sur des toiles que l'on replie de façon à former des sortes de sac. L'égouttage est terminé au bout de douze heures, on l'aide en comprimant la masse. Le fromage est extrait des toiles et celles-ci sont raclées avec soin. La pâte est pétrie avec un peu de bonne crème pour lui donner la consistance voulue et moulée en petits cylindres dans des moules spéciaux (*fig. 126*). Il ne reste plus qu'à les emballer dans des bandes de papier.

Pendant la saison chaude, on prolonge la durée de conservation en y ajoutant un peu de sel ; les fromages ainsi préparés sont dits demi-sel.

La fabrication du fromage dit *de Brie* demande une installation un peu plus compliquée, elle s'effectue maintenant un

peu partout où l'on dispose de masses de lait suffisamment considérables.

Le lait est amené par réchauffage à la température de 30 à 33° ; en été, lorsque le lait a tendance à s'acidifier rapidement, on descend souvent au-dessous de 30°. On ajoute souvent au lait son dixième de lait écrémé provenant de la traite précédente, qui, en augmentant l'acidité du mélange, favorise l'égouttage et donne un caillé plus ferme. On ajoute au lait le colorant et la quantité de présure nécessaire pour produire la coagulation en deux à trois heures.

Lorsque la précipitation est complète, on procède à la mise en moule ou *dressage*. Cette opération s'effectue sur une table spéciale ; on prélève à l'aide d'une écumoire les tranches de fromage, que l'on dépose dans le moule, placé sur une sorte de store en bois ou en jonc, dit *cajet*.

On abandonne à une température de 18°, l'égouttage se produit au bout de douze à vingt-quatre heures, on le retourne sur une claie spéciale ou *éclisse* et on le laisse sécher encore

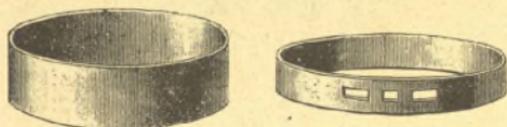


FIG. 127. — Moules divers à fromages.

vingt-quatre heures. On le sale en dessus et en dessous, à raison de 6 à 9 grammes de sel par litre de lait ; au-dessous de 6 gram-

mes de sel, le fromage est facilement envahi par un champignon spécial, l'*Oidium lactis*, qui finit par le faire couler, lorsque la maturation est terminée ; un excès de sel, au contraire, donne une pâte sèche, friable, se soudant mal.

Les fromages sont ensuite portés au séchoir ; celui-ci doit être aéré et la température doit y être de 12 à 13°, si elle est trop basse, la fermentation s'effectue lentement, dans le cas contraire, le fromage aurait une tendance à couler.

Les fromages ne tardent pas à se recouvrir d'une moisissure blanche, le *penicillium album* très favorable à la maturation du fromage. Au bout d'une quinzaine de jours de séjour au séchoir, on transporte les fromages à la cave, sur des étagères spéciales,

on les y abandonne quinze à vingt jours, la fermentation continue et, lorsque le fromage est souple et que le doigt s'y enfonce légèrement, l'affinage est terminé et il est livré à la consommation.

Il existe de grandes différences de qualités dans les bries, suivant le degré d'écémage du lait servant à les fabriquer ; dans les fromages de choix, on rajoute souvent de la crème.

Le grand moule a 40 centimètres de diamètre et le produit 2^k,500 à 3 kilogrammes, le rendement en fromage varie de 12 à 15 0/0 du lait employé.

Le *camembert* se fabrique par des procédés à peu près analogues, la fabrication est peut-être encore plus compliquée ; on admet qu'il faut environ deux litres de lait pour fabriquer un fromage.

Fabrication des laits concentrés. — Le *lait condensé* est produit par l'évaporation du lait à basse température et sous l'action du vide. On y ajoute du sucre dans la proportion de 12 à 15 0/0, de façon à favoriser la conservation.

L'appareil à employer est analogue à la chaudière à cuire de sucrerie, mais de dimensions bien moindres (*fig. 128*). On chauffe régulièrement à 50-55° sous un vide de 65 à

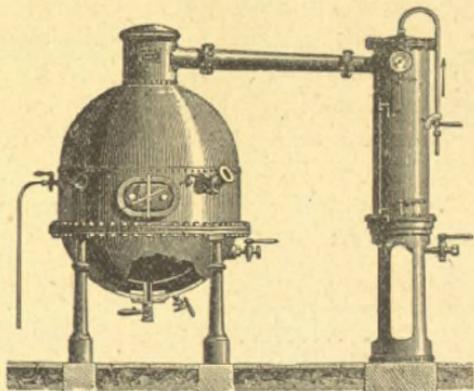


FIG. 128. — Chaudière à vide et son condenseur pour concentrer le lait.

