

3306

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE
du Nord de la France

MUSÉE
COMMERCIAL
LILLE

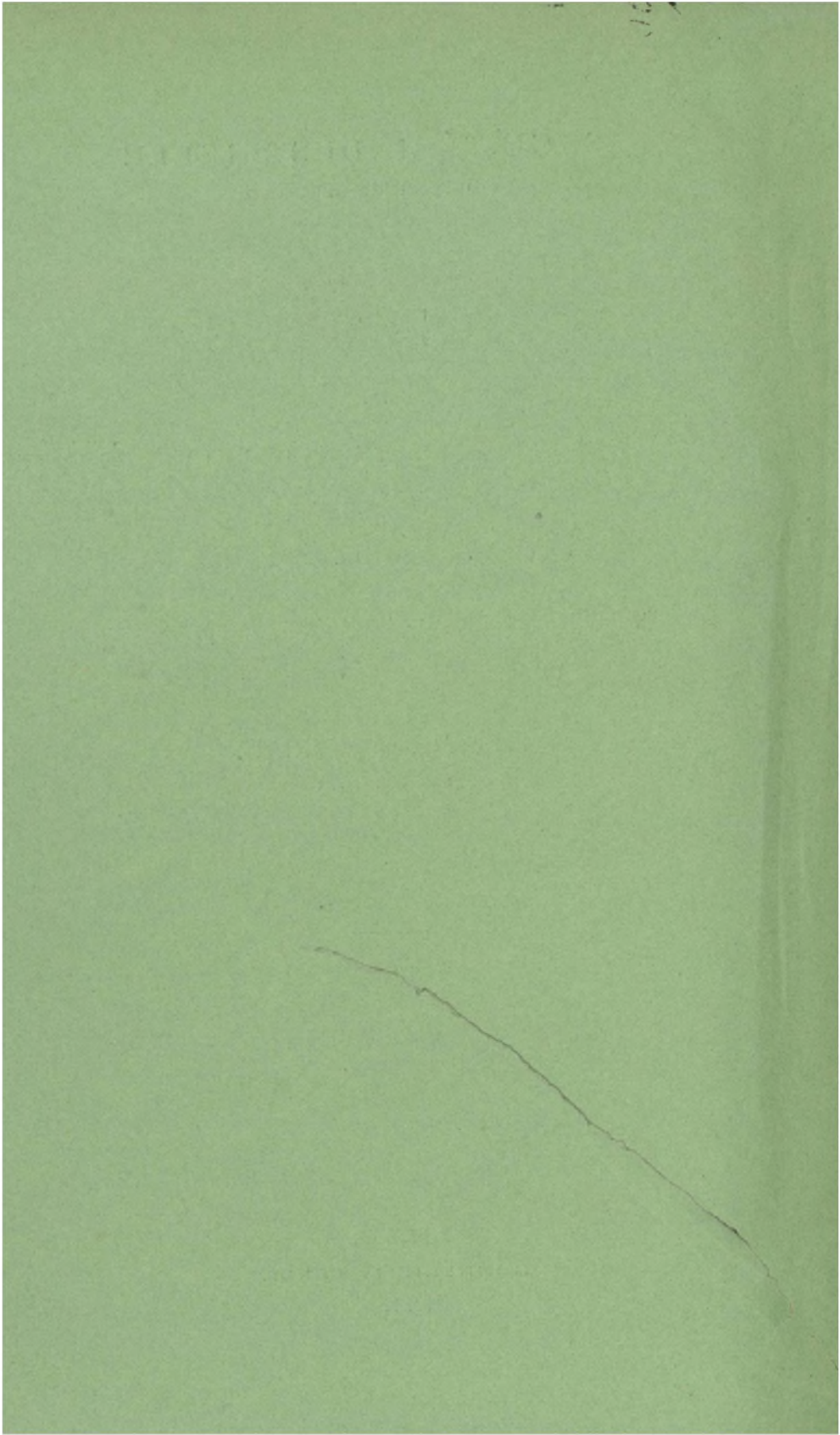
HISTOIRE
DE
L'INDUSTRIE SUCRIÈRE
DANS LA RÉGION DU NORD

SES COMMENCEMENTS, SES PROGRÈS, SON ÉTAT ACTUEL
SES RAPPORTS AVEC L'AGRICULTURE

Par M. CARLOS MÉRIAU,
INGÉNIEUR CIVIL.

N° 73^{ter} — SUPPLÉMENT AU BULLETIN DU QUATRIÈME TRIMESTRE 1890.

LILLE,
IMPRIMERIE L. DANIEL.
1891.



N° 1731

29.1.21

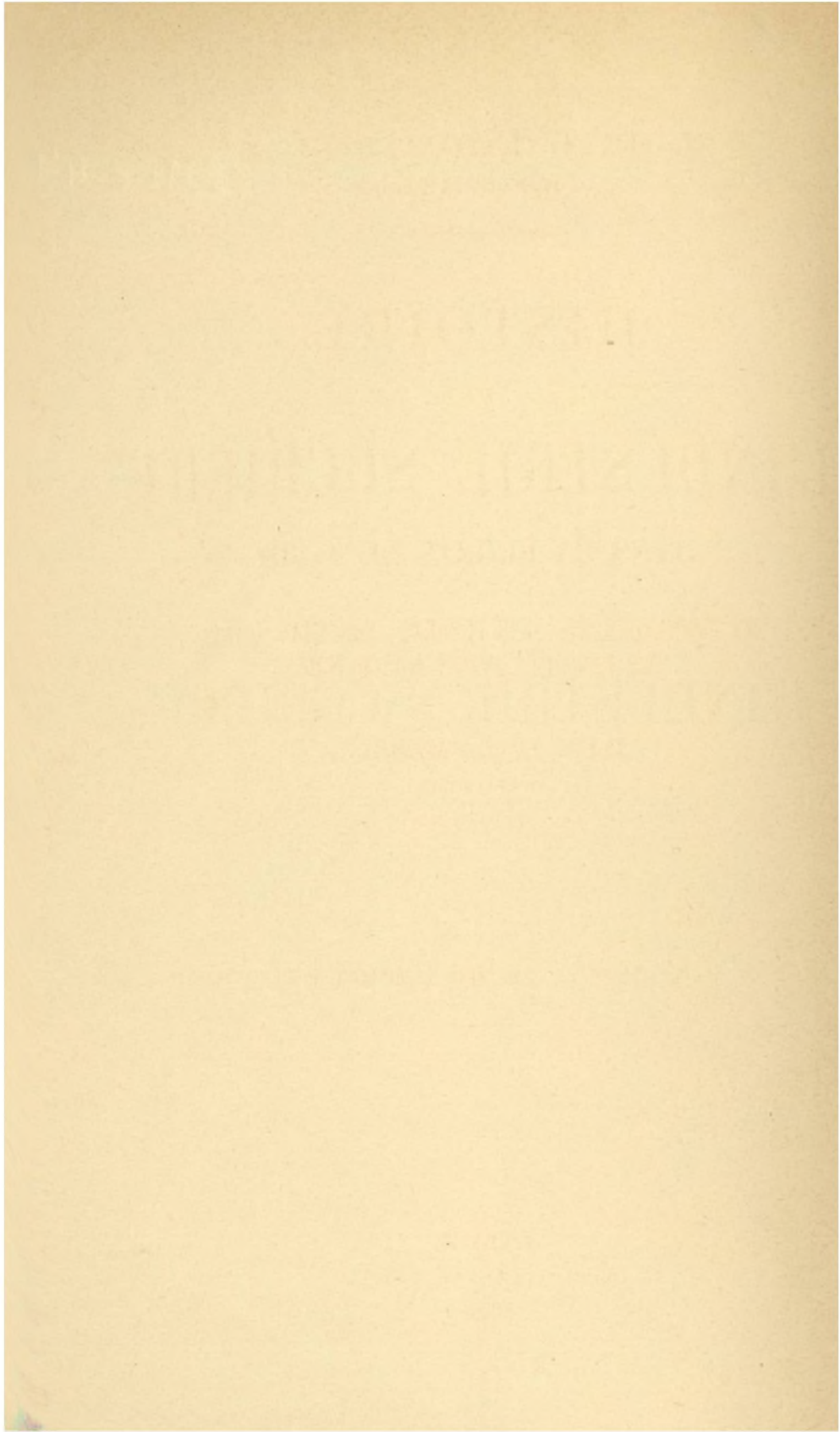


BMEC 44



HISTOIRE
DE
L'INDUSTRIE SUCRIÈRE
DANS LA RÉGION DU NORD

N° BIB 387672/-103361



SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE
du Nord de la France

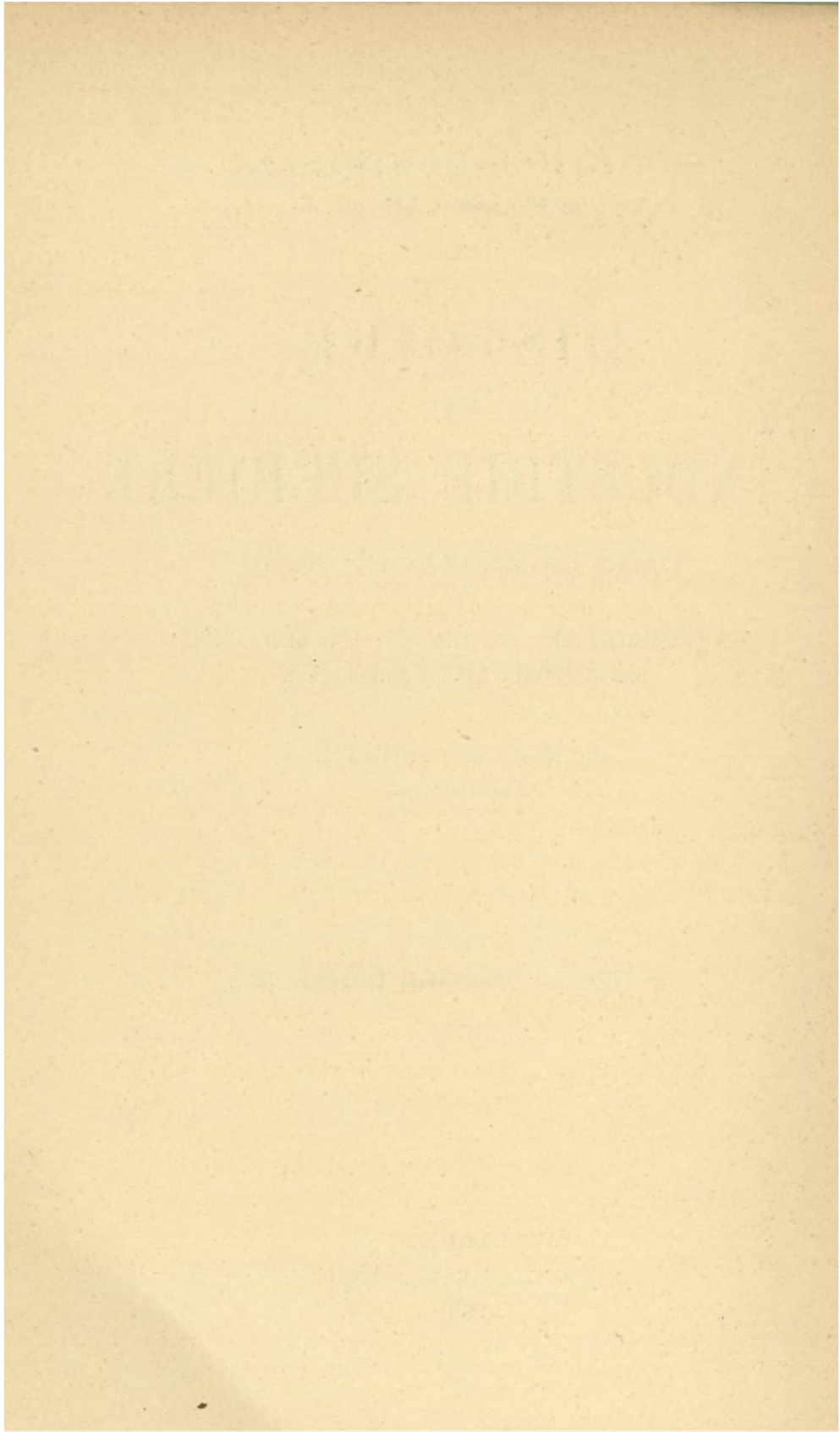
HISTOIRE
DE
L'INDUSTRIE SUCRIÈRE
DANS LA RÉGION DU NORD

SES COMMENCEMENTS, SES PROGRÈS, SON ÉTAT ACTUEL
SES RAPPORTS AVEC L'AGRICULTURE

Par M. CARLOS MÉRIAU,
INGÉNIEUR CIVIL.

N° 73^{ter} — SUPPLÉMENT AU BULLETIN N° 73.

LILLE,
IMPRIMERIE L. DANIEL.
1891.



SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DU NORD DE LA FRANCE.

HISTOIRE
DE
L'INDUSTRIE SUCRIÈRE
dans la région du Nord,

SES COMMENCEMENTS, SES PROGRÈS, SON ÉTAT ACTUEL,
SES RAPPORTS AVEC L'AGRICULTURE.

Par M. CARLOS MÉRIAU.

Ingénieur civil.

Le progrès est la loi absolue de l'industrie.

Notre but, en écrivant cet ouvrage, a été de traiter une question proposée au concours par la Société Industrielle du Nord de la France et qui consiste en ces quelques lignes :

Histoire de l'industrie sucrière dans la région du Nord, ses commencements, ses progrès, son état actuel, ses rapports avec l'agriculture.

Mais nous nous sommes aperçu, dans le cours de notre travail, qu'il était impossible de développer cette question sans toucher à l'industrie sucrière de l'Europe entière et même du monde entier ; et, tout en nous tenant dans les limites de cet ouvrage, nous avons dû envisager la sucrerie dans son ensemble. Car, si le sucre, produit du Nord par excellence, est la véritable base de notre agriculture et de nos industries régionales, il est à remarquer que l'invention et la

transformation des appareils aptes à le produire nous viennent en partie de l'Allemagne, de l'Autriche et des autres pays qui le produisent ou le raffinent ; et, pour arriver au perfectionnement qui préside aujourd'hui au travail dans nos sucreries, nous avons puisé à l'étranger bien des procédés qui étaient supérieurs aux nôtres.

Nous n'avons fait qu'effleurer l'analyse chimique. Néanmoins nous avons donné à leur place les procédés chimiques rapides sans lesquels il est impossible d'arriver à un résultat satisfaisant.

Enfin, pour suivre les phases du traitement et pour nous tenir dans l'ordre de notre programme, nous avons divisé cet ouvrage en sept chapitres, savoir :

1^o *Du sucre.* — Causes qui ont avancé ou retardé le développement de l'industrie sucrière dans la région du Nord de la France ; modes de perception de l'impôt et leur comparaison avec les systèmes fiscaux de l'étranger.

2^o *De la betterave ;* de sa culture et des engrais qu'elle comporte.

3^o Traitement de la betterave ; son transport à l'usine. Extraction du jus.

4^o Épuration du jus.

5^o Évaporation et concentration du jus. Cristallisation et égouttage.

6^o Travail des mélasses.

7^o Rapports de l'industrie sucrière avec l'agriculture.

I.

DU SUCRE. — Causes qui ont avancé ou retardé le développement de l'industrie sucrière dans la région du Nord de la France; modes de perception de l'impôt et leur comparaison avec les systèmes fiscaux de l'étranger.

S'il est une industrie jeune encore, si on se reporte à sa naissance, mais vieille déjà par les perfectionnements apportés à son outillage et à ses procédés, c'est l'industrie sucrière.

Le progrès est la loi absolue de l'industrie. La persévérance des fabricants de sucre, les efforts des hommes de génie que l'insuccès ne rebutait pas, les essais répétés pour arriver à une production facile et parfaite, les recherches de savants qui mettaient tout leur zèle, qui usaient leur vie à la découverte de procédés embryonnaires ou même inconnus, tels ont été les éléments auxquels l'industrie du sucre a puisé sa perfection actuelle.

La sucrerie, née de peu, mais toujours attentive au moindre mouvement de progrès, s'est généralisée un peu partout et l'on peut s'étonner à bon droit de la rapidité de sa marche vers la perfection. Mais que de sacrifices pour atteindre ce but, que de tentatives restées stériles, que de fortunes englouties dans des essais infructueux à côté de gloires bien méritées !

Et nous pouvons, à juste titre, nous glorifier de cette œuvre géante. Car, sans oublier que les premiers échantillons de sucre ont été tirés de la betterave par Margraff, pharmacien à Berlin, et que le premier pain de sucre de betterave a été présenté au roi de

Prusse par Achard, n'oublions pas non plus que cette industrie s'est éteinte dans son berceau, qu'elle s'est développée, qu'elle a grandi, qu'elle est devenue puissante et vivace sur le sol français, par des efforts et des sacrifices français.

On n'est parvenu à retirer pratiquement plus de 2 pour cent du sucre de la betterave que du jour où Barruel eut renversé le mode d'épuration du jus et substitué aux acides un agent alcalin ; et que Dubrunfaut, sans citer tous les hommes de science qui ont coopéré à cette œuvre grandiose, par ses écrits et par son exemple, eut implanté chez nous cette méthode de Barruel et posé les bases du travail par le contrôle chimique.

C'est de cette époque que date la véritable industrie sucrière.

Née ainsi de notre sol, l'industrie sucrière, vieille à peine d'un demi-siècle, et que l'on appelle l'industrie du Nord, porte dans son sein les mamelles qui alimentent toute la région septentrionale du Nord de la France. Car, autour d'elle viennent se grouper une suite de petites et de grandes industries, dont l'industrie du sucre est la mère légitime.

Outre le sucre, les avantages que procure cette fabrication sont énormes.

Si nous nous plaçons dans des points où la culture est faite avec raisonnement, nous voyons les produits de la terre augmenter dans des proportions considérables. Mais, pour obtenir un rendement toujours supérieur, le cultivateur doit donner à sa récolte des soins attentifs et nombreux ; car la betterave, outre les soins particuliers qu'on doit à la terre et ceux, comme le sarclage, le binage, le démarrage, qu'on doit à la plante elle-même, nécessite de grandes fumures et surtout beaucoup d'engrais chimiques.

En outre, l'industrie sucrière consomme des quantités énormes de charbon ; il faut un outillage considérable et les industries métalliques y trouvent un débouché pour leurs produits.

Le travail dans les sucreries a lieu pendant les mois de chômage, d'où un supplément de main-d'œuvre pour l'ouvrier des champs.

La pulpe est un aliment pour le bétail et la culture de la betterave conduit donc à accroître la production alimentaire.

Les départements herbagers y trouvent aussi leur profit ; les éleveurs vendent leurs bestiaux aux nourrisseurs du Nord qui achèvent de les engraisser avec la pulpe.

De la mélasse, on retire la potasse, ce qui a fondé chez nous l'industrie des raffineries de potasse et a supprimé l'introduction des potasses de Russie.

Enfin le sucre, lui, est employé partout et est devenu un indispensable.

Le sucre était connu depuis longtemps en Chine et dans l'Inde lorsqu'il fut importé en Europe par Alexandre le Grand.

La Nubie, l'Arabie et l'Égypte connaissaient la culture de la canne à sucre ; mais l'extraction du sucre ne s'y faisait qu'à l'état rudimentaire. Cette culture s'étendit de là en Sicile et en Portugal ; aux XIV^e et XV^e siècles, elle fut pratiquée aux îles Canaries et plus tard en Amérique.

Jusqu'à là on ne connaissait que le sucre de canne.

En 1705, Olivier de Serres signala la présence du sucre dans la betterave et soupçonna la possibilité de le retirer de cette plante sur une grande échelle. Il émit même l'idée d'obtenir de l'eau-de-vie par la fermentation du sucre. Mais ses recherches n'aboutirent pas, et ce ne fut que vers la moitié du XVIII^e siècle, en 1767, que Margraff, après avoir publié ses recherches sur l'existence du sucre dans diverses racines et notamment dans la betterave, éveilla l'attention des savants. Il parvint même, en reprenant les essais d'Olivier de Serres, à extraire jusqu'à 6,2 pour cent de sucre de la betterave blanche et 4 à 5 % de la rouge.

Le procédé de Margraff est curieux et mérite d'être cité ; il est encore d'ailleurs un des meilleurs procédés de laboratoire pour constater la présence du sucre.

Margraff desséchait la betterave coupée en morceaux et l'épuisait par de l'alcool bouillant ; il laissait ensuite refroidir, filtrait et aban-

donnait à la cristallisation. Il obtenait ainsi du sucre en cristaux d'une pureté remarquable. Mais en raison de la difficulté qu'éprouve la totalité du sucre à cristalliser dans l'alcool, une partie seulement pouvait être séparée de son eau-mère. On ne peut donc se servir du procédé de Margraff que pour une analyse qualitative.

Plus tard, Margraff préféra épuiser les betteraves au moyen de l'eau froide. Le jus était porté à l'ébullition après une addition d'albumine ou de sang de bœuf, puis filtré au moyen de poches. Il obtenait un jus clair qu'il concentrait, et il exposait la masse cuite à la cristallisation. Ce procédé permettait d'extraire 5 % de sucre de la betterave de Silésie.

Margraff était partisan de fabriquer le sucre dans la ferme, afin de permettre au cultivateur de remplacer le sucre de canne, alors fort cher, par du sirop de betterave fabriqué par lui-même ; et d'utiliser en outre les pulpes pressées pour l'alimentation du bétail. Il publia le résultat de ses expériences dans un mémoire présenté à l'Académie des Sciences de Berlin et intitulé : *Expériences chimiques faites dans le but de tirer un véritable sucre de diverses plantes qui croissent dans nos contrées*. Ce mémoire, fait curieux à noter, paraît n'avoir existé qu'en langue latine et française et nullement en langue allemande.

C'est à Ch. François Achard que revient l'honneur d'avoir posé les bases de l'industrie du sucre de betteraves. Il continua les expériences de son maître, et, en 1779, il put présenter au roi de Prusse Guillaume des échantillons de sucre indigène raffiné sous forme de pains. En 1795, Achard reprit en grand l'extraction du sucre de la betterave. A cette époque, il cultivait déjà dans ses fermes de Silésie, près de Steinau sur l'Oder, 60 à 70 arpents de betteraves dont il retirait le sucre. En 1799, il fonda, avec l'appui du roi de Prusse, la première usine au milieu de ses domaines à Cunern, après avoir fait déjà en 1786 des essais de fabrication à Caulsdorff, près de Berlin.

La réalisation du procédé conçu par Achard, rencontra beaucoup

de difficultés en pratique et ce n'est qu'en 1802 que la fabrique de Cunern fut mise en marche.

En 1800, Achard avait dévoilé ses procédés dans une instruction sur la *Préparation du sucre brut, du sirop et de l'eau-de-vie de betteraves*.

L'exemple donné par Achard fut bientôt suivi par d'autres. Kopy construisit, sur les conseils de ce dernier, une deuxième fabrique à Krain, et Nathusius, une troisième fabrique à Neuhaldensleben. En même temps on essayait en France la fabrication du sucre à St-Ouen et à l'abbaye de Chelles aux environs de Paris.

En 1806, Benjamin Delessert construisit une fabrique de sucre à Passy.

Mais les succès furent de courte durée, et ces fabriques tombèrent rapidement.

Cette industrie renaquit en France quelques années plus tard.

La publication d'Achard avait attiré l'attention de l'Institut de France. Le sucre avait augmenté chez nous par suite de la perte de nos colonies, et quand, vers 1810, le blocus continental vint fermer nos portes aux navires anglais, le sucre de canne devint tellement rare que son prix s'éleva de 6 à 12 francs le kilogramme.

Comme le sucre était devenu un aliment nécessaire, le gouvernement fit étudier les plantes cultivées en France susceptibles de remplacer la canne à sucre. Des récompenses furent affectées aux chimistes et leurs travaux contribuèrent efficacement à l'essor de l'industrie sucrière.

On étudia le raisin, la prune, le maïs, etc... Et le chimiste Proust pour sa découverte du sucre de raisin, reçut une prime de cent mille francs.

Mais comme le sucre de raisin, ou glucose, est une matière pulvérulente et d'une conservation difficile, on recourut à la betterave.

Le 29 mars 1811, sur l'ordre de l'empereur Napoléon I^{er}, 32,000 hectares furent livrés à la culture de la betterave et un million de francs distribués à titre d'encouragement.

La première usine française sérieuse pour l'extraction du sucre de betteraves fut fondée à Lille, en 1810, par Crespel-Dellisse, qui parvint la première année à produire assez de sucre pour en fabriquer des pains qu'il exposa à l'admiration de ses concitoyens.

Il eut la première année 400 kilogrammes de sucre ; la seconde année produisit 1000 kilogr.

Ces chiffres paraissaient énormes pour l'époque, et il fallait encourager cette branche qui promettait tant.

Un décret impérial ordonne alors la création de cinq écoles de chimie auxquelles cent élèves doivent être attachés.

Cent mille arpents doivent être plantés en betteraves ; quatre fabriques impériales avec exemption de tous droits doivent être installées en même temps.

Mais nous touchons à la fin de l'empire et ces projets restèrent à l'état de décret.

D'autres hommes énergiques, suivant l'exemple donné par Crespel, créèrent des usines. Mais le blocus continental avait vécu et nos procédés de fabrication étaient tellement rudimentaires que la plupart des fabricants succombèrent dans la lutte contre la concurrence étrangère et surtout contre les sucres de canne qui nous arrivaient de nouveau par l'Angleterre.

Quelques-uns cependant se maintinrent et parmi eux Crespel-Dellisse, qui, après avoir traversé les crises de 1812 à 1815, créa une raffinerie centrale à Arras, au milieu d'une vingtaine de domaines agricoles lui appartenant dans le Nord, l'Oise, le Pas-de-Calais, l'Aisne et la Somme, et servant à l'alimentation de cette industrie.

Une des causes, peut-être, qui permit à Crespel et à ses confrères d'échapper au sort des autres fabricants est la suivante. Outre d'immenses fortunes qu'ils pouvaient employer au développement de leur industrie, certains fabricants de sucre avaient eu l'idée d'employer dans leur usine des prisonniers espagnols dont beaucoup revenaient des colonies où ils avaient appris à connaître la fabrication du sucre de canne.



Les procédés d'extraction du sucre étaient alors des plus simples et des plus rudimentaires. On écrasait les betteraves et on les pressait à la main ; on traitait le jus par la chaux, on décantait, on filtrait et on concentrait à feu nu en ajoutant du noir ; on filtrait de nouveau et on concentrait ; on séparait ensuite les cristaux par égouttage.

De 1812 à 1836, ce furent surtout les travaux des chimistes qui contribuèrent aux progrès de l'industrie sucrière. Tels sont les travaux de Delessert, Descostel, Derosne, Barruel, Chaptal, Dubrunfaut, Bazy, Payen, Kuhlmann, Mathieu de Dombasle, auxquels ont succédé Pelouze, Dumont, Baudrimont, Peligot, Champoussier, Maumené, etc...

C'est surtout grâce au nouveau procédé de défécation que l'industrie sucrière put prospérer et prendre alors un plus grand développement.

La mécanique était encore à son enfance. C'est à des bœufs attelés à un manège que l'on empruntait la force motrice.

Aussi, en 1826, le nombre des usines était encore bien restreint. Dans le Nord, l'arrondissement de Cambrai, qui est aujourd'hui une des régions sucrières par excellence, n'en comptait qu'une seule, celle de Béthuné et Houriez, à Thun-St-Martin, qui disparut vers 1850.

De même l'arrondissement de Valenciennes ne possédait qu'une fabrique, celle de Harpignies, Blanquet et C^{ie}, à Famars. En mars de cette même année, Hamoir achetait la terre dite du Hameau à Saultain, et y faisait construire une fabrique de sucre au milieu d'une grande culture. Cette usine fut installée avec des moyens puissants pour l'époque ; une machine à balancier et à deux cylindres fut montée pour donner le mouvement à la rape et aux presses.

Dès lors, les fabriques de sucre se développèrent rapidement dans le nord de la France.

La production, qui, en France n'était encore, en 1829, que de 4 millions de kilogrammes, arrivait en 1835, à 40 millions.

Ce n'est qu'à partir de 1836, que cette industrie a pris en Allemagne un très puissant effort ; et, parmi les hommes qui y ont le plus contribué, il faut citer Schatten, Schutzenbach, Robert, Walkoff, Scheibler, Jellinek.

En 1864, la production en sucre de l'Europe était de 385,000 tonnes.

En 1874, il existait dans l'empire allemand 338 fabriques opérant sur 35,280,000 quintaux de betteraves et produisant 2,937,000 quintaux métriques de sucre brut.

En Autriche-Hongrie, on comptait à la même époque environ 260 fabriques employant 21,000,000 de quintaux de betteraves et produisant approximativement 2,000,000 de quintaux de sucre.

La production de la Russie et de la Pologne atteignait dans 320 fabriques le chiffre de 1,500,000 quintaux métriques de sucre.

La production totale de l'Europe s'élevait alors au chiffre de 44,404,660 quintaux.

En 1875-1876, l'Europe produisit jusqu'à 42,500,000 quintaux de sucre.

La France, dans 490 usines, fabriquait plus de 4,000,000 de quintaux métriques de sucre, et il est à remarquer que la région du Nord en était la principale source.

Cette industrie s'était développée avec une rapidité inouïe.

Pour ne donner qu'un exemple, nous citerons celui de l'arrondissement de Valenciennes.

Il possédait une fabrique en 1810, et deux en 1813 ; elles ont succombé avec le premier empire.

En 1825, la sucrerie y refait sérieusement son apparition : une fabrique se fonde, la fabrique Harpignies, Blanquet et C^{ie}, à Famars, dont nous avons déjà parlé ; en 1827, il y en avait deux, celle de Famars et celle de Hamoir à Saultain ; en 1828, on en comptait trois ; en 1830, cinq ; en 1835, quarante-cinq ; en 1838, soixante-deux. Et jusqu'en 1874, leur nombre a varié de 47 à 64, chiffre constaté en 1874 ; l'arrondissement de Valenciennes subsis-

sait le contre coup d'une crise générale et le nombre des sucreries ne variait plus alors que très peu.

Lorsque en 1850, la production de la France entière était de 76 millions de kilogrammes de sucre, l'arrondissement de Valenciennes en fournissait 16 ;

en 1855, sur 92 millions, il en fournissait 20 ;

en 1858, sur 132 millions, il en fournissait 26 ;

en 1865, sur 265 millions, il en fournissait 36.

Soit, avant 1865, plus du cinquième de la production française, et en 1865, encore plus du septième.

Nous pouvons de même suivre dans l'arrondissement de Cambrai les pas de géant que l'industrie sucrière a faits dans notre région.

En 1827, cet arrondissement ne comptait que deux fabriques à Thun-St-Martin et à Boistrancourt (Castelain). En 1832, Hiolle et Bertrand, fondèrent une nouvelle usine à Sommaing-sur-Ecaillon. Deux ans plus tard, quatre nouvelles fabriques furent créées à Cappelle-Solesmes (Macarez-Frères), à Raillencourt (Dasvigne), à la Neuville (Desfontaine) à Doignies (Crassier). Deux usines seulement celles de Cappelle et de Raillencourt étaient mues par des moteurs à vapeur.

En 1850, il y avait douze sucreries produisant 40 millions de kilogrammes de sucre.

En 1875-1876, il existait 33 sucreries dont plusieurs très importantes avec raperies annexes, parmi lesquelles la sucrerie centrale d'Escaudœuvres, cette usine pieuvre, jusque maintenant la plus importante du monde entier et qui fut créée en 1872. Ces 33 usines mirent en œuvre, pendant la campagne 1875-1876, 7,700,000 quintaux de betteraves qui ont produit 370,000 sacs de sucre.

On voit par ces chiffres combien était considérable la quantité de sucre produite par la région du Nord. Aussi, pendant un certain nombre d'années, la France tenait le premier rang dans la fabrication du sucre en Europe.

En 1875, nous avons 525 fabriques produisant 4,380,000 quintaux de sucre, c'est-à-dire 35 % de la production européenne. L'Allemagne arrivait à 339 fabriques avec 2,650,000 quintaux de sucre.

La Russie, avec 330 fabriques, produisait 4,450,000 quintaux et l'Espagne atteignait le chiffre de 3,800,000 quintaux ; tandis que la production de la Hollande, la Suède, le Danemarck et l'Italie s'élevait à 480,000 quintaux.

Mais, depuis cette époque, les rôles sont changés, et l'Allemagne a pris un développement si considérable que, en 1883, elle produisait 12 millions de quintaux, tandis que nous n'arrivions à produire que 3 millions de quintaux.

Depuis longtemps, cette diminution dans notre production était prévue. Le gouvernement a fini par s'émouvoir et, enfin, une législation nouvelle, fondée sur la base de la législation allemande, vint rendre un peu de vigueur à notre industrie menacée.

En 1837, l'industrie sucrière ne payait pas d'impôt ; aussi sa fabrication s'était développée et atteignait 40 millions de kilogrammes. Quand on lui vit prendre cette importance, on trouva nécessaire de la soumettre à l'impôt.

Pendant la première année, plus de la moitié des fabriques de sucre renoncèrent à leur commerce : 170 usines furent obligées de fermer, et la production diminua de 5 à 6 millions de kilogrammes.

Mais quelques années après, sous le stimulant du progrès et par l'effort individuel, l'industrie de la betterave arrivait à 100 millions de kilogrammes, puis à 200 millions, puis à 250 millions, etc. . . .

Frapé successivement du droit de 10 fr., de 15 fr., de 25 fr. p. % kilogram., le sucre indigène fut assimilé au sucre de canne, quant à l'impôt de consommation, à partir du 1^{er} avril 1847.

Cet impôt, agissant directement sur le prix de revient, causa de nombreuses ruines ; de 585 fabriques qui existaient en 1837, il n'en restait plus que 284 en 1848.

L'industrie sucrière ne put se maintenir que dans les pays où la culture était relativement très avancée, comme dans le département du Nord et une partie du Pas-de-Calais.

Mais, grâce à un outillage perfectionné et aux bénéfices que la culture de la betterave apportait dans la ferme, la fabrication du sucre sut se relever et même prospérer. Il ne lui manquait, pour prendre son essor, que d'être assurée d'une législation stable et surtout d'être placée vis-à-vis de l'étranger sur le même terrain que les autres industries. C'est dans ce but que fut promulguée la loi du 7 mai 1864. Désormais, la sucrerie française put exporter ses sucres à l'état brut, ce qui lui avait été refusé jusque-là. Ce fut, malgré les défauts qu'on lui a reprochés à tort ou à raison, un des grands bienfaits de la loi de 1864.

A partir de cette époque, l'élan est donné; de nouvelles usines sont créées chaque année et les anciennes s'agrandissent. Ainsi en 1863-64, 366 fabriques produisent en sucre 1.084,670 quintaux; en 1871-72, on en compte 494 qui donnent 3,244,300 quintaux, et en 1875-76, la production de 525 fabriques s'élève à plus de 4,500,000 quintaux.

C'est l'apogée de la production, mais c'est le commencement de la décadence.

La sucrerie indigène, qui ne demande qu'à se développer, voit sa prospérité enrayée par la diminution de la consommation. Celle-ci avait atteint en France en 1870, le chiffre de 7 kg. 500 par tête; en 1878, en tenant compte de la consommation de l'Alsace et de la Lorraine perdues, elle n'était plus que de 6 kilog. 200 par tête. Cela tenait à l'énormité de l'impôt qui avait augmenté de plus de la moitié depuis 1872.

L'industrie betteravière, tant sucrerie que distillerie, ressentait en outre le contre-coup de la crise industrielle et commerciale qui sévissait depuis quelques années.

Tandis que la production était forcée de reculer chez nous, celle des autres pays sucriers d'Europe allait en croissant. En Allemagne, en

Autriche, en Russie, sous l'égide d'une législation qui accordait des primes, l'industrie sucrière se développait chaque année, non seulement pour répondre à la demande intérieure, mais encore en vue de l'exportation ; de sorte qu'elle venait nous faire une concurrence désastreuse sur des marchés qui sont à nos portes, ceux de l'Angleterre principalement, où la consommation de sucre dépasse 30 kil. par tête.

On demanda alors et on obtint l'impôt d'après la nature et la quantité du jus produit.

Mais certains fabricants réclamèrent parce que leurs voisins, qui obtenaient un jus plus riche, bénéficiaient de cet avantage ; ils demandèrent l'impôt sur le sucre. Le gouvernement, qui ne pouvait qu'y gagner, accepta : on frappa l'impôt d'après le rendement en raffinerie.

Mais, le fabricant français, n'ayant à s'occuper que du sucre qu'il retirait, négligeait la qualité de la betterave.

Il n'y avait entre le fabricant et le cultivateur que des traités vagues et dont la formule générale était la suivante :

« Le cultivateur s'engage à fournir une betterave de bonne qualité, loyale et marchande, ni toupie, ni bouteuse, ni demi-bouteuse. .

» Le prix en est fixé à . . . francs par mille kilogrammes, etc... »

Mais à quel moment une betterave n'est-elle plus de bonne qualité ? Quand commence-t-elle à être bouteuse, toupie ? Aussi un jour vint où le cultivateur qui ne cherchait qu'un fort rendement à l'hectare, livra au fabricant des betteraves qui, au lieu de lui donner du sucre pour le raffineur, lui procura des pulpes pour ses bestiaux.

Quelques fabricants, pour porter remède au mal, imaginèrent de fournir la graine aux cultivateurs ; mais la fabrique de sucre cherchait à obtenir une betterave aussi riche que possible. Or, la betterave riche est pivotante et donne moins de poids ; aussi, fut-on bientôt revenu à l'ancienne.

Il fallait remédier à cet état de choses sous peine de voir la sucrerie indigène disparaître devant la concurrence étrangère.

Des Sociétés instituèrent dans un but louable des récompenses pour les producteurs de betteraves riches. Les achats de betteraves se faisaient généralement à prix ferme; et il était facile de comprendre que donner des médailles pour obtenir de la bonne marchandise, qui n'était pas payée son prix, c'était glisser toujours sur la même pente.

Le gouvernement porta alors ses vues sur le régime fiscal de l'Allemagne.

En Allemagne l'impôt était basé sur le poids de betteraves mises en œuvre; et cet impôt était uniforme quelle que fut la qualité de la betterave. Les fabricants allemands étaient donc intéressés à n'employer que des betteraves très riches en sucre, et s'outillaient pour retirer le plus de sucre possible; ce qui explique pourquoi les perfectionnements les plus importants nous vinrent de ce côté.

En outre, la bonne betterave donne une mélasse moins riche en sel que la betterave pauvre, ce qui permettait d'en retirer plus de sucre et avec plus de facilité. On conçoit donc que les Allemands mettaient plus de soins et faisaient plus de dépenses que nous pour extraire le maximum de sucre, puisque ce produit, à cause des droits qui se trouvaient acquittés, avait chez eux une valeur plus grande que dans nos fabriques.

Le droit était de 20 francs par mille kilogrammes de betteraves, ce qui correspond à peu près à un impôt de 25 francs par cent kilogrammes de sucre.

En Autriche, où la diffusion fut employée de bonne heure, le système était différent, quoique conduisant au même résultat; mais il était moins favorable à la législation. L'impôt était basé sur la capacité des appareils; d'où la nécessité d'employer de petits appareils et de leur faire effectuer le plus de travail possible. Aussi épuisait-on moins bien les betteraves en Autriche qu'en Allemagne. Car

de la quantité de travail fait par jour avec de petits appareils dépendait le bénéfice du fabricant.

En Belgique il y avait des abonnements, système qui permet d'avoir des excédents. Le fisc percevait, par exemple, l'impôt sur 200.000 kilogrammes de sucre retirés d'une certaine quantité de betteraves ; si le fabricant peut, de ce même poids de betteraves, retirer un excédent de 100 kilogrammes, ces 100 kilogrammes sont exempts de droit.

Ce dernier système fut adopté en France en 1882, et les fabricants français eurent la faculté d'adopter l'abonnement au poids de betteraves ou de conserver l'ancien système.

Mais ce régime ne devait avoir qu'une durée de deux années, et le 29 juillet 1884 une nouvelle législation, basée cette fois sur la législation allemande, fut imposée aux fabricants de sucre de France, pour une période de sept années, jusqu'en 1891.

La nouvelle loi faisait pour deux années une différence entre le système des presses et celui de la diffusion.

L'impôt devait être perçu sur le poids de betteraves mises en œuvre à raison de 5 kil. de sucre raffiné pour 100 kil. de betteraves travaillées par les presses, et à raison de 6 kil. de sucre pour 100 kil. de betteraves travaillées par la diffusion.

A partir du mois d'août 1887, l'impôt devient unique et est perçu à raison de 7 kilog. de sucre raffiné pour 100 kilog. de betteraves mises en œuvre, mais avec augmentation chaque année de un quart pour cent jusqu'à expiration du régime de 1884, c'est-à-dire jusqu'après la campagne 1890-91.

Voici un tableau expliquant ce mode de perception d'impôt :

| CAMPAGNES.. | 1884-85 | 1885-86 | 1886-87 | 1887-88 | 1888-89 | 1889-90 | 1890-91 |
|-----------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|
| Presses | 5 kg. | 5 kg. | 7 kg. | 7 kg. 25 | 7 kg. 50 | 7 kg. 75 | 8 kg. |
| Diffusion | 6 » | 6 » | 7 » | 7 kg. 25 | 7 kg. 50 | 7 kg. 75 | 8 kg. |

L'impôt par 100 kilos de sucre raffiné était de 50 francs.

Ce nouveau régime imposait aux fabriques, qui n'avaient pas adopté auparavant le système de l'abonnement, tout un nouveau matériel pour le pesage des betteraves ; les fabricants profitèrent de cette addition partielle pour faire des réparations urgentes à leur matériel ; et, dans l'espoir d'excédents que les perfectionnements apportés aux appareils pouvaient leur fournir, ils se remirent à l'œuvre avec ardeur ; ils montèrent leur usine sur un pied de main-d'œuvre le plus minime possible et bientôt la sucrerie indigène prit un nouvel essor.

Mais une modification, apportée le 27 mai 1887 à la loi de 1884, augmenta l'impôt d'une surtaxe de 10 francs, imposable aussi sur les sucres exempts de droits ou excédents, et porta ainsi l'impôt à 60 francs par 100 kilog. de sucre.

C'était affaiblir très fortement les avantages créés par la loi de 1884.

Enfin, une nouvelle proposition de loi fut déposée le 12 janvier 1888 sur le bureau de la Chambre des Députés, par M. Tirard, alors Ministre des Finances. Votée le 8 juin pour être mise en vigueur pendant la campagne 1888-89, cette nouvelle loi réduit, il est vrai, l'impôt de 50 à 40 francs ; mais elle porte à 20 francs la surtaxe de 10 francs créée par la loi de 1887. Les sucres imposables payeront donc à l'avenir 40 francs d'impôt, plus 20 francs de surtaxe, soit au total 60 francs, comme pendant la campagne précédente. Mais cette surtaxe s'appliquant aussi aux excédents, ceux-ci devront payer à l'avenir un impôt de 20 francs par 100 kilog.