70 centimètres. Il faut veiller à ce que la mousse ne déborde pas, car le lait s'entraîne très facilement ; le liquide doit rester en état continuel d'agitation, pour éviter la formation des cristaux de lactose, qui ont une grande tendance à se former en fin d'évaporation.

Le lait est réduit environ au cinquième de son volume pri-

mitif ; le lait concentré doit avoir une densité de 1,25 à 1,30 à 15°. L'ouvrier se rend compte de la marche de l'opération d'après l'aspect du liquide et la façon dont il se laisse étirer entre le pouce et l'index, ou mieux en en prenant la densité.

Le lait extrait de la chaudière est refroidi doucement en agitant constamment de façon à éviter la formation des cristaux de lactose. On le met dans des boîtes de fer-blanc, que l'on soude ou qui sont sertis ; la fermeture doit être hermétique, sans quoi le produit s'altérerait.

On fabrique aussi des laits condensés non sucrés, mais il faut homogénéiser le lait servant à la fabrication, faute de quoi la crème a tendance à se séparer dans le produit fini. Il faut stériliser à 120° pour assurer la conservation.

Les laits concentrés sont surtout utilisés sur les paquebots ou dans les hôpitaux et les colonies, pour l'approvisionnement des grandes villes ou des armées, etc.

Les laits concentrés sucrés, par addition d'eau, reprennent sensiblement leurs propriétés primitives, avec un goût sucré un peu prononcé. Les laits non sucrés ont un goût de cuit assez prononcé et la crème a tendance à remonter à la surface. On prépare aussi des laits concentrés avec des laits plus ou moins écrémés.

Voici, d'après Duclaux, la composition moyenne des laits concentrés :

	Lait condensé sucré.	Lait condensé non sucré.
Eau.....	25,1	48,6
Matières grasses.....	10,9	15,7
Caséine.....	12,9	17,8
Sucre de lait et saccharose..	48,7	15,4
Cendres.....	2,4	2,5

Les *laits séchés* se préparent en évaporant la presque totalité de l'eau, du lait, de façon à l'obtenir en poudre fine, ou en plaquettes solides.

La dessiccation doit se faire instantanément sur du lait très divisé. L'appareil Hatmaker se compose de deux cylindres creux, chauffés intérieurement par la vapeur à 110° et tour-

nant en sens inverse comme les rouleaux d'un laminoir. Le lait arrive d'un réservoir supérieur, tombe en pluie sur les cylindres, l'eau s'évapore et la matière solide est entraînée par les cylindres sous forme d'une mince pellicule, qu'une lame détache et fait tomber. Cette pellicule se désagrège facilement en donnant une poudre sèche se conservant très bien.

Dans d'autres procédés, le lait homogénéisé est pulvérisé sous forme de brouillard très ténu, sous une pression de 200 atmosphères, dans une chambre traversée par un courant d'air chauffé à 80°. La poudre de lait tombe en poudre sur la sole de l'étuve.

La fabrication est facilitée par un écrémage partiel, car la matière grasse a une tendance à rancir et à donner mauvais goût au produit.

Les laits séchés sont plus faciles à fabriquer que les laits concentrés, mais le lait régénéré s'éloigne plus du lait ordinaire que celui obtenu avec les laits condensés. Les laits séchés en poudre ou agglomérés en tablettes trouvent un grand débouché dans la fabrication des bonbons chocolats, cafés au lait, des pâtisseries, etc. Le transport en est commode et ce produit se recommande pour les armées en campagne et la fabrication d'aliments concentrés.

Laits maternisés. — A défaut du lait de la mère, les jeunes enfants sont généralement nourris au lait de vache, de composition légèrement différente et souvent plus difficilement digéré par suite de la plus forte quantité de caséine qu'il renferme.

On remédie souvent à cet inconvénient en diluant le lait ; mais, en même temps qu'on diminue la quantité de caséine, on diminue également la quantité de sucre, de lait, ou lactose et de matières grasses, alors que le lait de femme en renferme au moins autant.

Il est plus recommandable de composer un lait se rapprochant beaucoup plus de la composition du lait de femme en opérant de la façon suivante :

Le lait est additionné de son volume d'eau et passé à la cen-

trifuge de façon à obtenir une crème très liquide, ne renfermant que 3 0/0 de matières grasses et environ la moitié de la proportion de caséine retenue dans le lait. Il ne reste plus qu'à additionner le produit de la quantité de sucre de lait correspondante et à stériliser le produit. Celui-ci est maintenant livré couramment par le commerce.

Utilisation du lait écrémé. — *Alimentation.* — Le lait écrémé peut être utilisé pour l'alimentation de l'homme et des animaux ; employé concurremment aux principes hydrocarbonés, c'est un aliment de premier ordre et très assimilable.

Pour l'alimentation de l'homme et de la plupart des animaux, il doit être doux et non aigri ; résultat qui s'obtient facilement avec les écrémeuses. Il est recommandable de le pasteuriser à la sortie de l'appareil. Un des modes les plus simples d'utilisation est la préparation de fromages maigres, mais on perd tout le lactose dans le petit-lait. On a essayé d'émulsionner au lait écrémé, une huile quelconque pour remplacer la matière grasse du beurre, et préparer un fromage rustique, et on est arrivé à des résultats assez satisfaisants ; toutefois la méthode ne s'est pas répandue en France.

L'alimentation par le lait écrémé est très économique et le kilogramme de matière protéique y coûte près de vingt fois moins que dans la viande.

Le lait écrémé mélangé à de la fécule ou à des corps gras peut être employé en mélange avec le lait pour nourrir les jeunes veaux, mais le lait écrémé doit être *aussi neutre que possible et pasteurisé* ; une légère addition de sel serait recommandable. On doit le distribuer à la température de 30 à 35°.

L'alimentation des veaux avec du lait écrémé est évidemment délicate et ne peut guère se faire qu'en grand ; il est plus recommandable et plus simple de le donner aux pores et à la volaille, qui supportent facilement le lait aigri et qui s'en montrent très friands.

Voici quelques analyses donnant la composition moyenne du lait écrémé, du lait de beurre et du petit-lait résultant de la fabrication du fromage.

	Lait écrémé.	Lait de beurre.	Petit-lait.
Eau	90,00	91,00	92,60
Matières grasses..	0,20	0,50	0,50
Caséine.....	4,20	3,00	1,10
Sucre de lait.....	4,50	4,20	5,00
Sels	0,70	0,80	0,60

En dehors des corps dosés, ces produits renferment des lécithines et substances diverses, qui ont une action très marquée sur la croissance et la nutrition en général. Le petit-lait et le babeurre sont prescrits en médecine pour le traitement de l'arthritisme et de certaines maladies des reins et des intestins.

Industrie de la caséine. — Cette industrie ne peut s'effectuer que dans les grandes installations traitant au moins 20.000 litres de lait par jour, comme il en existe en Normandie et surtout en Vendée.

Le lait aussi parfaitement écrémé que possible est coagulé avec de la présure, par acidification spontanée, par fermentation lactique, ou par addition d'un acide minéral ou organique. Le précipité est lavé plusieurs fois, essoré puis séché à une température de 50° et finalement pulvérisé.

La caséine se présente sous forme d'une substance cornée, généralement jaune pâle, à cassure vitreuse. Les caséines blanches sont plus estimées et leur prix dépasse souvent 100 francs les 100 kilogrammes. Le rendement est de 30 à 33 kilogrammes par 100 litres de lait.

Les principaux débouchés sont la fabrication des colles, la clarification des vins, la fabrication des matières plastiques telles la galatith, matière cornée pouvant remplacer le cellulose et surtout le collage et glaçage des beaux papiers.

Fabrication du lactose. — Pour être fructueuse, cette fabrication doit être annexée aux usines à caséine. Après extraction de cette dernière, le lait est neutralisé, filtré et évaporé soit à l'air libre au moyen d'appareils spéciaux, soit dans une chaudière

à vide. Le sucre de lait étant peu soluble cristallise facilement ; le rendement est de 2 à 3 0/0.

Le sucre de lait est employé en pharmacie, en confiserie pour l'enrobage des dragées et à la fabrication de l'acide lactique ; sa saveur est beaucoup moins sucrée que celle du sucre ordinaire.

D'après M. Kayser, le lactose contenu dans le petit-lait peut subir la fermentation à l'aide de levures spéciales et servir à la production de vinaigre ou d'alcool.