N'est-ce pas rogner encore au fabricant une partie de ses bénéfices, et cette nouvelle charge ne retombera-t-elle pas sur le cultivateur ? Cette loi de 1888 est encore trop jeune pour qu'on puisse juger de ses effets ; mais son application menace d'arrêter de nouveau l'industrie sucrière et l'agriculture dans leur élan vers une prospérité toujours fugitive.

II.

DE LA BETTERAVE de sa culture et des engrais qu'elle comporte.

Il y a quelques années encore, on croyait à l'impossibilité de maintenir sous nos climats la richesse de la betterave transplantée.

L'acclimatation est une idée fausse.

Un fait établi par M. Violette, le savant doyen de la Faculté des Sciences de Lille, est que la race de betteraves doit être appropriée au sol qui doit la porter. La solution est de créer des races pour le sol qu'on a à sa disposition. C'est le but que se sont proposé de nombreux agriculteurs qui produisent la graine de betteraves, et notamment M. Desprez de Capelle, près Templeuve, un des promoteurs de la théorie des améliorations de races.

La betterave riche exige un sol profond, parfaitement fumé, physiquement et chimiquement homogène. Si l'on n'a pas ce sol, en attendant qu'il se bonifie, on plante des races un peu moins riches qui donnent encore de très bons résultats; on améliore le sol par des labours profonds et par des fumures convenables, et au bout de quelques années ce sol sera susceptible de produire de la betterave riche dans de bonnes conditions.

Supposons un terrain argilo-sableux. Si la première année on laboure trop profondément, on pourra ramener à la surface du sol une terre argileuse qui se fendille par la dessiccation; cette couche est généralement trop compacte et la jeune betterave n'aura pas la

force de résister. C'est ce qui est arrivé, il y a quelques années, dans la région du Nord, où l'on a voulu, d'une campagne à l'autre, passer de la betterave pauvre à la betterave riche. Dans cette couche compacte et non suffisamment écrasée, la betterave se contournait, fourchait, prenait, en un mot, avec ses radicules la forme d'une araignée. Et l'on disait que la betterave n'était pas encore acclimatée. On réservait alors comme betteraves-mères celles qui sortaient le plus de terre et qui avaient moins de racines; on rejetait donc toutes les plus riches; une deuxième plantation éliminait encore les plus riches et au bout de quelques années on était retourné à la betterave pauvre.

Si, au contraire, par des labours raisonnés et plus profonds chaque année, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à un labour assez profond pour produire de la betterave riche, on forme son sol pour cette betterave, celle-ci poussera comme dans tout autre terrain propice à sa production.

Voici, dans le cas d'un terrain analogue à celui dont nous venons de parler, comment on arrive à former un sol pour la betterave riche. La couche argileuse doit être divisée, non par des moyens mécaniques à l'usage du laboureur, mais par de la chaux vive qui y est semée à l'état de pierres aussitôt qu'elle sort du four. Au bout de deux à trois jours, les pierres se sont délitées et la chaux est en poudre. Alors on herse le terrain pour répandre également la chaux; au bout de quelque temps on laboure à 45 centimètres, de façon à bien la mélanger avec le sol, ou bien avec l'extirpateur on fait un labour superficiel. On abandonne la terre pendant l'hiver, et, au printemps il ne reste qu'à faire des labours superficiels et à planter les betteraves.

La nature des engrais mis sur un sol influe beaucoup aussi sur la production; mais il faut agir avec discernement et donner au sol l'engrais qui lui convient. Car il est naturel qu'une betterave plantée dans un sol argileux ne s'accommodera pas du même engrais qu'une autre plantée dans un sol calcaire.

Engrais. — La question des engrais est très complexe et nous n'en dirons que quelques mots.

Il faut pour la betterave des engrais consommés qui s'absorbent vite ; car c'est une plante dont la végétation principale s'accomplit en trois ou quatre mois. Plantée à fin avril et en mai, sa végétation se termine en juillet et août ; il faut donc qu'elle trouve dans le sol tous les éléments nécessaires immédiatement assimilables, et qu'il n'y en ait pas de prédominant. Cette dernière condition est importante ; car si nous prenons, par exemple, le fumier frais où l'azote est en quantité relativement grande, le tissu de la betterave se développe, la pousse est rapide et il n'y a que peu de sucre. Aussi les engrais de ferme doivent être employés avec discernement à la fin de l'automne et placés dans le sol assez profondément pour qu'ils pourrissent pendant l'hiver.

On préfère souvent avec raison l'emploi d'engrais chimiques consciencieusement mélangés ; et quoique l'application rationnelle des engrais chimiques rencontre encore en certains endroits une grande résistance, la constatation de leur influence et de leur rapport utile les a fait généraliser un peu partout.

Dans les grandes exploitations, il est bon de connaître la nature du sol pour donner à celui-ci les éléments qui lui conviennent et qui lui manquent. Mais les analyses du sol sont excessivement longues et délicates ; souvent aussi un chimiste habile, peu rétribué, mesure son travail à ses appointements. Car il y a une petite quantité de matière utile qu'il faut aller chercher au milieu d'une grande quantité de matière inerte.

Un excellent moyen de connaître approximativement ce qu'il faut ajouter au sol, consiste à faire l'année précédente des carrés d'essais dans lesquels on emploie une certaine quantité d'engrais de proportions différentes, c'est-à-dire que les quantités d'éléments varient pour chacun des carrés de même étendue. Pendant la pousse et à la récolte on note ses observations ; on pèse la betterave, on détermine le sucre qu'elle contient et le carré qui donne une plante de rapport

et de richesse d'une moyenne supérieure doit servir de guide pour l'année suivante.

On suppose, d'après des expériences faites, que 50,000 kilogrammes de betteraves enlèvent au sol dans un hectare par les racines seulement :

| | |
|---------------------------------------|------------|
| Azote..... | 100 k. |
| Acide phosphorique | 43 » |
| Potasse | 190 » |
| Soude | 34 kg. 800 |
| Magnésie | 25 kg. 800 |
| Chaux, oxide de fer, silice, etc..... | 362 kg. |

Sachant que les éléments fertilisants de la betterave sont : l'azote, l'acide phosphorique, la potasse et la chaux, il est facile de déterminer par l'essai des carrés dont nous venons de parler, les doses d'engrais qui doivent être ajoutées à l'hectare.

Il y a un grand nombre de matières actuellement employées comme engrais pour betteraves. Nous n'en citerons que quelques-unes.

Dans les premières années de la fabrication du sucre, on semait la mélasse sur le sol ; on rendait ainsi au sol ce que les betteraves de l'année précédente lui avaient pris. On ne connaissait pas alors les procédés d'extraction du sucre des mélasses et celles-ci étaient considérées comme un produit inutile dont la seule valeur commerciale était comme engrais.

Cependant, en 1873, lorsque la mélasse, par suite de l'énormité de l'impôt perçu sur les distilleries, était tombée à un prix dérisoire de bon marché, M. Vivien proposait encore de l'employer comme engrais, persuadé qu'il était que son emploi serait très avantageux. Il concluait, d'après la composition de la mélasse, à une valeur comme engrais de 8 à 9 fr. pour 100 kilogrammes.

Voici la composition moyenne de 100 kg. de mélasse à 41° Beaumé.

| | | |
|----------------------------|-------|-----------|
| Humidité | 27.20 | } 100,000 |
| Sucre | 47.72 | |
| Potasse | 4.72 | |
| Cendres et Acides divers.. | 6.71 | |
| Matières organiques..... | 13.65 | |

l'azote s'y trouvant à peu près à raison de 0,94 %.

M. Vivien conseillait en outre, pour éviter les inconvénients du transport et un épandage dispendieux, d'en former un engrais pulvérulent en la malaxant intimement avec de la chaux, préalablement réduite en poudre par une immersion rapide dans l'eau et une extinction à l'air, dans la proportion en poids de 2 de mélasse pour 1 de chaux. On obtient ainsi un composé sous forme de grains parfaitement secs qu'on peut ensacher, transporter et répandre avec le semoir. Cet engrais contient à la fois des éléments rapidement assimilables par les plantes et d'autres lentement assimilables qui forment un fond de fumure.

Mais aujourd'hui que la sucraterie et la distillerie ont fait des progrès immenses dans l'extraction du sucre des mélasses, celles-ci ont acquis une valeur industrielle suffisamment rémunératrice.

Un des engrais les plus estimés de nos jours est le tourteau qui agit non-seulement par l'azote qu'il renferme mais aussi par l'acide phosphorique et la potasse qu'il apporte au sol.

On emploie aussi souvent comme transporteurs d'azote du sulfate d'ammoniaque des usines à gaz, du nitrate de soude ou du nitrate de potasse. Ces produits sont excellents à condition de ne pas être employés à dose exagérée et d'être déposés sur le sol avant la plantation. Ainsi nous avons vu, maintes fois, des cultivateurs semer à la volée du nitrate de soude sur des betteraves plantées; ce sel donne une activité considérable, mais la plante ne donne que des feuilles, de l'eau et des sels. Cette méthode, très mauvaise, conduit certainement à la betterave pauvre ce qui n'est pas le but que doit

se proposer aujourd'hui tout cultivateur soucieux de la prospérité de la culture. Les fabricants sont, d'ailleurs, en garde contre ce procédé qui, quoique donnant au jus une densité suffisamment élevée, ne fournit qu'une quantité de sucre relativement rémunératrice et beaucoup de mélasse. Cet engrais, pour produire un effet utile au développement simultané en poids et en richesse de la betterave, doit non-seulement être semé avant la plantation, mais autant que possible être mélangé avec du chlorure de potassium ou sel de Stassfurtz, ou du sulfate de potasse, qui atténuent ses qualités trop fortes.

Le nitrate de potasse, employé aussi avant la plantation, a une influence salutaire sur les récoltes et son emploi est de beaucoup préférable à celui du nitrate de soude. S'il a l'inconvénient de coûter fort cher, presque le double de son congénère le nitrate de soude, il faut remarquer qu'il contient deux éléments utiles : l'azote et la potasse ; tandis que la soude du nitrate de soude ne sert qu'à la formation de sels nuisibles dans le jus. Ce dernier présente aussi l'inconvénient de laisser de la soude dans le sol ; la terre devient blanche, il se produit une décomposition et le carbonate de soude prend naissance.

On emploie surtout comme engrais pour la betterave l'acide phosphorique sous forme de superphosphate de chaux qu'on obtient en traitant le noir animal ou les phosphates naturels par l'acide sulfurique. L'acide phosphorique, difficilement assimilable dans le noir et dans le phosphate naturel, acquiert cette propriété par l'action de l'acide sulfurique. Il se forme une réaction complexe qu'il est inutile de définir ici. Le superphosphate ainsi formé peut être considéré comme un mélange de phosphate acide et de sulfate de chaux ; il agit non-seulement par l'acide phosphorique, mais aussi par le sulfate de chaux, et son prix peu élevé permet d'en faire un grand usage. Ce phosphate, dont l'addition au fumier dans les étables ou dans la cour de la ferme serait une faute grave, sera parfaitement employé à saupoudrer le fumier épandu sur le sol, pourvu que l'en-

fouissement ne tarde pas ; cette dernière condition est nécessaire par suite d'un phénomène chimique que nous expliquerons plus loin et qui provoquerait le dégagement dans l'air de l'azote du fumier, qui perdrait ainsi sa valeur utile. Mais, enterré de suite, le fumier y gagnera doublement : il sera enrichi d'acide phosphorique, son complément naturel et indispensable, et il sera d'un effet plus prompt.

Certains cultivateurs emploient le phosphate naturel sans traitement par l'acide sulfurique et s'en trouvent satisfaits. On était, il y a quelques années, obligé de faire venir ce phosphate de Russie ou d'Espagne ; mais dans ces derniers temps on en a découvert des gisements dans le Lot et dans la partie septentrionale de la France où l'on peut s'approvisionner à raison de 4 à 5 francs les cent kilos. Tels sont les gisements de la Somme, de Pernes dans le Pas-de-Calais et de Quiévy dans le Nord.

Ces derniers phosphates ont, en outre, l'avantage de contenir une petite quantité de potasse et d'azote.

Tous ces engrais s'emploient généralement à l'état de mélanges et prennent le nom d'engrais composés. On y trouve tous les éléments constitutifs de la betterave : l'azote, l'acide phosphorique, la potasse, la chaux.

Voici la composition d'un de ces engrais fait à la fabrique de sucre de MM. Macarez frères, à Capelle, engrais composé spécialement fabriqué pour la culture de la betterave :

| | |
|-------------------------|----|
| Phosphate minéral..... | 55 |
| Nitrate de potasse..... | 10 |
| Nitrate de soude..... | 35 |

Cet engrais, semé à la dose de 4,000 kilos à l'hectare, donne chaque année d'excellents résultats.

La fabrique de Capelle, outre une grande exploitation agricole adjointe, reçoit les betteraves de grands cultivateurs des environs qui s'y approvisionnent d'engrais et de graines, et trouve tout avantage à produire elle-même cet engrais : et cela en raison d'un grand



inconvenient que présentent les engrais composés. On sait que les phosphates sont incompatibles avec tous les engrais organiques ; donc , pour éviter des dégagements d'azote , c'est-à-dire une perte de principe utile inévitable dans un engrais composé, celui-ci doit être employé aussitôt le mélange fait. Car les pertes seront d'autant plus grandes que le mélange séjournera plus longtemps en magasin et sera plus exposé à l'humidité. Même remisé dans le milieu le plus sec , l'engrais composé n'échappe pas à des pertes considérables ; car la chaux vive contenue dans le phosphate absorbe l'humidité de l'air ambiant et à partir de ce moment la décomposition de la masse organique marche avec rapidité.

Ces causes sont inévitables pour des engrais composés achetés chez un fabricant d'engrais où le mélange doit être fait à l'avance pour répondre à toutes les demandes. Il arrive donc qu'au bout de quelque temps un engrais acheté ne présente plus le titrage qu'il avait au moment de sa fabrication ; de là , souvent déficit pour l'acheteur qui achète sur analyse.

Ces réactions du phosphate et des engrais organiques, si nuisibles aux mélanges faits quelque temps avant leur emploi, sont cependant d'une grande utilité pour des mélanges destinés à être épandus et enterrés immédiatement. Dans ces conditions, il n'y aura pas de pertes ; mais la présence du phosphate hâtera la décomposition des matières organiques et la transformation en engrais à action plus rapide.

On a beaucoup aussi préconisé le sang de bœuf comme engrais pour betteraves. Outre le sang de bœuf de l'abattoir, on y joint le résultat de la dessiccation des animaux morts , ce qui constitue un appoint assez considérable dans les grandes villes. On empile les corps dans de grandes étuves et on dessèche vers 150° , température insuffisante pour décomposer la matière et volatiliser l'azote. Quand la dessiccation est opérée, les bêtes ont conservé leur forme ; on les laisse tomber sur le sol et elles cassent comme du verre, on les broie et c'est ce que l'on vend trop souvent sous le nom de sang de bœuf.

On ajoute aussi souvent au sang de bœuf une marchandise analogue faite avec des déchets de cuir tanné qu'on transforme en engrais par dessiccation ou par l'action de la vapeur surchauffée. Après avoir fait passer la poudre dans des électro-aimants qui attirent au passage les clous pouvant s'y trouver, elle ne contient plus de matières révélant son origine. Mais ce prétendu sang de bœuf, dont on ne peut reconnaître la composition que par l'analyse, contient de l'azote non assimilable ; tandis que le sang de bœuf naturel est un engrais excellent s'il est bien préparé et qui possède de 6 à 7 % d'azote assimilable.

On se sert aussi parfois de guano comme engrais pour betteraves, mais à tort. C'est un engrais contenant, il est vrai, de l'azote et de l'acide phosphorique assimilables ; mais son emploi doit être proscrit pour la même raison que le nitrate de soude dont il présente à peu près les mêmes caractères. Il faudrait y ajouter les principes qui lui manquent. Néanmoins il peut être employé avantageusement pendant les années qui précèdent la plantation de la betterave dans un champ.

L'engrais flamand est aussi absolument proscrit : c'est le résidu des fosses d'aisance. Trop riche en chlorures, il est trop énergique et sous son action les betteraves se chargent de sels.

Il en est de même des parcages de moutons ; ces parcages échauffent le sol et lui fournissent les mêmes principes que l'engrais flamand. On peut les employer parfois avec succès et à dose modérée, mais à condition qu'ils soient faits pendant l'hiver ; car s'ils étaient faits au printemps, la betterave pousserait toujours et ne murirait pas.

On emploie aussi souvent des déchets de laine, de corne, des chiffons sous forme pulvérulente. Pour s'en servir, on les place dans un autoclave et on chauffe à 8 et 10 atmosphères ; on peut y ajouter un peu de potasse et de soude. La laine fond, le lin surnage, et on a une matière, ressemblant à de la poix, qui, sous l'effet de la chaleur peut prendre la consistance de la résine.

On fait aussi usage d'os broyés, de suint de mouton et aussi surtout d'écumes de défécation dans les terres lourdes. Ces engrais doivent être employés à temps pour que leur action utile se développe au moment voulu et vienne agir sur la graine avec efficacité.

Il ne faut pas provoquer l'accroissement excessif des betteraves par une profusion d'engrais déraisonnée. Car, parmi les causes très complexes qui favorisent plus ou moins la sécrétion du sucre dans les betteraves, il faut citer d'abord la grosseur des racines ; il n'est plus de doute que les betteraves sont d'autant plus riches en sucre qu'elles sont plus petites.

Ces causes sont ensuite la nature et le mode de culture des sols dans lesquels elles ont été produites. La quantité de sucre varie considérablement suivant les pays et le milieu dans lesquels les betteraves se sont développées. Cette quantité est particulièrement faible aux environs de Lille, où depuis un temps immémorial les terres ont été soumises à la culture intensive par l'abondance des excréments liquides dont elles ont été surchargées, tandis qu'au contraire un sol convenable se rencontre dans le Nord, vers Orchies qui, grâce à ce sol, est devenu par excellence le pays producteur de graines de betteraves.

L'influence de la graine est aussi prépondérante.

Graines de betteraves. — Ici se présente une question : Doit-on acheter ses graines au commerce ou les fabriquer soi-même ? Il est préférable d'acheter ses graines, mais en s'adressant à des maisons loyales.

Tout le monde ne peut pas faire de la graine. Il faut d'abord connaître les caractères de la plante et, pour cela, effectuer les dosages du sucre de la plante.

Certains fabricants se méfient des marchands. Cependant une graine obtenue par le cultivateur lui revient plus cher que la graine achetée au commerce ; car on ne peut, dans une petite culture, employer les procédés délicats que met en œuvre l'exploitation des betteraves-mères.

On est revenu maintenant de la fausse idée qu'il est impossible de transplanter la betterave riche et de l'acclimater dans nos régions.

Tout le monde sait que les diverses espèces de betteraves ne sont pas également propres à acquérir une richesse saccharine supérieure. Depuis longtemps les fabricants avaient observé que les races les plus avantageuses à cet égard étaient originaires du Nord, de l'Allemagne et de la Pologne.

Nous avons vu que, par suite du mode d'impôt, depuis longtemps les Allemands cultivaient de la betterave riche.

Nous avons eu l'idée, avant 1870, de faire venir de l'Allemagne, des betteraves-mères d'une richesse supérieure aux nôtres. Ces graines dans une terre vierge, de consistance légère, avec une médiocre fumure en fumier donnèrent des betteraves dont le jus contenait de 15 à 18 grammes de sucre par décilitre.

Ce qui constitue la difficulté dans le commerce des graines, c'est qu'elles exigent une manipulation délicate et une expérience extraordinaire.

En 1850, Vilmorin avait démontré que la betterave conserve la faculté de produire du sucre après avoir été amenée par des cultures successives à un certain degré.

Vilmorin faisait l'analyse en détachant un petit cylindre qu'il rapait; il prenait la densité du jus, dosait le sucre et classait ses betteraves d'après leur richesse. Il reconnut que les mères les plus riches donnaient les betteraves les plus riches. Vilmorin opérait donc sur chaque betterave et replantait la betterave même à laquelle le petit cylindre avait été enlevé.

Cette légère blessure n'influit nullement sur la pousse, sur la production de la betterave-mère. Il essaya d'introduire cette graine dans le commerce, mais la législation n'était pas assez bienfaisante pour qu'on pût entreprendre la culture des betteraves à petit rendement. La carotte portait d'ailleurs des racines nouées et très développées et le cultivateur préféra sa grosse betterave à production facile et dont l'arrachage ne donnait pas de mal. Cela tenait à ce

que Vilmorin n'avait pas songé à produire une betterave selon chaque terrain.

On substitua dans la pratique une autre méthode basée sur la densité de la betterave.

On sait que la matière principale est le sucre ; il y a dans la betterave 14 à 15 % de sucre et 3, 4 à 5 % de cellulose. Donc plus il y a de sucre, plus la betterave est dense.

On agissait comme suit :

On dissout du sel de cuisine dans l'eau de façon à préparer des solutions de différentes densités : 1010, 1020, 1030, etc... qu'on introduit dans des cuves différentes. Les betteraves, arrivant du silo, sont jetées dans une des cuves de densité inférieure ; au bout de quelque temps, on en voit qui surnagent, tandis que d'autres vont au fond. Si, par exemple, on a mis les betteraves dans la cuve 1020, celles qui surnagent ont une densité plus faible que 1020 et les autres une densité plus grande. On porte successivement celles-ci dans les liquides de densités supérieures à 1020 et on peut, de cette façon classer les betteraves par densité. Les plus lourdes sont les meilleures. Par des essais faits d'avance on connaît le chiffre en sucre correspondant à la densité de la betterave et on peut choisir celles qui possèdent un titre supérieur à un titre moyen choisi comme point de repaire.

D'autres coupent un cylindre à chaque betterave et introduisent le cylindre dans les mêmes solutions que précédemment.

Le résultat est le même.

Ces deux méthodes sont défectueuses.

Il faut remarquer que dans la première, pour avoir un renseignement certain, il faut laver les betteraves pour enlever complètement la terre, ce qui n'est pas facile : il faut recourir à la brosse qui déchire l'épiderme ; et souvent la betterave qui doit être conservée plusieurs mois avant sa plantation est sujette à s'altérer ; et, chose remarquable, plus elle est riche en sucre plus elle s'altère facilement.

Une autre difficulté résulte des vides qui se trouvent à l'intérieur de la betterave, vides qui, remplis d'air, diminuent la densité.

Les résultats sont plus certains dans la seconde méthode mais à condition que les expériences soient faites en petit et les solutions souvent remplacées. Car le morceau de betterave, en contact avec la solution, altère la densité de cette dernière grâce au phénomène de diffusion, et lorsque plusieurs expériences sont faites dans une solution, les dernières n'offrent plus de garantie : car les eaux se chargent de sucre et des matières albuminoïdes de la betterave et, augmentant de densité, ne sont plus en rapport avec le résultat que l'on veut obtenir.

M. Viollette a continué l'œuvre de Vilmorin, et a appliqué l'analyse chimique à l'échantillon, c'est-à-dire au cylindre tiré de la betterave. Voici comment il procède :

On fait préalablement un choix de betteraves d'après leurs caractères extérieurs et l'analyse s'applique ensuite aux betteraves choisies.

Au moyen d'une sonde, il enlève un petit cylindre à chaque betterave au quart environ de la hauteur du côté du collet ; on le coupe en tranches, on en pèse 5 ou 10 grammes qu'on introduit dans une petite fiole jaugée à 100^{cmc} ; on verse dessus 10^{cmc} d'acide sulfurique normal, on ajoute de l'eau de façon à ne pas remplir la fiole, soit 70 à 75^{cmc}, et on chauffe au bain-marie à 100° pendant trois quarts d'heure.

Sous l'action de l'acide, le sucre s'intervertit ; quand la liqueur est refroidie, on sature à très peu près l'acidité au moyen d'une solution de soude caustique telle que 10^{cmc} ne saturent pas tout à fait 10^{cmc} d'acide normal ; cela se fait à froid pour ne pas altérer le sucre transformé en glucose ; on complète avec de l'eau les 100^{cmc}, on mélange bien le liquide et on laisse reposer un certain temps pour que l'équilibre s'établisse entre le liquide de la pulpe et l'eau. Si le liquide n'est pas suffisamment clair on filtre, et on le verse dans des burettes de Gay-Lussac divisées en 1/10 de centimètres cubes.

Puis on prépare 10^{cmc} de liqueur cuivrique bleue correspondant à 0,05 de sucre par 10^{cmc} dans un tube à essai avec un peu de pierre ponce pour éviter les bouillonnements ; on chauffe la liqueur cuivrique et on y verse peu à peu le liquide sucré jusqu'à ce que la liqueur bleue soit devenue incolore et qu'il ne s'y forme plus de précipité.

On lit sur la burette la quantité de liquide versée et, soit par le calcul, soit par la lecture de tables construites par M. Viollette, on connaît la quantité de sucre ‰ de la betterave.

La betterave porte une cheville avec un numéro que l'on met dans le trou fait par la sonde. Le numéro suit le liquide provenant de la betterave jusqu'à la fin de l'opération ; chaque betterave est ensuite classée par ordre de richesse.

Une autre méthode, la méthode allemande, est employée par M. Damien, chez M. E. Carlier, à Orchies (Nord).

Les opérations préliminaires sont faites suivant le procédé Viollette ; les betteraves sont triées, et on leur enlève un petit cylindre. Ce cylindre est placé dans un godet de presse dont le piston est manœuvré par une tige filetée surmontée d'un volant horizontal à portée de la main de l'opérateur. Le piston descend dans le godet, écrase le cylindre, et le jus s'écoule par un trou microscopique percé au fond du cylindre dans une petite capsule en porcelaine placée juste en dessous du godet. La capsule est placée sur un système à glissière qui l'empêche de dévier et la place juste au-dessous du trou du godet.

On pompe avec une pissette 5^{cmc} du jus sucré obtenu et on le verse dans une fiole de 25^{cmc} qu'on remplit d'eau ; ces 25^{cmc} sont filtrés et soumis au saccharimètre. Un simple calcul ou des tables faites à l'avance donnent le rapport du sucre.

Il est à remarquer que ce procédé permet de reconnaître la couleur de la betterave à l'inspection du jus filtré. Car on sait qu'une betterave rose donne un jus rosé, tandis que la grise donne un jus presque incolore. Il élimine en outre les inconvénients du procédé

Viollette en ce qu'il supprime le temps employé à couper le cylindre en petits morceaux, puis à en peser 5 ou 10 grammes ; comme l'inspection du sucre se fait au saccharimètre, il est inutile d'intervertir et par conséquent on n'a pas à faire bouillir et à attendre que le liquide refroidisse. En outre, l'inspection au saccharimètre se fait plus rapidement que la recherche du sucre par la liqueur cuivrée.

On sépare par ces procédés les betteraves-mères les plus riches des autres ; et une culture rationnelle, soignée chaque année de cette façon, doit donner une plante saccharifère appropriée au sol et non sujette à dégénérer.

Lorsqu'on a ainsi acquis une race de betteraves d'une grande valeur, il importe encore d'en conserver la pureté en choisissant pour semenceaux des sujets d'une conformation parfaite, et d'éviter de les planter dans le voisinage d'autres betteraves d'une origine douteuse, ce qui pourrait occasionner un abâtardissement préjudiciable.

Une bonne espèce de betteraves peut être une source de richesse pour le cultivateur et l'industriel. La culture de la betterave demande des soins excessifs. La plantation doit se faire en mai lorsque la température est devenue favorable à sa végétation et il importe que la levée se fasse dans de bonnes conditions.

Le sucre résulte de l'action de la lumière sur l'acide carbonique et l'eau et prend naissance dans les feuilles avant de se répandre dans le corps. Il est donc indispensable que la végétation ne subisse pas d'arrêt et que les feuilles prennent vite un grand développement pour que le sucre ait le temps de se former normalement et sans accident. Mais ces conditions ne dépendent pas essentiellement du temps, et dans ces dernières années, on a remarqué, avec appréhension, la présence d'un insecte, la sylvia-opaca dont le tort est de manger les feuilles à leur sortie de terre. Cette sylphe, que l'on a surnommé le phylloxera de la betterave, a même fait tant de ravages cette année que le gouvernement s'en est ému et a invité les savants

à l'étudier et à chercher le moyen de le détruire. Mais ces recherches sont si récentes qu'on ne peut encore préjuger des résultats auxquels on arrivera. Espérons toutefois que le fléau sera conjuré bientôt et ne viendra pas entraver la marche progressive que suivait l'industrie betteravière depuis quelques années.

On sème généralement en ligne au semoir avec beaucoup plus de graines qu'on ne doit récolter.

Il faut que la graine soit à peine enfoncée dans le sol, et, si on n'avait à craindre le vent et les rongeurs, on devrait la laisser sur le sol. Cependant, il s'est présenté des années où une graine plantée profondément, à 7 ou 8 centimètres, donnait une levée plus régulière et plus satisfaisante. Mais ces années sont exceptionnelles et la pratique a prouvé que cette méthode donne généralement de mauvais résultats.

On roule ensuite, et, au bout de quinze jours à trois semaines, la betterave commence à lever ; on voit alors des lignes vertes et, après un premier binage, on procède au démariage.

Le binage se fait à la houe à cheval ou à la main ; dans ce dernier cas on lui donne généralement, dans les campagnes, le nom de rasetage.

Le démariage se fait à la main ; on laisse les betteraves de 40 en 40 centimètres en arrachant celles qui sont en trop. On bine de nouveau et on procède au démariage définitif et à la mise en place.

L'espacement doit être tel pour les betteraves riches qu'il y en ait 9 à 10 par mètre carré, soit environ 400.000 pieds à l'hectare. Les lignes sont espacées à la plantation de 35 à 40 centimètres ; au démariage définitif on les laisse dans chaque ligne de 20 en 25 centimètres, dans le cas du binage à la main on peut placer les lignes à 30 centimètres dans chaque ligne. Car plus les betteraves sont serrées moins elles ont de tendance à prendre un grand volume et la betterave riche doit être petite pour être bonne.

On ne se doute pas de la grande influence qu'exerce sur la récolte le démariage des betteraves, suivant le moment plus ou moins

opportun de sa réalisation. Il y a un proverbe qui dit : « Mieux vaut démarier trop tôt que trop tard. » On a remarqué, en effet, que des betteraves démarriées alors que la première paire de feuilles n'était pas encore formée, donnaient un résultat de beaucoup supérieur à des betteraves démarriées plus tard ; et cette différence est tellement sensible qu'elle peut s'élever jusqu'à 8 et 9.000 kilog. à l'hectare. Mais, à cet âge, la betterave est encore exposée à toutes sortes d'accidents, tels que les maladies diverses et les ravages des insectes, et il faudrait, en outre, faire effectuer le démarriage par un personnel de choix. Néanmoins, lorsque les betteraves possèdent deux feuilles bien développées, on peut les démarier sans crainte, du moins si elles sont saines. Il faut faire suivre les démarriages de 8 jours en 8 jours. Cette influence du démarriage avancé est peu sensible pendant la végétation et même à l'arrachage ; car il faut des expériences de comparaison pour reconnaître la différence dans le poids des betteraves obtenues. Mais le cultivateur, routinier par excellence, est souvent rebelle aux conseils des agronomes, et cela parce qu'il ne voit pas le résultat des nouvelles méthodes qu'on lui recommande. Il est évident qu'en expérimentant sur divers points du pays les instruments et machines agricoles, les engrais, le nouveau mode d'ensemencement, etc., on convaincrat mieux que par la théorie. Le gouvernement français a commencé à créer quelques fermes modèles ; mais le nombre en est tellement insuffisant que le département du Nord n'en possède pas.

L'Espagne a compris mieux que nous l'influence qu'exerce l'exemple et l'inspection des résultats. Elle vient de créer dans toutes les régions du royaume, sous la direction des ingénieurs chargés du service agronomique, des « champs de démonstration », établis sur des terrains appartenant aux municipes ou à des agriculteurs et choisis de manière à mettre en relief les résultats. Le gouvernement fournit gratuitement le concours des ingénieurs, ainsi que les machines et instruments, les semences et les engrais à essayer. Des crédits affectés pour cet objet seront répartis d'une manière égale entre les diverses provinces de l'Espagne.

Il y a là un exemple à suivre par le gouvernement français.

Après le démariage définitif, la betterave doit subir encore ordinairement quatre binages jusque fin juin. A cette époque, les feuilles couvrent entièrement le sol et on ne doit plus s'en occuper jusqu'à l'arrachage.

Arrachage. — Dans les débuts, on employait pour arracher les betteraves une petite fourche à deux dents qui pénétraient dans la betterave et qui, par un mouvement alternatif, permettaient de la retirer. Mais ce procédé présentait l'inconvénient d'offrir trop de prise à la pourriture par les trous des dents et on ne pouvait conserver des betteraves arrachées de cette façon. Dans beaucoup de régions en emploie une petite bêche que l'ouvrier enfonce vigoureusement et verticalement dans la terre avec un mouvement alternatif; des femmes viennent derrière, enlèvent les betteraves de leur trou et les frappent l'une contre l'autre pour faire tomber la terre. Vers le soir, on coupe les feuilles, on met les betteraves en petits tas et on les recouvre de feuilles. Ces deux procédés étaient possibles avec les betteraves bouteuses et s'enfonçant peu dans le sol.

Mais avec les betteraves riches, qui pivotent, sans sortir de terre, ils sont difficilement praticables et on tend à les remplacer par la méthode allemande introduite en France par M. Desprez, de Cappelle. On se sert pour l'arrachage d'une charrue ressemblant au brabant simple, et n'ayant qu'un seul fer; l'avant-train est remplacé par un petit patin réglé de façon à enfoncer plus ou moins le soc dans le sol. On attèle deux chevaux non côte à côte, mais à la file, et on tourne tout autour de la pièce en suivant les lignes formées à la plantation. La tranchée met à nu toutes les betteraves de deux lignes voisines de chaque côté du soc; des femmes ou des enfants suivent et prennent les deux betteraves qui s'enlèvent facilement.

Les betteraves sont ainsi arrachées sans être endommagées et la terre est labourée. L'arrachage ne coûte ici que le prix des femmes ou des enfants, puisque l'ouvrier arracheur a en même temps labouré

la terre : avec deux chevaux et douze enfants, on peut facilement arracher par jour 40 à 50 ares. On voit de suite l'avantage de cette méthode. Elle n'est peut-être pas aussi expéditive qu'on le voudrait; en outre, dans cette terre labourée les transports sont plus difficiles pendant le mauvais temps. Mais il est toujours possible de faire arriver les betteraves à proximité de la route, soit par tombereaux, soit aussi par porteurs Decauville.

III.

Traitement de la betterave; son transport à l'usine. Extraction du jus.

Il faut maintenant transporter la betterave à la fabrique. Ce transport est une grosse question, car il s'effectue pendant une saison défavorable.

Dans certaines fabriques on reçoit toutes les betteraves dans la cour de l'établissement. Parfois pour éviter l'encombrement, les betteraves sont disposées en tas sur un terrain voisin de la fabrique; et de distance à distance sur les routes sont placées des bascules à côté desquelles se trouve un petit bâtiment où on fait les essais préliminaires.

Les frais de transport sont considérables dans les fabriques de sucre et la somme payée vient augmenter considérablement le prix de revient du produit.

Supposons, en effet, une fabrique d'importance moyenne, traitant par année 12.000 tonnes de betteraves; le mouvement, entrées et sorties, se traduira par les chiffres suivants :

| | |
|---|----------------|
| Betteraves | 12.000 tonnes |
| Pulpes 20 % | 2.500 » |
| Écumes de défécation..... | 720 » |
| Sucres 10 % | 1200 » |
| Mélasses | 350 » |
| Charbon (350 kg. par sac de sucre | 2.310 » |
| Pierre à chaux (1 % du du poids de betteraves | 120 » |
| TOTAL..... | 19.200 tonnes. |

Ainsi, c'est au minimum 49.200 tonnes dont la plus grosse partie doit être transportée pendant les quatre mois de l'hiver. On ne peut compter la tonne kilométrique à moins de 0 fr. 40 et sur ces bases on arrive, pour certaines usines, à des prix de transport considérables qui, s'ils ne sont pas payés directement par le fabricant, n'en viennent pas moins grever ses produits.

A cette somme il faut encore ajouter les subventions industrielles mises à la charge exclusive des fabricants de sucre.

En présence d'un tel état de choses, il est très naturel qu'on ait cherché les moyens de diminuer ces frais de transport. Le plus gros tonnage est celui de la betterave, c'est à celui-là surtout et avec raison qu'on s'est attaqué.

Il faut autant que possible faciliter l'écoulement rapide de la betterave vers l'usine. Le système habituel consiste à l'effectuer au moyen de chevaux et de bœufs ; mais ce transport est très coûteux et il y a à payer, en outre, les frais de défoncement des routes qui peuvent s'élever à une somme considérable. On a cherché à remplacer ce mode de transport par des machines.

Wagonnets. — Un procédé très pratique est le transport par chemin de fer mobile, le porteur Decauville entre autres. Il est surtout employé pour transporter les betteraves du champ à la route la plus voisine. Les betteraves sont alors mises en tas et des chariots les transportent à l'usine. Ce système est excellent pendant la saison pluvieuse où les terrains sont difficilement abordables ; mais il serait impraticable pour faire des transports à longue distance, vu la longueur de rails qu'il exigerait. On a aussi imaginé des locomotives routières traînant derrière elles plusieurs véhicules.

Système Corbin. — Nous nous contenterons de citer l'essai fait en 1870, par M. H. Corbin, fabricant de sucre à Meaux. Deux wagons locomoteurs, chargés ensemble d'environ 45.000 kilog., se transportaient eux-mêmes au moyen d'une petite machine à vapeur à deux cylindres conjugués, placés sur l'avant de chacun, et impri-

mant, par engrenage et chaîne de Gall, le mouvement à la roue motrice qui fonctionnait au-dessous de la caisse. La chaudière, chargée d'alimenter de vapeur les deux machines, était montée sur une roue et remorquée par les wagons. Cette disposition permettait de tourner dans un espace assez restreint, et, sur une route en parfait état, donnait de très bons résultats.

Mais on dut abandonner ce mode de transport à cause de plusieurs graves inconvénients dont les principaux sont l'insuffisance d'adhérence des roues-motrices par les temps humides et sur les routes en pente, et la dégradation rapide des empièvements. Ce dernier inconvénient n'évite donc pas les frais de réparations des routes.

Système Hogdson et système Provins. — On a employé d'autres systèmes dans lesquels les transports s'effectuent dans l'air. Tels sont le système Hogdson et le système Provins.

Dans le premier système, le transport se fait au moyen de bennes ou paniers chargés de betteraves voltigeant dans l'air du champ à la fabrique. Ces bennes sont fixées à un câble actionné par une machine motrice.

De distance en distance se trouvent des chevalets solidement établis portant des poulies placées verticalement sur lesquelles le câble glisse ; les bennes présentent un crochet spécial pour se tenir sur le câble qui tourne. A l'arrivée dans la fabrique, un buttoir renverse la benne qui se vide. On ne peut dépasser un parcours de 6 à 7 k^m et à cette distance on peut transporter 75.000 kilog. de betteraves en 12 heures. La grande dépense est l'installation et l'usure du câble en acier : le câble peut durer environ deux ans, après avoir fait un transport d'environ 8 millions de kilog. de betteraves. Quant aux frais d'installation, ils sont très coûteux et s'élèvent à peu près à la somme de 10.000 francs par kilomètre. Les frais de transport s'élèvent environ à 0 fr. 277 par tonne kilométrique. Ce système, très curieux, a été installé, à notre connaissance, en 1869, à la fabrique de MM. Bazin, Létrillart et C^{ie}, à Chambry, où il a donné des résultats assez satisfaisants, dès une première année de marche;

puis à la fabrique de M. Lallouette, à Barbery (Oise). Cette installation doit être faite dans la région où se trouvent les plus grandes quantités de betteraves.

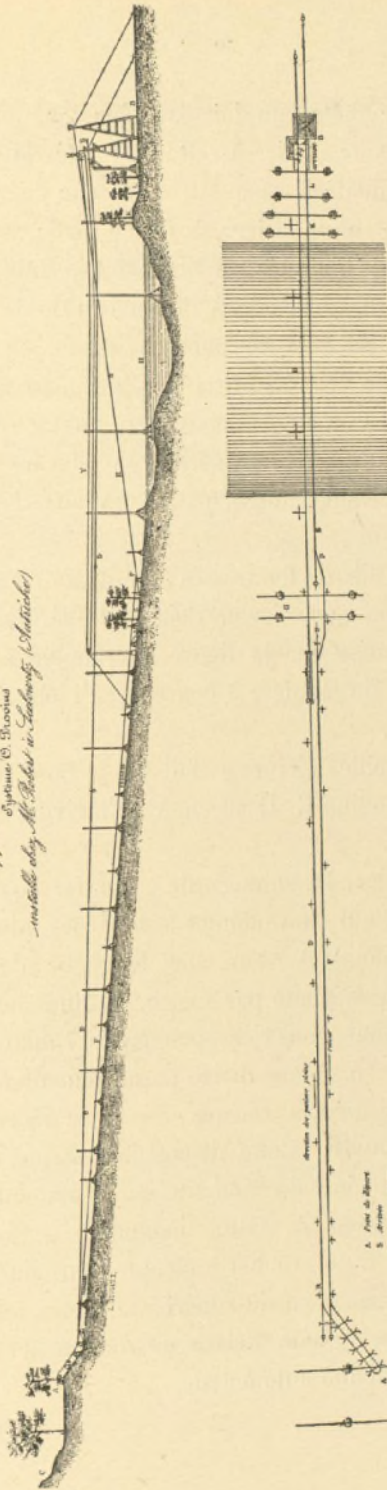
Le système Provins est l'inverse du système Hodgson et ne peut servir qu'à petite distance inférieure à 400 mètres pour transporter les betteraves des silos à la fabrique. Il en diffère en ce que le câble est fixe et forme plan incliné ; il doit y avoir deux câbles inclinés en sens inverse, l'un pour l'aller des paniers pleins, l'autre pour le retour des vides. Les bennes sont munies de crochets qui leur permettent de glisser suivant l'inclinaison du câble. Chaque câble est en fil de fer tressé, soutenu et amarré à ses deux extrémités par deux potences. Ce système n'exige donc pas de machine motrice, mais un treuil est nécessaire pour monter les paniers au câble.