BIBLIOGRAPHIE DU LIVRE IV

Pour tout ce qui concerne les viandes, voir le gros traité de Loverdo, *l'Abattoir moderne* (in-8°, 1906), et l'ouvrage de Martel, *Inspection des viandes* (in-8°, 1910). A noter aussi, au point de vue du choix des viandes et de la technique de l'abatage considérée hygiéniquement, le petit volume de L. Villain, *Animaux et viandes de boucherie* (in-8°, Paris, 1908), qui rendra des services très appréciés.

Il existe de nombreux ouvrages concernant la conserve alimentaire ; nous en citerons deux, récents et très bien faits, l'un fort élémentaire pour les procédés ménagers : Lavoine, *Conserves alimentaires* (in-12, 1908) ; l'autre, complet et savant, concernant l'étude des méthodes industrielles : Rocques, *les Industries de la conservation des aliments* (2 in-8°, 1906).

Enfin, pour se documenter complètement sur les industries, on consultera *Laiterie*, par Martin (in-18, 1911), et, si besoin est, le plus savant ouvrage de Lindet, *Principes d'industrie laitière* (in-8°, 1910).



INDEX ALPHABÉTIQUE

	Pages.		Pages.
Abattoirs.....	202	Bouilleur de cru.....	145
Accumulateur hydraulique.....	290	Boulangerie.....	47
Acidité des moûts.....	124	Bouquet des vins.....	191
Action des meules et des cylindres sur les grains.....	22	Brassage.....	173 à 176
Affinage des fromages.....	244	Brasserie.....	160
Alambic distillatoire.....	145	Brasserie (Matières premières)....	161
Alcool.....	124	Brosses à grains.....	12
Amylo (Procédé).....	134	Brosses à son.....	30
Amylomyces Rouxii.....	134	Broyage du chocolat.....	109
Analyse des liquides alcooliques..	158	Broyage des graines oléagineuses..	219
— des liquides sucrés.....	93	Broyage en meunerie.....	15
Antisepsie en conserve alimentaire..	209	Broyage des pâtes de cacao.....	108
Antiseptiques.....	139	Broyage des pommes.....	197
Appareil à culture de levure.....	142	Broyage des pommes de terre.....	39
Appareil à distiller de laboratoire..	144	Brûleur à gaz pour boulangerie...	52
Aromates employés en chocolaterie..	107		
Asepsie dans la conservation des ali- ments.....	206	Cacaos.....	104
Assollement.....	3	Cacaos solubles.....	111
Atténuation en brasserie.....	180	Calorisateurs.....	69
		Camembert (Fabrication).....	247
Bactéries.....	136	Candisage des fruits.....	118
Bagasse.....	93	Candiserie.....	100
Barattage.....	236	Canne à sucre.....	61
Bas dégré (Colonne à).....	152	Caramélisage des fruits.....	118
Bas produits de sucrerie, leur tra- vail.....	92	Carbonatation.....	75
Batterie de diffusion.....	69	Caséine.....	226, 251
Berlingots.....	121	Cassure en brasserie.....	177
Betteraves.....	57	Céréales.....	2
Betteraves : transport et lavage....	65	Chambres à farine.....	32
Beurre (rendement).....	241	Chaudière à trempé.....	173
Biscuiterie.....	53	Chaupe-vin.....	147
Blanchiment des farines.....	34	Chaulage des jus sucrés.....	74
Blanchissage des dragées.....	122	Chocolats de fantaisie.....	111
Blé.....	3	Chocolaterie.....	104
Blutage.....	24	Cidricerie.....	193
Bol d'écrèmeuse.....	233	Clairçage.....	89
Bonbons.....	120	Clairces.....	97
		Coco (beurre de).....	222
		Cocose.....	222
		Collage des vins.....	192