Ce système a été installé en 1872, chez M^{me} V^e Provins et ses fils, fabricants de sucre à Bapaume. Pour en donner une idée plus nette, nous allons décrire une application très intéressante faite par l'inventeur à Seclowitz, Autriche, chez M. J. Robert, le fabricant de sucre toujours en quête de ce qui peut contribuer au progrès de l'industrie sucrière.

Le problème à résoudre était celui-ci : Transporter des terres du point A au point B en traversant deux chemins G et L qui doivent rester libres et un cours d'eau H qui, au temps des grandes eaux, atteint 65 à 70 mètres de largeur. La différence de niveau entre les points A et B, distants de 320 mètres, est de 28 mètres. Les terres à transporter sont tirées de la colline C ; riches en humus, elles sont destinées à être répandues comme amendement sur les terres de la vallée. La superficie exploitée est d'environ 3 hectares ; au-dessous du sol arable, dont le terrassement et le transport pourront durer une année, se trouve la pierre à chaux qui sera ultérieurement exploitée à son tour pour les besoins de la fabrique de sucre (Fig. 1).

La différence de niveau de 28 mètres sur un parcours de 320 mètres était beaucoup trop considérable pour être conservée,

*Appareil transporteur aérien
 système G. Sturzen
 -mis en place par M. Babat et Schwanig (Strasbourg)*



- A. Point de départ
- B. Arrivée
- EF. Câbles de soutien
- CEL. Arrière et avant
- E. Arrivée à destination
- D. Câbles pour les cordilles plates
- X. Route
- Y. Câbles pour les cordilles

Echelle de 1/1000 pour la route

Fig. 1.

Journal la Semaine industrielle (Champigne)



puisque la pente par mètre ne doit pas dépasser, autant que possible, 2 cent 1/2. Pour obvier à cette difficulté, le point d'arrivée a été placé, au lieu de déchargement, dans une guérite établie sur un léger échaffaudage en madriers, à 43^m du sol ; et les 45 mètres restant ont encore été diminués en abaissant le câble, au point de départ R, de 6 mètres au-dessous du niveau de la route X, soit 7 mètres environ au-dessous du point A. Reste, en définitive, 8 mètres qui donnent de R en S (distance 300 mètres environ) une pente de 26 $\frac{m}{m}$ par mètre à peu près, dont on peut atténuer encore l'effet sur la vitesse des corbeilles, en relevant le câble avant l'arrivée, sur une certaine longueur, et en absorbant ainsi une partie de l'accélération.

Le câble D est en fils de fer tressés, soutenu et amarré à ses deux extrémités comme nous l'avons déjà expliqué.

Les potences indiquées sur la figure décroissent nécessairement à partir de la guérite de manière à conserver l'inclinaison régulière à donner au câble D.

Le départ des corbeilles pleines se fait sur le bord de la route X, située au pied de la colline C. C'est en A qu'arrivent les matériaux à transporter.

En R, le câble d'aller, D, se raccorde à un fer en équerre supporté par des tréteaux qui chevauchent le long des talus de la route jusqu'au niveau du point A, sur une longueur de 25 mètres, de manière à réduire la pente par mètre, la différence de hauteur entre les deux points étant, nous le rappelons, de 7 mètres. Ce fer en équerre se recourbe en A, se dirige parallèlement à sa première ligne, supporté par les mêmes tréteaux, et va se raccorder en face de R au câble de retour F. Cette disposition permet d'utiliser le poids d'une corbeille pleine descendante pour remonter une corbeille vide jusqu'au point A. Cette manœuvre se fait au moyen d'un petit câble muni d'un crochet à chaque extrémité, et passant sur une poulie placée à la partie supérieure, entre les deux fers à équerre et dans le plan de leur surface de roulement. L'on a donc ici un véritable plan incliné automoteur.

C'est vers **R** que les corbeilles pleines sont abandonnées à elles-mêmes sur le câble de départ. On cherche par le tâtonnement à quel point du plan incliné il faut les lâcher pour qu'elles arrivent à destination.

Le retour des corbeilles vides du point **B** se fait à l'aide d'un câble en fer **E**, d'un plus petit diamètre que le câble **D** et passant dans la guérite, à proximité du point de déchargement, pour aller s'amarrer au bord de la route **G**. Le câble **F** se dirige, parallèlement au terrain, vers le plan incliné dont nous avons parlé tout-à-l'heure. La traction des corbeilles vides s'y opère, par séries de 5 à 10, soit par un âne, soit à bras d'homme.

Comme les corbeilles pleines pourraient, pour une cause ou pour une autre, rester arrêtées au-dessus de la rivière, il a fallu aviser à un moyen de les ramener. A cet effet, M. Provins a installé un câble sans fin **Y**, garni de nœuds, tendu entre deux poulies fixées l'une à la guérite, l'autre à la première potence de l'autre côté de la rivière, à une distance de 100 mètres. La poulie de la guérite se manœuvre au moyen d'une manivelle et est placée à l'extrémité d'un levier qui permet de la lever de la baisser à volonté, de manière que dans les circonstances ordinaires, le câble **Y** soit situé à 50 cent. environ du câble **D**, dont il ne peut gêner ainsi le fonctionnement ; tandis que, en cas d'arrêt d'une corbeille, il s'abaisse sur le câble **D**, est mis en mouvement au moyen des poulies et de la manivelle et, par l'un de ses nœuds, qui ne manque pas de s'engager dans la petite fourche surmontant chaque poulie de corbeille roulant sur le câble **D**, ramène jusqu'à la guérite la corbeille en détresse.

L'installation du système Provins est relativement peu coûteuse et les frais d'exploitation sont fort minimes ; d'ailleurs, en dehors des ouvriers employés au chargement des corbeilles et au charroi des terres à leur arrivée à la guérite, d'où elles descendent par un tuyau en bois très large, voici quel est le personnel employé : deux hommes au lancement des charges ; trois hommes pour les recevoir et vider les corbeilles dans le tuyau en bois ; deux hommes pour

remonter les corbeilles vides, ou bien à leur place, deux ânes conduits par deux gamins. Avec ce modeste personnel, M. Robert transporte 70 à 100 tonnes par journée de 10 heures de travail.

Râperies. — M. Linart eut l'idée de transporter, non plus toute la betterave à la fabrique, mais seulement le jus; de là, l'installation de râperies et un procédé de transport souterrain des jus.

La première installation de ce procédé fut faite par M. Linart, à Saint-Générment; il y construisit une râperie et amena les jus additionnés de chaux à l'usine centrale de Montcornet au moyen d'une conduite souterraine en fonte d'un développement de 8 kilomètres.

Le système consiste à installer autour de la fabrique centrale des râperies qui traitent la betterave et en retirent la pulpe et le jus. Le cultivateur voisin amène ainsi sa betterave et prend sa pulpe à proximité, et les transports sont réduits; les avantages dus à ce système sont considérables. Comme l'approvisionnement des betteraves est réparti dans les diverses râperies, la fabrique centrale n'a plus besoin d'immenses emplacements et évite l'encombrement. Mais il faut pour éviter les difficultés d'approvisionnement auxquelles on prétend se soustraire par la réduction des transports, que les râperies se tiennent, comme importance, dans des limites assez restreintes.

Elles seront aussi nombreuses qu'on le voudra autour de l'usine centrale, mais chacune d'elles ne devra traiter que 6 à 8 millions de kilog. de betteraves, dont elle se fournira à proximité.

Les râperies comprennent tous les appareils nécessaires à l'extraction des jus, appareils dont nous parlerons plus loin, et leur distance normale de la fabrique centrale est de 8 à 10 kilom.; néanmoins cette distance est quelquefois plus longue; on a dépassé 25 kilom., et la fabrique centrale d'Escaudœuvres possède une râperie à près de 35 kilom., près d'Arras. Voici comment s'effectue le transport souterrain des jus.

On emploie des tuyaux en fonte qu'on enterre à une profondeur d'environ 80 centimètres ; aux points culminants, on installe des robinets d'air pour éviter les coups de bélier quand on introduit le liquide et empêcher l'air de rester dans la partie supérieure des tuyaux. Généralement ces tuyaux sont placés le long des routes : ils sont en fonte et ont de 65 à 120 m/m de diamètre. Les plus grands soins doivent être apportés à leur confection et à leur établissement ; leur longueur est de 3 mètres ; ils doivent résister à une pression d'au moins 15 atmosphères. Ils s'embottent les uns dans les autres et les joints sont faits à l'aide d'une corde goudronnée au-dessus de laquelle on coule du plomb pour former un anneau maté avec soin. Ces tuyaux sont goudronnés intérieurement et extérieurement ; lorsque l'installation est faite, on les essaie à l'eau avant d'y faire passer le jus. Celui-ci est poussé vers l'usine centrale au moyen d'une pompe foulante actionnée par la machine motrice de la râperie. Mais avant de l'envoyer à l'usine centrale, après avoir été jaugé et pris en charge, il faut, pour éviter qu'il ne s'altère dans son parcours, y ajouter soit 4 % de chaux vive, soit 5 % en volume d'un lait de chaux à 23° Beaumé. Ces précautions prises, on refoule le jus par les tuyaux à l'usine centrale où il est reçu pour subir les opérations successives du traitement.

Modes d'achat des betteraves. — Avant d'entreprendre définitivement le traitement de la betterave, nous allons dire un mot de l'achat et de la vente de cette marchandise.

Lorsque la betterave riche n'était pas encore connue de nos fabricants et des cultivateurs, les achats se faisaient ordinairement à prix ferme convenu d'avance sur le poids net de la betterave, tare déduite. Voici comment on procédait et comment on procède encore aujourd'hui pour obtenir le poids net. Les betteraves, arrivant à la bascule, sont pesées pour connaître le poids brut ; puis le basculeur fait la tare des betteraves comme il suit : on prend 5 à 10 betteraves, ou davantage suivant les conventions, et on les pèse ; puis avec un couteau on gratte la terre ; quelques fabricants même

font laver les betteraves ; on coupe ensuite les queues, les radicales et le collet. On pèse de nouveau et la différence de poids, rapportée à 100 kilog., s'appelle la tare ; cette tare déduite du poids brut donne le poids net, d'après lequel est payée la betterave. Le cultivateur a donc tout intérêt à nettoyer ses betteraves avant de les conduire à la bascule, pour éviter les transports inutiles de poids formant des tares trop fortes.

La loi du 29 juillet, en changeant complètement le régime fiscal relatif aux sucres, et en établissant l'impôt sur la matière première, a eu comme conséquence immédiate de rendre impropre à la fabrication, toute betterave de qualité inférieure ou médiocre. Dès lors, le fabricant de sucre, pour se maintenir à hauteur, a dû ne travailler que de la betterave riche ; mais pour y arriver et forcer le cultivateur à la produire il a dû changer ses prix pour rémunérer ce dernier. D'où un autre mode inévitable d'achat de la betterave. Les prix à forfait, usités jusqu'à ce jour, durent être abandonnés en partie et faire place aux transactions basées sur la richesse de la plante. Dès lors l'achat et la vente de la betterave à la densité ou à la richesse saccharine devinrent une nécessité.

Ces deux méthodes sont les plus justes et les plus rémunératrices pour le cultivateur. Ici la betterave est payée son prix, tant par degré de densité ou de sucre et 1/10 de degré au 100 kilog. de betteraves, poids net. Dans l'achat à prix ferme, le fabricant, ne connaissant pas toujours la nature des betteraves qui lui sont fournies et pour éviter les surprises que causent parfois la nature du terrain et le mode de culture dans la richesse en sucre, se garantit en achetant la marchandise à un prix inférieur à sa valeur réelle. Dans l'achat à la densité toute surprise est impossible et il ne craint pas de mettre le prix de la betterave.

Voici comment on procède : on cherche toujours le poids net de la betterave ; puis on détermine la densité ou la richesse en sucre.

Pour avoir la densité, on prend, au hasard, dans le véhicule, et à différents endroits, trois ou quatre betteraves qui vont servir à la détermination de la richesse en densité ou en sucre.

D'autres fois, suivant les conditions, l'opération est faite sur des betteraves prises dans le champ avant l'arrachage. Dans ce cas, il faut la faire quelques jours seulement avant l'arrachage, ou même la veille de l'arrachage, pour éviter les variations de richesse dues à des changements de temps ; on arrache une certaine quantité de betteraves au hasard et à divers endroits et on se rend à la bascule pour procéder à la détermination de la densité ou de la richesse en sucre. Voici comment on opère :

On râpe une partie à peu près égale de chacune des betteraves et on soumet la pulpe à une pression ; on obtient un jus qu'on verse dans une éprouvette et on y plonge un densimètre. On laisse reposer le jus pendant un certain temps pour donner aux gaz et à l'air le temps de s'échapper ; puis on lit sur le densimètre la densité du jus ; on prend sa température qui normalement doit être 15°, et, au moyen de tables indiquant les corrections selon la température, on trouve la densité juste du liquide. On se base sur cette densité pour payer les betteraves.

On se sert le plus souvent d'un aréomètre Balling et non d'un Beaumé, car la graduation de l'aréomètre Beaumé est sujette à caution.

Dans les achats au degré de sucre, le jus obtenu par pression est décoloré, filtré et soumis au saccharimètre pour obtenir la quantité de sucre, et le titre trouvé est la base du prix d'achat. On peut aussi, au lieu du saccharimètre se servir de la méthode chimique Viollette, en prenant 5 grammes ou 40 grammes de jus au lieu de 5 ou 40 grammes de betteraves et on opère comme il a été dit pour les porte-graines

La détermination de la richesse du sucre demande un peu plus de temps ; mais par contre elle est plus juste. Car il est à remarquer que le prix à la densité est basé sur ce que : 4° de densité correspond à 2° de sucre, mais ce rapport n'est qu'une moyenne, et, suivant les régions le rapport du sucre correspondant à 4° de densité est plus grand ou plus petit que 2° ; il y a perte pour le cultivateur

tandis que dans le cas contraire, c'est le fabricant qui subit le déficit.

Depuis longtemps, en Allemagne, on achète les betteraves au degré du sucre. Mais il faut pour cela un outillage spécial et cette méthode entre difficilement dans nos mœurs.

Lavage des betteraves. — La betterave doit être lavée avant de subir son traitement : car la terre use la râpe dans le cas des presses et émousse les couteaux dans le cas de la diffusion. Le passage des betteraves dans un ou deux laveurs ne date que de Champonnois qui introduisit cet appareil en sucrerie. Auparavant, on brossait les betteraves ou on les soumettait à un lavage à la main avant d'extraire le jus.

Vers 1826, Champonnois, qui venait de monter une fabrique dans la Charente-Inférieure, eut la première idée du laveur à betteraves, et, encouragé par Molard jeune, qui l'avait guidé dans cette branche, il en fit le premier l'installation.

Pour transporter la betterave aux laveurs ou débourbeurs, on emploie des brouettes poussées par des hommes. Certains établissements se servent de porteurs Decauville à rails mobiles.

Un autre système est le transporteur hydraulique de M. Vivien. Ce système s'est généralisé d'abord en Autriche et en Allemagne, sous le nom de système Riedinger. Il assure une alimentation régulière de l'usine, même par les plus mauvais temps et quel que soit l'éloignement des silos de betteraves ; il économise, en outre, les deux tiers de la main-d'œuvre. Mais son fonctionnement exige un sol en pente, les silos se trouvant au haut de la pente.

Le transporteur hydraulique consiste essentiellement en un caniveau en maçonnerie, en fer, en bois ou en poterie qui s'étend sous une pente modérée depuis les silos jusqu'au débourbeur ou jusqu'au pied de l'élévateur à betteraves (fig. 2) qui doit les déverser dans le premier débourbeur.

Un courant d'eau fourni à la partie supérieure par une pompe foulante coule constamment dans le caniveau avec une vitesse qui

atteint généralement un mètre par seconde, et entraîne les betteraves que des hommes ou des femmes jettent successivement dans le courant. Les betteraves arrivent ainsi, soit directement dans le débourbeur soit au pied de l'élevateur, en grande partie nettoyées.



Fig. 2.

Les dispositions varient suivant les conditions locales. Un des agencements les plus commodes est représenté par la fig. 3. Des betteraves arrivent au silo dans des wagonnets et du silo sont jetées dans le caniveau.

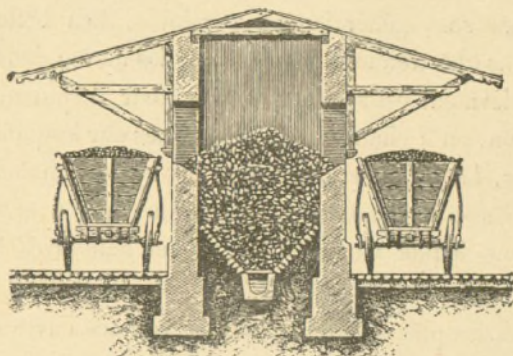


Fig. 3.

Mais ce système a l'inconvénient de ne pouvoir être utilisé que dans les fabriques possédant un grand excès d'eau.

Dans les fabriques bien montées où le transporteur hydraulique est employé, le débourbeur est généralement plus bas que le sol et en communication avec le canal dans lequel circule l'eau amenant les betteraves.

Avant la nouvelle loi de 1884, alors que l'impôt était perçu sur

la matière fabriquée et non sur la matière première, on ne se servait que d'un seul laveur qui déversait, soit directement soit par l'intermédiaire d'un élévateur, les betteraves à la râpe ou au coupe-racines. Mais la législation nouvelle imposant les betteraves mises en œuvre, il a fallu adopter un nouvel outillage permettant d'obtenir une betterave extrêmement propre et débarrassée de toute matière étrangère. On a donc dû, dans beaucoup de fabriques ne possédant pas de transporteur hydraulique, ajouter un second laveur. A ce second laveur viennent se joindre d'autres appareils successifs nécessités par la mise en pratique du nouvel impôt. Les betteraves sont alors déversées du second laveur au pied d'un élévateur qui les monte à la partie supérieure de l'usine d'où elles tombent dans une benne pour être prises en charge par les employés de la régie. De la benne, les betteraves tombent à la râpe ou au coupe-racines.

Les laveurs sont généralement surélevés. Les betteraves sont déversées dans une trémie et un élévateur les monte dans le premier laveur. Cet élévateur est souvent un élévateur à courroie en caoutchouc ou coton, ou à chaîne muni de palettes sur lesquelles montent les betteraves. La fig. 4 représente un élévateur à chaîne. Le laveur peut être un tambour rotatoire à claire-voie avec ou sans vis d'Archimède, dans lequel viennent tomber les betteraves sales. Cette disposition est très peu employée.

Les laveurs les plus en vogue sont de grandes cuves demi-cylindriques généralement en tôle, et ils sont souvent accouplés. Ils peuvent être disposés de plusieurs façons suivant l'emplacement dont on dispose. Ils sont quelquefois placés en ligne droite, le second se trouvant dans le prolongement du premier ; dans d'autres installations, le second laveur est placé parallèlement au premier et près de celui-ci.

Ces cuves sont traversées chacune par un arbre horizontal muni de bras disposés en spirale, qui met les betteraves en mouvement pour en séparer les impuretés et les entraîne à l'autre bout pour les

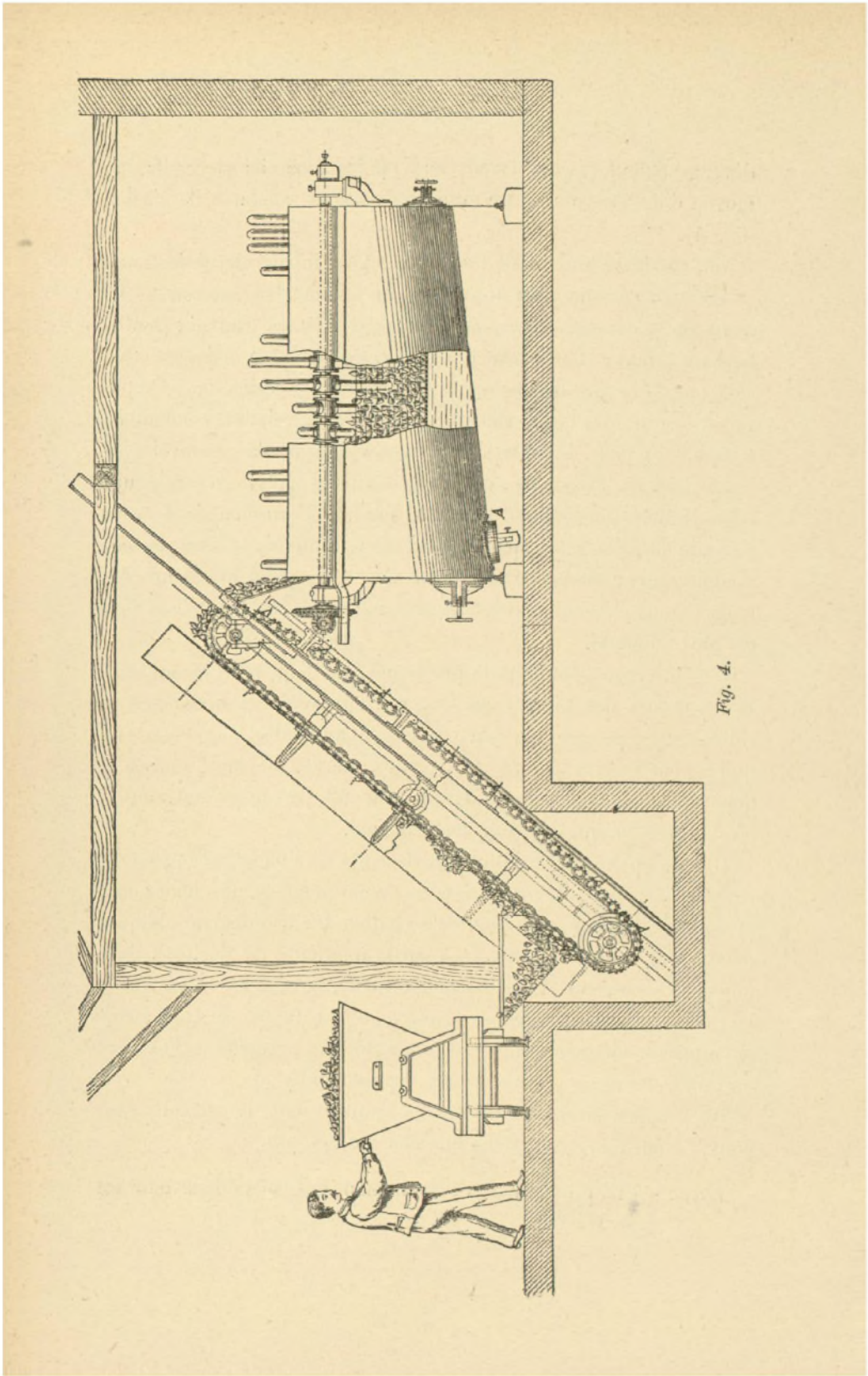


Fig. 4.

déverser dans le second laveur ou dans les appareils successifs, au moyen d'un bras plus large formant palette et solidaire de l'arbre (fig. 4).

Chaque laveur est muni d'un double fond incliné percé de trous.

Un tuyau amène l'eau nécessaire au lavage des betteraves. La terre qui se détache des racines passe à travers les trous du double fond du laveur ; elle ne peut plus par conséquent se mélanger avec celle qui se sépare des betteraves nouvellement jetées dans l'appareil, de sorte que l'eau conserve une propreté relative pendant un temps assez long. Il est cependant nécessaire de la renouveler de temps à autre. Pour cela, à chaque temps d'arrêt, on ouvre une porte *A* située au-dessous du double fond, et l'eau chargée de terre s'écoule dans un canal ménagé à cet effet. L'un des laveurs possède un épierreur, c'est-à-dire une partie où les bras sont beaucoup plus longs et plus éloignés et disposés en équerre ; à cet endroit la cuve est plus profonde.

Cet épierreur a pour but de provoquer, par l'agitation de ses bras, la séparation des pierres qui se trouvent avec les betteraves de celles-ci ; les pierres plus lourdes tombent au fond et une ouverture, qu'on peut ouvrir ou fermer à volonté, permet de faire tomber le dépôt au moment des arrêts. L'épierreur est très important, car on n'est jamais garanti contre la malveillance.

Un des épierreurs les plus satisfaisants est l'élévateur-épieur-rinceur Carpentier-Degroux. Il consiste en un élévateur à hélice supprimant l'élévateur à courroie ou à chaîne. Un bac disposé obliquement reçoit un arbre muni à sa partie inférieure de palettes faisant fonction d'épieur et au-dessus une hélice élevant les betteraves et les déversant dans le premier laveur ; au bas du bac se trouve une ouverture de vidange fermée par un autoclave permettant d'extraire les impuretés et les pierres qui s'y déposent (Fig. 5).

Du premier laveur les betteraves tombent dans le second laveur pour y subir un rinçage dans une eau plus propre.

Eau. — La production et l'écoulement des eaux des laveurs est

ÉLÉVATEUR ÉPIERREUR A HÉLICES SYSTÈME CHARPENTIER DEGROUX B^{TE} S. G. D. G.

Faisant aussi fonction de LAVEUR

VUE EN ÉLEVATION

LÉGENDE

- a Bac recevant l'hélice.
- b Hélice entraînant et devant les betteraves et jusqu'aux moindres parcelles des racines.
- c Crapudine avec ses organes travaillant en dehors des usières sales.
- d Tuyau formant pluie et faisant subir un premier lavage aux betteraves.
- e Bras faisant fonctions d'épierreur.
- f Vidange.
- g Laveur.

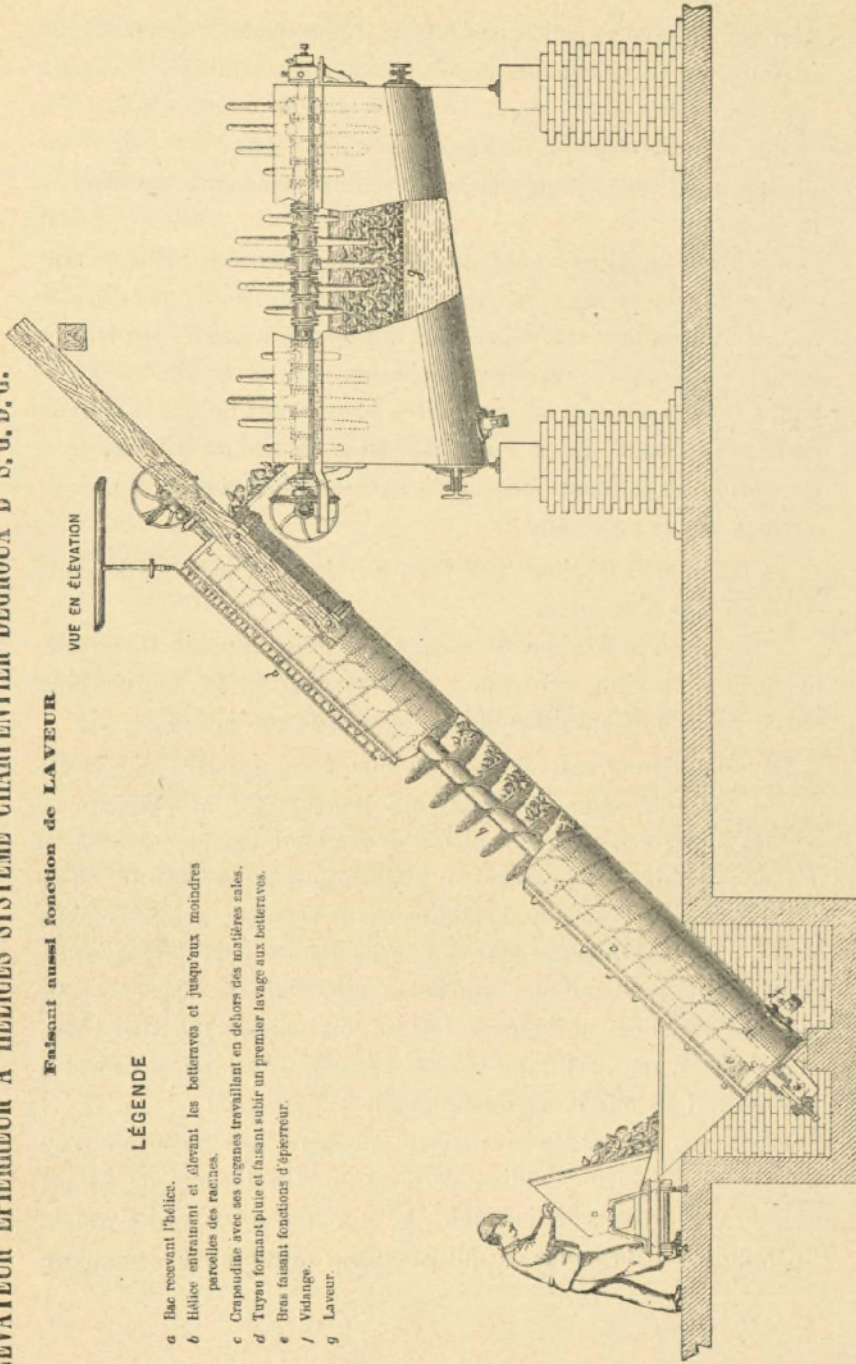


Fig. 5.

une grande préoccupation en sucrerie. Cette quantité d'eau est considérable, si l'on songe qu'une fabrique moyenne travaille environ de cent cinquante mille à deux cent mille kilos de betteraves par jour, et que pour le traitement de mille kilos de betteraves il faut au minimum vingt-cinq à trente hectolitres d'eau dans le travail total de la sucrerie.

Les eaux de lavage contiennent en suspension des matières argileuses, du sable et des radicules ; il est nécessaire d'éliminer ces eaux le plus tôt possible, car la présence des terres en suspension et de la matière organique provoque une décomposition rapide. Dans certaines fabriques même on joint à ces eaux toutes les autres eaux de sucrerie ; de sorte qu'on a une décoction chaude de betteraves, et il se forme des ferments alcooliques lactiques, butyriques, etc..

Deux cas se présentent :

1^o Celui où la fabrique a de l'eau à volonté et peut en dépenser en excès sans s'en priver ;

2^o Celui où la fabrique ne dispose que d'une quantité d'eau relativement faible pour son travail, et doit recourir à des moyens pour retrouver l'eau déjà utilisée et la faire revenir aux laveurs.

Dans le premier cas, on laisse écouler l'eau des laveurs chargée de ces impuretés dans des rigoles qui la conduisent à la rivière, ou sur des terrains vagues en contre-bas, et plutôt dans des prairies ou des terres cultivées que cette eau limoneuse vient fertiliser. C'est ce qui a lieu pour beaucoup d'établissements et même pour des fabriques qui doivent ménager leur eau, mais qui reculent devant la dépense que nécessiterait une installation permettant de régénérer cette eau. Ces dernières fabriques se font un tort considérable, car l'eau, lorsqu'elle est rare, est d'une grande valeur pour un industriel ; et la dépense qui les effraie les rémunérerait suffisamment.

Dans le second cas, voici comment on opère pour régénérer l'eau des laveurs et pouvoir l'utiliser de nouveau. On dispose sur le trajet des eaux une petite grille inclinée à 45° ; toutes les radicules restent sur la grille ou du moins ce qui passe est très minime. On enlève

ces radicelles et on les mélange aux betteraves. On dispose ensuite une série de bassins creusés dans le sol et communiquant par un petit conduit en terre dans lequel se trouve un décanteur ; ce décanteur est formé d'une planche s'élevant à une certaine hauteur dans le canal, de façon que l'eau passe d'un bassin dans l'autre sur une très petite épaisseur de sa surface. Il y a ainsi quatre ou cinq bassins ; après plusieurs décantations, on a de l'eau bien claire que l'on fait arriver dans une citerne, d'où une pompe l'élève pour servir de nouveau au lavage des betteraves. Des vannes permettent d'isoler les bassins, et, au moyen de rigoles latérales, il est facile de mettre en communication les bassins qui doivent recevoir les eaux de lavage.

Lorsque le premier bassin est plein d'impuretés, on l'isole, et le second devient premier. Lorsque la boue est sèche, ce qui demande environ un mois, on l'enlève et on la fait servir soit comme amendement, soit même comme engrais.

Un appareil très ingénieux pour régénérer les eaux de sucrerie et autres, a été imaginé par MM. Gaillet et Huet, de Lille. Voici en quoi il consiste :

Un grand bac unique rectangulaire, vertical ou horizontal, peut servir à l'épuration ; mais généralement on fait usage de deux pour la commodité du travail. A l'intérieur de ce bac, sont ménagées des parois inclinées indiquées en pointillé dans les fig. 6 et 7 ci-après, dont l'une représente un bac horizontal et l'autre un couple vertical ; ces parois sont disposées en deux séries se faisant face et avançant l'une sur l'autre pour que l'eau dans sa course rencontre des accidents qui facilitent le dépôt des impuretés. On place au-dessus de ce bac un bac plus petit jaugé contenant le réactif pour l'épuration.

Les eaux de sucrerie comprennent :

- 1^o Des eaux de lavage de betteraves ;
- 2^o Des eaux de diffusion ;
- 3^o Des eaux de lavage du noir.

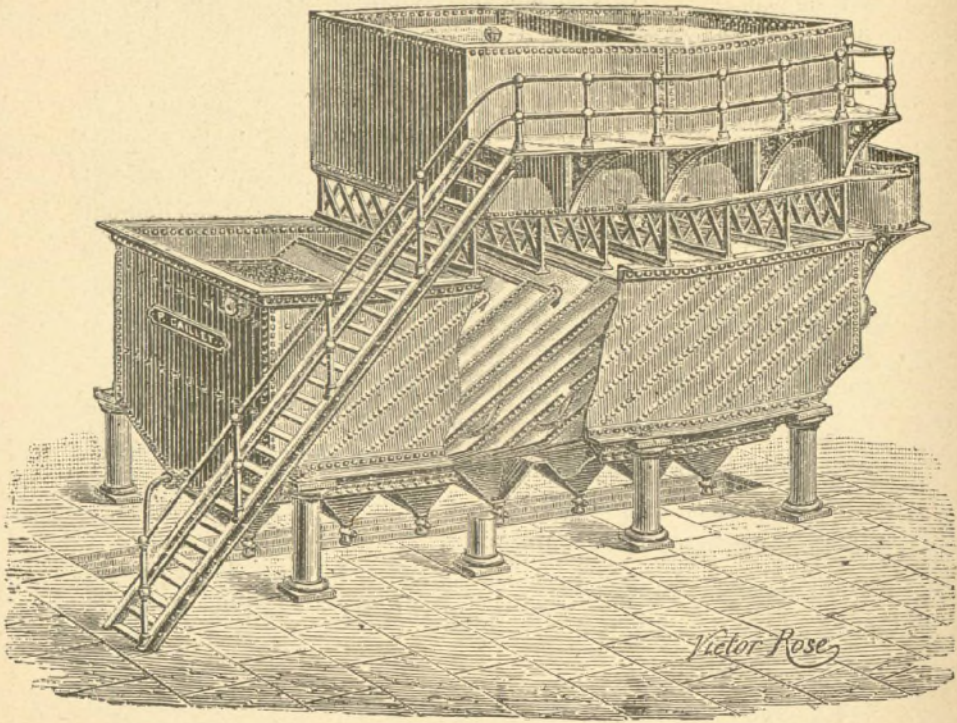


Fig. 6.

L'analyse d'un mélange de ces eaux a donné par litre (eau non décantée) :

| | | | |
|---|-----|--------|--------|
| Matières organiques en suspension | gr. | 1,628 | |
| — — en dissolution..... | | 1,480 | |
| | | <hr/> | |
| | | 3,100 | 3,100 |
| Matières minérales en suspension..... | | 24,730 | |
| — — en dissolution..... | | 1,540 | |
| | | <hr/> | |
| | | 26,270 | 26,270 |
| | | <hr/> | |
| TOTAL..... | | | <hr/> |
| | | | 29,370 |

Vu la grande quantité de matières organiques que renferment ces eaux, il faut avoir recours à des réactifs spéciaux comme les sels de

MUSÉE
COMMERCIAL
LILLE

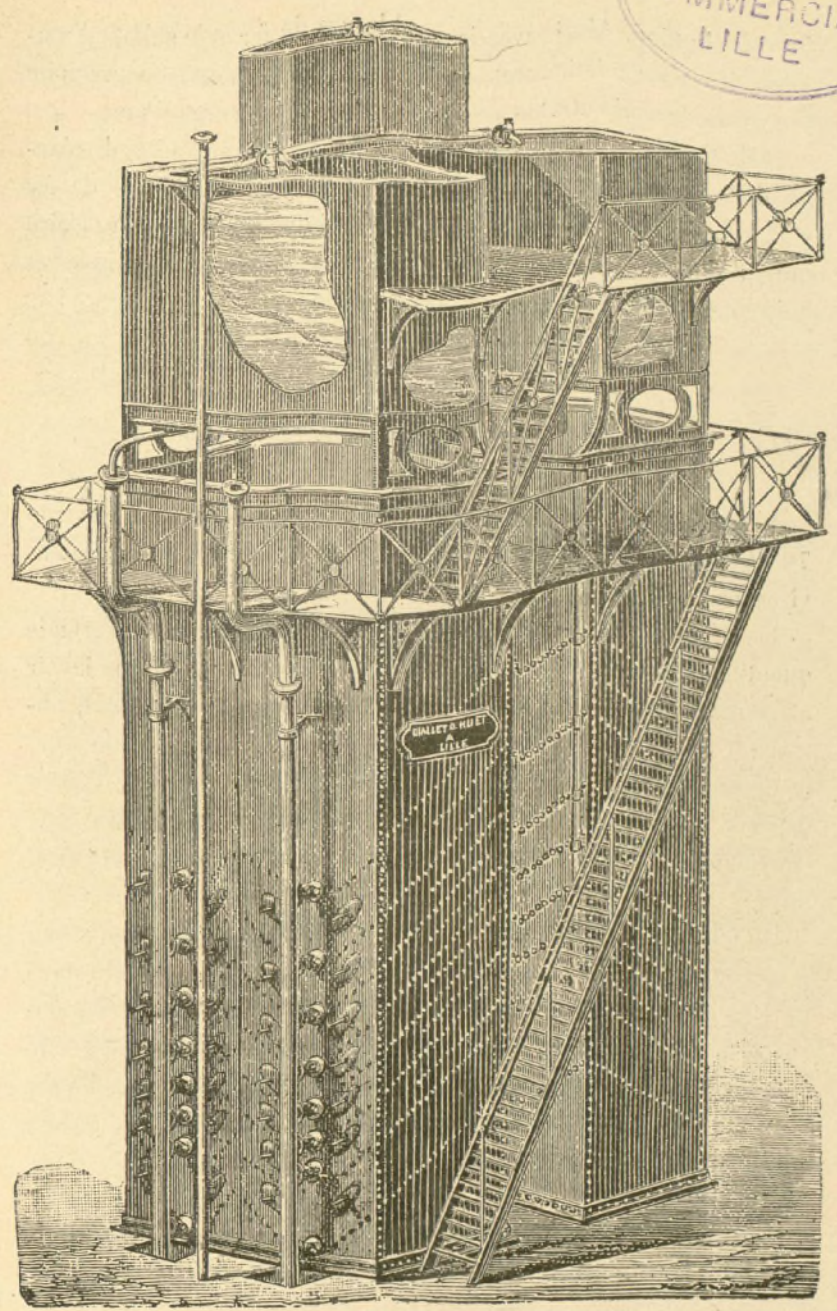


Fig. 7.

fer et d'alumine. Ainsi, avec le perchlorure de fer et le sulfate d'alumine, il y a coagulation ; et, en ajoutant de la chaux, on précipite l'oxyde de fer qui entraîne avec lui toute la matière organique :

MM. Gaillet et Huet conseillent les proportions suivantes de réactif, déterminées par l'expérience : 1/2 kilog. de perchlorure de fer et 2 kilog. de chaux par mètre cube d'eau ; on obtient une eau claire imputrescible, dégageant encore une légère odeur de betteraves et qui renferme alors par litre :

| | |
|-------------------------------|-------|
| Matières organiques | 0,950 |
| — minérales. | 1,612 |
| TOTAL | 2,562 |

L'épuration a donc enlevé 87 % des matières totales et environ 70 % de matières organiques pour une dépense de 6 centimes environ par mètre cube.

Les résidus perdent leur valeur étant mélangés à une trop grande quantité de boues ; mais les eaux décantées peuvent revenir au lavoir et peuvent de nouveau fournir une nouvelle somme de travail, obtenue à très peu de frais, puisque, comme nous venons de le voir, la dépense n'est que de 6 centimes par 10 hectolitres : soit, dans la dépense totale de l'eau nécessaire au traitement des betteraves, une légère différence de 10 centimes à peine au 1000 kilog. de betteraves.

On n'a donc presque plus à s'occuper de la grande question d'eau si importante dans les fabriques montées à la diffusion, surtout dans les établissements mal partagés à cet égard. L'eau qui a servi revient aux lavoirs, et est ainsi utilisée indéfiniment sans que le lavage de la betterave en souffre. On n'est plus alors obligé d'économiser l'eau pour effectuer ce lavage et la betterave peut sortir des laveurs propre et sans impuretés.

Transport des betteraves à la rape ou au coupe-racines. — La betterave lavée est, dans certains cas, amenée sur une table

circulaire horizontale munie d'un rebord et douée d'un mouvement de rotation. Des ouvrières, installées autour de la table, y saisissent les betteraves l'une après l'autre, et, au moyen d'un couteau bien aiguisé, quelquefois aussi au moyen d'un forêt tournant mécaniquement, procèdent à l'étêtage, au décolletage et en général à l'enlèvement de toutes les parties altérées ou inutiles de la racine.

L'emploi du secoueur ou de la table tournante dont nous venons de parler, est presque général pour débarrasser la betterave des impuretés qu'elle a retenues après avoir passé aux laveurs et aussi de l'eau qu'elle a entraînée. Car il importe de n'envoyer à la rape ou au coupe-racines que des betteraves aussi propres et aussi exemptes d'humidité que possible. Non seulement une betterave sale, souillée de boue ou de terre, occasionne des difficultés dans le travail de la rape ou du coupe-racines ; mais elle est en outre, sous le régime fiscal actuel, une source de perte plus ou moins considérable, le fabricant payant l'impôt sur le poids de toutes les matières étrangères qui accompagnent les betteraves et qui sont prises en charge à la bascule de la régie.

Plusieurs dispositifs ont été proposés pour assurer le nettoyage et le séchage des betteraves. Quelquefois pour activer le séchage on fait usage d'un ventilateur V comme on peut le voir fig. 8, ajouté à l'action d'un secoueur ou d'un transporteur. Le secoueur peut être placé avant l'élévateur qui aboutit alors directement à la benne de pesage, ou entre l'élévateur et cette benne. Il consiste ordinairement en une toile métallique douée d'un mouvement de va-et-vient avec de légères oscillations de haut en bas dû à une bielle motrice ; quelquefois la toile métallique est mue comme une courroie autour de deux tambours et entraîne dans sa rotation les betteraves à l'élévateur. C'est le cas du secoueur S de la fig. 8 ci-après : il prend alors le nom de transporteur.

Un transporteur-essuyeur ingénieux a été imaginé par MM. Denis, Lefèvre et C^{ie}, constructeurs à Saint-Quentin. Il est composé de brosses cylindriques montées parallèlement entre deux bâtis en fer

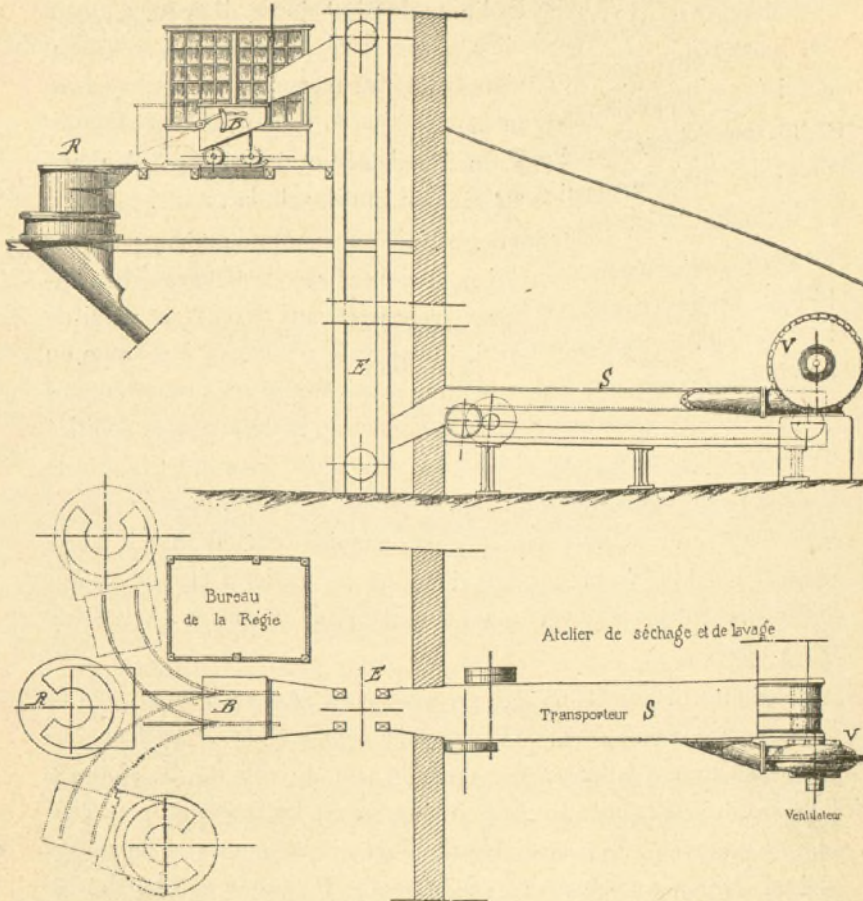


Fig. 8.

ou en fonte (Fig. 9), et dont les axes reposent sur des supports coussinets.

Les brosses reçoivent leur mouvement rotatif au moyen d'un arbre longitudinal portant des cônes d'engrenage. Les betteraves tombent sur la face supérieure des brosses cylindriques qui les portent, les tournent et les frottent sur toutes les faces jusqu'à l'élevateur ou la trémie du pesage.

TRANSPORTEUR-BROSSEUR-ÉPIERREUR

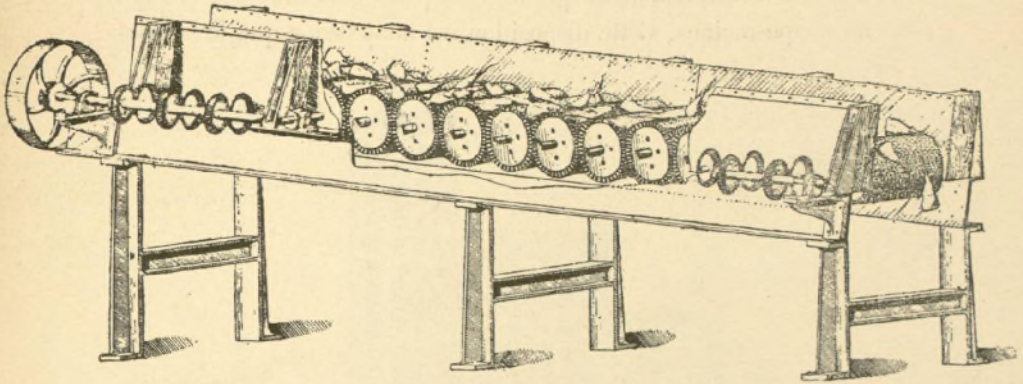


Fig. 9.

L'élevateur peut être à courroie ou à chaîne avec patins, comme ceux dont nous avons parlé pour élever les betteraves aux laveurs. Mais on emploie généralement un élévateur vertical formé de quatre forts montants verticaux en chêne reliés à leurs extrémités de façon à former un cadre sans parois E (fig. 40). Une poulie à gorge est placée à chaque extrémité supérieure et inférieure, et autour de ces poulies s'enroule une chaîne portant de grands godets en tôle, qui se meuvent entre les deux montants d'avant et entre ceux d'arrière. L'axe de la poulie du bas est engagé dans des sabots permettant de faire varier, au moyen de volants ou de manivelles, leur position de haut en bas pour tendre la chaîne. L'axe de la poulie du haut porte un engrenage qui reçoit le mouvement de rotation imprimé à la chaîne et aux godets. Ceux-ci dans leur course reçoivent les betteraves du laveur ou du secoueur et les montent à la partie supérieure d'où elles tombent dans le secoueur si le secoueur est après l'élévateur, ou, s'il est avant, dans la benne de pesage où se fait la prise en charge.

La bascule et la benne doivent présenter des garanties spéciales et être acceptées par la régie. La benne de pesage B (fig. 8 et 40) peut être fixe ou mobile. La benne fixe est de beaucoup la plus

commode ; une fois celle-ci pleine et la pesée enregistrée, il suffit d'ouvrir un obturateur pour que les betteraves descendent à la rape ou au coupe-racines. Cette disposition est adoptée lorsque le coupe-

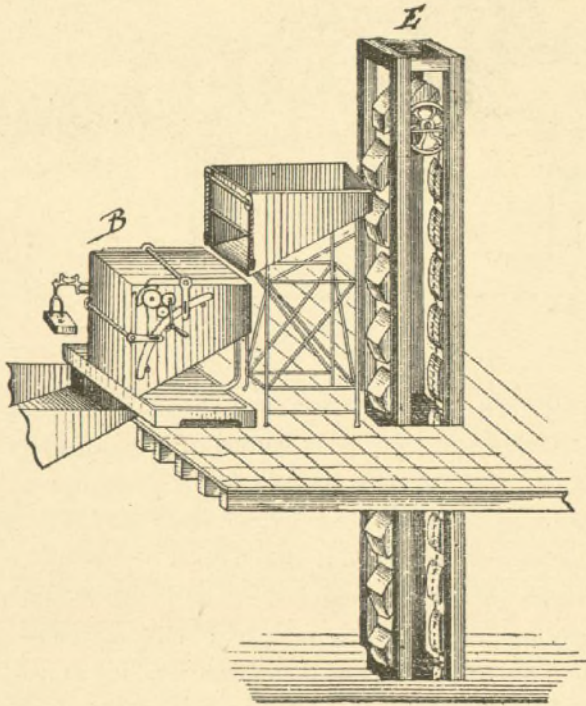


Fig. 10.

racines se trouve à proximité de la benne. Dans le cas contraire, on se sert comme benne de wagonnets roulant sur des rails de la bascule au coupe-racines. Dans la fig. 11, la benne est supposée mobile. Dans certaines installations, le wagonnet est placé sur la bascule pour recevoir les betteraves ; il se rend après la pesée au coupe-racines. Dans d'autres, le wagonnet s'emplit d'abord, passe ensuite sur la bascule et se rend au coupe-racines. Cette dernière disposition est généralement circulaire, comme on peut le voir en C dans le plan fig. 11.

Dans ce dernier cas, le coupe-racines ou la rape se trouvent soit

à l'intérieur mais en dessous de la circonférence parcourue par le wagonnet, soit en dehors, soit en dessous même de cette circonférence, comme en R.

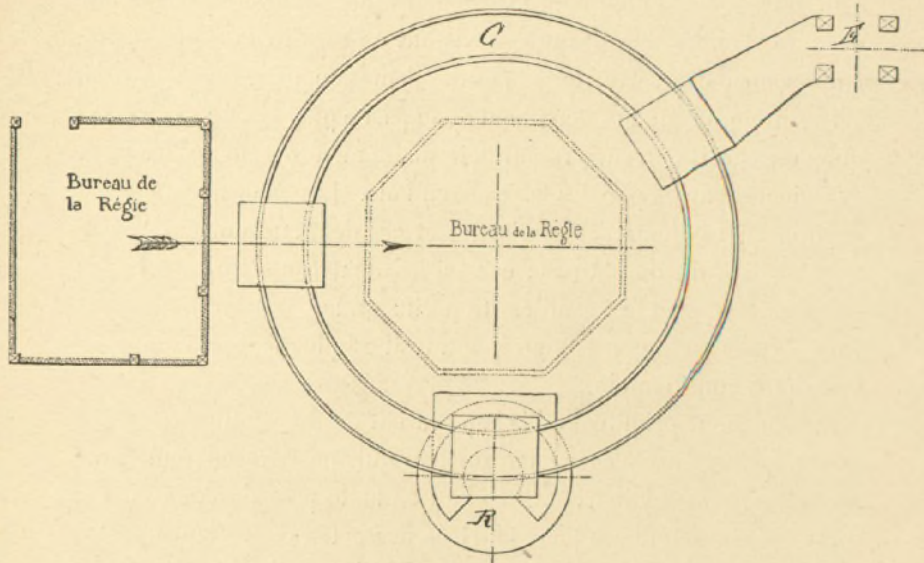


Fig. 11.

Une fois prise en charge, la betterave arrive à la râpe ou au coupe-racines ; là commence son véritable traitement dont la première phase est l'extraction du jus.

EXTRACTION DU JUS.

Dès les premières années de la sucrerie, les procédés d'extraction du jus étaient tout à fait rudimentaires. C'était généralement un manège, manœuvré par des bœufs ou par des chevaux, qui donnait le mouvement à toute la sucrerie. Plus tard, le manège fut remplacé par une machine à balancier à un ou deux cylindres, qui mettait en mouvement toute la râperie.

La betterave était râpée au moyen d'une râpe cylindrique mise

en mouvement par une transmission et elle y était fortement appuyée par deux poussoirs que, dès le début, un homme faisait mouvoir. On rendit ensuite les poussoirs solidaires de la râpe.

La râpe était d'abord un axe cylindrique en fonte portant aux deux extrémités des disques se vissant en sens inverse de façon à emprisonner et à serrer fortement des lames dentées. Ces lames, en acier, présentaient aux deux bouts une partie plus étroite sans dents qui s'engageait dans une rainure circulaire ménagée sur les disques, et étaient séparées par des tasseaux en bois. Les lames de râpe ont environ quatre dents par centimètre et ces dents ne doivent être ni trop aiguës, ni trop obtuses ; car, si les dents sont trop aiguës, la pulpe est grosse et le travail est trop vif ; si, au contraire, elles sont trop obtuses, la pulpe est fine et le travail est plus lent, et il faut une force plus considérable.

La longueur primitive de la râpe variait de 80 centimètres à un mètre. La râpe est placée dans un bâti qui, en la recouvrant, présente une forme cylindrique : ce bâti en fonte possède deux ouvertures : l'une antérieure pour l'arrivée des betteraves, l'autre postérieure pour le dégagement de la pulpe. Un intervalle de 3 à 4^m/_m, appelé lumière, est ménagé entre la râpe et le bâti ; la lumière doit avoir aussi des dimensions moyennes, car si elle est trop grande, elle laisse passer des semelles, c'est-à-dire des plaques de betteraves non râpées ; si elle est trop petite, la râpe peut résister et occasionner la cassure des dents des lames, ce qui arrive facilement par suite de la vitesse de la râpe qui doit être d'au moins huit cents tours à la minute.

En outre, en raison de la dureté des betteraves et de la force de résistance qu'elles développent sur les lames, il faut, pour faciliter le râpage, ajouter une certaine quantité d'eau qui a pour but, non seulement de nettoyer les dents de la râpe, mais aussi d'empêcher la formation d'incrustations organiques qui viendraient obstruer la lumière.

Râpe Carion-Delmotte. — Néanmoins, malgré l'addition d'eau,

cet inconvénient se présentait souvent dans les débuts. MM. Carion-Delmotte, pour y remédier et en même temps pour augmenter le travail de la râpe, donnèrent aux lames de râpe une portée plus petite et par conséquent plus de résistance et doublèrent le nombre des lames.

Pour cela, les constructeurs augmentèrent la longueur de la râpe et firent deux rangs de lames. La râpe était à pousseurs alternatifs continus, chaque rang possédant son pousseur.

Quelques années après, la même maison, toujours dans le même but, fabriqua une râpe à trois rangs de lames. Le système de pousseur employé spécialement par ces constructeurs consiste pour chaque rang de lames en deux manchons en fer placés l'un en dessus de l'autre et tournant en sens contraire. Les pousseurs sont armés de dents de manière à engrener les betteraves qui tombent dans la trémie précédant la râpe.

Dans le passage entre ces deux espèces de laminoirs, les betteraves se brisent et viennent se bourrer dans l'espace laissé libre entre les manchons et la râpe et dont la plaque, dite de rencontre, occupe le fond.

Cette plaque porte des échancrures destinées à laisser passer les dents des manchons inférieurs.

Il résulte de cette disposition, aussi efficace que celle par pousseurs ordinaires, que, si un caillou échappe à l'épierreur, ce qui arrive quelquefois, surtout quand on n'a pas soin de retirer souvent les pierres, ce caillou n'est pas pressé brutalement sur la râpe ; il n'est pressé que par un matelas élastique formé de betteraves, et il tient à s'en éloigner, à se loger dans le fond du compartiment d'où on peut le retirer. Le réglage de la plaque de rencontre se fait aussi très facilement au moyen de deux petits volants placés derrière le tambour de la râpe.

Deux des plus beaux spécimens de ce système furent installés à la sucrerie de MM. Cauvez et C^{ie}, à Épernay, et à celle de MM. Heyring et C^{ie}, à Berry-au-Bac.

Râpe Champonnois. — Une autre disposition de râpe, pour éviter les incrustations organiques, est celle de M. Champonnois. Le principe en est dû aux constructeurs Odobbel et Molard jeune ; Champonnois en tira parti pour la râpe qu'il inventa en 1866 et qui est à force centrifuge.

La râpe de Molard était formée d'un tambour creux rotatif portant les lames à l'intérieur, et composé de parties pleines et de lumières pour le dégagement de la pulpe ; la betterave était appuyée contre la surface râpante par un arrêt en forme de trémie, dans laquelle elle s'engageait pour être pressée contre cette surface.

Dans la râpe Champonnois, le tambour est fixe et la betterave tourne ; son appui contre la surface est déterminé par la force centrifuge, qui est la résultante du poids de la vitesse de la masse en mouvement ; d'où une pression continue qui ne peut jamais être dépassée ni causer d'accidents par suite de l'introduction fortuite de corps résistants.

Pour enlever facilement les incrustations, Champonnois remplaça l'axe de la râpe par un cylindre en tôle percé de trous, dans l'intérieur duquel on place du coke incandescent ; on fait tourner lentement le cylindre et les incrustations se dessèchent et se fendillent ; il suffit alors de donner un petit coup de balai pour les faire disparaître.

Râpe Joly. — Plus tard, certains fabricants préférèrent la râpe Joly. M. Joly, constructeur à Compiègne, remplaça les pousseurs à sabot par une trémie courbe ou volet G (fig. 42) en fonte et tôle qui occupe toute la largeur du tambour. Ce volet présente à sa partie supérieure une large entrée aux betteraves et se rapproche de plus en plus du tambour, jusqu'à lui être tangent à la partie inférieure.

Il est mobile autour du boulon entretoise qui réunit les deux flasques supérieures du bâti, et peut s'éloigner du tambour sous l'effort des betteraves qui se présentent au râpage ; mais il est toujours ramené dans la position normale représentée sur la figure par l'effet du levier à contrepoids D, de sorte qu'il agit automatiquement

comme un pousseur à effet continu, et que l'introduction des betteraves à la râpe peut se faire sans aucune main-d'œuvre pourvu que l'on emploie un épierreur efficace.

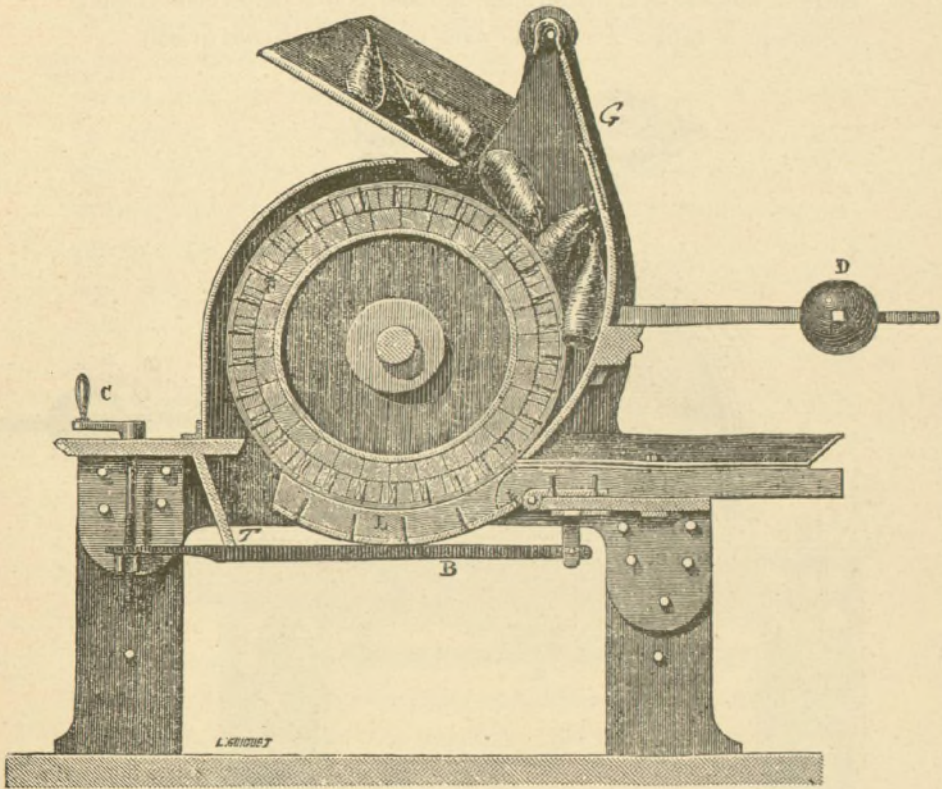


Fig. 12.

Une autre différence consiste dans la plaque de rencontre qui, dans la râpe ordinaire, est formée d'une plaque en fonte de un à deux centimètres d'épaisseur que l'on rapproche le plus possible de la denture du tambour parallèlement à celui-ci.

Dans la râpe Joly, la plaque de rencontre est une pièce de bois en deux parties dont l'une est fixe et dont l'autre L, mobile autour d'une articulation, épouse l'arc inférieur de la circonférence du tam-

bour, dont il peut être éloigné ou rapproché au moyen d'un levier B manœuvré par vis et manivelle C à la manière d'un frein. On peut ainsi réduire à sa plus simple expression la lumière, ou distance entre la pièce L et la denture du tambour H. La pulpe vient frapper en sortant un tablier T et tombe dans un bac placé sous le bâti.

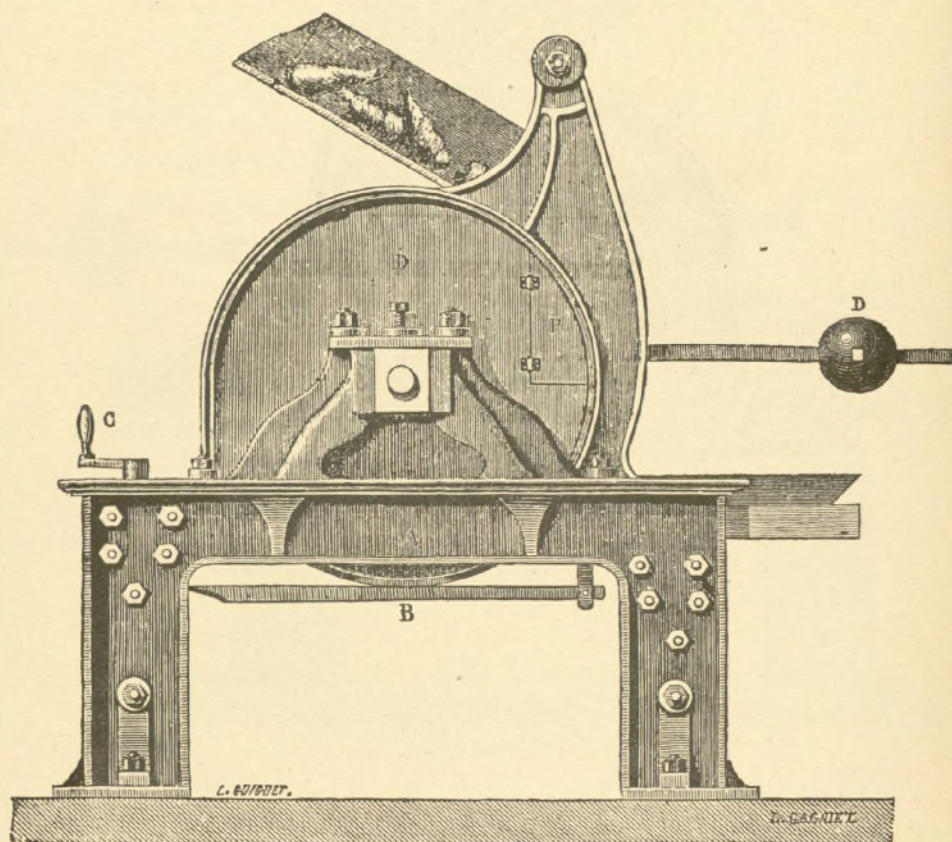


Fig. 13.

Dans toutes les râpes, l'entretien et le réglage de la denture constituent l'opération la plus délicate et la plus importante si l'on veut toujours obtenir le même travail ; pour cela on enlève le tambour de ses coussinets au moyen d'une poulie différentielle et le

tambour est remplacé par un autre auquel on a ajouté des lames neuves. Ce changement doit se faire à peu près tous les deux jours, sans parler des accidents qui peuvent réclamer une réparation immédiate. Cette opération est plus simple dans la râpe Joly. L'entretien de la denture se fait sur place, sans retirer le tambour de ses coussinets, par les ouvertures fermées par les deux portes P (fig. 43) placées de chaque côté de joues verticales de l'enveloppe du tambour, en ouvrant ces deux portes et en faisant tourner le tambour à la main ; on fait passer successivement toutes les lames devant l'ouverture, on les visite, et celles qui ont besoin d'être remplacées sont enlevées. On ajoute des lames neuves au fur et à mesure : on n'a pour cela qu'à desserrer la clavette la plus voisine, faire le changement et remettre la clavette en place. Cet entretien de la denture doit être fait avec le plus grand soin et le plus souvent possible pour obtenir un travail constant et ne présentant pas de difficultés. Car avec des lames usées on obtient une bouillie et une grande force est nécessaire ; on a de plus l'inconvénient d'obtenir plus de pulpe folle dans le travail des presses.

On suppose généralement qu'une râpe marchant dans de bonnes conditions peut, avec un tambour de 37 centimètres, travailler cent trente mille kilos de betteraves par jour ; avec une râpe de 74 centimètres de largeur utile, c'est-à-dire possédant deux tambours de 37 centimètres, on peut, sans difficulté, râper 200 à 250 mille kilos par 24 heures, en supposant que sa vitesse soit de mille à douze cents tours à la minute.

Influence d'une addition d'eau à la râpe. — Nous avons vu que pour faciliter le travail de la râpe et nettoyer les dents, on avait été obligé d'avoir recours à une addition d'eau. Cette quantité d'eau peut varier de 15 à 20 % du jus. Or, lorsqu'on mélange de l'eau à une pulpe naturelle, il se passe deux phénomènes bien distincts : elle se mélange au jus rendu libre par la déchirure des cellules et le jus faible ainsi formé agit, par le jeu de la dialyse, sur le jus des cellules non brisées.

On est unanime pour reconnaître qu'une addition d'eau à la pulpe diminue plus ou moins la pureté du jus, ce qui veut dire que l'action osmotique et dissolvante de l'eau est plus énergique sur les impuretés que sur les sucres, et elle n'est pas la même pour les deux espèces d'impuretés, salines et organiques : puissante sur les impuretés salines, elle est presque nulle sur les matières organiques. Les sels, plus diffusibles que le sucre, traversent donc les parois cellulaires et passent en grande quantité dans l'eau ; et, comme généralement la durée de contact est insuffisante pour qu'il y ait échange de sucre et de sel, il en résulte que l'eau est non seulement inutile au point de vue de l'extraction du sucre, mais encore elle extrait les éléments nuisibles à sa cristallisation, qui sont en même temps les principes utiles de la pulpe.

On a cherché à remédier à cet effet nuisible de l'eau par le travail de la double ou de la triple pression après un malaxage dans l'eau et en envoyant au lieu d'eau sur la râpe les petits jus provenant de la dernière pression. Beaucoup de fabricants se sont trouvé satisfaits des résultats qu'ils ont obtenus, et on a remarqué une différence moins grande dans le quotient de pureté en remplaçant l'eau par le petit jus.

Influence d'une addition d'eau de chaux à la râpe. — D'autres ont imaginé d'ajouter à la râpe de l'eau de chaux ; mais il fallait employer la chaux dans des limites très restreintes, car l'addition de $1/4$ % de chaux à la râpe a pour effet de laisser dans la pulpe un jus plus riche en sucre. On a reconnu que la quantité d'eau de chaux claire qui donne les meilleurs résultats sous le rapport de la pureté du jus est de 30 à 40 % de betteraves, soit 40 à 50 gr. de chaux pour 400 kg. de betteraves.

Les essais faits dans ces conditions ont accusé, en moyenne, une augmentation de 4 à 4,5 dans le quotient de pureté du jus sur celui obtenu de la même pulpe macérée à l'eau pure.

Employée dans cette faible proportion, la chaux colore la pulpe en vert clair, neutralise l'acidité naturelle de la betterave et lui donne

une faible alcalinité, suffisante pour la garantir de toute altération depuis la râpe jusqu'aux presses.

Influence d'une addition d'acide sulfureux ou de bisulfite de chaux à la râpe. — On a essayé aussi l'acide sulfureux et le bisulfite de chaux. Les effets de ces réactifs sont les mêmes. On a dû y recourir dans les fabriques de sucre où la pulpe était pressée à chaud. La pulpe chauffée prend une couleur brune dont le cultivateur se plaint. En ajoutant du bisulfite ou de l'acide sulfureux, on obtient une pulpe blanche, cotonneuse au toucher, qui se laisse mieux pénétrer par l'eau et devient plus facile à presser. On ajoute environ 17 dix-millièmes en poids de bisulfite par rapport à la betterave ou 15 dix-millièmes en volume par rapport au jus; la proportion du gaz sulfureux peut s'élever en poids à 35 gr. % kg. de betteraves. Mais le sulfite de chaux, substance très oxydable, se transforme peu à peu en sulfate tout en préservant momentanément les principes colorables de la pulpe de l'oxydation; l'acide sulfureux se transforme de même en acide sulfurique; et l'acide sulfurique libre agit sur la pectose insoluble pour la transformer en pectine soluble, substance susceptible de subir toute une série de transformations: parapectine, métapectine, acide pectique, etc. L'acide pectique ainsi formé se combiné déjà à la chaux qui retourne en faible quantité dans la pulpe par les mousses et la pulpe folle, et forme du pectate de chaux insoluble qui encrasse les sacs dans le cas des presses hydrauliques ou tapisse l'intérieur des presses continues. En outre, après la filtration du jus et des sirops, une nouvelle quantité de pectate de chaux se dépose sur les parois des réservoirs, étant devenue insoluble par l'élimination d'une partie des alcalis, potasse et soude. Une dernière partie reste inévitablement dans les sirops où elle joue un rôle important comme substance mélassigène. Un élément qui paraît aussi mériter l'attention, c'est l'augmentation de la matière calcique de la masse cuite et qui provient d'un excès de sulfate de chaux. Ce dernier composé est à craindre à cause de son action nui-

sible sur le noir et ses propriétés incrustantes pour les appareils à évaporer et à cuire.

En résumé, le bisulfite de chaux et l'acide sulfurique ajoutés à la râpe facilitent l'expression du jus, mais paraissent défavorables à son épuration puisqu'ils produisent dans les opérations successives du traitement du jus des inconvénients inévitables.

La chaux, l'acide sulfureux et le bisulfite au lieu d'être ajoutés sur la râpe directement sont quelquefois additionnés à la pulpe après le râpage. Ce mélange se fait alors dans le bac où tombe le produit du râpage.

PRESSES HYDRAULIQUES.

Au sortir de la râpe, ce produit tombe entre les supports de l'appareil dans un réservoir où, dans les débuts, pour le rendre aussi homogène que possible, un ouvrier le brassait continuellement. Plus tard l'ouvrier fut remplacé par un agitateur mécanique ou par une vis d'Archimède qui, en mouvant la pulpe, la transportait dans un bac. Autrefois des ouvriers brassaient la pulpe avec une spatule; plus tard ce furent deux paloteurs en forme de cônes creux, à mouvement alternatif qui la recevaient pour la déverser dans des sacs qu'un gamin présentait à leur ouverture. Ces paloteurs furent dans la suite remplacés dans certaines sucreries par une pompe à pulpe. Mais cette dernière modification, peut-être moins commode, eut moins d'applications. L'emploi de la pompe à pulpe fut réservé pour les presses continues.

Dès l'abord l'extraction du jus de betteraves râpées s'effectuait exclusivement au moyen de la presse hydraulique. La pulpe était introduite par les paloteurs dans des sacs qu'on empilait entre les plateaux de la presse en ayant soin de les séparer par des claires en osier ou en fer afin de régulariser la pression.

Les sacs sont faits en laine grossière, généralement en poils de chèvre laissant facilement passer le jus et retenant les parties fines de



la pulpe ; mais ils nécessitent, outre de nombreuses réparations, une main-d'œuvre considérable, car ils doivent être nettoyés et lavés au moins deux fois par jour ; on les fait ensuite sécher et on sépare ceux qui doivent être réparés.

On suppose qu'il faut au moins un sac par campagne et par 4,000 kilos de betteraves ; c'est donc une dépense notable. En Allemagne, avant que le procédé de la diffusion ne devint d'un emploi général, on se servait, non de sacs, mais de serviettes en laine qu'un ouvrier plaçait sur un cadre de fer reposant sur une claie en tôle. La pulpe était puisée à la main dans l'auge de la râpe et versée sur la serviette ; un autre ouvrier passait un rouleau en bois au-dessus de la pulpe pour la bien étendre ; il rabattait ensuite les 4 coins de la serviette de manière à enlever le cadre qui avait servi de moule. Le paquet de pulpe ainsi formé était porté, avec la claie qui le supportait, sous la presse. Ces serviettes en laine avaient environ 75 centimètres de côté et permettaient un secouage facile de la pulpe.

La main-d'œuvre de l'ensachage était ainsi plus coûteuse qu'avec nos sacs et nos paloteurs mécaniques ; mais les frais de secouage, de lavage et de raccommodage étaient moindres.

Nous n'entreprendrons pas la description des presses hydrauliques qui sont connues de tout le monde et nous entrerons de suite dans la façon dont s'opère le travail (fig. 14 et 15).

Pour un travail de cent mille kilos de betteraves environ par 24 heures, on se sert généralement d'une presse préparatoire suivie de six autres presses hydrauliques mises en mouvement par l'action d'une seule pompe et effectuant une seconde pression. La presse préparatoire ne marche que sous une faible pression, en raison de la facilité que l'on éprouve à éliminer les jus au commencement du pressage. On fait subir ensuite aux sacs contenant la pulpe une nouvelle pression beaucoup plus énergique et pouvant s'élever à la fin de l'opération à peu près à 800,000 kilos.

Cette seconde pression élimine le reste du jus, de façon à obtenir

pour 100 kilos de betteraves de 20 à 22 kilos de pulpe possédant de 76 à 80 % d'humidité.

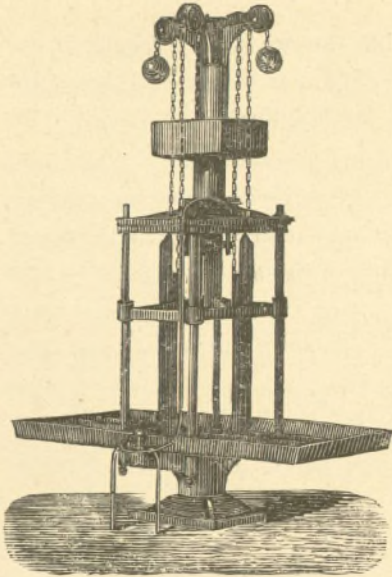


Fig. 14.

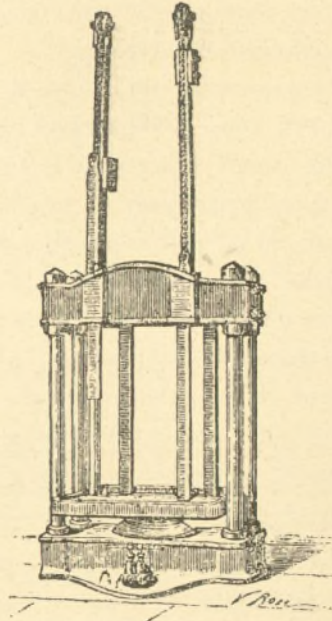


Fig. 15.

On obtenait un jus de très bonne qualité, de densité 3° à 3°,5 environ et peu de pulpe folle ; en outre la pulpe était fort recherchée pour l'alimentation du bétail. Il restait toujours dans cette pulpe de 4 à 5 % de sucre, ce qui donne à peu près 1 % de sucre du poids de la betterave, et le bétail en était friand.

Mais, à côté de ces avantages, il y avait des inconvénients très graves et très nombreux.

Outre la main-d'œuvre qui était considérable et le grand nombre d'ouvriers que l'emploi de ces presses exigeait, elles occupaient un emplacement immense ; elles exigeaient des réparations fréquentes aux claies et aux sacs et une grande dépense d'amélioration chaque année.

Quelques inventeurs cherchèrent à modifier cette presse encom-

brante pour en rendre la main-d'œuvre moins importante et diminuer les dépenses.

Presse Lallouette. — C'est dans ce but que M. Lallouette, fabricant de sucre à Nesles (Somme), imagina sa presse qui présentait des économies réelles résultant : 1^o du remplacement des sacs par les serviettes dont l'usure est bien moins grande ; 2^o de la suppression des paillassons ou claies ; 3^o de l'état des jus, qui non seulement sont tamisés, mais conservés, pendant la pression, dans une caisse fermée, c'est-à-dire à l'abri du contact direct de l'air, et sans perte d'aucune sorte.

La fig. 46 donne une idée de l'ensemble de la presse Lallouette. Elle se compose d'une caisse à claire-voie, dans laquelle peut se mouvoir un piston. Ce piston, lorsqu'il est au bas de sa course, forme le fond de la caisse, et pendant qu'il descend d'une vitesse plus ou moins accélérée, on met successivement dans la caisse, l'une au-dessus de l'autre, une toile et une couche de pressin. La pulpe arrive au moyen d'une pompe par le tuyau supérieur T. La couche de pressin, dont le volume est à la volonté de l'opérateur, tombe sur la toile en manœuvrant la vanne par le levier à poignée L.

Une fois la presse ainsi chargée on met en place sur le pressin un bloc en fonte ou bouchon B, en le tirant par la poignée du devant. Le mouvement de translation de ce bouchon est facilité par des galets sur lesquels roulent ses bords. On donne ensuite la pression ; le jus s'écoule par les canelures des parois de la caisse en fonte après avoir été tamisé dans son passage à travers des toiles métalliques qui garnissent ces parois.

Quand la pression est terminée, on ferme le robinet d'injection de la pompe hydraulique et l'ouvrier retire le bloc en fonte qui ferme la caisse en tournant une manivelle qui donne le mouvement à un pignon commandant une crémaillère. C'est cette manœuvre que la figure ci-après représente.

Le bloc ou bouchon en fonte étant retiré, le haut de la caisse est libre ; on fait d'abord monter le piston de manière à faire sortir de

la caisse, l'espèce de ballot formé par les couches de pulpe pressée et de toile ; on le fait tomber de la table faisant office de piston dans la caisse et on le livre aux secoueurs.

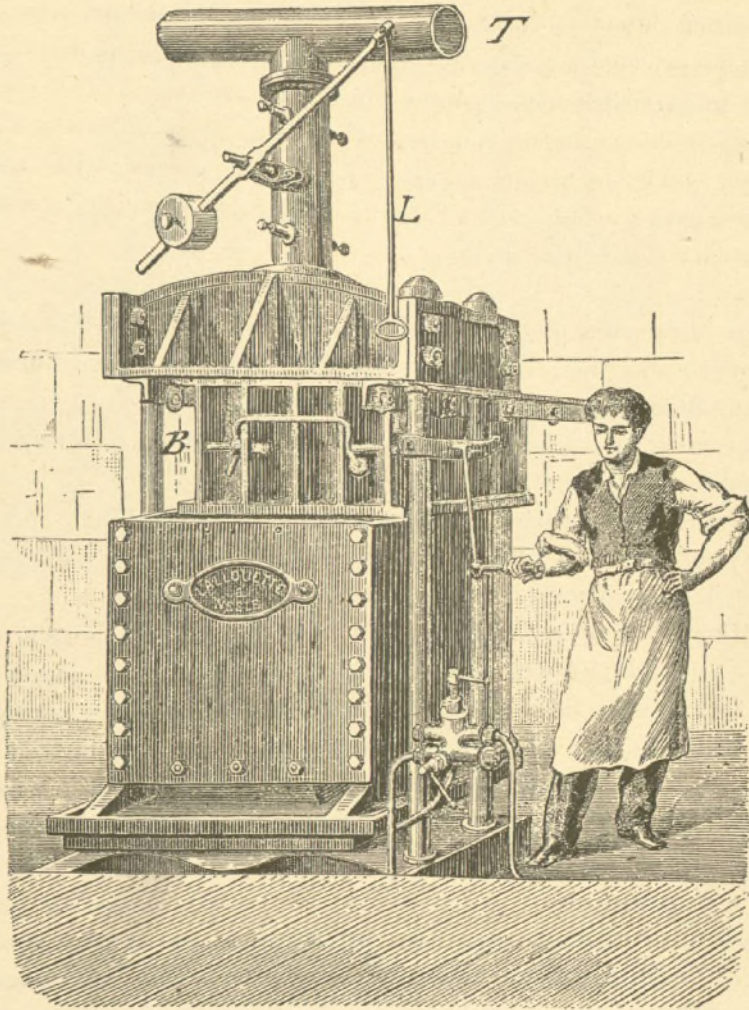


Fig. 16.

Cette presse ainsi agencée n'exige plus d'ouvriers spéciaux ; elle ne demande que de la célérité à l'homme, la femme ou même le gamin chargé de son service.

Presse Collas et Loze. — Un autre système de presse hydraulique inventé aussi pour restreindre l'emplacement et en même temps diminuer la main-d'œuvre est la presse Collas et Loze, à plate-forme tournante. Elle consiste en un seul bâti avec accessoires faisant fonction de deux presses. On sait que dans un atelier de presses hydrauliques, une partie de ces presses seulement sont en pression, l'autre partie étant en décharge ou en charge. Or, la presse à plate-forme tournante comporte deux plateaux que l'on place alternativement sur le piston hydraulique et dont l'un chargé subit la pression, tandis que l'autre est mis en décharge, puis en charge, par le mécanisme suivant.

La forme ordinaire des presses hydrauliques est la même, de façon à permettre à toute presse hydraulique l'adaptation du système Collas et Loze.

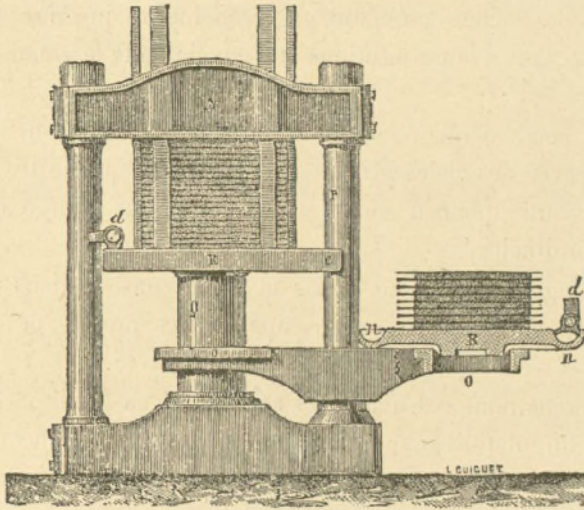


Fig. 17.

Seulement autour de l'un des deux piliers P (fig. 17), qui soutiennent le sommier de la presse A, pivote une table ou plate-forme tournante percée à chacune de ses extrémités d'une ouverture circulaire O, d'un diamètre supérieur à celui du piston Q.

Deux plateaux de base, ordinaires **R**, reposent sur cette table à l'endroit où sont pratiquées les deux ouvertures et se trouvent par conséquent l'un à l'intérieur, l'autre à l'extérieur de la presse, quand cette dernière est prête à fonctionner. A ce moment les centres de l'ouverture et du plateau intérieur coïncident avec l'axe du piston qui peut ainsi effectuer son mouvement ascensionnel et redescendre, la pression terminée, à un niveau tel que sa tête, complètement dégagée de la table tournante, permet à celle-ci d'accomplir sa rotation.

Dans la figure, le plateau **R** situé à l'intérieur, est représenté pendant l'ascension du piston.

Dans ce mouvement, il est guidé le long des piliers, du côté du point de pivotement par une encoche fixe, *e*, venue de fonte avec lui, et du côté opposé par une encoche à charnière, *d*, qu'on relève quand il s'agit d'entrer ou de sortir une pile.

Une petite nochère circulaire, *n*, recueille les jus des deux plateaux dans toutes leurs positions et l'envoie dans la grande nochère de l'atelier.

Ainsi, pendant que s'exécute la pression de la couche de pulpe alternant avec des claies placées sur le plateau qui se trouve dans le bâti, l'autre plateau sorti est déchargé puis chargé suivant la méthode ordinaire.