	Pages.		Pages.
-Collecteurs de poussières.....	30	Ensilage des pulpes.....	74
Colonne à distiller.....	146, 150	Epointeuse.....	11
Colonne épointeuse.....	11	Épierreurs.....	10
Concentration des jus sucrés.....	82	Éprouvette de la colonne distilla- trice.....	150
Condenseur barométrique.....	87	Épuration en raffinerie.....	97
Conduite des colonnes à distiller..	152	Erable à sucre.....	64
Confiserie.....	116	Etreindelles.....	220
Confits d'oie.....	241	Etuve à sécher les fruits.....	216
Confitures.....	115	Extraction de l'alcool.....	144
Congélation des viandes.....	214	Extracteurs continus de féculerie..	41
Conservation du beurre.....	241	Extraction des jus sucrés.....	65
Conserves alimentaires.....	205	Extraction par rapage.....	125
Consumation du sucre.....	95	Extraits de viande.....	204
Convertisseurs de meunerie.....	23	F	
Cossettes de betteraves.....	68	Faitières.....	68
Coupe-racines.....	67	Farines noires.....	33
Couteaux de diffusion.....	68	Féculerie.....	38
Crème.....	235	Fendeurs.....	12
Cribles.....	8	Fermentation.....	136, 140
Cuiseur de grain.....	132	Fermentation des bières.....	180
Cuisson en brasserie.....	177	Fermentation des cidres.....	198
Cuisson du pain.....	50	Fermentation par levains de levure pure.....	142
Cuite en raffinerie.....	98	Fermentations mauvaises.....	143
Cuite en sucrerie.....	86	Fermentation par le procédé Ef- front.....	142
Culture des betteraves.....	58	Fermentation du vin.....	190
Cultures de levures.....	138	Fermeture des boîtes de conserves..	207
Cyclones.....	34	Filtres à air.....	34
Cylindres de meunerie.....	20	Filtres à moûts en brasserie.....	173
D		Filtre Philippe.....	80
Décoction (Brassage par).....	174	Filtres-presses.....	79
Délayure.....	48	Filtre à sable.....	81
Démarrage.....	59	Filtration du lait.....	224
Dépeçage.....	203	Filtration en sucrerie.....	78
Dépeleur centrifuge.....	131	Folles farines.....	34
Dépouillage.....	204	Fonctionnement des colonnes à dis- tiller.....	152
Dessiccation des aliments.....	216	Fondants.....	120
Diastases.....	139	Fonte en raffinerie.....	97
Diffusion.....	69	Foulage des raisins.....	187
Diffusion Collette.....	127	Fouloirs de vendange.....	187
Diffusion continue.....	73, 127	Fours de boulangerie.....	51
Diebold (Touraille).....	169	Fours à chaux.....	76
Distillation.....	144	Frasse.....	48
Distillation-rectification.....	156	Frigorifiques (installations).....	212
Distillerie: schéma de la marche gé- nérale.....	159	Fromages cuits.....	242
Dornie (acidité).....	235	Fromages gras.....	242
E		Fromages maigres.....	242
Eau en brasserie.....	161	Fromagerie.....	242
Ecrémage du lait.....	230	Froment.....	3
Ecrémeuses centrifuges.....	231	Fruits, conservation.....	268
Effront: son procédé.....	142	Fruits desséchés.....	216
Egouts.....	89	G	
Egrappage des raisins.....	188	Garnissage des dragées.....	122
Electricité: emploi en sucrerie.....	78	Gaz carbonique, sa production....	76
Éliminateurs d'ail.....	11		
Élévateurs à betteraves.....	67		
Enfumage.....	210		