L'avantage du système Collas et Loze consiste dans une forte diminution de l'emplacement occupé par les presses et dans une importante réduction du prix de la main-d'œuvre.

Néanmoins, tous ces avantages apportés dans la disposition des presses hydrauliques ne supprimaient qu'une partie des inconvénients inhérents à ce système, et ces inconvénients ont amené le fabricant à chercher un système plus avantageux.

De tous les travaux que comporte la fabrication du sucre, l'extraction du jus de la pulpe était, sans contredit, l'opération qui laissait le plus à désirer dans les conditions actuelles. L'atelier des presses représentait un matériel considérable et d'un entretien coûteux ; il exigeait un personnel nombreux, robuste et d'un recrutement tou-

jours difficile. C'était donc rendre à l'industrie sucrière un service réel que de trouver la solution définitive qui permettait de supprimer ce mode de travail, de le rendre, pour ainsi dire, indépendant des ouvriers. On discutait donc les avantages et les inconvénients composés des presses hydrauliques, des presses continues dont Pecqueur venait d'inventer le premier type, et des divers modes de macération.

Le procédé de macération prenait à l'étranger une grande extension. En France, on croyait que l'extraction par macération était impossible, et on s'était dirigé du côté des presses continues.

PRESSES CONTINUES.

PRESSE PECQUEUR. — La première presse continue en date est celle de Pecqueur, contre-maître du Conservatoire des arts et métiers, qui, en 1856, fit le premier une application sérieuse. Sa presse est très simple.

Deux cylindres tangents en bronze percés de trous et pouvant tourner autour d'axes horizontaux établis à la partie inférieure d'un bâti, étaient recouverts de toile métallique.

Mais cette disposition, quoiqu'en apparence fort simple, présentait de grandes difficultés pour son application en fabrique. La presse marchait bien pendant quelque temps, puis le tissu métallique se bouchait et les cylindres filtrants ne fonctionnaient plus; car les parcelles de pulpe ne tardaient pas à s'engager dans la toile métallique d'où elles ne peuvent être détachées par les raclours; et ces parcelles s'y accumulant et s'y fixant, les ouvertures cessent complètement d'être perméables.

PRESSE CHAMPONNOIS. — Treize ans plus tard, en 1868, Champonnois et Lachaume perfectionnèrent la presse Pecqueur et la rendirent susceptible de remplacer la deuxième pression hydraulique. Ils substituèrent d'abord à la toile métallique une surface filtrante lisse, sur laquelle un couteau puisse raser exactement les ouvertures et leur rendre, à chaque passage du jus, leur perméabilité première.

Un grave inconvénient de la presse primitive est que le jus dort, en quelque sorte, dans le cylindre. Champonnois et Lachaume, pour éviter cet arrêt du jus, inclinèrent l'axe des cylindres à 45°. Un autre inconvénient est que, au sortir des deux cylindres, la pulpe formait éponge et reprenait une partie du jus ; les novateurs placèrent deux couteaux qui venaient racler la pulpe sur les cylindres, de sorte que la pulpe, au lieu de tomber sur le côté, tombait en avant. Enfin, ils modifièrent complètement la surface filtrante.

Il s'agissait de trouver une surface perméable ne s'obstruant pas par les parties fines entraînées avec les jus. Champonnois employa, dans ce but, une surface métallique lisse à ouvertures étroites et évasées au-dedans, sur laquelle l'action seule d'un couteau sépare complètement le gâteau formé. La surface des cylindres était creusée de petites encoches triangulaires formant une spirale dans tout le cylindre, et dans ces encoches venait se placer un fil triangulaire en cuivre dont les bases formaient, par leur rapprochement, une ligne filtrante. Il y avait ainsi une séparation très complète de la pulpe et du jus. Un autre avantage encore, c'est que dans la presse Pecqueur des incrustations obstruaient les trous : il fallait les nettoyer avec un poinçon ; ici, il suffisait de placer une petite lame de clinquant et de la faire circuler dans l'hélice pour enlever les matières organiques solides ; mais en cas d'accident, si un fil cassait, il fallait un cylindre de rechange. Cette presse était excellente et pouvait fournir 600 hectolitres de jus par jour ; la pression était presque égale à celle des presses hydrauliques, de sorte que, après une première pression, un lavage des pulpes à l'eau et une seconde pression, on arrivait à un épuisement très satisfaisant. C'est ainsi que, pendant la campagne 1870-71, les presses continues Champonnois et Lachaume ont exécuté tout le travail de l'atelier d'extraction du jus, à l'exclusion des presses hydrauliques, dans quatre fabriques de sucre, savoir : celles de Quincy, de Esnes, de Mariekerque, situées toutes les trois dans le département du Nord et celle de Hombleuve dans la Somme.

Le défaut capital était la production d'une grande quantité de pulpe folle ; mais c'est le défaut de toutes les presses continues.

PRESSE LIEBERMANN. — Sur ces entrefaites, M. Liebermann de Ham, s'occupait à perfectionner un système de presse de son invention et un essai fut pratiqué pendant cette campagne 1870-71 à la sucrerie de MM. Arrachart et Veuve Lafeuille à Ham.

Supérieure, comme solidité, à la presse Champonnois et Lachaume, elle est formée d'un tube en bronze épais renforcé de nervures à l'intérieur et coulé d'une seule pièce. Dans l'épaisseur de ce tube sont pratiqués les interstices linéaires qui forment la surface filtrante. Cette presse pouvait fournir 3 à 400 hectolitres de jus par jour et présentait une grande solidité dans l'organe principal, c'est-à-dire le cylindre en bronze où il n'y avait pas à craindre la cassure des fils comme dans la presse Champonnois.

PRESSE LEBÉE. — Une grande différence dans la surface filtrante se fait remarquer dans la presse Lebée. Cette surface filtrante est formée de plaques venant s'adapter au moyen de vis sur les cylindres ; les plaques sont constituées par des barres triangulaires rapprochées de manière à faire une surface filtrante analogue à celle de Champonnois, mais d'un remplacement plus facile. Mais un inconvénient grave, c'est que les vis en bronze s'usent très rapidement et sont rongées ; alors les plaques galochent et se détachent.

PRESSE PIÉRON. — La presse Piéron diffère essentiellement des précédentes. ABCD (fig. 48), est un cylindre en fonte muni intérieurement de cannelures circulaires que l'on voit parfaitement sur le dessin, une partie de l'enveloppe du cylindre étant supposée enlevée. D'autres cannelures longitudinales sont disposées à la partie inférieure et supérieure du cylindre pour faire communiquer les cannelures circulaires entre elles. Sur ces cannelures repose une toile filtrante *abcd*, percée de fentes évasées du dedans au dehors ; cette toile de $2^m/m$ d'épaisseur est enroulée, mandrinée et soudée,

de manière à former un tube parfaitement cylindrique que l'on introduit dans le cylindre en fonte et que l'on maintient fixe au moyen d'attaches.

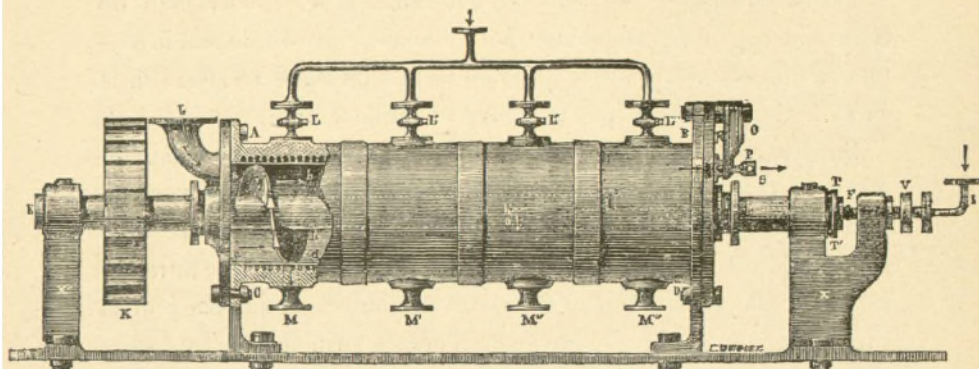


Fig. 18.

A l'intérieur du cylindre, tourne, à raison de 10 à 12 tours par minute, une hélice ou vis d'Archimède en bronze, *g h*, munie sur son pourtour de 42 raclettes à ressort, garnies de cuivre, servant à nettoyer continuellement la surface filtrante à l'intérieur. Ces raclettes peuvent se loger entièrement dans l'épaisseur de l'hélice dont le diamètre est de 2^m/_m plus petit que celui du cylindre en fonte ; elles n'agissent que par leur ressort et l'on conçoit que par cette disposition l'on puisse introduire facilement l'hélice dans le cylindre, à la manière d'un tire-bouchon. L'hélice est calée sur un arbre *EF*, traversant les deux fonds du cylindre et tournant à ses deux extrémités dans des coussinets portés sur les chaises *X* et *X'*. Cet arbre est relié à la transmission de l'usine par l'engrenage *K*.

Le pressin est injecté en *V* par une pompe ou simplement distribué dans l'appareil par une trémie. Le jus sort par la surface filtrante et par *M*, *M'*, *M''*, *M'''*, et la pulpe est entraînée par l'hélice vers l'orifice de sortie *R* : cet orifice est fermé par la soupape à ressort *OPS* qui règle à volonté la sortie de la pulpe.

L, *L'*, *L''*, *L'''* sont des robinets d'introduction d'eau dans les cannelures du cylindre, afin de laver ces cannelures et la surface

filtrante extérieure, soit en marche, soit pendant les arrêts où ce travail peut être tout à fait complet.

PRESSE COLLETTE. — M. Collette, de Seclin, eut l'idée de remplacer le système Pecqueur par le système inverse. Deux cylindres à l'intérieur d'un massif saisissent la pulpe et la forcent à passer entre leur surface formée d'une toile métallique en cuivre rouge fixée sur la surface comme les fils des presses Champonnois et qu'on peut remplacer en quelques instants. La modification principale consiste dans l'addition d'un troisième cylindre au-dessus des deux autres, de manière à obtenir deux pressions avec une seule presse et beaucoup plus de travail. Mais cette presse souvent crachait par suite de petits défauts dans les axes des cylindres.

PRESSE DUJARDIN. — M. Dujardin, de Lille, imagina une presse sur le même principe mais possédant un bâti plus solide; les détails

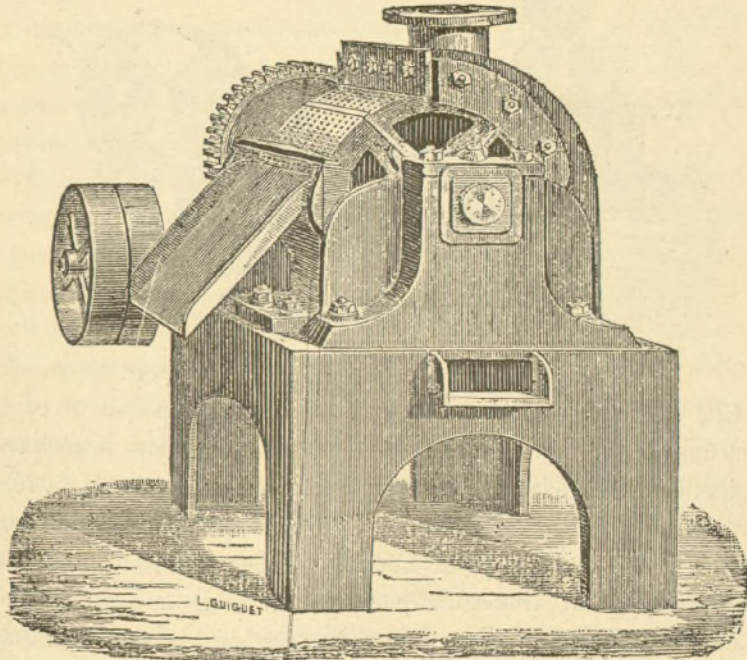


Fig. 19.

de construction sont, en outre, améliorés et le mode de pression est plus énergique et plus régulier. Cette dernière presse semblait résoudre la question et elle fut adoptée en quelques années (fig. 49).

POMPE A PULPES. — Un appareil nécessaire dans le procédé des presses continues que nous venons de décrire est la pompe à pulpes. Ces presses sont des vases clos dans lesquels il faut injecter la pulpe d'un côté pour la faire sortir d'un autre côté ; c'est dans ce parcours qu'elle subit l'action des cylindres et, par conséquent, la pression. Voici un modèle de la pompe construite chez M. Dujardin à Lille (fig. 20).

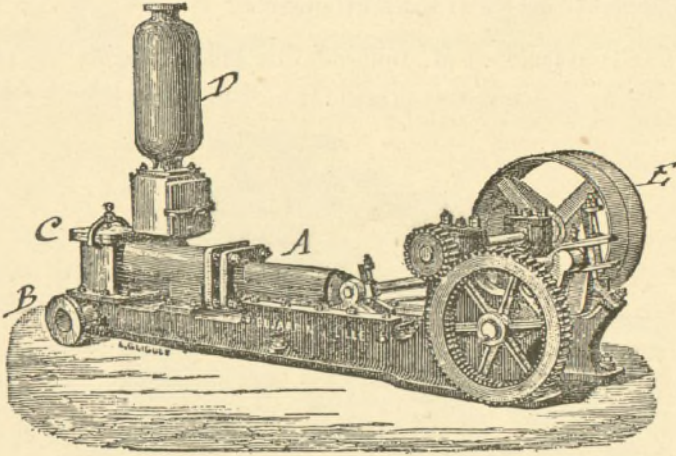


Fig. 20.

Elle consiste en un piston plein A aspirant la pulpe par un tuyau B et une soupape de distribution C et la refoulant dans le récipient d'où elle passe dans un tuyau adapté à la partie supérieure du récipient pour être envoyée dans une conduite qui la distribue dans chaque presse. La pompe est manœuvrée par une transmission et des engrenages E. Une seule pompe suffit pour un nombre quelconque de presses effectuant le même numéro de pression. Mais pour produire avec des presses différentes un plus grand nombre de

pressions, il est nécessaire qu'une pompe soit adjointe à chaque pression, la pompe de la seconde pression aspirant la pulpe jetée par les presses de première pression et de même pour la troisième pression qui travaille les pulpes de la seconde pression.

Dans le cas de plusieurs pressions successives, on fait subir à la pulpe entre chaque pression un malaxage à l'eau, froide ou chaude, de façon, non-seulement à faciliter l'aspiration de la pompe par un pressin plus liquide, mais surtout pour laisser après chaque pression de la pulpe un jus de moins en moins riche en sucre. Dans toutes les presses qui précèdent, on s'était préoccupé d'obtenir le jus de la râpüre à l'aide de pressions puissantes et toutes plus puissantes les unes que les autres.

PRESSE CONTINUE MANUEL ET SOCIN. — La presse continue de MM. Manuel et Socin est basée sur un principe absolument contraire. Elle agit par une suite de pressions légères graduées et progressives; et ces pressions attaquent sans cesse le pressin plus ou moins divisé qui, par un déplacement continu, se présente sous une forme toujours nouvelle à l'action successive des cylindres jusqu'à ce qu'il soit suffisamment épuisé.

En voici la description suivant la figure 24. A est la trémie d'arrivée de la pulpe. Une toile sans fin B, en poil de chèvre algérien, tendue par un tendeur C, porte la pulpe d'un cylindre au cylindre suivant en passant entre les cylindres pleins supérieurs D et les cylindres inférieurs perforés E. Le pressin subit ainsi la pression de chacun des couples des cylindres. La pression des cylindres est graduée et va en augmentant du premier au dernier. Des ressorts permettent de graduer cette pression en agissant sur les cylindres D.

La toile continuant sa marche, la pulpe pressée se dégage des cylindres sous forme de plaques de 2 à 3^m/m d'épaisseur, dont une partie se sépare de la toile et s'attache au cylindre supérieur; la portion adhérente à ce cylindre est détachée par l'action de couteaux racloirs articulés F. Après le passage entre le dernier couple de cylindres, la pulpe est recueillie dans une trémie et les fragments qui

restent adhérents à la toile sont détachés au moyen d'un batteur mécanique H.

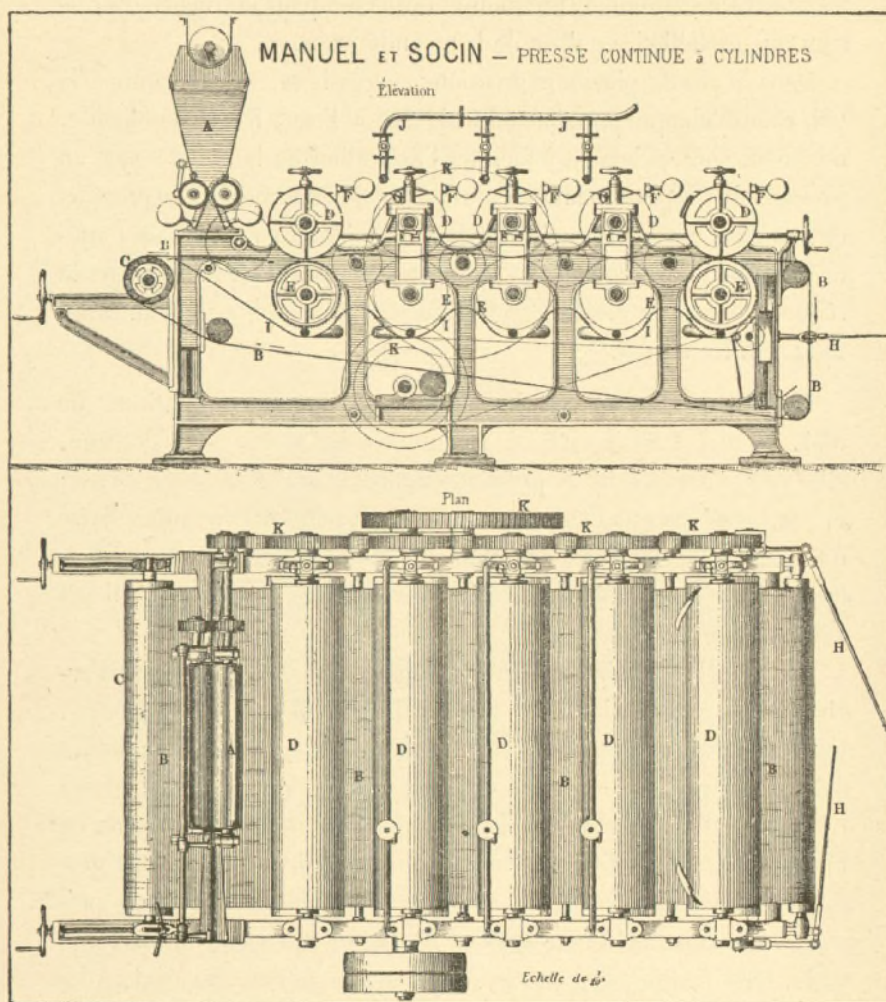


Fig. 21.

Le jus, pendant le passage entre les cylindres supérieurs et inférieurs passe à travers la toile sans fin et pénètre dans les cylindres inférieurs perforés ou s'écoule sur les parois de ceux-ci, d'où il

tombe dans les augets I destinés à le recueillir et à le conduire dans un canal collecteur. En J se trouve une conduite amenant de l'eau, dont le but est de diminuer à volonté la densité du jus restant dans la pulpe. La pulpe donc, en passant sur la toile entre deux cylindres successifs est soumise à un arrosage qui lui permet de subir la pression suivante avec plus de facilité ; l'eau ajoutée entre chaque pression diminuant, en outre, la densité du jus restant dans la pulpe, on peut, après cinq pressions, comme l'indiquent les cinq couples de cylindres de la figure, obtenir une pulpe suffisamment épuisée.

En K sont les engrenages de commande des diverses pièces de la machine.

La presse Manuel et Socin peut faire un travail considérable. La vitesse normale des cylindres est de 7 à 8 tours par minute ; mais si on veut accélérer le travail de la presse, il suffit de donner plus de vitesse aux cylindres ; seulement une vitesse plus grande donnera une plus grande quantité de pulpe folle, comme cela se présente, d'ailleurs, pour toutes les presses continues.

On obtient au moyen de la toile à poils de chèvre algérien une filtration mécanique du jus pendant la pression même et on a constaté par suite moins de pulpe folle dans le jus qui coule de la nochère.

PROCÉDÉ BOURY ET PROVINS. — Avant de terminer cette étude sur les presses, nous voulons dire un mot d'un procédé qui, basé sur un principe connu depuis quelque temps déjà, fut mis en pratique par MM. Boury et Provins.

M. Walkhoff, directeur de sucrerie en Russie, pour améliorer le travail des presses hydrauliques, avait imaginé la macération des pulpes en 1864. Ce procédé lui a permis d'extraire 90 % de jus normal, c'est-à-dire comme nous le verrons plus tard, autant qu'avec la diffusion.

En 1870, M. Hunniball, ancien directeur de fabrique de sucre en Russie, puis mécanicien à St-Denis, importa en France le sys-

tème Walkhoff modifié, dans le but de l'appliquer aux presses continues. Voici la série des opérations que devait subir la pulpe :

- 1^o Râpage de la betterave comme à l'ordinaire ;
- 2^o Macération méthodique et continue ;
- 3^o Séparation également continue du jus de la pulpe épuisée au moyen d'une surface filtrante spéciale.

Les déplacements de la bouillie liquide et sa pression s'effectuaient par des pompes et à l'abri du contact de l'air.

Malheureusement, la situation de M. Hunniball, comme celle de beaucoup d'inventeurs, ne lui permit pas de faire les frais des appareils qu'elle nécessitait et le procédé tomba à l'eau.

Mais vers 1878, M. Boury, fabricant de sucre à Étrécourt (Somme), et M. Provins, fabricant à Bapaume, imaginèrent chacun un système analogue au procédé Hunniball et ayant beaucoup de points communs, et s'associèrent pour le livrer à l'industrie. Ce système peut s'appliquer également aux presses hydrauliques et aux presses continues, mais il fut surtout d'un emploi général avec ces dernières presses.

Il s'agissait de résoudre le problème de l'épuisement sans nuire à la qualité de la pulpe.

On sait que le chauffage élevé coagule les matières albuminoïdes ; il produit une espèce de défécation du jus en même temps qu'il enrichit les pulpes d'éléments azotés nutritifs, perdus dans les écumes par l'ancien système de travail.

Or, le chauffage à haute température a pour but de déchirer toutes les cellules qui ont échappé à l'action de la râpe, et on sait combien elles sont nombreuses. Sous l'action de la dilatation, le liquide qui est contenu dans les cellules, — espèces de petits ballons microscopiques hermétiquement fermés, — rompt les parois quoique très résistantes et s'écoule librement. Au lieu de rechercher l'extraction par voie de diffusion, ce qui en presse continue n'amène pas à un bon résultat, parce que l'on ne peut maintenir l'opération un temps suffisant en activité, on opère par voie de lessivage ; mais pour cela



il fallait ouvrir toutes les cellules, et les novateurs du système y arrivèrent par le chauffage à une température suffisante pour les crever toutes. Or, l'augmentation d'extraction du jus se traduit par une augmentation de rendement en sucre.

Les matières albuminoïdes, en se coagulant vers 70°, forment un véritable réseau déféquant qui englobe les matières visqueuses et les retient dans la pulpe ; la pulpe bénéficie ainsi d'un supplément d'azote qui est un des principes de la matière albuminoïde, et le jus se trouve débarrassé d'une partie de matières visqueuses si nuisibles à son traitement.

En outre, sous l'action de la chaleur, les ferments sont tués et le jus peut parcourir sans altération les diverses phases qui précèdent la défécation sans subir d'autre traitement préliminaire.

L'augmentation de pureté du jus, qui peut atteindre deux degrés en moyenne est aussi une source avantageuse, car elle permet d'économiser une certaine dépense en chaux pour le travail d'épuration du jus. Cette épuration, qui peut paraître minime, a son importance aujourd'hui qu'il faut chercher à faire le moins d'écumes possible pour y perdre le minimum de sucre.

MM. Boury et Provins concédèrent leur brevet aux maisons Dujardin, de Lille et Douffet, de Béthune.

L'opération se fait au moyen d'un extracteur horizontal comme l'adopta M. Douffet (fig. 22) ou vertical comme M. Dujardin (fig. 23), ci-après.

Voici comment on procédait par la méthode Douffet, tel que nous l'avons vu fonctionner à la fabrique de sucre de MM. Macarez frères à Capelle (Nord). Le pressin subissait trois pressions, avec l'aide de deux pompes seulement. La première pression, peu énergique, était faite avec une seule presse à deux cylindres du système Douffet, dite presse de première pression et suffisamment forte pour fournir le travail de 150,000 kilos de betteraves par jour et dans laquelle la pulpe était refoulée par la première pompe.

Nous dirons en passant que le débit de cette presse pouvait être

modifié par la distance variable des cylindres et aussi par leur vitesse suivant la quantité de betteraves à travailler et que son travail ainsi que celui de l'extracteur dépendaient absolument du nombre de presses qui suivaient.

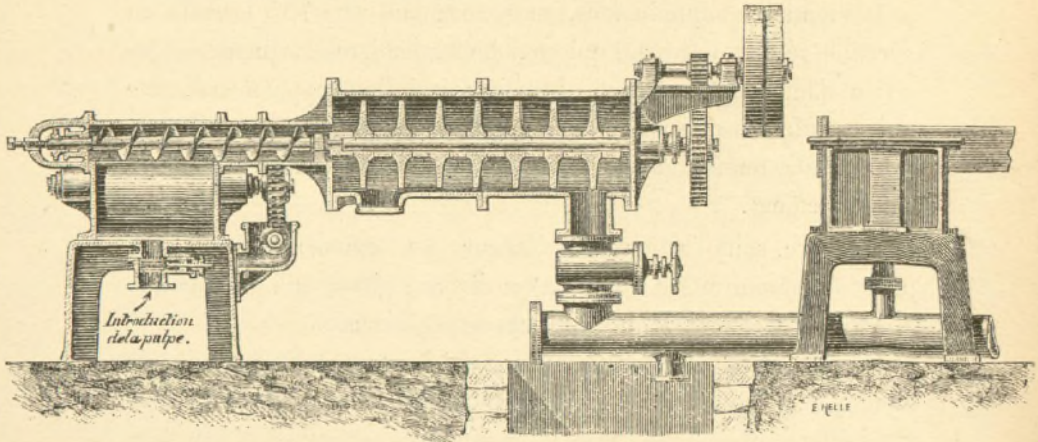


Fig. 22.

Un vase clos cylindrique horizontal portant le nom d'extracteur faisait suite à cette presse ; à l'intérieur se trouvait un arbre avec hélice dont le but était de forcer la pulpe sortant à la partie supérieure de la presse, à passer à l'autre extrémité de l'extracteur ; et, pour diluer le pressin, une pompe y refoulait au sortir de la presse, du jus de la troisième pression réchauffé dans un ballon dans lequel passait un courant de vapeur. La pulpe passait ensuite directement dans les presses de seconde pression où elles étaient soumises à une pression énergique sous l'action combinée de la pression déjà donnée à la pulpe par la pompe et de l'effet propulsif de l'hélice de l'extracteur.

Les presses de seconde pression au nombre de quatre étaient du système Douffet mais avec un seul cylindre.

Le jus s'échappait sur le devant dans des gouttières et venait se mélanger au jus de la première pression ; la pulpe sortait sur le côté et tombait des trémies dans un entraîneur qui les déversait

ensuite dans un malaxeur ouvert où avait lieu un nouveau lessivage à l'eau chaude. Une seconde pompe refoulait ensuite le pressin dans les presses de troisième pression semblables à celles de seconde pression. On obtenait alors un jus de faible densité, titrant 1° environ, dont le trop plein seul venait s'ajouter aux jus des premières presses.

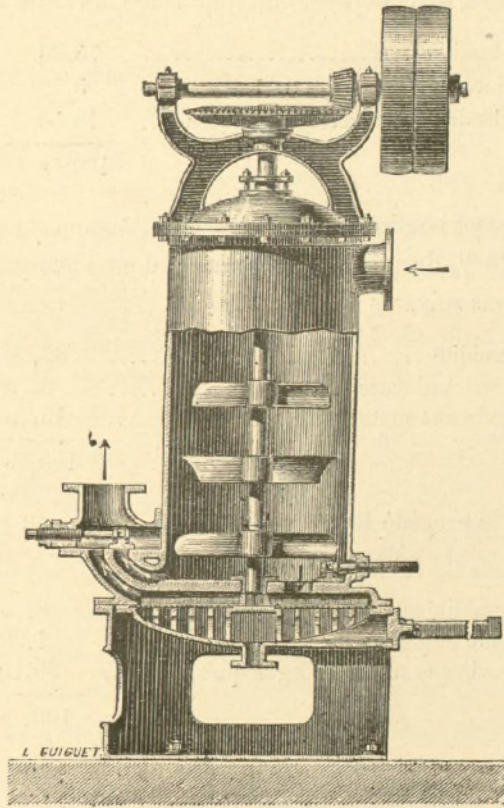


Fig. 23.

Le reste, comme nous l'avons vu, était envoyé dans l'extracteur ou servait à la râpe au lieu d'eau. Les jus issus de chaque appareil étaient réunis dans un cylindre tamiseur qui les purgeait de leur pulpe folle. On avait une pulpe pressée à volonté et d'un épuisement plus que satisfaisant.

Nous profiterons de cette circonstance pour comparer la pulpe obtenue par les presses hydrauliques, par les presses continues sans l'emploi du procédé Boury et Provins et enfin par ce dernier procédé.

On obtient une moyenne par les presses hydrauliques de 22 % de pulpe du poids de betterave, de composition suivante :

| | |
|------------------------------------|--------|
| Humidité..... | 75,80 |
| Sucre et glucose..... | 5,70 |
| Cendres et matières organiques.... | 18,50 |
| | <hr/> |
| | 100, » |

Pour les presses continues avec plusieurs pressions la quantité de pulpe est de 28 % du poids de betteraves, dont l'analyse donne les résultats moyens suivants :

| | |
|-------------------------------------|--------|
| Humidité..... | 82, » |
| Sucre et glucose..... | 3, » |
| Cendres et matières organiques..... | 15, » |
| | <hr/> |
| | 100, » |

Enfin, par le procédé Boury et Provins, on a obtenu à la sucrerie de Capelle 32 % de pulpe suivant la formule :

| | |
|-------------------------------------|----------|
| Humidité..... | 78, » |
| Sucre et glucose..... | 1,90 à 3 |
| Cendres et matières organiques..... | 20,10 |
| | <hr/> |
| | 100, » |

En résumé la pulpe des presses hydrauliques est moins humide et par conséquent son poids de matière utile est plus rémunérateur pour le cultivateur. Mais nous remarquons que, quoique supérieure à la pulpe des presses continues, elle est moins riche en cendres et matières organiques que la pulpe obtenue par le procédé Boury et Provins ; et on sait que la matière organique est en grande partie de l'azote ; l'excès d'azote des pulpes obtenues par ce dernier procédé est dû à la coagulation de l'albumine.

Si nous constatons la perte en sucre nous voyons qu'elle est pour 100 kilos de betteraves de :

1.25 pour les presses hydrauliques

0.84 pour les presses continues

0.60 pour les presses continues par le procédé Boury
et Provins.

La pulpe provenant des presses continues était moins estimée du cultivateur ; elle présentait d'abord moins d'apparence et était moins riche en sucre que la pulpe des presses hydrauliques. Ensuite, surtout dans le procédé Boury et Provins, on devait nécessairement mélanger dans le pressin des réactifs tels que la chaux, le bisulfite de chaux ou l'acide sulfureux, pour enlever à la pulpe la teinte noirâtre que lui donnait la chaleur, et la rendre verdâtre par la chaux ou bleuâtre par le bisulfite et l'acide sulfureux ; et le cultivateur, qui craint avant tout les moyens détournés, n'accordait plus aucune confiance à cette nourriture. En outre, étant moins riche en sucre, celui-ci se figurait que le pouvoir nutritif de la pulpe était diminué d'autant ; et, avec une augmentation en pulpe en rapport avec la quantité de betteraves qu'il avait livrées, il réclama une diminution de son prix.

On criait qu'il était impossible de graisser avec un élément si peu riche en principes nourrissants. Nous avons vu, cependant, que le chauffage, en coagulant les matières albuminoïdes et en les enlevant ainsi aux jus, ajoutait à la pulpe un supplément d'azote que ne possédait pas la pulpe des presses hydrauliques.

Néanmoins, il y avait un véritable avantage pour le fabricant à substituer les presses continues aux presses hydrauliques et cet avantage s'augmentait encore par l'emploi du procédé Boury et Provins.

Par les presses continues, on supprimait une main-d'œuvre considérable : les claies, les sacs qui venaient diminuer le gain en sucre ; en outre, comme on obtenait des pulpes épuisées à un degré

supérieur, on retirait de la betterave une plus grande quantité de sucre.

Dépulpeur. — Un des principaux inconvénients de toutes les presses hydrauliques et continues, et surtout de ces dernières, est de donner beaucoup de pulpe folle dans le jus qui sort des presses, c'est-à-dire de parties solides tellement tenues qu'il est très difficile de les séparer du jus, et dont la présence, comme nous le verrons plus loin, influe beaucoup sur le travail. Aussi un appareil indispensable dans leur emploi est le dépulpeur.

On a imaginé un nombre infini de dépulpeurs ; nous n'en citerons que quelques-uns.

A l'origine on employait un tamis pour séparer la pulpe folle du jus ; mais ce tamis sans mouvement présentait l'inconvénient de laisser passer difficilement le jus, les pulpes folles bouchant les trous. Un autre dépulpeur très simple et d'un résultat satisfaisant consiste en un tamis cylindrique horizontal traversé par un arbre dont il est solidaire et placé dans une bêche analogue aux laveurs à betteraves et fermée à ses deux extrémités par des parois verticales que traverse l'arbre. Le tamis est ouvert à ses deux bouts, et reçoit par un des bouts à bords légèrement coudés la conduite du jus des presses. Ce tamis est soumis à un mouvement de rotation pendant lequel le jus passe à travers la toile métallique et tombe dans le fond de la bêche, d'où un tuyau le conduit au bac à jus. La pulpe folle, ne pouvant passer à travers le tamis, est entraînée à l'autre bout et tombe dans une cage formée par la paroi verticale de ce côté et une cloison séparatrice, pour être déversée dans le pressin qui n'a pas encore subi l'action des presses.

Une brosse fixe, formée d'une règle en bois garnie de crins et fixée à la partie supérieure de la bêche, s'appuie toujours sur la surface externe du cylindre filtrant et le débarrasse des pulpes qui y ont adhéré.

Le dépulpeur Hamoir ressemble en de nombreux points au dépulpeur décrit ci-dessus ; mais la pulpe au lieu de sortir à l'extré-

mité circulaire du cylindre sort par des orifices oblongs qui sont figurés du côté des poulies (fig. 24).

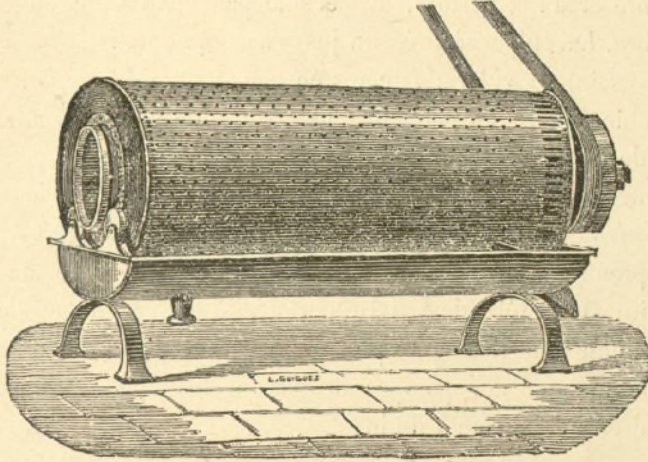


Fig. 24.

Un appareil ingénieux qui en dérive est le dépulpeur De Loynes. Il consiste en un cylindre en toile métallique très fine, fermé à ses deux extrémités par des plateaux pleins, traversés par un arbre creux auquel ils sont fixés ; l'arbre se prolonge un peu au-delà de chaque plateau. L'une de ses extrémités est fermée ; l'autre est ouverte et la partie vide a environ 70 m/m de diamètre. Dans la partie comprise entre les deux plateaux, l'arbre creux est percé de trous par lesquels s'écoule le jus qui pénètre du dehors au dedans du cylindre. Ce cylindre est placé horizontalement dans une bache analogue à celle de l'appareil précédent.

Voici comment fonctionne ce dépulpeur :

On fait venir dans la bache le jus de la râperie et on laisse son niveau s'élever jusqu'au-dessus de l'arbre ; puis, on donne au cylindre un mouvement de rotation et on porte progressivement la vitesse à 30 tours environ par minute.

L'arrivée du jus est réglée de façon à ce que le niveau dans la bache reste toujours à 10 centimètres environ au-dessus de l'arbre.

Le jus qui traverse la toile métallique pénètre dans le cylindre en laissant en dehors les corps flottants, s'y élève peu à peu au niveau de l'arbre creux et perforé, et s'écoule par l'extrémité ouverte de cet arbre. La pulpe séparée du jus s'accumule dans la bêche et il est nécessaire de vider de temps en temps cette bêche au moyen d'un robinet placé au point le plus bas ; la pulpe folle tombe dans le bac de la râpe.

D'autres inventeurs ont adopté le système vertical. Tels sont le dépulpeur Lecointe et Villette et le dépulpeur Mariolle frères.

Le premier, représenté ci-dessous (fig. 25), comprend un tamis circulaire D, en tôle de cuivre perforée à travers lequel le jus, venant d'une gouttière A des presses, se tamise avant d'aller au bac des monte-jus ou des pompes desservant les appareils successifs nécessaires au traitement du jus.

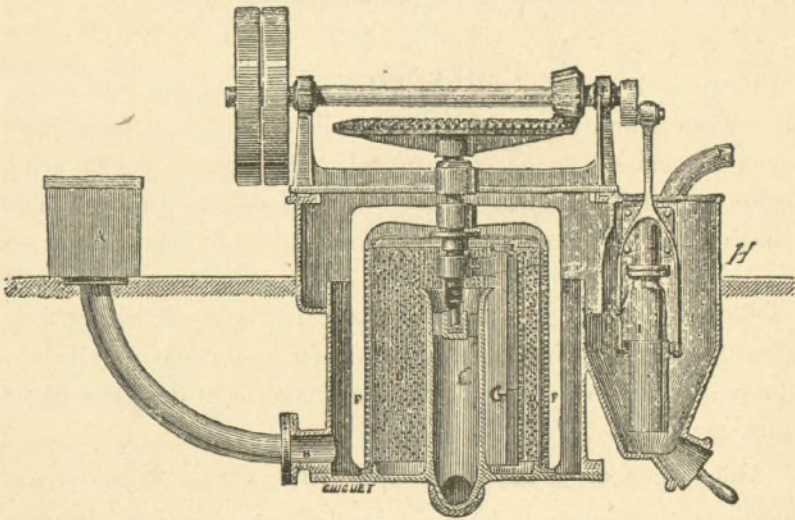


Fig. 25.

Ce tamis est placé au fond d'une cuve en fonte posée verticalement; le jus est amené dans cette cuve, sous une faible charge, par un tuyau branché sur le fond de la gouttière A et sur la tubulure B venue de fonte avec la cuve, et remplit la capacité annulaire ména-

gée entre le tamis et la cuve. La partie liquide du jus passe à l'intérieur du tamis, à travers les trous, tandis que la pulpe qu'il contient, surnageant le liquide, est ramassée par un racloir double qui la rejette dans un compartiment circulaire formé par l'évasement de la cuve en fonte. Mais une partie de la pulpe vient se coller sur la surface du tamis et ne peut alors être enlevée par le racloir ; pour la faire monter à la surface du liquide, on a disposé deux brosses verticales FF formées de deux règles en bois garnies de crins qu'on peut enlever et remplacer sans difficulté ; ces brosses, animées d'un mouvement de rotation, frottent constamment la surface extérieure du tamis et en détachent la pulpe en même temps qu'elles entretiennent la perméabilité de la tôle perforée. Une autre brosse G, qui participe au même mouvement que les premières, agit de même sur la surface interne du tamis et enlève les pulpes tenues qui ont pu filtrer avec le jus. La pulpe détachée par les brosses étant plus légère que le jus, monte à sa surface et est enlevée par le racloir, comme nous l'avons dit.

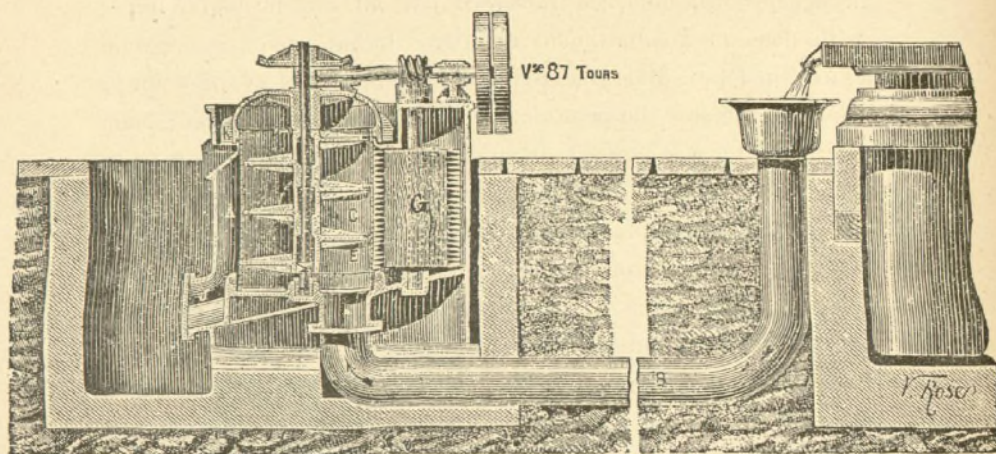
En contrebas du compartiment à pulpe et faisant corps avec lui se trouve un réservoir à pulpe H, où les inventeurs ont installé une petite pompe actionnée par la même transmission qui donne le mouvement aux brosses et qui renvoie la pulpe soit dans le bac de râpe, soit dans un sac pour être mis sous une presse hydraulique, soit encore dans une petite presse continue spéciale.

Tandis que le jus est ainsi débarrassé de sa pulpe, les gommes et autres impuretés lourdes que contient le jus filtré tombent dans le fond de l'espace annulaire compris entre la surface interne du tamis et le tuyau central C qui, vu sa hauteur, sert à l'écoulement du jus par décantation. Un robinet de fond permet le nettoyage de cette partie de l'appareil de même que celui du réservoir à pulpe.

Dans ce système le cylindre filtrant est fixe. Le dépulpeur Mariolle en diffère en ce qu'il possède un cylindre rotatif et reçoit le jus à l'intérieur de ce cylindre (fig. 26).

Au fond d'une cuve en maçonnerie, pratiquée dans le sol de

l'usine, débouche une conduite B qui amène le jus au bas d'un cylindre rotatif filtrant placé verticalement. Le jus ainsi introduit ne



Dépulpneur de MM. Mariolle frères.

Fig. 26.

peut sortir du cylindre qu'en traversant sa surface percée d'un grand nombre de trous très petits. Un joint hydraulique assure l'étanchéité entre le bord inférieur du cylindre et le fond de la boîte en fonte A, dans laquelle il tourne. Le niveau tend à s'établir entre le jus chargé de pulpe qui se trouve à l'intérieur du cylindre et celui de l'extérieur après sa filtration à travers la tôle métallique perforée. Ce niveau s'élève donc à l'extérieur, c'est-à-dire dans la boîte-enveloppe A jusqu'à ce qu'il rencontre la tubulure d'écoulement, indiquée en lignes pointillées en C. Cette tubulure est à un niveau inférieur à celui du fond de la nochère des presses, afin que l'écoulement ait lieu sous une certaine pression. La pulpe contenue dans le jus introduit dans l'intérieur du cylindre filtrant est entraînée, à mesure qu'elle arrive, par une hélice E qui tourne dans l'intérieur du cylindre, mais en sens contraire. Elle se sépare ainsi du jus et est sollicitée à monter sur le plan incliné de l'hélice. Arrivée en haut, elle est raclée et rejetée dans une nochère circu-

laire où des palettes **K** la ramassent et la poussent dehors pour être envoyée au bac de la râpe.

Pour que la surface filtrante du cylindre se maintienne bien nette, l'hélice est munie d'un cuir sur tout le pourtour de son développement et ce cuir glissant à frottement doux sur la surface filtrante enlève les pulpes et les matières grasses qui peuvent s'y trouver collées.

Le nettoyage extérieur s'opère au moyen d'une brosse cylindrique verticale **G** animée d'un mouvement de rotation en sens contraire du cylindre filtrant.

Pour obtenir un bon travail du dépulpeur, il faut veiller sans cesse à sa propreté et éviter les trous qui peuvent se faire dans la toile filtrante ; car l'action du dépulpeur est une des opérations les plus importantes dans l'emploi des presses comme procédé d'extraction du jus.

En effet, la présence des pulpes folles dans le jus engendre des inconvénients que nous verrons plus tard.

Après le passage dans le dépulpeur on obtient un liquide débarassé de ces matières tenues et qui peut subir sans accident les phases ultérieures du travail. Mais il arrive très souvent qu'on ne peut entièrement éliminer cette pulpe folle et le travail du jus s'en ressent dans la suite. Cet inconvénient de la pulpe folle ne peut pas se présenter avec la diffusion que nous allons étudier et qui, depuis la promulgation de la loi de 1884 est, devenue presque générale en France.

DIFFUSION.

Outre l'avantage de retirer plus de sucre de la betterave, la diffusion donne un jus plus riche et plus facile à travailler avec une densité qui peut varier de 4° à 4°5 ; tandis que le jus des presses de tous systèmes atteignait rarement 3°8, et descendait le plus souvent à 3°. On obtient donc une véritable économie dans l'éva-

poration. Nous verrons par la suite les différences qui existent dans le travail du jus des presses et de celui de la diffusion.

On trouve la souche de la diffusion dans la macération de Dombasle et dans les macérateurs De Beaujeu et Duquesne.

Plus tard, MM. Robert, père et fils, de Seelowitz, manufacturiers français établis en Autriche, débaptisèrent la macération.

La première idée d'extraire le sucre par macération est due à Margraff; mais cette idée ne fut appliquée que par Mathieu de Dombasle.

En 1834, il essaya en grand d'extraire le sucre par macération; il épousait par l'eau bouillante les betteraves découpées en rondelles minces; il avait substitué à la râpe des appareils à couteaux qui exigent bien moins de force et s'usent moins rapidement. Cette macération ou lévigation était faite méthodiquement, de manière à épuiser complètement les rondelles ou cossettes et pourtant à ne recueillir que des jus concentrés. Il se servait d'eau bouillante, afin, disait-il, de détruire le principe vital de la betterave, car il avait remarqué que l'eau froide donnait des ferments visqueux.

Les résultats furent déplorables: il obtenait un jus visqueux ne cristallisant pas et ne donnant que des mélasses.

En 1837, un fabricant de l'Anjou, De Beaujeu, reprit ces essais à une température plus basse. Il employait, comme Mathieu de Dombasle, huit cuiviers à double fond disposés en forme de batterie circulaire. Mais chaque macérateur communiquait avec un serpentin réchauffeur destiné à chauffer le jus, avant de le faire arriver dans le tonneau suivant. Il fallut y renoncer à cause des résultats incertains.

Martin avait conçu un mécanisme ingénieux, consistant en un large tuyau cylindrique recourbé en fer à cheval, dans lequel se mouvait, dans une direction, une chaîne sans fin portant des plateaux chargés de cossettes, tandis que de l'eau bouillante entraît à l'autre extrémité du tube, le parcourait lentement en sens opposé de la chaîne et s'écoulait à l'état de jus concentré. Mais sous l'influence

de l'eau bouillante une partie notable de pectose insoluble dans l'eau se transforme en pectine soluble qui, restant dans le jus sucré, devient un grand obstacle à la cristallisation du sucre.

Macération Mathieu de Dombasle. — Aussi Mathieu de Dombasle proposa-t-il en 1840, d'opérer la macération avec de l'eau chauffée seulement de 81° à 84°, température suffisante pour désorganiser les cellules et cependant pas assez élevée pour transformer une quantité notable de pectose en pectine.

Le procédé de macération repose sur le principe suivant que Mathieu de Dombasle fit connaître dès 1831 :

Lorsqu'on a détruit le principe de vie des racines de betteraves par la dessiccation, la coction ou la congélation, si l'on met les racines découpées en macération dans de l'eau, les forces de l'affinité s'exercent sans obstacle et la matière sucrée se met en équilibre dans toute la masse formée par le liquide de macération et par le liquide contenu dans les fragments de racines.

Ce principe dérive d'une découverte due, vers 1826, à Dutrochet qui l'énonça comme suit :

Quand deux liquides, de densité ou de nature chimique différentes, sont séparés par une cloison mince et perméable, il s'établit au travers de cette cloison deux courants dirigés en sens inverse et inégaux en force.

L'un de ces courants s'appelle endosmose, l'autre exosmose.

Les deux liquides différents sont l'eau de macération et le jus sucré contenu dans les cellules ; la cloison séparatrice est formée par les parois des cellules.

Pour démontrer le bien fondé de son principe, Dutrochet se servait d'un tube à deux diamètres fermé à une extrémité et dont l'autre, la plus grande, était fermée par une membrane de parchemin très tendue. Le tube, contenant de l'eau gommée d'une densité supérieure à celle de l'eau, était enfoncé dans un vase contenant de

l'eau jusqu'à égalité de niveau des deux liquides. Au bout de peu de temps, on voit la hauteur du liquide s'élever dans le tube portant l'eau gommée, puis cette hauteur devenir stationnaire. Il y a donc eu pénétration de l'eau dans le tube et on remarque aussi qu'une partie de l'eau gommée s'est mélangée à l'eau du vase.

Dutrochet appela courant d'endosmose le courant formé par l'eau du vase pénétrant dans le tube et courant d'exosmose le courant contraire. Ce ne fut que plus tard, vers 1850 que cette question fut éclaircie par l'anglais Graham, qui donna à ce phénomène le nom de diffusion.

Mathieu de Dombasle s'était donc basé sur la découverte de Dutrochet, pour mettre en pratique le procédé de macération.

Ainsi les betteraves étant découpées en tranches de 6 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur, le partage de la matière sucrée s'opère dans l'eau froide de même que dans l'eau chaude et l'équilibre s'établit dans toute la masse par suite des deux courants d'endosmose et d'exosmose ; et plus les tranches sont minces, plus le partage de la matière sucrée s'opère avec promptitude.

Ainsi, si après avoir versé un litre d'eau sur 4 kilog. de betteraves découpées comme il vient d'être dit, on élève la masse au bain-marie ou autrement, jusqu'à la température de l'eau bouillante, si on l'y maintient pendant une demi-heure, l'eau tient ensuite en dissolution la moitié du sucre contenu dans les betteraves ; et, en supposant que le jus exprimé de ces betteraves eut marqué 8° à l'aréomètre Beaumé, l'eau de macération marquerait alors 4°. Si l'on fait écouler doucement la totalité du liquide et qu'on verse sur les tranches un second litre d'eau, on obtiendra après une demi-heure de macération un liquide marquant 2°.

En traitant de même les tranches avec un troisième et un quatrième litre d'eau, on aura successivement des liquides à 1° et à 1/2 degré ; on peut ainsi pousser l'épuisement aussi loin que l'on veut.

D'un autre côté, si on verse le litre de la première macération marquant 4° sur un autre kilog. de tranches fraîches, et si on

soumet de nouveau le tout à la macération à la température de l'eau bouillante, on obtient un liquide moyen titrant 6°. Ce qui revient à dire que le liquide acquiert toujours en excédant la moitié de la différence de densité qui existait auparavant entre le liquide contenu dans les tranches et le liquide de macération, en supposant égalité de poids entre les deux masses. Nous ne tenons pas compte ici des causes de perturbation dans l'échelonnement de ces densités, causes dues aux sels contenus dans le jus de betteraves et à l'albumine qui se coagule à chaud pendant le travail de la macération et qui donnent au liquide de macération une densité moindre que la densité théorique.

Mais ce principe théorique est le principe fondamental de la macération.

Les betteraves sont d'abord décollées et lavées comme dans le procédé des presses ; elles sont ensuite soumises à l'action du coupe racines qui les réduit en cossettes. Le coupe-racines, dont faisait usage Mathieu de Dombasle à sa fabrique de Roville, se composait d'un disque vertical armé de 8 couteaux tranchants, et les betteraves y étaient amenées par une trémie à parois courbes, de manière que les couteaux agissaient dans toute l'étendue de l'ouverture de la trémie. Dans les premières années de la macération on coupait les betteraves en tranches de 6 ^m/_m d'épaisseur ; mais on reconnut bien vite qu'une moindre épaisseur donne un épuisement plus complet, et on disposa les couteaux de manière à faire des tranches de 2 ^m/_m. L'opération était alors plus lente et à Roville, où c'était encore deux hommes se relayant qui servaient de moteur au coupe-racines, on découpait 1000 à 1200 kilog. de betteraves par heure.

Le coupe-racines est disposé de manière que les tranches qui en sortent tombent immédiatement dans un vase rond en bois dans lequel on a étendu d'avance une poche en toile qui sert à enlever la charge par une grue, pour la transporter dans le premier vase ou cuvier à sec, ainsi appelé parce que les tranches de betteraves ne s'y trouvent jamais en contact avec du liquide. Si le coupe-racines

est peu élevé au-dessus du sol, on enterre le cuvier à sec jusqu'à environ 12 centimètres du bord supérieur, afin que les tranches y tombent facilement, à l'aide d'un plan incliné, à mesure qu'elles sont découpées.

A côté du coupe-racines se trouve un emplacement enclos de planches jusqu'à hauteur de 50 centimètres environ et suffisamment étendu pour contenir une certaine provision de racines.

L'appareil de macération se compose d'une chaudière d'amortissement à feu nu et de six chaudières de macération, de la contenance d'un peu plus de deux hectolitres chacune afin de recevoir une charge de 400 kilog. de betteraves et une charge d'eau. Ces vases sont disposés sur un arc de cercle au centre duquel se trouve la grue qui transporte les charges de betteraves dans des poches, du cuvier à sec dans la chaudière d'amortissement, de celle-ci dans les cuiviers, et enfin sur un plan incliné d'où les tranches épuisées sont évacuées hors de l'atelier.

La chaudière d'amortissement est chauffée à feu nu ou à la vapeur. Dans le chauffage à feu nu, elle est cylindrique, d'un diamètre à peu près égal à sa hauteur, et munie d'un faux-fond mobile formé d'une feuille de cuivre percée d'un grand nombre de trous et s'appuyant sur le fond de la chaudière par des pieds de deux centimètres de hauteur. Chauffée à la vapeur, elle a une forme cylindrique terminée en bas par une calotte hémisphérique double. La contenance de la chaudière d'amortissement est d'environ 230 litres pour chaque quintal métrique de betteraves dont on doit composer les charges.

L'opération devait être conduite avec le plus grand soin. D'un autre côté, il ne faut pas que l'on soit gêné pour donner à l'amortissement la durée nécessaire, et il importait également qu'on put faire régulièrement un chargement par heure sans être arrêté par un retard accidentel.

Aussi, pour éviter des arrêts dans l'amortissement, on devait disposer une seconde chaudière d'amortissement à côté de la pre-



mière ; car l'amortissement complet des tranches de betteraves est le point capital pour l'efficacité des macérations subséquentes.

Ces macérations se faisaient dans des cuviers en bois, doublés de feuilles minces de cuivre, de même contenance et de mêmes dimensions que la chaudière d'amortissement. Ces cuviers sont rangés l'un à côté de l'autre sur le même arc de cercle que la chaudière d'amortissement.

L'intervalle laissé entre les cuviers est rempli, sur une largeur proportionnée aux dimensions des cuviers, par une construction en bois revêtue à sa surface supérieure d'une feuille de cuivre et disposée de manière à présenter un peu de pente des deux côtés afin de verser dans la chaudière voisine le liquide qui y tombera.

En effet, à chaque vidange du cuvier, on ne peut éviter qu'il s'écoule un peu de liquide des poches et ce liquide retombe alors dans les cuviers.

Ces cuviers sont placés sur un plan supérieur à celui de la chaudière d'amortissement, afin qu'on puisse faire écouler dans cette dernière le liquide de chacun d'eux. A cet effet, chaque cuvier porte un tuyau de vidange muni d'un robinet ; et tous communiquent à un tuyau qui règne tout le long de la série et qui va porter le liquide dans la chaudière d'amortissement ; l'écoulement du liquide d'un cuvier doit s'opérer dans l'espace de dix minutes au plus ; les cuviers sont disposés de manière que le liquide s'en écoule complètement et les tuyaux doivent avoir une pente régulière, en sorte qu'aucune portion du liquide ne puisse séjourner dans quelqu'une de leurs parties, où le jus sucré s'altérerait et formerait un levain nuisible dans le liquide des macérations suivantes. A l'intérieur des cuviers et au-devant de chaque tuyau de vidange est fixée une grenouillère formée d'une toile métallique ou d'une feuille de cuivre percée de beaucoup de trous : ce tamis est destiné à empêcher l'introduction dans les tuyaux des cossettes qui auraient pu sortir des poches par accident. Au-dessus des cuviers et près de leur bord règne un autre tuyau muni d'un

robinet pour chaque cuvier et qui amène l'eau d'un réservoir supérieur.

Voici comment se pratique la macération : chacun des cuiviers est disposé pour prendre un numéro quelconque de la série, le numéro 1 cédant son numéro au suivant, 2 à 3, etc., suivant l'ordre des opérations.

On appelle cuvier de tête celui qui, premier de la série pour le moment, possède le jus le plus riche et le déverse directement dans la chaudière d'amortissement, dans laquelle, avant chaque décharge du cuvier de tête, on introduit une charge de cossettes fraîches.

Le jus le plus riche, en contact avec de nouvelles tranches possédant un jus plus riche que lui, s'équilibre avec ce nouveau jus des cellules et acquiert une densité plus grande. Tel est le but de la chaudière d'amortissement.

Après un certain temps de contact, on fait subir la défécation au jus et aux cossettes restant dans la chaudière d'amortissement, qui est à son tour vidée entièrement au virement suivant pour recevoir une nouvelle charge de cossettes et le liquide du nouveau cuvier de tête.

Un nouveau chargement se fait d'heure en heure ; on évacue également à chaque heure une charge de betteraves épuisées. Ces deux opérations se font successivement de demi-heure en demi-heure : chacune d'elles s'appelle un virement. Toutes les heures, on a donc un cuvier vide dans lequel on transporte les betteraves du cuvier, dit cuvier de queue, avec un chargement d'eau froide ; le cuvier de queue était cuvier de tête au virement précédent.

On appelle aussi cuvier de transition celui qui passe ainsi de la tête à la queue à chaque second virement, et le cuvier de transition s'avance chaque fois d'un numéro dans la série jusqu'à ce qu'arrivé au dernier numéro il revienne au n° 1 à la transition suivante.

On distingue toujours facilement l'ordre des cuiviers de la série à la seule différence de température, car le cuvier de tête est toujours le plus chaud ; c'est dans le cuvier de queue que la température se

rapproche le plus de celle de l'eau froide, et le degré de richesse décroît dans chaque cuvier dans le même rapport que la température.

Ainsi chaque virement demande une demi-heure et on commence toujours le virement par le cuvier de queue pour finir par le cuvier de tête. Lorsqu'on commence le virement, s'il se trouve alors un cuvier vide, on y transporte les tranches du cuvier de queue avec un chargement d'eau froide; s'il n'y a pas de cuvier vide, comme cela arrivera au virement suivant, on évacue les tranches du cuvier de queue. On continue donc le virement dans l'ordre de la série et, à la fin du virement, si la chaudière d'amortissement se trouve chargée de betteraves, qui sont alors amorties, on les transporte dans le cuvier de tête dont on vient d'enlever les betteraves et l'on défèque dans la chaudière d'amortissement. Mais, au virement suivant, la chaudière d'amortissement se trouvera chargée de betteraves qui ont été apportées avec le liquide du cuvier de tête, aussitôt que la défécation a été opérée dans la chaudière d'amortissement.

Il n'y aura donc alors rien à faire pour la chaudière d'amortissement; il faut remarquer que ce chargement de la chaudière d'amortissement a été fait par anticipation, aussitôt la défécation terminée, afin de gagner du temps pour l'amortissement des betteraves; car dans l'ordre régulier, ce chargement doit terminer le virement.

Telles sont les opérations qui constituent la macération Dombasle, comme elle était effectuée à la fabrique de Roville.

Procédé de conservation des cossettes. — Ce procédé donna lieu à une idée nouvelle, qui consistait à dessécher les cossettes et à appliquer l'extraction du sucre aux cossettes desséchées. Pour diminuer les frais généraux et augmenter les bénéfices, il fallait pouvoir fabriquer d'une façon continue, tandis que la nature de la betterave ne permet d'en extraire le sucre que pendant quelques mois. Le surplus de l'année, l'outillage reste oisif. Le problème

consistait à conserver pendant toute l'année soit les racines elles-mêmes, soit les jus, et à répartir la fabrication sur les 365 jours qui s'écoulaient d'une campagne à l'autre. Ce problème était loin de manquer d'importance.

Vers 1837, un premier essai pour le résoudre avait été tenté par la Société grand-ducale de Bade. Le moyen adopté par cette Société consistait à conserver les betteraves découpées en les soumettant, aussitôt qu'elles étaient récoltées, à l'action de la chaleur dans des tourailles sises près des lieux de production. De ces sécheries, les cossettes étaient transportées, au fur et à mesure des besoins, vers une seule usine où la fabrication du sucre était centralisée et durait toute l'année.

Ce système dont Ferdinand de Haber était l'inventeur, selon les uns, Schützenbach, suivant d'autres, était devenu vers 1850, l'objet d'une association en participation entre MM. Serret, Hamoir, Duquesne et C^{ie} qui le perfectionnèrent et l'appliquèrent, en vue de la transformation continue en sucre ou en alcool, dans leur établissement de Valenciennes; ils mirent en œuvre de grandes quantités de betteraves récoltées sur des points très distants et propagèrent leur système dans les parties de la France où la culture de la betterave était jusque-là inusitée : à Plagny, près Nevers, dans l'usine de MM. Bernard, Lequine et C^{ie}. Une grande usine se monta à Bourdon (Puy-de-Dôme), celle de MM. Herbet et C^{ie}, qui, sous le patronage du duc de Morny et plus tard avec la protection des capitaux de l'État, se proposait d'extraire dans une seule usine le sucre des betteraves produites dans tout un département. Le transport des cossettes ainsi desséchées était très facile et procurait une économie considérable; car en supposant que la betterave contienne au maximum 5 % de matière sèche, on peut par une dessiccation suffisamment prolongée réduire le poids de la betterave au maximum de 15 %; et sur 1000 kilog. de betteraves soumises à la dessiccation il ne restera à transporter à l'usine centrale que 150 kilog. de cossettes desséchées; et ce chiffre est encore un maximum. En outre,

ces transports ne se faisaient qu'en partie pendant la mauvaise saison, puisque l'usine centrale, marchant toute l'année, s'alimentait au fur et à mesure de ses besoins.

La perspective était brillante ; aussi vit-on s'élever une quantité considérable de tourailles, surtout dans la région du Nord, parmi lesquelles un grand nombre vinrent alimenter la fabrique de MM. Serret, Hamoir, Duquesne et C^{ie}, à Valenciennes, et celle de Marly que venait de construire la même société.

Pour dire un mot de la façon dont étaient aménagées ces tourailles, nous nous bornerons à décrire la touraille de M. Vinois, à Verchain-Maugré, près Valenciennes, telle que nous l'avons vue encore il y a une quinzaine d'années, et qui servait alors à faire des cossettes pour la nourriture des bestiaux.

Au centre se trouvait un coupe-racines formé d'un tambour horizontal évidé muni de couteaux pouvant donner des cossettes de un centimètre de côté. Le tambour était manœuvré par une manivelle que faisaient mouvoir deux hommes ; il était entouré d'une enveloppe en bois portant à la partie supérieure une trémie dans laquelle on déversait au moyen de paniers les betteraves qui tombaient sur le tambour ; à la partie inférieure une autre trémie, allant du tambour au sol, recevait les cossettes que des femmes recueillaient dans des paniers et portaient à la touraille proprement dite. La touraille se trouvait dans la même chambre que le coupe-racines et sur l'un des côtés de la chambre : des fourneaux constamment alimentés donnaient une chaleur douce qu'on entretenait aussi régulière que possible.

Le séchage des cossettes se faisait peu à peu, et, au bout d'un certain temps, on obtenait des bandes de betteraves séchées presque sans trace d'humidité et d'un poids presque nul par rapport aux cossettes fraîches.

C'était les cossettes ainsi desséchées qu'on transportait à l'usine centrale.

Des avantages considérables avaient été octroyés à MM. Serret,

Hamoir, Duquesne et Cie, pour l'apport dans d'autres usines que la leur de ces procédés de conservation par dessiccation.

Mais, à côté de quelques avantages, ce procédé présente tant d'inconvénients qu'on a été obligé de l'abandonner. C'est qu'on ne dessèche pas facilement la betterave : une grande partie du sucre s'altère quelles que soient les précautions prises ; car outre l'action de l'air qui l'intervertit peu à peu, il y a l'action des sels de la betterave ; et le chlorhydrate d'ammoniaque qui s'y trouve en grande quantité donne par la chaleur de l'acide chlorhydrique qui réduit le sucre. Aussi, après une mauvaise récolte, ce système tomba comme un château de cartes.

La sucrerie Herbet et Cie, de Bourdon, fut liquidée et l'établissement Serret, Hamoir, Duquesne et Cie, de Valenciennes, disparut.

Maumené, professeur de chimie à Reims, comme beaucoup de ses confrères avait remarqué que le sucre, sous l'action de l'air et même de l'eau pure, s'intervertit peu à peu et chercha un autre moyen.

Le 26 février 1855, il prit un brevet sur le mode de conservation où l'avaient conduit ses persévérantes recherches. Maumené annonçait qu'il avait atteint le but de conservation par un prompt râpage ou découpage de la betterave et par le traitement instantané à la chaux.

En résumé, il fallait opérer, à l'époque même de la maturité des racines, la conservation des jus ou des pulpes, par la chaux ou les autres alcalis proprement dits, tels que la baryte, la strontiane, etc. C'était déjà loin du procédé des cossettes. Au lieu d'opérer sur des cossettes, on appliqua aussi les procédés de macération à la pulpe de betteraves râpées en remplaçant l'eau chaude par de l'eau froide. Pelletan imagina pour ce traitement un lévigateur particulier qui porte son nom et consistant en une auge inclinée de 45° et divisée par des diaphragmes en 24 compartiments. L'eau entrant par le haut se déversait d'un compartiment dans l'autre ; dans l'auge était fixée une vis d'Archimède composée de 24 éléments dont chacun

correspondait à un compartiment. La pulpe était déversée au bas de l'appareil et était élevée, par suite de la rotation de la vis, successivement d'un compartiment inférieur dans le compartiment supérieur, rencontrant une eau de moins en moins chargée et finalement de l'eau pure.

Cet appareil fut perfectionné par Schiitzenbach qui lui donna la forme d'un appareil à gradins avec robinets, doubles fonds et un agitateur mécanique pouvant être embrayé ou débrayé à volonté. Les cuves, en formes de cylindres, sont également disposés en gradins pour obtenir l'écoulement naturel du liquide; mais au sortir de la dernière cuve, c'est-à-dire de la plus basse, le jus est amené dans un réservoir d'où une pompe le remonte dans le cylindre placé le plus haut dans la série. Mais cet appareil n'eut pas grand succès en France.

Diffusion Robert. — Un industriel français établi en Autriche, Jules Robert de Moravie, qui était venu à Valenciennes suivre l'extraction du jus par macération, fut frappé de la simplicité des appareils, et, de retour dans son pays, il monta à Seelowitz une batterie de macérateurs en vase clos analogue. Avant que Robert ne commençât ses essais industriels dans la campagne 1864-65, on croyait généralement que, pour extraire par lexiviation ou macération le jus contenu dans les cellules, il était de toute nécessité de procéder d'abord à l'amortissement de ces cellules, soit par l'eau chaude, soit par la dessiccation, à leur déchirement préalable par la râpe, soit même par les acides.

Robert est parti d'un autre principe que celui de la nécessité de l'amortissement ou du déchirement des cellules. Et comme quelques années auparavant, le savant anglais Graham, qui avait repris les études de Dutrochet sur les faits d'endosmose et d'exosmose, avait découvert la cause de ces deux courants qu'il avait baptisée du nom de diffusion, Robert donna à ses appareils le nom de l'effet produit par l'eau sur les cossettes et les appela des diffuseurs.

Robert mit donc à profit la force naturelle connue sous le nom de

diffusion, osmose ou dialyse, mots différents pour désigner une seule et même chose. Il s'était dit que les membranes cellulaires des plantes en général, et de la betterave en particulier, se prêtent admirablement, par leur structure, à l'exercice de cette force, comme le prouvent tous les jours sous nos yeux les phénomènes de la vie végétative ; et, qu'au lieu de chercher à détruire leur organisation, il fallait au contraire la faire servir à l'extraction d'un des éléments les plus diffusibles contenus dans les cellules, le sucre, en y laissant du même coup les éléments les moins diffusibles : c'est à-dire toutes les matières organiques qui sont si nuisibles dans le travail des jus et dont la présence dans la pulpe est, au contraire, très utile quand celle-ci est employée à la nourriture des bestiaux.

La macération Dombasle ne pouvait subir le contrôle d'un travail sérieux. En effet, sous prétexte d'épuiser les racines de tout le sucre qu'elles renferment, la macération utilisait un travail délicat et dangereux qu'on ne pouvait pratiquer sans être exposé à des fermentations diverses, et, pour les éviter, on eut recours à l'emploi de la chaux, qui effectuait une sorte de décantation à chaud en agissant sur les tissus eux-mêmes, comme nous l'avons vu dans la chaudière d'amortissement de la macération Dombasle.

Ce procédé avait pris aux mains des inventeurs De Beaujeu et Duquesne une forme plus manufacturière. Mais les sirops issus de ce travail, quoique riches en sucre, cristallisaient moins bien que les sirops des râpes et des presses ; ils étaient plus visqueux, et, quoique les pulpes fussent bien épuisées de leur matière soluble et par suite de leur sucre, la proportion de sucre recueillie était moins grande que dans le travail des presses et par contre la proportion de mélasse était considérablement accrue.

La cause de ces différences fut expliquée par les travaux du savant chimiste Frémy. En effet, la chaux, mise à chaud en contact avec les pulpes, transforme en métapectate de chaux soluble les produits pectiques de la racine et empoisonne ainsi les sirops par la présence d'un sel visqueux qui, en rendant les cuites difficiles, paralyse la cristallisation du sucre au grand profit de la mélasse.

Le vice du travail des cossettes était donc l'introduction de la chaux dans la chaudière d'amortissement Dombasle et dans les macérateurs Duquesne.

D'une autre part les pulpes, quoique rendues plus assimilables par la coction, étaient fort aqueuses et ne pouvaient, comme les pulpes de distilleries agricoles, se rationner que comme boisson.

Voici maintenant les particularités de la diffusion Robert :

La matière pectineuse ou pectose qui enveloppe les cellules est dissoute sous l'influence de la température de 100°. Mais en évitant de chauffer les racines macérées à cette température, c'est-à-dire en s'arrêtant de 70° à 75° ou même à 50°, les cossettes ont subi une sorte d'amortissement utile à une macération rapide et cette macération peut alors s'effectuer même à la température de la glace fondante sans dissoudre les produits pectiques.

Tels sont les faits théoriques et pratiques sur lesquels Robert appuya sa méthode de diffusion.

On peut ainsi laisser dans les pulpes la pectose intègre et les matières azotées, et le jus obtenu ne possède plus les inconvénients du jus des macérateurs Dombasle et Duquesne.

La macération comprise de cette façon présente de grands avantages. Aussi ces avantages peuvent-ils justifier la transformation d'anciennes usines travaillant par les râpes et les presses.

Pour réaliser ces idées, Robert s'attacha à réunir les conditions suivantes :

1° Couper la betterave en lamelles suffisamment minces pour qu'elles puissent céder leur jus par diffusion, même à froid. La coupe doit être très nette, afin de hacher le moins possible les cellules ;

2° Épuiser méthodiquement ces lamelles ou cossettes dans des vases pleins et fermés, pour se mettre à l'abri du contact de l'air et des causes de fermentation et de façon à ne laisser que des traces de sucre dans la pulpe ;

3° La température de 45° à 50° étant la plus favorable aux phé-

nomènes osmotiques, maintenir cette température dans le mélange à une certaine période de l'opération, sans la dépasser, car la pectose de la substance intercellulaire se gonflerait et non-seulement elle serait, en cet état, un obstacle à la sortie de la solution sucrée, mais encore sa transformation en pectine soluble, sous l'influence du jus de betterave, nuirait à la qualité de celui-ci ;

4° Presser les pulpes sortant des diffuseurs, de manière à faciliter leur transport et à les faire accepter par la culture, mais ne pas pousser cette pression au-delà de certaines limites, 35 à 40 % du poids de la betterave, par exemple, car, en pressant trop, on enlèverait avec l'eau une partie des substances qui jouent un rôle très considérable dans la production de la viande, à cause de l'azote qu'elles contiennent, et qui sont restées dans les cellules.

Les betteraves arrivent après le lavage ordinaire dans un coupe-racines qui les débite en lamelles très minces d'un centimètre en largeur sur une épaisseur de 3 à 4^m/_m et une longueur moyenne d'une dizaine de centimètres. Le coupe-racines est formé d'un cylindre fixe vertical en tôle muni par le haut sur une partie seulement de sa section d'une ouverture annulaire formant trémie. C'est par là qu'on introduit les betteraves. Celles-ci rencontrent dans le fond un plateau plat circulaire et armé suivant ses rayons de six couteaux en acier composés chacun d'une vingtaine de dents de un centimètre de largeur et de 5 à 6 centimètres de longueur, séparées par des espaces libres à peu près de mêmes dimensions. Le plateau portant les couteaux est calé sur un arbre vertical qui reçoit son mouvement de rotation, au moyen d'engrenages coniques, d'un arbre horizontal placé sous le cylindre et relié à la transmission de l'usine. On peut embrayer ou débrayer à volonté. Les couteaux arasent plus ou moins la surface du plateau qui les porte suivant l'épaisseur des rubans de betteraves que l'on veut obtenir. Ils occupent la largeur du fond de la trémie et, dans leur mouvement de rotation, viennent raboter les betteraves qu'ils y rencontrent. Ils sont de plus disposés de telle façon que les dents de l'un corres-

pendent aux entre-dents du suivant. Leur montage et leur démontage sont rendus très faciles au moyen de vis qui les retiennent. Les rubans coupés sur les betteraves qui couvrent le plateau tombent en-dessous et se rendent par un plan incliné formant tablier dans chacun des diffuseurs. La batterie de diffuseurs Robert est formée de 6 à 20 cylindres en tôle disposés verticalement en gradins, fermés à leurs extrémités par des fonds bombés sur l'un desquels est ménagé le trou d'homme d'introduction; au fond de chaque cylindre est un serpentín en spirale en cuivre pour le chauffage à la vapeur; au-dessus est un double fond en grillage métallique sur lequel reposent les cossettes; sur le côté, immédiatement au-dessus du grillage, est l'ouverture de vidange. Les cylindres sont réunis entre eux par des tuyaux qui amènent le jus des bacs de chacun d'eux à la partie supérieure du cylindre suivant; en outre, chacun des cylindres est encore muni d'un robinet à air, d'un tuyau d'arrivée d'eau en haut et d'un robinet de vidange en bas.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant :

Les vases étant remplis de cossettes par le trou d'homme supérieur et refermés, l'eau arrive dans le premier cylindre; le jus encore faible ainsi produit se rassemble au fond, remonte par le tuyau de jonction et se déverse sur les cossettes du second cylindre, s'y renforce et se déverse sur les cossettes du troisième cylindre et ainsi de suite jusqu'à ce que le jus atteigne une concentration à peu près égale à celle du jus naturel. A ce moment, on laisse écouler le jus concentré du dernier cylindre de la chaudière à déféquer et on prolonge l'écoulement tant que le jus est encore assez dense; en attendant, les cossettes du premier cylindre ont été complètement épuisées par le courant continu d'eau; on laisse égoutter, on retire les cossettes épuisées, on nettoie le vase et on le badigeonne à l'intérieur avec un lait de chaux faible; puis on le remplit de cossettes fraîches et on en fait maintenant le dernier cylindre de la série, tandis que le deuxième devient le premier et reçoit le courant d'eau pure.

Pendant toute la durée de l'opération, la température dans les

cylindres doit être maintenue à une certaine période et pendant un certain temps de 45 à 50°, température la plus favorable aux phénomènes osmotiques. On peut ensuite élever la température à son maximum de 85°.

Par ce système de lévigation méthodique et continue, le jus des cossettes est éliminé et remplacé par de l'eau pure. Il faut éviter une circulation trop rapide, par suite d'une trop grande hauteur d'eau en charge; aussi, une pression due à une colonne d'eau de 2 mètres est tout à fait suffisante.

Les résidus épuisés sont pressés dans une presse continue afin de leur enlever une partie de l'eau qu'ils contiennent.

En 1864, Robert prit un brevet pour ce procédé de diffusion en Autriche, en Allemagne, en Belgique et en France.

Le procédé de diffusion Robert prit une grande extension à l'étranger qui adopta rapidement ce système, tandis que nous nous dirigeons du côté des presses continues.

Ainsi en 1868, il y avait 30 fabriques à diffusion en Autriche, 9 dans le Zolwerein, 8 en Russie.

Et en 1870, alors qu'aucune usine française n'était montée à la diffusion on comptait à l'étranger 110 fabriques, savoir :

52 en Autriche,
36 dans le Zolwerein,
7 en Pologne,
8 en Russie,
2 en Hollande,
2 dans le Luxembourg,
3 en Suède.

Enfin, dans les pays d'outre-mer, trois usines travaillaient aussi la canne par diffusion : l'une aux Indes anglaises, à Aska, fonctionnait depuis la campagne 1867-68,

L'autre au Brésil,
Et la troisième à la Trinidad.

En France on ne croyait pas qu'on pouvait appliquer la diffusion

à nos betteraves plus pauvres et les progrès furent beaucoup plus lents.

En 1876, ce procédé d'extraction des jus, bien qu'installé dans plus de 500 fabriques à l'étranger était resté, pour ainsi dire, méconnu par les fabricants français.

Après la campagne 1875-76, M. Ferdinand Quarez, fabricant de sucre à Villeneuve-sur-Verberie, qui avait dû subir, cette campagne, les exigences des ouvriers des presses hydrauliques, entreprit un voyage en Autriche pour se rendre compte des progrès faits par la sucrerie. Frappé déjà, dans un précédent voyage qu'il avait fait en 1870, du succès qu'avait obtenu la diffusion dans ce pays et frappé de nouveau des progrès qu'elle avait accomplis, il se proposa à son retour en France d'installer la diffusion à Villeneuve.

Le système fiscal de l'Autriche, qui perçoit l'impôt sucrier d'après la puissance une fois déterminée des appareils d'extraction du jus, fait que la diffusion se pratique dans ce pays dans de tout autres conditions que dans l'Allemagne du Nord où l'impôt est perçu sur la betterave.

En Allemagne, on possède les anciennes batteries de 12 à 16 grands diffuseurs à fond plat, se vidant par le côté comme nos filtres, et le travail y est très lent; et, en comparant la batterie allemande et la batterie autrichienne, on ne soupçonnerait pas la facilité avec laquelle les Autrichiens atteignent le même but d'extraction parfaite du jus, dans un temps trois et même quatre fois moindre avec un nombre restreint de diffuseurs beaucoup plus petits se vidant instantanément.

Nos habitudes françaises d'opérer très rapidement l'extraction du jus ne s'accoutument guère de la lenteur des Allemands; au contraire, l'activité qui règne autour de la batterie autrichienne nous montre le procédé susceptible de se prêter à toutes les exigences de notre fabrication. Le visiteur français ne peut tarder à reconnaître cette supériorité des Autrichiens en matière de diffusion. Nulle part comme chez eux on ne sait produire beaucoup de bon travail avec

un matériel restreint; nulle part non plus les constructeurs de machines ne se sont efforcés de donner aux appareils les formes les plus pratiques, celles qui se prêtent le mieux à un bon travail rapide.

M. Ferdinand Quarez, frappé de ces faits, resta près de deux mois dans les provinces de Moravie et de Bohême où il put étudier à loisir le travail de différentes fabriques; et, à son retour de voyage, il fit installer par la maison Carion-Delmotte la diffusion à l'usine de Villeneuve-sur-Verberie (Oise). C'était la première usine française qui allait marcher à la diffusion, tandis qu'en Autriche seulement, sur 200 et quelques fabriques, il n'en restait que 30 marchant aux presses hydrauliques.

La première campagne 1876-77, à Villeneuve, comme tous les débuts d'innovation, eut à subir toutes sortes d'entraves; cependant, malgré ces mauvaises conditions, elle donna encore, grâce au procédé, un rendement en sucre très satisfaisant pour l'année.

De grands perfectionnements avaient été apportés à l'outillage et au mode d'opérer.

Les betteraves lavées et épierrées comme à l'ordinaire, tombent dans un coupe-racines d'un système particulier qui les réduit en rubans ou lamelles de 7 à 8 m/m de largeur sur 3 à 4 m/m d'épaisseur. En sortant du coupe-racines les cossettes tombent dans une large nochière inclinée portée sur un bâti tournant sur rail autour d'un centre, de manière que l'extrémité de la nochière peut être amenée au-dessus de chacun des vases diffuseurs disposés en demi-cercle en avant et en contre-bas du coupe-racines.

Ces vases diffuseurs sont au nombre de dix. L'épuisement des cossettes a lieu à l'abri du contact de l'air. Tous les déplacements du liquide à enrichir, qui passe successivement sur les huit diffuseurs ordinairement en charge, se font par un jeu de soupapes et par l'intermédiaire d'air comprimé, par une machine spéciale, dans une cloche qui est en communication avec la partie supérieure d'un réservoir à eau placé près de la batterie des diffuseurs. Ce réservoir

est muni d'un tube de niveau et l'on marque sur ce tube, après quelques tâtonnements la hauteur nécessaire pour déplacer tel volume de jus, variable suivant l'épuisement qu'on veut obtenir pour l'envoyer à la carbonatation.

Chaque diffuseur est d'une contenance de 30 hectolitres. Il est chargé de 1500 kg. de cossettes que l'on baigne dans autant de jus qu'il en faut pour remplir le vase ; avant, on a fermé l'appareil et ouvert un robinet d'air placé sur le couvercle, de manière que le liquide, en montant, chasse l'air par le robinet.

Quand les lamelles de betterave sont arrivées au degré d'épuisement voulu, on intercepte les communications et l'on procède au déchargement du vase. Ce déchargement s'exécute en ouvrant la porte du fond ; les cossettes, avec l'eau qui reste, tombent dans une citerne dont le fond est muni de tôles perforées, placées sur des caniveaux, où s'écoule l'eau d'égouttage des lamelles. Puis celles-ci sont amenées à la portée d'une chaîne sans fin, à godets qui les élève jusqu'à la trémie desservant 3 presses Klusemann placées au second étage (Fig. 27).

Ces presses se composent d'un cylindre vertical A en tôle, muni dans son intérieur d'une enveloppe perforée, et, à son centre, d'un arbre tournant B, creux, en fonte, percé de trous, d'un diamètre plus grand à sa base qu'à son sommet et portant de distance en distance des palettes disposées en hélice. La pulpe engagée par le haut descend sous l'action des palettes et, rencontrant un espace de plus en plus rétréci, par suite de la forme de l'arbre tournant, arrive au bas du cylindre, après avoir perdu à peu près la moitié de son eau, et s'échappe par l'espace annulaire ménagé autour de la base de l'arbre tournant. Cet espace annulaire peut varier dans certaines limites, suivant le degré de séchage de la pulpe qu'on veut obtenir, au moyen de vis de rappel qui font monter ou descendre la crapaudine C sur laquelle repose le pivot de l'arbre conique. L'eau d'essorage s'échappe par les trous de la tôle perforée et par ceux de l'arbre tournant. La pulpe tombe directement dans le magasin à pulpe situé au-dessous ou dans les voitures.

En sortant des presses, le poids de cette pulpe est réduit de 35 ou 40 % du poids de la betterave.