	Pages.		Pages.
Gelée de fruits.....	114	Matières amylacées.....	1
Glaçage des fruits.....	118	Mauvaises fermentations.....	143
Glucose massé.....	101	Mélange des sucres.....	91
Glucoserie.....	100	Mélangeurs centrifuges.....	33
Gluten.....	2	Mélasse.....	92
Grimpage.....	86	Mélotte (écrémeuse).....	232
Guilloire (cuve).....	184	Meilage.....	71
Gymnoascées.....	137	Meules.....	15
Hauts degrés (colonne à).....	153	Microorganismes.....	137
Homogénéisation du lait.....	227	Miels.....	64
Houblon en brasserie.....	162	Mise en sucre des fruits.....	116
Houblonnage.....	177	Moulage du chocolat.....	110
Huilerie.....	218	Moûts de betteraves.....	124
Hydrocarbones.....	1	Moûts de matières amylacées.....	129
Immersion.....	13	Moûts de mélasse.....	129
Jambon.....	210	Moûts de raisin.....	186
Kestner : appareil évaporatoire.....	85	Mouture basse.....	37
Krausen.....	181	Mouture haute.....	37
Lactose.....	226, 251	Mucédinées.....	137
Lait : composition.....	224	Naudet, son procédé de diffusion..	72
Laits concentrés.....	247	Nettoyage des grains.....	11
Lait écrémé (utilisation).....	250	Nettoyage des pots à lait.....	230
Lait de malt.....	130	Nougats.....	121
Lait maternisé.....	249	Nouilles.....	54
Lavage des betteraves.....	65	Œufs, conservation.....	211, 215
Lavage du beurre.....	239	Oléagineux.....	218
Lavage des grains.....	13	Orge en brasserie.....	161
Lavage des pommes.....	197	Palmiers à sucre.....	64
Laveurs à pommes de terre.....	39	Pasteurisation du lait.....	229
Légumes, leur conservation.....	207	Pasteurisation des vins.....	192
Levain.....	48, 142	Pâtes alimentaires.....	54
Levures.....	136	Pâtes d'Italie.....	54
Levure, emploi en brasserie.....	181	Pâtisserie.....	53
Levures pures.....	142	Peroxyde d'azote servant à blan-	
Lochage.....	99	chir les farines.....	35
Macaroni.....	54	Pétrins mécaniques.....	49
Macarateurs.....	172	Pétrissage.....	47
Macération.....	127	Philippe : son filtre.....	80
Machines frigorifiques.....	213	Pied de cuve.....	140
Maladie des vins.....	191	Plamotage.....	99
Malaxage du beurre.....	239	Plansichter.....	27
Malaxage en sucrerie.....	88	Plateaux des colonnes distillatoire.....	148
Maltage en brasserie.....	164	Plâtrage des vins.....	189
Maltage pneumatique.....	167	Poires tapées.....	216
Malterie Saladin.....	167	Poisson, conservation.....	210
Manioc.....	45	Polissage.....	14
Marche du travail en meunerie.....	36	Pommes à cidre.....	194
Marc de vendange.....	189	Pommes tapées.....	216
Margarine.....	222	Pommes de terre.....	5
Marmelades.....	115	Pots à lait, nettoyage.....	230
Masse cuite.....	87	Pratique de la fermentation.....	140
		Préparation des fromages.....	243
		Préparation des moûts.....	124
		Presse continue.....	126

	Pages.		Pages.
Pressoirs.....	158	Soufrage des fruits.....	116
Pressoirs à huile.....	230	Soutirage des vins.....	192
Production des betteraves.....	60	Steffen, sa diffusion.....	73
Production du sucre.....	95	Stérilisation.....	138
Pulpes.....	74	Stérilisation des conserves.....	208
		Stérilisation du lait.....	229
Quarez : son appareil de sulfitation.....	77	Sucettes.....	99
		Sucre, production et consommation.....	95
Raffinage de la fécula	42	Sucres: leur formation dans les végétaux.....	64
Raffinage du sucre	96	Sucre (emploi en brasserie).....	164
Raisins.....	186	Sucres servant en chocolaterie.....	106
Râpe à poussoirs.....	40	Sucrerie de cannes.....	93
Râperies de betteraves.....	74	Sulfitation.....	77
Rectificateur continu.....	155	Suisse (fabrication du fromage dit).....	245
Rectificateur discontinu.....	153		
Rectification des flegmes.....	153	Tapioca	44
Réfrigérants à lait.....	228	Tarares.....	10
Régulateur de vapeur de colonne à distiller.....	157	Torréfaction des cacao.....	105
Rendements en distillerie.....	157	Touraillage.....	168
Résidus de distillerie.....	158	Tourteaux, leur déshuilage.....	221
Rhabillage des meules.....	19	Traite du lait.....	226
Rillieux.....	82	Transport des betteraves.....	65
		Transports des farines.....	31
Saccharification par les acides	135	Transporteur hydraulique.....	66
Saccharification par les diastases ..	130	Traversage.....	182
Saccharification par les mucédinées ..	134	Triage des grains.....	8
Saccharification de la pomme de terre	135	Trieurs de meunerie.....	8
Saccharimètre	93	Triple effet.....	82
Saccharifine	96	Turbinage.....	88
Saccharomyces mali	197	Turbines à dragées.....	121
Sagou	46		
Saindoux	224	Végétaline	222
Sasseurs	29	Verdissage des pois.....	207
Saumures	210	Vergeoises.....	100
Schéma d'une glucoserie	102	Vermicelle.....	54
Schéma de marche d'une sucrerie ..	94	Viandes.....	201
Scourtins	220	Vin.....	186
Séchage des grains	14	Vinage.....	189
Sirop cristal	101	Vindish, méthode de brassage.....	175
Sirop de sucre, cuisson	112	Vinerie.....	191
Sorgho sucré	63		
Soufflage des veaux	204	Weston (turbines).....	88