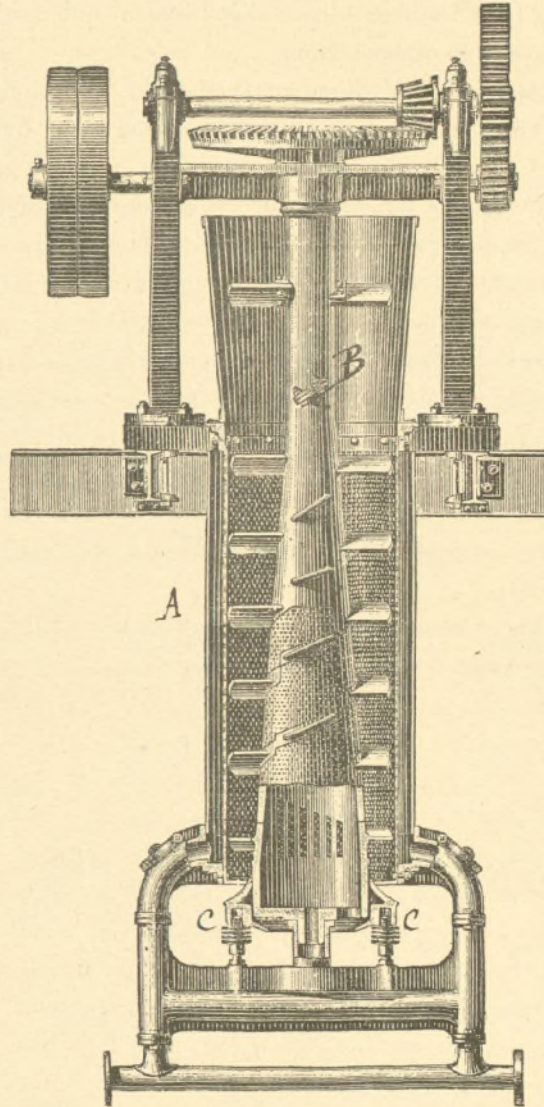


Fig. 27. — Presse Klusemann.

Un grand perfectionnement apporté par MM. Quarez pour les

fabriques qui disposent de peu d'eau consiste dans l'emploi de l'air comprimé. Comme il leur fallut, la première campagne, économiser l'eau qu'on devait élever à près de 55 mètres, ils employèrent ensuite l'air comprimé pour pousser le liquide circulant dans les diffuseurs.

Cet air, comprimé à 3 ou 4 atmosphères au moyen d'une pompe très simple, est introduit dans un ballon placé entre la batterie des diffuseurs et l'injecteur qui, en même temps, introduit de l'eau dans ce même ballon. Après avoir fait passer les jus à la carbonatation au moyen de l'eau venant du ballon, on met cet air comprimé dans le diffuseur le plus épuisé, celui que l'on va vider de ses cossettes, pendant que le jus s'introduit sur le diffuseur suivant, chargé de lamelles fraîches sous l'influence de la pression de cet air comprimé. De cette façon, les lamelles que l'on décharge du diffuseur, après avoir rompu la pression au moyen d'un robinet d'air, sortent sans l'eau qui auparavant inondait la fosse.

On économise ainsi 40 % d'eau du poids de la betterave sur la quantité nécessaire, quand on emploie l'eau seule pour donner le mouvement au jus, quantité qui est d'environ 220 litres pour 400 kilog. de betteraves, et il ne faut plus que 100 litres d'eau environ pour 400 kilog. de betteraves. Les cossettes, purgées d'eau dans le diffuseur, représentent environ 80 % du poids de la betterave. Il y a par conséquent 20 % d'eau qui rentrent dans les jus.

Comme on tire 115 à 120 litres de jus par kg. de betteraves, les 20 % venant des cossettes et les 400 % employés forment la quantité nécessaire pour le travail. De sorte que dès lors, dans les fabriques n'ayant pas d'eau en abondance ou éprouvant des difficultés pour l'écoulement des eaux sales, on peut employer la diffusion sans dépenser sensiblement plus d'eau qu'avec les autres systèmes, attendu que le lavage des betteraves peut s'opérer avec les eaux provenant de la pression des cossettes en n'employant l'eau fraîche qu'au second laveur pour le rinçage.

La distribution de la chaleur dans la batterie de diffusion fut aussi l'objet d'importantes modifications. Les montages anciens avec un

seul réchauffeur nécessitaient pour un travail rapide une longue série de diffuseurs où circulaient les petits jus froids ; aussi les fabricants autrichiens, toujours pressés par l'impôt, employèrent-ils bientôt l'eau tiède au lieu de l'eau froide pour accélérer l'épuisement. Mais la chaleur, appliquée ainsi aux deux extrémités de la batterie, ne se répartissait pas également.

On monta à Villeneuve deux réchauffeurs dont la chaleur s'appliquait à volonté aux diffuseurs auxquels on jugeait convenable de l'appliquer.

Enfin, pour être complètement maître des températures, on imagina de chauffer le jus dans son passage d'un diffuseur à l'autre par une injection de vapeur directe ou mieux encore par l'interposition d'un petit réchauffeur tubulaire entre chaque diffuseur. Mais l'injection de vapeur directe par les tuyaux de communication, bien que remplissant le même but que les réchauffeurs tubulaires au point de vue de la rapidité et de la régularité du travail, présente un inconvénient majeur : celui de diluer le jus par la condensation de la vapeur.

Aussi, se porta-t-on de préférence du côté des réchauffeurs intermédiaires, employés déjà en Allemagne et en Autriche depuis quelques années et qui furent dès lors adoptés à toutes les diffusions.

L'extraction du jus par le procédé de diffusion devint à la fois rapide et parfaite : le travail de la betterave put se faire en une heure 1/2 et l'épuisement était tel que la cossette ne contenait plus que 3 à 6 dixièmes % de sucre.

Les résultats obtenus la première année à Villeneuve déterminèrent en 1877 le montage de la diffusion à Meulan-les-Mureaux (Seine-et-Oise) et à Marconnelle, près Hesdin (Pas-de-Calais).

En 1878, on remarqua à l'exposition la supériorité des produits de l'usine de Villeneuve. On alla visiter la fabrique de MM. Quarez et s'instruire des procédés ; et en 1880 on comptait en France 42 diffusions.

La progression fut si rapide que la campagne suivante, 67 fabri-

ques marchèrent par la diffusion dont une, la râperie de Rieux en
Cambésis possédait une diffusion tournante du système autrichien.
(Fig. 28).

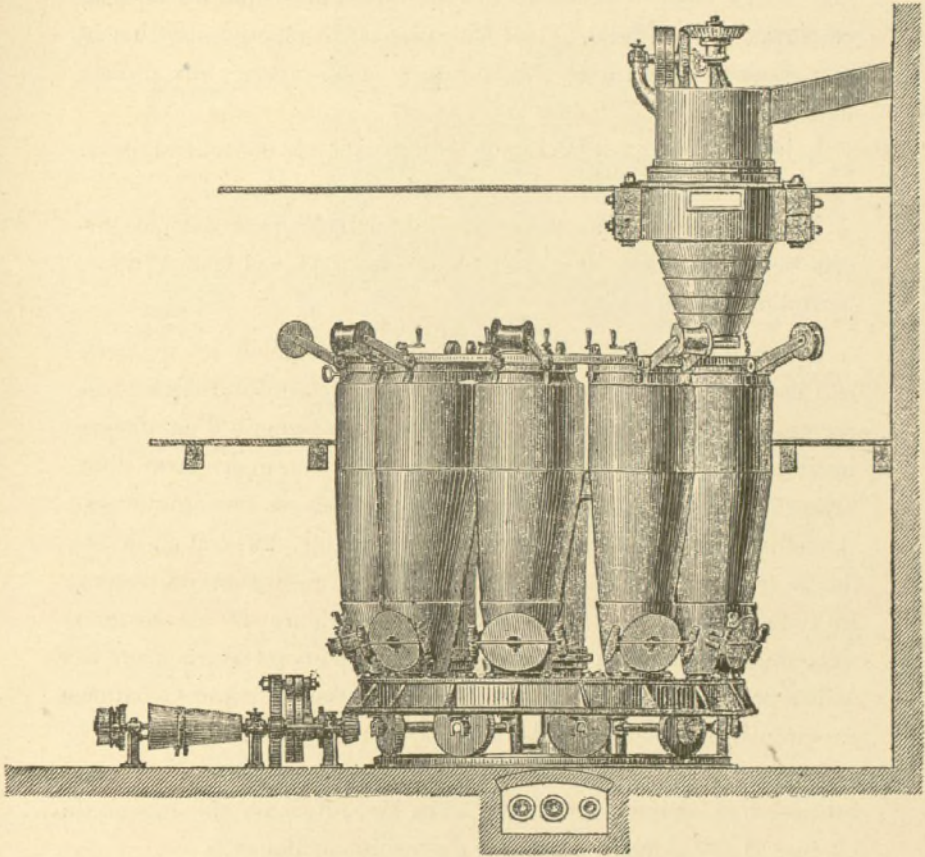


Fig. 28.^e— Diffusion rotative.

Cette diffusion diffère des autres en ce que les diffuseurs au lieu
d'être fixes sont mus sur un rail par une forte machine au moyen
d'un mouvement de manège. Une colonne centrale sert à la circu-
lation de tous les jus ; le coupe-racines, placé à l'extérieur de la
circonférence, fournit chaque diffuseur à mesure qu'il se présente

devant lui, le mouvement circulaire s'effectuant en un temps égal à celui de l'épuisement des cossettes.

Enfin, pendant la campagne 1886-87, sur 394 fabriques en activité et 444 râperies annexes, 218 fabriques ainsi que 56 râperies employaient la diffusion ; 120 fabriques et 23 râperies marchaient aux presses continues et 53 fabriques et 35 râperies aux presses hydrauliques.

Le mouvement avait été rapide surtout dans ces dernières années, après la promulgation de la loi de 1884.

De grands perfectionnements avaient aussi été opérés dans le procédé de diffusion. On était arrivé à un travail rapide et facile et d'une perfection remarquable.

Coupe-racines. — Nous allons décrire en détail les appareils relatifs à la diffusion tels qu'on les emploie aujourd'hui. Le coupe-racines peu différent de celui de Robert, se compose d'un disque horizontal calé sur un arbre vertical et recevant son mouvement d'un arbre horizontal par deux engrenages d'angles se rencontrant soit immédiatement au-dessus du disque, comme fig. 29, soit au-dessus de la trémie d'arrivée de betteraves, soit au-dessous du disque ; les betteraves arrivent dans la trémie supérieure et les cossettes s'écoulent sur un plan incliné ou nochère pouvant tourner sur des godets pour se déverser dans chaque diffuseur lorsque la batterie est circulaire ou demi-circulaire.

Lorsque la batterie est rectiligne, les cossettes tombent sur une nochère fixe et sont distribuées dans les diffuseurs au moyen de chaînes et de godets, ou par une disposition analogue.

Le disque (fig. 30) porte huit alvéoles, dans lesquelles sont logés les porte-couteaux portant chacun deux couteaux assemblés au moyen de vis. Les couteaux sont une question importante en diffusion, car pour obtenir un bon travail il est indispensable d'avoir de la cossette régulière et d'une coupure très nette. La forme des cossettes est d'une grande importance pour la qualité des jus et pour l'épuisement. Les genres de couteaux sont nombreux ; néanmoins, les

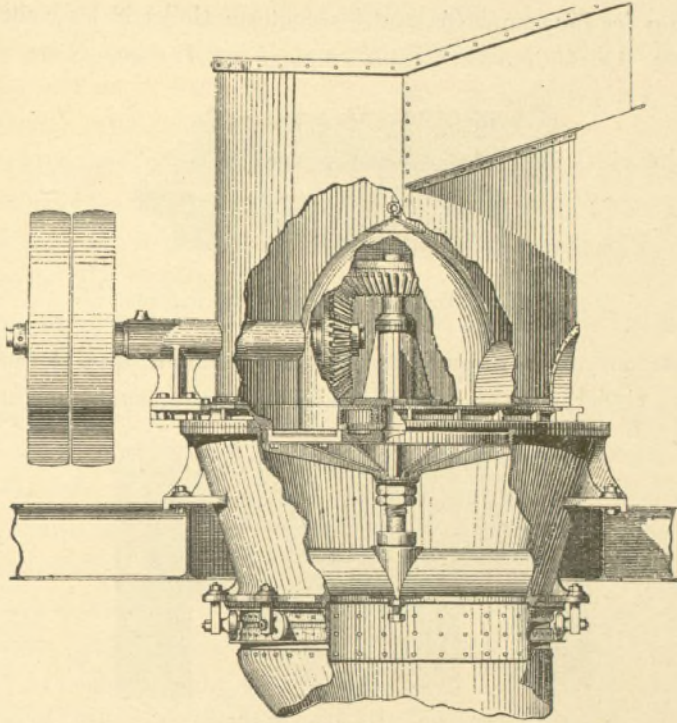


Fig. 29.

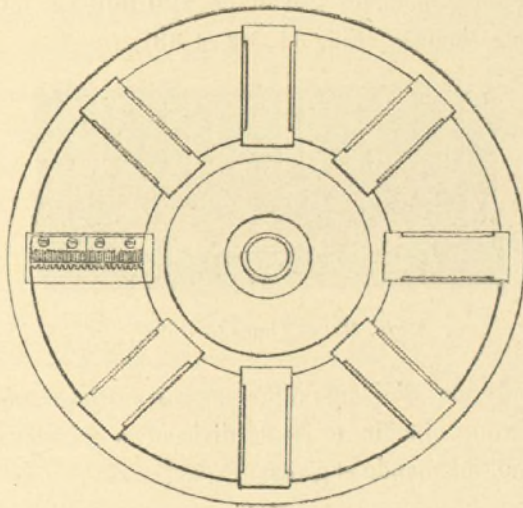


Fig. 30.

couteaux les plus employés sont les couteaux Goller et les couteaux faitières. Le faitière est le plus employé en France. Nous nous

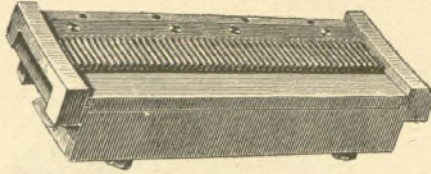


Fig. 31. — Porte-couteaux muni de couteaux.

contenterons de dire qu'en raison des sections qu'il forme le couteau Goller est bon pour un travail ordinaire, tandis que le fai-

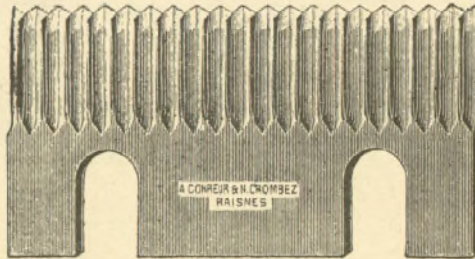


Fig. 32. — Couteau Faitière.

tière est préférable pour un travail de 200.000 kg. et au-dessus par vingt-quatre heures. (Fig. 31, 32 et 33).

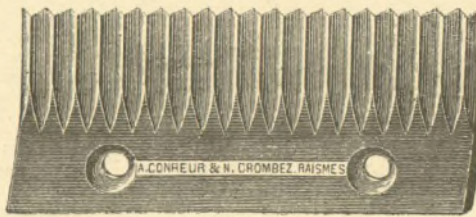


Fig. 33. — Couteau Goller.

Les couteaux sont d'ailleurs différents suivant la grosseur des cossettes qu'on veut obtenir, et ils se divisent à ce sujet en division fine, moyenne, allemande et grosse.

Comme il est nécessaire d'obtenir sans cesse une coupure d'une grande netteté, ils exigent un matériel particulier pour leur entretien tel que des machines à affûter et à dresser qui sont toujours installées à proximité du couper-acine.

Le changement des couteaux doit se faire au moins une fois par jour pour obtenir toujours un travail parfait, et, dans certaines usines, où la betterave se travaille plus difficilement, le remplacement doit même se faire plusieurs fois.

On leur fait alors subir un affûtage; souvent on doit les dresser pour pouvoir les soumettre à un nouveau travail.

Diffuseurs. — Description de la batterie. — Les diffuseurs peuvent être placés en ligne, en double ligne, en demi-cercle ou en cercle. La disposition la plus employée est la batterie circulaire, qui facilite la surveillance et le travail du chef diffuseur qui, placé au milieu, peut d'un coup d'œil exercer son contrôle.

Chaque diffuseur se compose d'une capacité cylindrique en tôle terminée généralement à ses parties inférieure et supérieure par un tronc de cône en fonte. Le tronc de cône supérieur forme un orifice fermé par une porte d'un diamètre de 50 centimètres environ et qui sert de porte de chargement; à la partie inférieure, une autre porte de dimensions variables, formant le fond du diffuseur ou placée latéralement en dedans de la batterie, sert de porte de vidange.

L'étanchéité des joints nécessités par ces deux orifices est obtenue à la porte du haut par l'emploi de rondelles de caoutchouc emprisonnées dans des rainures creuses; et à la porte du bas par un joint hydraulique constitué par un boudin recevant de l'eau de condensation sous une faible pression. Cette dernière porte est, suivant le cas, manœuvrée du haut par l'aide diffuseur au moyen d'un système spécial ou du bas par un homme destiné à cet emploi.

À la partie inférieure de l'appareil se trouve une tôle perforée formant surface filtrante et épousant le fond du cône; cette tôle perforée doit présenter une surface aussi grande que possible.

La capacité des diffuseurs est très variable; et peut aller jusqu'à

40 hectolitres ; en France en n'emploie généralement que des diffuseurs de 20 à 25 hectolitres. En général, il vaut mieux faire usage de diffuseurs à dimensions restreintes, d'une contenance de 25 hectolitres au maximum, ce qui suppose un diamètre de 1^m,25 et une hauteur de 3 mètres.

Le nombre des diffuseurs est variable aussi ; une batterie française se compose de 12 ou 14 diffuseurs dont, en marche, il y en a toujours un en chargement et l'autre en vidange.

Calorisateurs. — Chaque diffuseur communique à sa partie inférieure avec un réchauffeur ou calorisateur dont le but est de donner au jus la chaleur nécessaire à la diffusion, et à la partie supérieure avec le calorisateur du diffuseur précédent.

Les communications sont établies à l'aide de tuyaux et de robinets-vannes dont le manœuvre constitue la difficulté du travail de la diffusion.

Les calorisateurs sont formés par un cylindre en fonte d'un diamètre de 40 centimètres environ ; l'intérieur peut être agencé de différentes façons. Quelquefois il s'y trouve un faisceau tubulaire formé de tubes en cuivre rivés sur des plaques perforées ; dans ces tubes circule le jus à rechauffer, tandis que la vapeur destinée à le chauffer, arrive dans l'espace laissé libre entre ces tubes et les plaques tubulaires.

Souvent le faisceau tubulaire est remplacé par un serpentin en cuivre. Cette disposition est préférée à la première parce que le démontage en est plus facile et plus rapide.

Chaque calorisateur est en outre pourvu d'un thermomètre disposé bien en vue et dont les indications guident le travail du chef de batterie ou chef diffuseur.

Tuyauterie. — La seule complication qui rend assez difficile le travail de la diffusion est la tuyauterie.

Nous avons vu que les diffuseurs sont en communication entre eux par l'intermédiaire des calorisateurs ; ils sont en outre reliés par une conduite pouvant distribuer de l'eau en charge dans chacun

d'eux, par une seconde conduite, dite conduite de jus, qui mène les jus riches au bac jaugeur ; enfin par une troisième conduite, dite conduite de circulation, et qui permet la circulation du jus d'un diffuseur à l'autre en passant par les calorisateurs. Ces trois conduites possèdent chacune une soupape à chaque diffuseur et ces trois soupapes sont généralement reliées entre elles de façon à former une soupape triple qui est placée à la portée du chef diffuseur. Celui-ci peut donc à volonté faire arriver de l'eau, extraire le jus des diffuseurs pour l'envoyer au bac jaugeur ou dans les diffuseurs suivants ; une autre soupape lui permet de même d'introduire la vapeur dans les calorisateurs.

La circulation des liquides de la batterie s'effectue au moyen d'une pression obtenue par l'eau que l'on doit prendre à une certaine hauteur au-dessus de la diffusion ; cette hauteur doit autant que possible se rapprocher de dix mètres.

Bac jaugeur. — Les jus riches extraits des diffuseurs sont, avons-nous dit, envoyés aux bacs jaugeurs. Un seul bac suffit souvent à la marche de la diffusion. Le bac jaugeur est un bac en tôle d'une capacité déterminée, muni de deux soupapes : l'une pour l'entrée du jus, l'autre pour la sortie.

Un flotteur, portant une aiguille se mouvant le long d'une planche graduée, indique la quantité du jus extraite de chaque diffuseur, quantité qui est enregistrée par un gamin préposé à cet effet.

A la sortie du bac jaugeur, le jus se rend à la carbonatation ou dans le bac de chaulage.

Marche de la batterie de diffuseurs. — La pratique de la diffusion est de fournir un travail méthodique, c'est-à-dire que les diffuseurs doivent toujours contenir, d'une part des cossettes à un état d'épuisement croissant, d'autre part des jus à un état d'enrichissement croissant.

La tête de la batterie comprend les diffuseurs qui contiennent les cossettes épuisées et l'eau pure ; la queue contient les cossettes

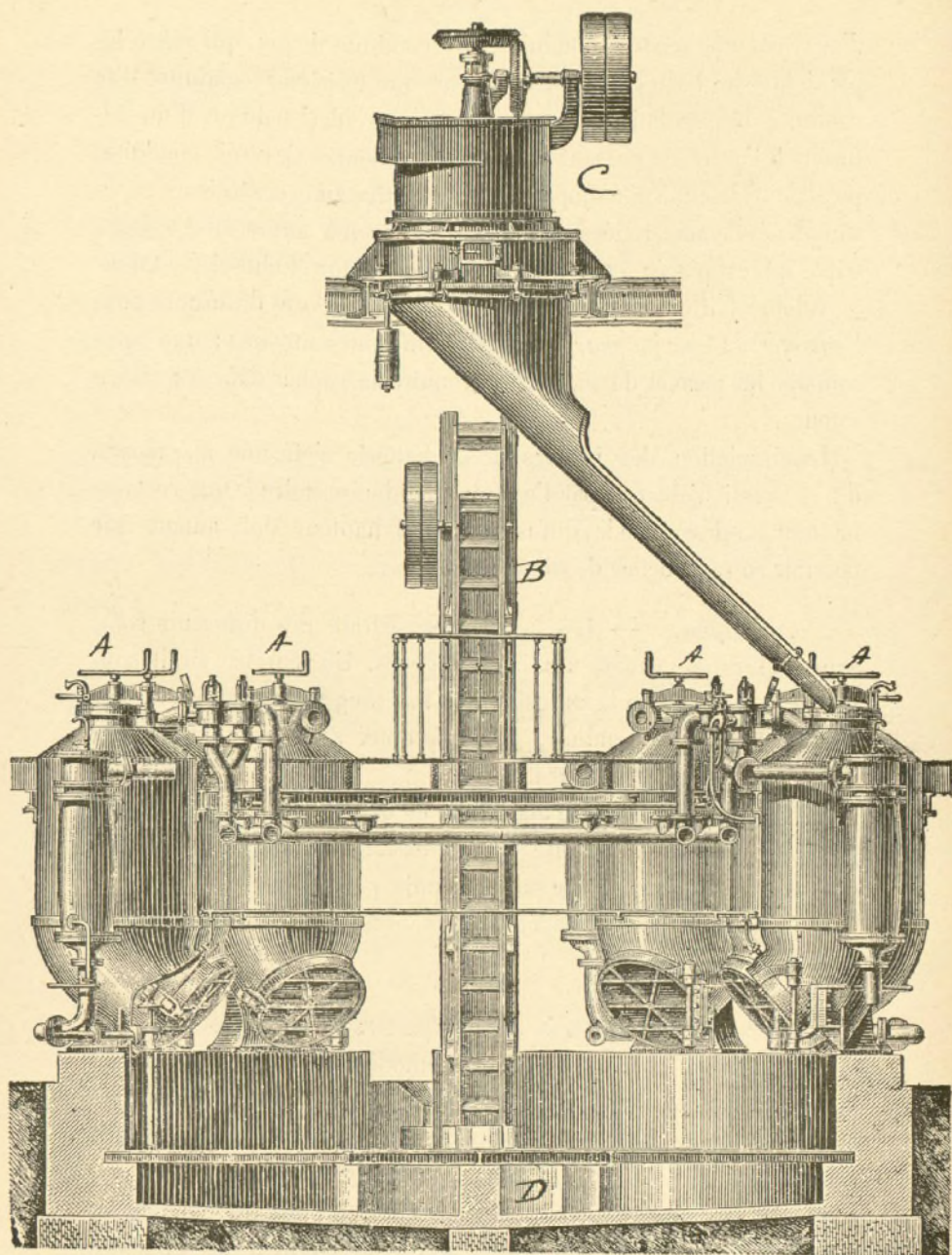


Fig. 34. — Batterie de diffusion avec son coupe-racines.

LÉGENDE : A diffuseurs ; — B élévateur à pulpes ; — C coupe-racines ;
— D citerne pour l'écoulement des eaux de cossettes.

fraîches et les jus les plus riches. Il faut, en général cinq à dix minutes pour opérer la macération.

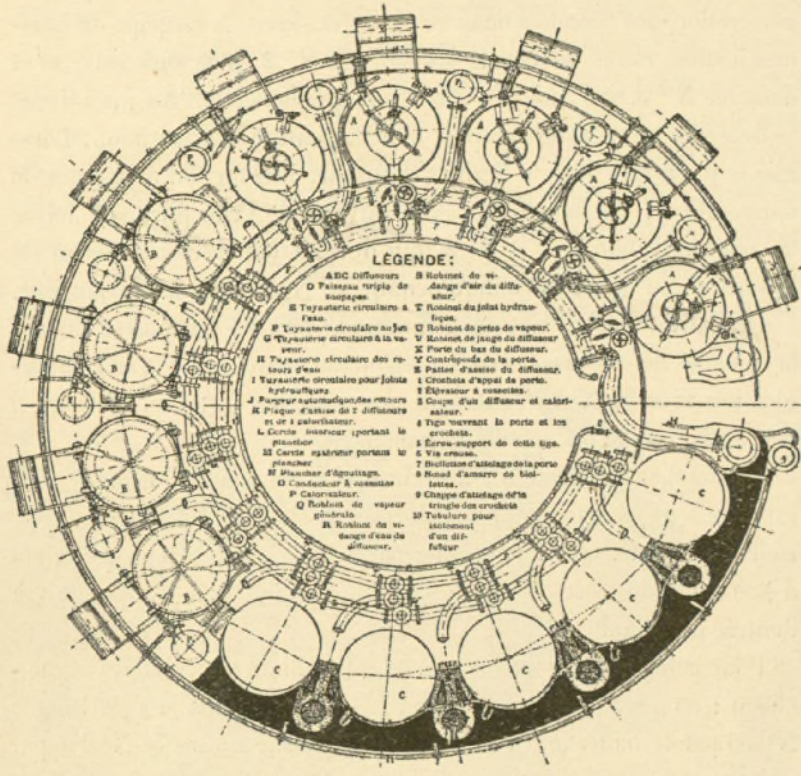


Fig. 35. — Plan d'une batterie de diffuseurs avec détails.

Pour faire comprendre la marche de l'opération, supposons une batterie circulaire de 12 diffuseurs.

Le N° 10 est rempli de cossettes fraîches ; on vient de le fermer, tandis que le N° 11 est en voie de chargement ; il est ouvert par le haut et reçoit de son orifice supérieur les cossettes fraîches venant du coupe-racines.

Le N° 12 est entièrement ouvert par le haut et par le bas et on est en train d'opérer la vidange.

La tête de la batterie est donc le diffuseur N^o 1 et la queue le N^o 9.

L'eau en charge arrive donc dans le diffuseur N^o 1. Après la macération des cossettes dans ce N^o 1, on ouvre la soupape de communication et on envoie le jus dans le N^o 2, puis successivement dans les N^{os} 3 et 4, tout en chauffant graduellement les jus suivant le degré de température auquel on veut pousser la macération. Lorsque le jus arrive dans le dernier diffuseur, il est à son maximum de température ; on interrompt alors l'arrivée de l'eau pure, on ferme la communication avec le N^o 2, qui devient le premier diffuseur de la série et on ouvre la communication du N^o 9 avec le bac jaugeur.

On extrait ainsi de chaque diffuseur de 13 à 15 hectolitres suivant la capacité de ces vases. On met en même temps le N^o 9 en communication avec le N^o 10 contenant des cossettes fraîches. Mais ici il faut opérer ce qu'on appelle le meichage.

Le meichage consiste à faire rebrousser chemin au jus de N^o 9, à lui ouvrir un passage dans le calorisateur du vase N^o 10 que l'on a isolé du N^o 11 : on doit meicher parce que le diffuseur qui vient d'être rempli de cossettes fraîches contient de l'air qui s'opposerait à l'entrée du liquide.

Pour cela, la porte du haut porte un robinet dit robinet de meichage : on ouvre donc ce robinet. Le jus entre dans le calorisateur N^o 10 par le haut, le traverse et entre dans le diffuseur N^o 10 par le bas en chassant au-dessus de lui par le robinet de meichage l'air emprisonné dans les cossettes.

Pendant ce temps le N^o 12 a été vidé et est prêt à être rempli de cossettes fraîches ; le N^o 11 est alors prêt à être meiché et le N^o 1 est en vidange.

Les opérations se continuent ainsi sans aucune interruption, de manière que chaque diffuseur de la batterie devient successivement le premier et le dernier après avoir passé par tous les numéros.

Cossettes. — Les cossettes sortant par le bas du diffuseur tombent dans une fosse profonde d'où elles sont enlevées par un éléva-

teur qui les conduit aux presses, ou sur un plancher en tôle perforée, dit plancher d'égouttage.

Dans le premier cas (fig. 36) les cossettes et l'eau qu'elles renferment tombent dans la fosse A et sont entraînées par l'élévateur jusque dans un entraineur qui les distribue dans chacune des presses. Dans le second cas (fig. 34) les cossettes tombent sur le plancher d'égouttage, tandis que l'eau traverse ce plancher et se rend dans une citerne d'où généralement une pompe l'aspire pour l'envoyer dans le premier laveur ; un homme est alors chargé de pousser les cossettes, au moyen d'une pelle ou d'un ringard, dans une ouverture circulaire percée dans le plancher, d'où elles tombent dans une trémie où un élévateur ou un entraineur à vis les conduit aux presses.

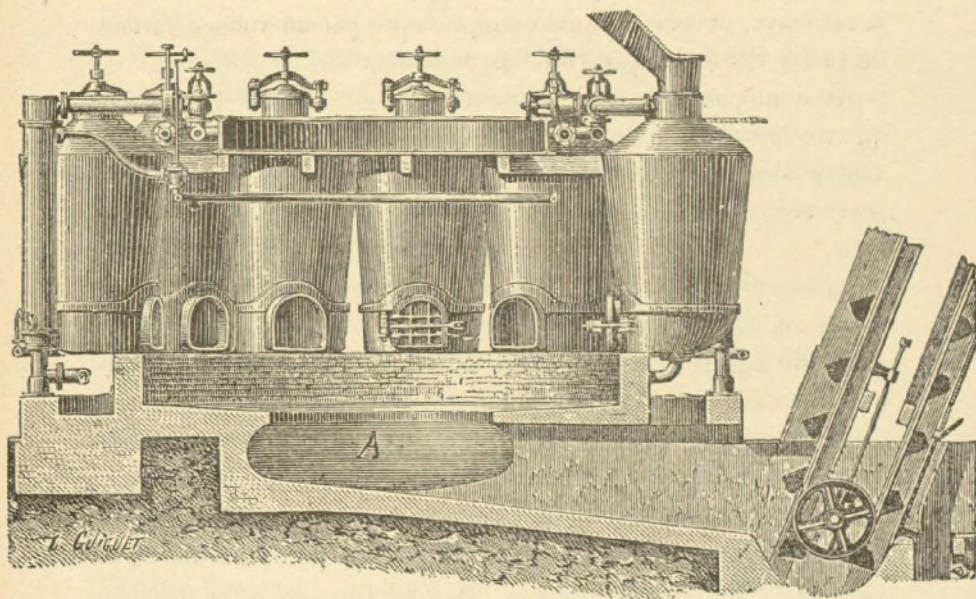


Fig. 36.

Les presses peuvent être des turbines, des presses Selwig et Lange, des presses Bergreen ou des presses Klusemann.

Les turbines sont peu employées en raison de la main-d'œuvre qu'elles nécessitent.

Les presses Selwig et Lange sont peu employées en France où la pression des cossettes se fait généralement au moyen des presses Bergreen et surtout des presses Klusemann.

Nous avons vu précédemment une description de ces dernières presses. Les eaux résultant de la pression de cossettes peuvent être perdues ou envoyées au moyen d'une pompe dans le premier laveur. On obtient ainsi des cossettes possédant encore environ 80 % d'eau et dont la quantité peut s'élever jusqu'à 40, 50 et même 60 % du poids des betteraves.

Nature du jus de diffusion. — La quantité de jus extraite par la diffusion est de 95 à 96 % du jus primitivement contenu dans la betterave, et cette quantité est représentée par un volume variant de 116 à 125 litres par 100 kg. de betteraves.

Avec un poids donné de betteraves on obtient donc plus de jus qu'avec le système des presses. Cette question d'augmentation du volume des jus ayant paru être pour beaucoup de fabricants une grave objection à l'emploi de la diffusion, mérite quelques explications.

La betterave contenant en moyenne 96 % en poids de jus, la diffusion en extrait, comme il vient d'être dit les 95 centièmes, soit pour 100 kg. de betteraves 94 k. 200 de jus pur. Si l'on suppose que le jus dans la racine marque 6° en moyenne au densimètre, le poids du jus extrait représente 86 litres 03 de jus pur à la densité de 106°.

Or ce jus étant par la dilution amené au volume de 120 litres, la densité primitive sera donc modifiée dans la proportion de 86,03 à 120 ; $\frac{86,03 \times 100}{120}$ soit 71,66 % ; ainsi la betterave à 6° donnera 120 litres de jus dont la densité est déterminée par l'équation suivante :

$$\frac{71,66 \times 6}{100} = 4^{\circ} 30$$

Si l'on doit travailler de la betterave pauvre il faut donc s'efforcer de réduire le volume du jus extrait pour l'avoir à la plus haute densité possible. En Autriche, où l'on travaille souvent excessivement vite, avec de très petits diffuseurs au nombre de 9 seulement, la quantité de jus tiré dépasse de beaucoup la proportion indiquée ici. Aussi en France, avec nos betteraves d'une richesse moyenne, pour obtenir avec une marche rapide une densité satisfaisante et un bon épuisement des cossettes, il est à conseiller d'employer les batteries de 42 diffuseurs.

La question de la qualité des pulpes ne devrait pas avoir besoin d'explication, lorsque depuis de longues années l'expérience des fabricants étrangers, et aussi celle des fabricants français qui ont devancé leurs confrères dans la diffusion, peut nous servir d'enseignement.

Il ne faut donc pas accuser le procédé de diffusion de diluer les jus, mais reconnaître qu'il augmente le rendement en jus et par suite en sucre. Ainsi, dans une fabrique où la puissance des appareils d'évaporation est limitée, l'introduction de la diffusion influe sur la quantité de betteraves travaillée sans diminuer aucunement la quantité de sirops et de sucre.

D'un autre côté les jus de la diffusion parfaitement limpides, ne contenant aucune trace de pulpe en suspension, d'une pureté au moins égale à celle du jus naturel de la racine, se travaillent avec la plus grande facilité; et l'on n'a plus à craindre la formation du métapectate de chaux, venant de pulpes folles, qui encrasse les toiles et enraye le travail des filtres-presses en empêchant le jus de passer. La carbonatation se fait rapidement avec peu de chaux et donne des écumes très peu colorées se pressant admirablement; relativement à l'évaporation cette pureté du jus ne laisse pas que de favoriser la bonne production des appareils.

Différences entre les systèmes des presses et la diffusion. — Au point de vue de l'entretien du matériel, aucun système ne peut être comparé à la diffusion, car toutes les réparations, y compris

l'usure des couteaux du coupe-racines, ne s'élèvent pas à 3 centimes par 4,000 kilg. de betteraves.

Sous le rapport de l'économie de la main-d'œuvre, ce procédé supprime plus de la moitié de la dépense occasionnée par les presses hydrauliques ; si on tient compte de la suppression des sacs, paillassons, etc..., cette économie dépasse 60 %, et, à l'exception du chef de batterie, il n'exige pas d'ouvriers spéciaux comme pour les presses ; le travail n'est pas pénible et peut s'exécuter par les premiers venus.

Mais si, prenant pour base le poids des betteraves travaillées, on considère l'augmentation de la quantité de jus à épurer, la plus grande quantité de sirops obtenus, on comprend que la dépense en combustibles, et autres frais doit augmenter par rapport au poids de la betterave sans varier sensiblement par rapport au sucre produit. Il en résulte qu'on peut évaluer que les dépenses supplémentaires, occasionnées par le plus grand rendement en jus et en produits, sont largement compensées par l'économie de main-d'œuvre et de frais d'entretien produite par la diffusion ; en sorte que le supplément de rendement en sucre, de 4 % environ du poids de la betterave que donne le procédé, ainsi que la mélasse qui en découle, peuvent être considérés comme acquis au fabricant sans aucun frais.

Cependant les habitudes de la culture sont si difficiles à vaincre dans notre pays qu'il peut être intéressant, pour beaucoup, de posséder des renseignements exacts sur cette question. La sucrerie n'est pas placée chez nous dans les mêmes conditions économiques qu'en Allemagne. Tandis que le fabricant doit compter avec les cultivateurs grands et petits, les fabricants allemands et autrichiens avec leurs sucreries annexes d'un domaine qui comprend souvent un millier d'hectares et plus, produisent la plus grande partie de leurs betteraves et consomment la pulpe dans leur exploitation agricole. Il est à remarquer aussi chez nous que ce sont surtout les petits cultivateurs qui ont montré d'abord quelque hésitation tandis que les gros cultivateurs acceptaient assez volontiers la pulpe de



diffusion. Mais si la pulpe de diffusion est plus humide et moins riche en sucre que la pulpe des presses hydrauliques ou continues, elle renferme par compensation des substances alibiles qui, par le procédé d'extraction ordinaire, passent dans les jus, et son humidité peut être atténuée par un mélange avec une plus grande quantité de matière sèche, paille ou fourrages hachés.

D'ailleurs dans tous les pays où la diffusion s'est répandue, la pulpe est utilisée, comme chez nous, pour la nourriture des bestiaux et elle est autant que chez nous regardée comme nécessaire au producteur de betteraves.

On sait que la betterave sort des diffuseurs à l'état épuisée, mais non pressée ; le poids de ces cossettes épuisées ne contenant plus que 3 à 5 dixièmes % de sucre, varie de 75 à 85 %, comme nous l'avons vu plus haut, du poids de betteraves travaillé.

Dans beaucoup d'usines allemandes et autrichiennes possédant des exploitations agricoles, ces cossettes mouillées sont encore ensilotées telles quelles, sans pression et se conservent parfaitement plusieurs années. Dans la majeure partie des usines étrangères, la pression de ces cossettes rend environ 35 % de pulpe du poids de la betterave. En France, où le cultivateur tient avant tout à avoir de la pulpe sèche, il faudrait pousser plus loin le point de pression et faire descendre la proportion de pulpe au-dessous de 30 %. Dans ces conditions, la pulpe de diffusion contient de 47 à 48 % de matières sèches. Mais les exigences des cultivateurs sont tellement grandes dans certaines régions qu'il est impossible d'obtenir ce point de pression, surtout dans le Nord de la France où le fournisseur de betterave ne fait marché qu'à la condition qu'il lui sera livré en pulpe de diffusion 30 % du poids des betteraves.

C'est un peu ce qui déprécie chez nous la pulpe de diffusion et a forcé le fabricant à s'en tenir le plus longtemps possible au travail des presses.

Diffusion continue. — Malgré tous les avantages de la diffusion allemande, son installation est rendue très onéreuse par le grand

prix des appareils, les dépenses d'installation et de bâtiments spéciaux.

La manœuvre est compliquée à cause de nombreux robinets qui ne sont pour ainsi dire presque jamais en repos, qui nécessitent des milliers de manœuvres par vingt-quatre heures, au grand danger de se tromper; elle réclame de la part des employés une intelligence et une attention toujours soutenues et de la part des chefs une surveillance de tous les instants.

Aussi le génie français, très apte à simplifier, à synthétiser en quelque sorte les conceptions d'outre-Rhin, chercha à réunir dans un vase unique toutes les opérations de la diffusion. C'est ainsi que depuis la fin de 1879 nous possédons un nouveau diffuseur dit : Diffuseur continu, à vase unique, qui diffère de la diffusion allemande par sa simplicité, son prix moitié moindre et sa manœuvre insignifiante.

Créé par MM. Charles et Perret, ce diffuseur se compose d'une enveloppe en tôle pleine renfermant une hélice en tôle perforée inscrite dans un cylindre également en tôle perforée, faisant corps avec elle et tournant ensemble. Tout cela est traversé d'axe en axe par un cylindre central perforé plus petit et muni d'hélices et de diaphragmes (Fig. 37)

A l'une des extrémités de l'appareil, les cossettes tombent directement et continuellement. De ce même côté est placé un robinet par où s'écoule le jus produit.

A l'autre extrémité, une chaîne à godets perforés drague les cossettes épuisées, et un robinet, placé au bout du tuyau qui figure au-dessus du diffuseur, introduit l'eau pure dont l'écoulement est réglé automatiquement par le robinet du jus produit, placé à l'autre bout.

Des serpentins à vapeur, logés dans l'espace annulaire donnent la température jugée nécessaire.

Tout l'appareil, qui occupe une place restreinte, se place horizontalement à l'étage ou au rez-de-chaussée; il peut être conduit, une

fois réglé, par le premier manoeuvre venu, car, il n'y a pas de manie-
ment de robinets et par suite pas d'erreurs possibles. Ce diffuseur a
été installé pour la campagne 1879-80, à la sucrerie de Saint-Gilles,
de Roye, où il donna des résultats peu différents de la batterie alle-
mande. La perte en sucre dans les cossettes épuisées a été en moyenne
de 0 kilog. 420 % de betteraves.

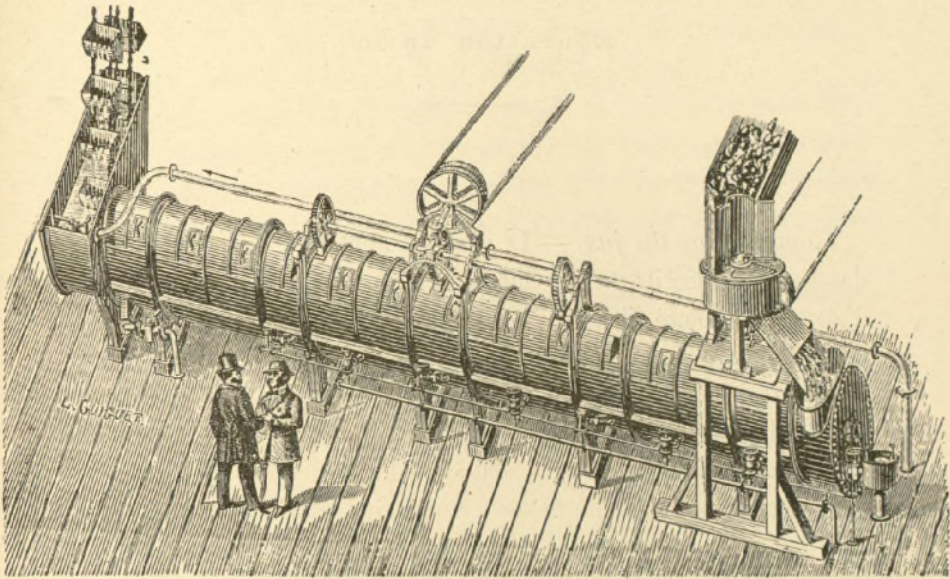


Fig. 37.

Deux autres fabriques montées l'année suivante à la diffusion
continue, à Clastres, chez M. Datchy, et à Montecouvé, chez
M. Giroux, ont reconnu une perte en sucre de 0 kilog. 350 à
0 kilog. 389 % kilog. de betteraves.

Mais, comme toujours, l'esprit français est rebelle aux inventions
nouvelles et l'emploi du diffuseur continu n'a eu dans la suite que
quelques applications.

IV.

Épuration du jus.

Composition du jus. — Le jus sucré, obtenu par l'un ou l'autre des procédés décrits précédemment, est un liquide un peu trouble ; d'abord peu coloré, il ne tarde pas à prendre à l'air une teinte jaun-brun de plus en plus foncée, finalement presque noire. Le trouble augmente de plus en plus et des flocons noirs finissent par se déposer dans la liqueur.

Ces colorations successives sont dues au principe colorable de la betterave. Dans la plante même ce principe est incolore ; mais à l'air il s'oxyde et prend une coloration qui d'abord d'un beau rose passe au bleu, au bleu foncé, puis au noir.

Il y a en outre des matières gommées, entre autres de l'albumine, dont la quantité peut atteindre 2 grammes par litre, et dont il faut se débarrasser d'abord pour isoler le sucre ; car cette albumine rend le jus tellement visqueux qu'au bout d'un certain temps il est impossible de le filtrer.

Le jus renferme encore tous les matériaux solubles de la betterave, savoir : outre les substances azotées dont fait partie l'albumine, des sels à acides minéraux ou organiques, tels que le sulfate de potasse, le chlorure de potassium ; il y a aussi un peu de sels d'ammoniaque et quelques sels organiques à base de soude.

On a signalé la présence de quelques alcaloïdes, notamment de la

bétaïne, qu'on peut extraire en précipitant le jus, après l'enlèvement de l'albumine, par le nitrate de mercure. La bétaïne, trouvée dans d'autres substances, porte aussi le nom de lycine ; on est parvenu à la préparer artificiellement et à reconnaître sa nature : ce serait du triméthylglycocolle. Le glycocolle est un dérivé incristallisable de l'acide acétique et a été découvert par Braconneau ; il résulte de l'action des acides ou de la potasse sur la gélatine ; c'est un acide amido-acétique qui, en remplaçant un atome de H par un atome de Cl, puis, remplaçant Cl par Az H³, donne la bétaïne.

On trouve aussi l'asparagine, analogue de la bétaïne, mais dérivant d'une série plus élevée, qui est la série amido-succinique-amidée ; c'est aussi un corps qui cristallise fort bien et se trouve dans toutes les plantes, notamment dans l'asperge d'où il tire son nom.

On soupçonne aussi la présence de plusieurs acides organiques, mais qu'on n'a pas encore pu isoler, comme : l'acide malique, l'acide tartrique, l'acide citrique.

Sous l'influence de tous ces corps et en présence de l'oxygène de l'air, il se développe dans le jus des ferments qui déterminent une prompte altération du sucre cristallisable qui se convertit en incristallisable. La fermentation lactique ne tarde pas à se déclarer ; enfin il peut se produire encore la fermentation glaireuse ou muqueuse due à l'albumine, par laquelle le jus fluide est converti en un liquide visqueux et filant.

Toutes ces réactions ont pour effet final de diminuer plus en plus la proportion de sucre cristallisable et de rendre plus difficile la séparation du produit inaltéré. L'altération du jus commence à partir du moment où il est extrait des cellules de la betterave ; elle se produit même au bout d'un certain temps dans les cellules, ce qui a fait tomber le mode de dessèchement des cossettes ; c'est pourquoi aussi les betteraves longtemps conservées produisent moins de sucre et plus de mélasse que les betteraves fraîches. Il importe donc de traiter le jus le plus promptement possible, de manière à en éliminer la majeure partie des principes qui sont la cause de son altération.

Lorsque le jus provient des presses, il y a aussi des pulpes folles qu'il est impossible d'enlever en totalité. Cet inconvénient n'existe plus avec la diffusion qui tend à remplacer toutes les presses. Les pulpes folles, dans les opérations successives, pouvaient donner sous l'action des alcalis une matière gommeuse pectique : on avait, en effet, avec la chaux du métapectate de chaux dont la chaux ne pouvait être enlevée par l'acide carbonique ; et comme ce métapectate est visqueux, il empêchait le sucre de cristalliser. Nous avons vu aussi ce métapectate visqueux boucher tous les trous des toiles des filtres-presses et empêcher aucun jus de passer. Beaucoup de fabricants, dans ce dernier cas, s'en prenaient à la carbonatation qui aurait été mal faite : il suffisait d'examiner le dépulpeur pour remarquer soit que la toile filtrante était trouée, soit que l'appareil trop plein débordait et laissait la pulpe suivre le même chemin que le jus.

Un des plus grands inconvénients des pulpes folles se fait donc sentir dans la défécation. On désigne ainsi le traitement chimique du jus, et, bien que ce traitement paraisse simple aujourd'hui, à l'origine il présentait de grandes difficultés.

Défécation. — Dans les procédés anciens, on mettait d'abord le jus à l'abri de la fermentation, qui peut altérer le produit utile, en élevant sa température au plus vite à 60° ; puis on y ajoutait une certaine quantité de chaux, environ 0,003. Cette défécation peut être regardée comme la base des anciens procédés d'extraction du sucre des betteraves après l'abandon du procédé primitif d'Achard.

Achard avait essayé le premier, vers 1797, de traiter le jus de betteraves par un acide ou un alcali. Il déféquait en traitant le jus par l'acide sulfurique. Il versait le jus acidulé dans une chaudière garnie de craie blanche pulvérisée ; il agitait ensuite, et l'acide sulfurique, venant se combiner avec la chaux du carbonate pulvérisé, formait du sulfate de chaux, tandis que l'acide carbonique mis en liberté se dégageait du carbonate calcaire. Après avoir ainsi conduit

le début de son opération, Achard ajoutait de la chaux au sein du jus ; non qu'il voulût, par une réaction nouvelle qui eut reproduit du carbonate de chaux, reprendre l'acide carbonique au moment où il entrait en liberté ; mais sans doute parce que la craie n'étant jamais proportionnelle à l'acide sulfurique employé, il sentait le besoin de rendre les jus alcalins, ou du moins de neutraliser complètement l'acide énergique dont le contact prolongé eut interverti le sucre.

Du temps d'Achard, la mécanique et la chimie étaient encore dans l'enfance, aussi ne faut-il pas s'étonner de son procédé primitif qui, néanmoins, avait du bon à un certain point de vue ; l'albumine, coagulable par les acides, était séparée par l'acide sulfurique ; puis, comme il fallait enlever l'acide en excès pour l'empêcher d'agir sur le sucre, on saturait par la chaux à l'état de craie ; on avait du sulfate de chaux peu soluble qui entraînait un peu de matière colorante ; le liquide ainsi clarifié était concentré, décanté à plusieurs reprises pour enlever le sulfate de chaux, et finalement on ajoutait un peu de noir en poudre pour clarifier de nouveau et enlever les dernières traces de chaux.

On n'a pas tardé à reconnaître que, quoique mis avec précaution, l'acide sulfurique transformait toujours une certaine quantité de sucre en incristallisable. Aussi Boucher, pour éviter cet inconvénient, se servait de l'alun ; il se forme du sulfate de chaux et l'albumine, mise en liberté, concourt encore à la clarification. On donnait la préférence à l'alun ammoniacal.

Avec de tels procédés, la sucrerie devait absolument tomber ; car la quantité minimale du sucre produit était à peine rémunératrice.

Mais, grâce aux recettes suivies aux colonies et qui avaient été apportées par les ouvriers espagnols faits prisonniers pendant les guerres de l'empire, on employa peu après en France, un procédé plus simple. On faisait usage d'un lait de chaux avec l'aide de la chaleur. La chaud rend aussi l'albumine insoluble vers 70° à 80° ;

il suffisait donc d'ajouter du lait de chaux pour obtenir un coagulum. Seulement comme on n'avait à cette époque que le noir pour enlever la chaux, on employait le moins possible de chaux, soit 0,001 à 0,0015.

La défécation se faisait dans une chaudière à double fond percée, en son milieu, d'une ouverture qu'on fermait avec un robinet à trois voies mû par le haut au moyen d'une tige qui traversait toute la chaudière. Le jus était d'abord chauffé rapidement à 60 ou 70°, et envoyé par un monte-jus dans la chaudière à déféquer. On y élevait la température à 75°, on ajoutait le lait de chaux et on agitait vivement en introduisant de nouveau la vapeur. La température s'élevait alors jusqu'à l'ébullition et au premier bouillon on arrêtait l'arrivée de vapeur. Car, si l'ébullition continuait, on diviserait l'albuminate de chaux qui s'est formé et la liqueur resterait trouble.

On s'est quelquefois servi, dans cette dernière phase de l'opération, d'air comprimé, qu'une pompe envoyait dans un réservoir, au lieu de vapeur, pour réduire la quantité d'eau de condensation. Il est à remarquer ici que l'air, qui est un ferment pour le jus naturel, n'agit plus sur le jus déféqué où le sucre est à l'état de sucrate.

Si l'opération était bien conduite avec un léger excès de chaux, on voyait se former à la partie supérieure une croûte ou chapeau renfermant la plus grande partie de la combinaison insoluble de l'albumine et de la chaux. Vers la fin la croûte se fendillait et on voyait suinter un liquide jaunâtre, très limpide, à travers les grumeaux. Si le liquide était trouble et verdâtre, il n'y avait pas assez de chaux.

La plus grande partie de l'insoluble se trouvait donc au-dessus et un peu au fond; entre les deux se trouvait du jus très clair dont l'écoulement était une opération délicate. On concentrait ensuite le jus et on enlevait la chaux en excès par le noir.

En rappelant la composition de la betterave, on comprendra le

but de cette défécation. La chaux sature les acides libres qui se trouvent dans le jus, comme l'acide malique, l'acide pectique et l'acide lactique qui auraient pu se former; elle se combine aussi à l'albumine et forme avec tous ces corps des composés insolubles; elle élimine de la même manière les matières grasses et les matières colorantes; elle décompose les sels à base d'ammoniaque ainsi que les sels formés d'acides végétaux à base de soude et de potasse; elle fait volatiliser l'ammoniaque et laisse les deux autres alcalis s'unir au sucre dans le jus. L'excès de chaux se combine plus énergiquement avec le sucre et forme du sucrate de chaux. Les substances insolubles telles que les pulpes folles sont entraînées dans les écumes par le réseau que forme principalement l'albuminate de chaux qui opère une véritable clarification.

Plusieurs tentatives auraient été faites vers 1812, pour enlever après la défécation l'excès de chaux par un acide.

Derosne préconisait l'acide sulfurique ou l'alun qui agissait par son acide; et Barruel, l'acide sulfurique ou l'acide carbonique.

Procédé Derosne. — Le procédé Derosne est l'inverse de celui d'Achard. Achard acidifiait avant d'ajouter son calcaire; Derosne au contraire saturait au moyen de l'acide sulfurique la chaux employée dès le début de la défécation.

Procédé Barruel. — Barruel déféqua à la température d'ébullition avec une assez faible quantité de chaux, 295 grammes de chaux vive pour 100 kilog. de jus, en vue d'opérer la désacidification, la décoloration et la clarification du jus. Il filtra ensuite le liquide sur une couverture de laine et séparait l'excès de chaux qui restait après cette filtration au moyen d'acide carbonique porté au fond du jus à l'aide de tubes conducteurs dont l'extrémité était pourvue de pommes d'arrosoir criblées de trous très fins.

Voici ce que disait Barruel à ce propos, en janvier 1812, dans le *Journal d'économie rurale et domestique*: « Si on laissait cet excès de chaux dans le liquide, le sirop qui proviendrait de son

évaporation aurait une saveur extrêmement désagréable, et, mis à l'étuve, il donnerait très peu de sucre et d'une mauvaise qualité. Il est donc nécessaire d'enlever cet excès de chaux et on peut y parvenir en la saturant par un acide quelconque; mais il faut donner la préférence aux acides qui forment avec elle un sel insoluble : tels sont l'acide sulfurique et l'acide carbonique. On peut ajouter l'alun, comme l'avait indiqué M. Derosne dans un article qui a paru dans ce journal; mais l'alun n'agit que par l'acide sulfurique qu'il contient et nullement par l'alumine. On doit donc lui préférer l'acide sulfurique qui, à poids égal, ne coûte pas plus que l'alun et peut neutraliser une quantité de chaux beaucoup plus grande. Mais comme dans toutes les opérations en grand, on doit employer les moyens les plus économiques, on aura de préférence recours à l'acide carbonique : en effet, tout fabricant peut préparer cet acide par la simple combustion du charbon au contact de l'air : 20 parties de charbon en donnent 100 d'acide carbonique. Enfin, cet acide forme avec la chaux un sel insoluble qui se précipite en totalité, avantage que ne présente pas l'acide sulfurique, car le sulfate de chaux reste toujours en partie dissous dans la liqueur, se dépose par la cuisson au fond de la chaudière, y forme une incrustation qui détermine la caramélisation d'une portion de sucre et altère les chaudières. »

La mise en pratique des indications de Barruel eut peu d'effet utile, tandis que le procédé de Derosne eut un succès véritable; et ce procédé resta en faveur jusqu'au moment où l'usage en grand, du noir animal, grâce aux méthodes de révivification, vint donner un autre cours à la pratique journalière de l'industrie.

En 1838, Kuhlmann revint à l'idée mère de Barruel et proposa l'emploi d'un excès de chaux pour éviter les altérations du jus et mieux épurer le sucre. C'est de là que date la mise en pratique de réactions véritablement utiles; et on peut dire à juste titre que Barruel, quoique n'ayant pas trouvé le défaut de son procédé, en est le promoteur.

Procédé Kuhlmann. — Kuhlmann éliminait par l'acide carbonique la chaux que le jus contenait à l'état de sucrate, pour économiser sur les doses ordinaires du noir animal ; il proposait, avec l'addition de chaux au jus sortant des presses, des additions successives de chaux après ces défécations.

Le procédé Kuhlmann consiste à ne faire usage que de la quantité de chaux hydratée suffisante, à un léger excès près, pour l'élimination des matières étrangères sans qu'il puisse se former une quantité notable de sucrate de chaux. C'est la défécation simple qui s'opère à chaud, même à l'ébullition.

Procédé Rousseau. — En 1848, Rousseau a repris ces données en précisant de meilleures conditions pour le succès du travail. Il employa un excès de chaux, qui élimine plus complètement les matières étrangères, mais transforme tout le sucre en sucrate de chaux soluble.

Le procédé Rousseau se divisait en deux opérations distinctes :

1^o La défécation des jus sucrés au moyen d'une certaine quantité de chaux caustique hydratée ;

2^o La saturation par un excès d'acide carbonique des jus tirés à clair après avoir été déféqués.

Chacune de ces opérations avait un caractère nettement tranché :

Par l'action combinée de plus grandes quantités de chaux et d'un moindre degré de température que ceux jusque-là employés, la défécation devait éliminer des jus les matières étrangères au sucre.

La saturation, succédant au soutirage des jus provenant de cette défécation, n'avait nullement pour but d'agir sur les substances autres que le sucre contenu dans la betterave. Mais l'acide carbonique était uniquement envisagé par Rousseau comme le réactif le plus propre à précipiter la chaux restée unie au sucre après que l'action de cet alcali et de la chaleur aurait produit tous les effets utiles recherchés dans la défécation.

Pour arriver à la purification des jus par l'action combinée de la

chaleur et de la chaux, Rousseau élevait préalablement la température du jus de 50° à 75° centigrades selon l'époque du travail.

La défécation s'opérait dans des chaudières ordinaires à double fond, mais en augmentant considérablement la quantité de chaux qu'on fait agir non seulement sur les substances étrangères au sucre, mais encore sur tout le sucre contenu dans le jus. Cette quantité de chaux peut varier de 45 à 50 kg. par 1000 litres de jus. Celui-ci est échauffé à 95° sans le faire bouillir ; le liquide, décanté et filtré sur du noir en grains, sort limpide pour être traité par l'acide carbonique qui détermine l'élimination de la chaux.

L'acide carbonique, traversant en bulles nombreuses le liquide chargé de sucrate de chaux, donne naissance à un abondant précipité de carbonate de chaux ; bientôt la saturation est complète et l'excès d'acide carbonique se dégage en partie dans l'air ; la mousse cesse de se produire et l'ébullition chasse les dernières portions de gaz existant à l'état de bicarbonate calcaire.

Par sa méthode de défécation, Rousseau réduisit de 30 % environ la dépense en noir animal pour la filtration et facilita l'obtention du sucre brut dit : bonne quatrième. C'était un résultat économique des plus importants à l'époque où apparut son procédé, et qui explique la faveur avec laquelle il fut accueilli.

Mais quels que fussent les avantages du procédé Rousseau, il n'était pas sans quelques inconvénients : finalement les jus saturés restaient à l'état neutre ; et Martin Logeois remarqua qu'en passant dans le noir animal, ils devenaient plus susceptibles d'altération. Pour parer à cet inconvénient, ce dernier prescrivait, en 1854, d'ajouter au jus après la saturation une certaine quantité de chaux.

Dans ces diverses méthodes de préparation des jus sucrés, le liquide clair est passé sur des filtres chargés de noir qui décolore les jus déféqués et enlève, dans le cas d'une défécation non suivie d'élimination par l'acide carbonique, une certaine quantité de chaux. Les jus filtrés sont vivement amenés à la densité de 25° Beaumé et filtrés de nouveau sur du noir pour être débarrassés des substances insolubles.

Procédé Maumené. — Le 26 février 1855, M. Maumené avait pris un brevet pour un nouveau procédé d'extraction du sucre de tous les végétaux. Le but de la conservation des végétaux sucrés et des jus qu'ils peuvent fournir est l'idée dominante de ce brevet. Voici ce qu'il y est dit : « Le jus sera mêlé avec 5 à 6 % de chaux environ et versé dans des réservoirs d'où on le tirera au fur et à mesure des besoins. La défécation aura lieu spontanément à froid dans ces réservoirs ; au moment de l'emploi, le jus coulera clair et limpide ; on le recevra dans une chaudière où commencera la préparation des sirops ».

Et plus loin : « On pourra opérer de bien des manières ; ainsi :

1° On commence par décomposer le saccharate de chaux contenu dans le jus au moyen d'acide carbonique en petit excès et on fait bouillir ;

2° On peut évaporer le jus tel qu'il est jusqu'à 25° Beaumé et le traiter à ce moment par l'acide carbonique ;

3° On peut amener le jus à l'ébullition, recueillir le saccharate rendu insoluble, puis évaporer à 25° la liqueur décantée et traiter séparément le saccharate et le sirop par l'acide carbonique. »

Ce procédé fut installé à la sucrerie Théry-Privat, à Serancourt (Aisne), et à la sucrerie Louis Théry, à Athies.

Le procédé Maumené n'ajoutait que peu de chose aux méthodes suivies depuis la découverte de la méthode Rousseau. Son principal but était de conserver les jus pour les travailler pendant une plus grande partie de l'année au fur et à mesure des besoins. Nous en avons d'ailleurs dit un mot plus haut après avoir parlé du procédé de conservation des cossettes.

Carbonatation trouble. — *Procédé Frey et Jellinek.* — Sauf celui d'Achard, tous les procédés que nous venons d'examiner reposaient, au fond, sur les propriétés de la chaux mise en contact avec les jus impurs. Mais dans aucun on n'avait attaché d'importance aux conditions de solubilité de cet alcali, qui changent suivant

la nature du milieu où il est placé, comme avec la température du liquide.

Voyons un peu l'influence que peuvent exercer ces causes différentes.

D'une faible solubilité dans l'eau qui, pure, n'en dissout que $1/778$ à 15° , la chaux a une solubilité supérieure en présence du sucre ; l'eau sucrée la dissout en formant du sucrate de chaux, et cette solubilité augmente en raison directe de la densité du liquide sucré ; mais elle est en raison inverse de la température de ce liquide. Ainsi un jus à 15° de température et à 1040° densimétriques peut tenir en dissolution un peu plus de $2,25\%$ de chaux, soit $0,023$; mais si ce jus est chauffé de 60 à 70° quand on y introduit la chaux et si on continue à chauffer jusqu'à 90 ou 100° , comme pour la défécation, le jus ne peut plus dissoudre que moins de $0,25\%$, soit $0,002$ environ seulement. En ce cas le surplus de chaux, quelle que soit la quantité introduite, reste dans le liquide sans s'y dissoudre et ne sert qu'à augmenter le volume et la causticité des écumes.

Quoi qu'il en soit, la chaux mise et restant en contact avec le jus froid ou chauffé, outre qu'elle a une influence conservatrice signalée par Dubrunfaut dès 1825, sature les acides libres ; elle décompose aussi, en produisant des dépôts et des écumes, les matières albuminoïdes qui forment en partie les éléments de la betterave.

Tel est le principe commun qu'on avait utilisé jusqu'alors dans les divers procédés que nous avons décrits. Tous obtenaient la défécation par la chaux seulement, et l'acide carbonique n'était qu'un élément secondaire introduit pour éliminer cette chaux. En ne faisant qu'une introduction de chaux, ils pensaient avoir tout fait pour préserver et épurer ces jus ; ils voulaient après cela éliminer la chaux pour qu'elle ne nuisît pas à la marche ultérieure des opérations ; quand, dans ce but, après avoir clarifié, ils avaient injecté l'acide carbonique jusqu'à saturation de la chaux restante,

ilt s'arrêtaient, se croyant débarrassés et des matières azotées et mucilagineuses et de la chaux.

Mais les jus, après avoir été chaulés puis décantés, ne contiennent pas seulement des sucrates comme nous l'avons vu. L'acide carbonique, en agissant sur les saccharates, met bien en liberté le sucre qui y est engagé en précipitant leur chaux à l'état de carbonate, mais il ne défait pas les combinaisons de chaux et de matières organiques. La démonstration en est facile.

Qu'on ajoute de l'oxalate d'ammoniaque dans du jus déféqué, tiré ensuite à clair, saturé, puis enfin filtré, il se formera un précipité d'oxalate de chaux. Cette chaux n'était point libre dans le jus puisque la saturation avait précipité à l'état de carbonate toute chaux mise en liberté par suite de la décomposition des sucrates ; elle ne peut donc venir que des combinaisons organo-calciques.

On ne connaissait aucun moyen chimique et pratique de s'en débarrasser ; la filtration sur le noir était insuffisante et de plus très coûteuse.

Seul l'emploi du carbonate de chaux à l'état naissant supprime ces inconvénients en éliminant leur cause ; l'action capillaire qui se produit dans le jus à la naissance du carbonate entraîne les matières azotées et les combinaisons formées entre elles et la chaux. Le jus ne précipite plus par l'oxalate d'ammoniaque. Aussi dès qu'on eut compris cette action de l'acide carbonique et du carbonate naissant, l'acide carbonique devint l'élément principal, et l'emploi de l'acide carbonique succéda à la défécation.

Le carbonate de chaux, quand on l'ajoute tout formé au jus, ne produit aucun effet spécial remarquable.

Si, au contraire, dans des jus sucrés bruts, on ajoute de la chaux d'abord, puis l'acide carbonique, et qu'ainsi le carbonate de chaux prend naissance au sein même du jus, il manifeste au moment de sa formation deux propriétés spéciales :

1^o La chaux, en rencontrant dans le jus des matières organiques,

s'est combinée avec elles pour former des composés qui y restent en suspension et en solution ;

2^o Le carbonate naissant agit par action capillaire sur les combinaisons calciques ; il les entraîne avec lui et les précipite.

Ce dernier décolore ainsi les jus en se couvrant d'espèces de laques dont il détermine la formation. L'épuration et la décoloration du jus sont alors en raison directe des quantités de carbonate de chaux formé.

En mars 1863, Frey et Jellinek essayèrent à l'usine de Wysoczan, près de Prague, en Bohême, un procédé de carbonatation basé sur ces principes.

Le procédé Frey et Jellinek consiste essentiellement en ceci : ajouter 1,50 à 2 % de chaux et même plus, sous forme de lait, au jus froid ; chauffer le jus par le double fond des chaudières à déféquer jusqu'à 70 ou 75^o centigrades ; introduire l'acide carbonique jusqu'à ce qu'en prenant une preuve dans la main le précipité se fasse rapidement et que le jus paraisse parfaitement limpide et décoloré ; enfin, la saturation étant terminée, chauffer rapidement par un jet de vapeur directe afin d'obtenir une précipitation plus vive et des dépôts plus compacts.

Quant à la quantité de chaux à ajouter, Frey et Jellinek indiquaient 2 % du poids de la betterave comme minimum, et ils motivaient ainsi cette proportion : « En supposant que 100 de betteraves contiennent 12 de sucre, et qu'au rendement de 80 de jus on ait 9,6 de sucre, comme 174 parties de sucre peuvent dissoudre 28 de chaux, il faut 1,57 % de cette base pour transformer tout le sucre en sucrate de chaux. L'expérience a prouvé que cette dose est insuffisante. Il faut donc ajouter un excédent proportionné à la quantité de matières étrangères contenues dans le jus ; on arrive ainsi à 2 % pour de bonnes betteraves, mais on peut être conduit jusqu'à 4 % dans des conditions anormales.

Il faut chauffer le jus de 20^o à 30^o au maximum et ajouter alors la chaux. Souvent l'addition de chaux se fait le plus tôt possible, et

même on chauffe parfois le jus aussitôt qu'il a été extrait. On ménage l'introduction de l'acide carbonique jusqu'à ce que la température se soit élevée de 45° à 50°; on l'augmente alors peu à peu de manière que, à la température de 68° à 70°, le jus manifeste les caractères d'une saturation faible. Mais si l'action de l'acide carbonique durait trop longtemps, une partie des matières organiques pourrait se redissoudre, ce qui donnerait au jus une couleur plus foncée. Cet inconvénient ne peut se produire avec le procédé de double carbonatation que nous verrons plus loin et auquel cette dernière phase de la carbonatation trouble a conduit naturellement. La quantité de chaux qui reste dans les jus saturés est de 0,05 à 0,07 au maximum. La saturation dure environ 30 minutes, et on peut alors séparer le jus clair des résidus soit en laissant reposer, soit en faisant usage des filtre-presses.

Double carbonatation. — Procédé Périer et Possoz. — Le procédé Frey et Jellinek a pris de grandes proportions en Allemagne. En France, on a adopté généralement la double carbonatation.

Dans le procédé de carbonatation trouble, il est nécessaire, comme nous l'avons vu, d'arrêter la carbonatation avant la saturation complète, sous peine de redissoudre une partie des matières organiques; mais comme, d'une part, il faut avoir du jus renfermant le moins de chaux possible pour que le travail ultérieur ne soit pas rendu plus difficile, on est arrivé tout naturellement à fractionner la saturation et à faire ce qu'on appelle la double carbonatation. On pousse la première partie de l'opération juste au point voulu pour que le jus perde sa viscosité et puisse être séparé de ses écumes, et l'on complète la saturation de la chaux restante sur le jus clair, séparé de ses écumes, sans avoir à craindre la dissolution des matières impures, puisque celles-ci sont enlevées avec les écumes.

Dès 1851, Logeois prenait le jus après la saturation, le faisait déposer dans un vase spécial et l'envoyait de nouveau dans une chaudière à déféquer ordinaire où il ajoutait de la chaux dans des

proportions variées en raison de la couleur du jus, de son altération et de la présence des matières étrangères et acides restées combinées ou en suspension. Il opérerait en un mot une seconde défécation.

Plus tard, en 1859, les sieurs Périer et Possoz travaillèrent dans le même sens ; et on connaît aujourd'hui plus spécialement, sous le nom de double carbonatation, le procédé Périer et Possoz.

Au début, ceux-ci faisaient la double carbonatation des jus déféqués comme dans le procédé Logeois ; mais, vers 1864, ils rentrèrent tout à fait dans le procédé Frey et Jellinek en le complétant par une saturation ou seconde carbonatation.

On forme d'abord au sein des jus du carbonate de chaux à l'état naissant, en quantités assez considérables pour les épurer et les décolorer ; en second lieu on précipite toute la chaux employée en évitant toutefois les inconvénients de l'emploi d'un excès d'acide carbonique en présence d'un dépôt coloré.

On peut après avoir introduit de 4 à 5 % de chaux caustique dans le jus froid, y faire arriver l'acide carbonique, puis en continuer l'injection jusqu'à ce que le jus ne contienne plus que 0,002 de chaux libre. L'opération finit en laissant en solution dans le jus de 1 à 2 millièmes de chaux, et la carbonatation est arrêtée au degré d'alcalinité où commence la saturation d'après le système Rousseau.

On peut encore introduire dans le jus quelques millièmes de lait de chaux seulement, commencer alors à injecter l'acide et continuer l'introduction d'une succession de filets de chaux au fur et à mesure que l'acide arrivant aussi d'une façon graduée, détermine la formation du carbonate.

Dans l'un comme dans l'autre cas, le liquide est échauffé, soit lorsque l'injection d'acide est terminée, soit simultanément avec l'introduction de l'acide et du filet continu de lait de chaux.

Le jus de la première carbonatation opérée de cette façon laisse dans des bacs de décantation le dépôt coloré et fermentescible qu'il contenait ; dans ce milieu dépouillé alors de principes nuisibles, l'action de l'acide carbonique ne peut plus avoir pour effet de

reteindre les jus comme dans le procédé Frey et Jellinek où la saturation s'opère en présence du dépôt et à la température d'ébullition qui favorise encore la solubilité de la couleur.

Voici comment on dirige le traitement du jus suivant les indications fournies par les inventeurs.

Les opérations qui se succèdent comprennent :

- 1^o Une défécation suivie parfois d'une clarification ;
- 2^o Une première carbonatation ;
- 3^o Une deuxième carbonatation ;
- 4^o Une ébullition qui chasse l'acide carbonique en excès et facilite le dépôt de la chaux carbonatée.

Défécation. — La chaux, à l'état de lait de chaux titrant 20^o à 22^o Baumé et contenant environ 20 à 22 % de chaux réelle, est employée à la quantité de 2 litres et demi par hectolitre de jus, lorsque le lait de chaux titre 20^o Baumé, et que le jus a une densité moyenne de 1040. On verse ce lait de chaux soit en filet continu, soit en huit ou dix projections successives, en commençant, dans tous les cas, lorsque la température du liquide dans la chaudière atteint 60^o et agitant continuellement par la chaleur jusqu'à ce que toute la chaux soit introduite ; la température du mélange se trouve alors élevée à 70^o environ.

On remarque que dans les premières projections de la chaux, les particules coagulent des substances albuminoïdes verdâtres ; les autres portions successivement ajoutées sont graduellement moins colorées.

Lorsque le jus déféqué reste chargé de matières colorées, on doit agiter ce jus avec quelques millièmes de chaux, qui le clarifient en formant un dépôt brunâtre ; l'épuration ultérieure en devient facile.

Première carbonatation. — Le jus déféqué et clarifié, s'il y a lieu, est décanté dans une chaudière dans laquelle on fait arriver un

courant de gaz carbonique lavé et refroidi au-dessous de 60°, ce gaz est refoulé dans le jus par un tube percé de trous ; plusieurs diaphragmes horizontaux contribuent à le mieux répandre dans la masse liquide.

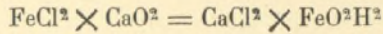
L'acide carbonique, traversant ainsi un jus qui contient environ 0,002 de chaux dissoute, détermine la précipitation du carbonate chargé de matières colorées ; à mesure que cette précipitation a lieu, on fait écouler du lait de chaux en un filet continu. La chaux se trouve ainsi successivement et alternativement dissoute dans le jus, puis précipitée par l'acide carbonique.

Les doses de chaux à employer pendant cette première carbonatation varient suivant la qualité des betteraves ; les meilleures racines donnent un jus qui n'exige pas au-delà de 0,002 à 0,008 de chaux, tandis que plus généralement il convient d'employer 0,040 à 0,045 de chaux. En tout cas on doit arrêter l'introduction de l'acide carbonique lorsque le jus contient encore 1 à 2 millièmes de chaux dissoute.

Ce terme de la carbonatation peut se reconnaître lorsque dans un échantillon du jus qu'on laisse reposer un instant, le dépôt se forme rapidement en éclaircissant le liquide qui surnage. On le constate mieux encore de la manière suivante : on prend dans la chaudière 4 centilitre de jus éclairci, et on y ajoute, suivant la proportion de chaux libre que l'on doit laisser dans le jus, 1, 2 ou 3 centilitres d'une dissolution contenant une quantité déterminée de protochlorure de fer (liqueur d'épreuve N° 4 Périer et Possoz) ; à l'aide d'une baquette de verre, on dépose sur un morceau de papier blanc collé une goutte de ce mélange, préalablement filtré, puis une autre goutte de liqueur ferrométrique, solution très étendue de prussiate rouge de potasse. On mélange les deux gouttes, et, s'il se produit une coloration verte, on supprime l'arrivée de l'acide carbonique. On fait alors bouillir le jus pendant quelques minutes et l'on ferme le robinet à vapeur.

Cette épreuve repose sur la réaction du chlorure ferreux sur le

prussiate rouge, réaction qui donne naissance à du bleu de Prusse. Mais ce bleu ne se produit pas lorsque le prussiate rouge se trouve en présence d'hydrate ferreux. Le chlorure ferreux étant décomposé par l'hydrate de chaux en chlorure de calcium et en hydrate ferreux,



on comprend qu'il faudra ajouter d'autant plus de chlorure ferreux qu'il y aura plus de chaux hydratée dans le liquide sucré, pour qu'on puisse retrouver dans le liquide filtré du chlorure ferreux non décomposé, capable de produire la réaction bleue avec le prussiate rouge.

Si cette coloration ne se manifestait pas, on devrait faire continuer quelques instants encore le barbotage du gaz carbonique. Dès que le jus est carbonaté au point convenable, sa température étant de 60° à 70°, on le fait écouler dans un bac où il laisse déposer rapidement le carbonate de chaux qu'il tenait en suspension.

Deuxième carbonatation. — Au bout de quinze à vingt minutes, le jus étant éclairci, on le décante dans de nouvelles chaudières, dans lesquelles on le fait arriver au moyen d'un monte-jus ou d'une pompe; on y dirige alors un courant d'acide carbonique de façon à précipiter au moins en partie la chaux restée en solution. On y ajoute 0,001 de chaux; celle-ci, dissoute à l'instant, est bientôt précipitée à l'état de carbonate par l'acide carbonique qui cette fois doit être injecté en excès. On s'en assure d'ailleurs en constatant que quelques gouttes de ce jus filtré troublent l'eau de chaux, ou plus facilement encore en mélangeant à volumes égaux une petite quantité de ce jus non filtré avec la solution de protochlorure de fer à 4003,5 de densité, comme celle employée à la carbonatation, préalablement étendue de 7 volumes d'eau, bleuie par le prussiate rouge. Cette liqueur de protochlorure de fer étendue de 7 volumes d'eau porte le nom de liqueur d'épreuve N° 2 Périer et Possoz. On procède de la manière suivante: on mélange 1 centilitre de jus avec

2 ou 3 centilitres de la liqueur d'épreuve N° 2, et on arrête l'injection de l'acide carbonique dès qu'une goutte de liqueur ferrométrique produit une tache bleue au contact d'une goutte du mélange, comme il a été dit à propos de la première carbonatation.

Un signe qui permet aussi d'apprécier la fin de l'opération est fourni par la disparition presque complète des écumes.

Aussitôt que la deuxième carbonatation est achevée, on porte à l'ébullition afin de chasser l'excès d'acide carbonique, et on verse tout le liquide dans un bac à repos ou décanteur. Au bout de vingt à trente minutes, le dépôt étant complètement effectué, on fait écouler le liquide clair directement sur les filtres.

Mise en pratique de la double carbonatation. — Voici comment on opère aujourd'hui la double carbonatation Pèrier et Possoz.

Les chaudières de première carbonatation sont généralement au nombre de trois. Ce sont de grandes caisses carrées en tôle forte, de capacité variable, à fond un peu incliné pour faciliter la vidange et le nettoyage. Elles sont couvertes, pour éviter les projections, d'un toit en tôle mince ou en bois présentant en avant une ouverture par laquelle on peut observer la marche de l'opération. Le toit est, en outre, surmonté d'une cheminée en bois par laquelle s'échappent les gaz et les vapeurs. Sur le fond de la chaudière est disposé en forme de carré un tuyau horizontal percé latéralement d'une foule de petites ouvertures ; le gaz carbonique refoulé par la pompe aspirante et soufflante arrive par un robinet ouvrant le tuyau percé de trous et se dégage par les ouvertures en petits filets gazeux qui traversent le liquide dans tous les sens. Autour de ce tuyau carré se trouve un serpentin réchauffeur, à trois circonvolutions superposées dans lesquelles circule la vapeur.

La chaudière se vide par le trou *d'*, pratiqué dans le fond à l'endroit le plus déclive et communiquant avec le tuyau extérieur *d*. Ce trou est fermé par une bande munie d'une tige verticale *de*.

Souvent la défécation et la carbonatation se font dans la même chaudière et ne constituent qu'une seule phase du travail.

Dans le cas où la défécation se fait à part, on chauffe le jus au sortir des presses ou des diffuseurs ; dans les deux cas le chaulage se fait en ajoutant au jus la quantité de chaux nécessaire à la première carbonatation, soit de 12 à 13 % de lait de chaux à 20/25° Beaumé, c'est-à-dire 2^{kg}.8 en moyenne de chaux réelle pour 100 litres de jus.

Dans le cas d'une défécation spéciale, on envoie ensuite le jus chaulé à la chaudière à carbonater.

Quand la défécation se fait dans la chaudière à carbonater, on opère comme il suit : le jus de betterave impur, froid ou déjà réchauffé et contenant généralement déjà une certaine quantité de chaux hydratée ajoutée en vue de sa conservation, et surtout pour en prévenir l'acidification est amené dans la chaudière par un tuyau à robinet que l'on ferme dès que le niveau du liquide a atteint une certaine hauteur ; on ouvre alors le robinet du tuyau communiquant avec le réservoir à lait de chaux et on laisse écouler la quantité jaugée de ce dernier.

Lorsque la chaudière est chargée, on se trouve dans les mêmes conditions que lorsque le chaulage a lieu précédemment. On chauffe le jus chaulé en faisant arriver de la vapeur dans le serpent, et l'on introduit aussitôt dans le liquide de l'acide carbonique qui le traverse en s'échappant par les nombreux trous du tuyau destiné à l'arrivée du gaz. Les bulles de gaz commencent alors à soulever la masse liquide et à produire une mousse volumineuse que l'on s'efforce de détruire en la brisant avec une spatule en bois ou en l'arrosant de temps en temps avec quelques cuillerées de graisse fondue, ordinairement du beurre de coco ; quelquefois, on se sert de brise-mousse, appareils inventés à cet effet et consistant soit en palettes se mouvant à la surface du liquide, soit en tuyaux injectant du jus à la surface du liquide sucré, soit en tuyaux injectant de la vapeur. Un appareil très simple est l'émousseur Midol basé sur le

principe du tourniquet et injectant de la vapeur d'eau (fig. 38) ; mais son installation demande une chaudière qui s'y prête ; cet émousseur agit ainsi non seulement par la vapeur d'eau qu'il injecte dans le jus, mais encore par son mouvement.

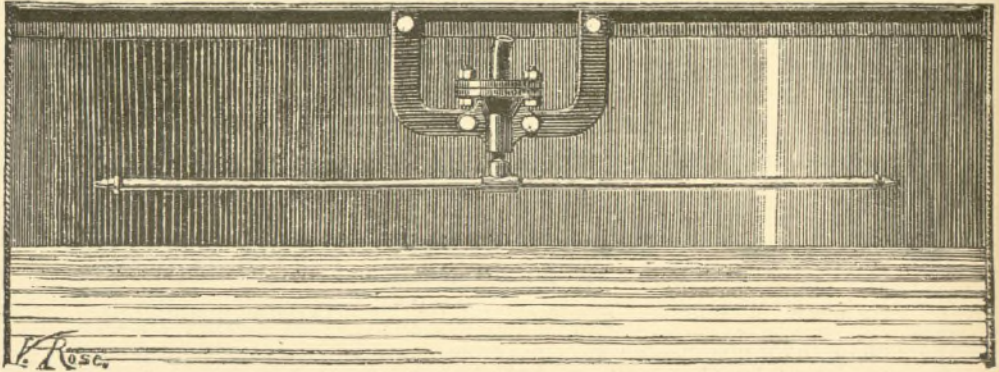


Fig. 38.

Tout en carbonatant, on continue de chauffer jusqu'à 60° ou 70° ; on cesse alors d'injecter de la vapeur dans le serpentín, mais on laisse le gaz carbonique se dégager jusqu'au moment où un échantillon du liquide versé dans un verre laisse précipiter rapidement les corps solides qu'il tient en suspension, ou mieux encore jusqu'à ce que le liquide ne contienne plus que 1 à 2 millièmes de chaux libre.

Ce terme de la carbonatation est vérifié comme nous l'avons vu, par la liqueur d'épreuve n° 1 Perier et Possoz.

La liqueur résultant de ce traitement donne promptement un dépôt grenu dans lequel se trouve la majeure partie des matières étrangères, mélangée avec le carbonate de chaux produit.

Dès que la première carbonatation est achevée, on enlève la bonde qui bouche l'orifice du fond de la chaudière et l'on fait écouler tout le liquide trouble dans un bac à décanter, offrant la même capacité que la chaudière et placé au-dessous d'elle. Chaque bac à décanter est muni d'un robinet avec tuyau plongeur mobile

par lequel on fait écouler le jus clair ; on fait descendre le tuyau au fur et à mesure que le jus s'écoule, son orifice restant sans cesse dans la partie moyenne du liquide pour éviter l'entraînement des écumes du dessus et du dépôt. Après un repos de 10 à 15 minutes dans les bacs à décanter, le liquide clair sortant du robinet par le tuyau mobile est reçu dans un monte-jus qui l'envoie aux chaudières de deuxième carbonatation, ou dans un bac dans lequel une pompe l'aspire pour l'envoyer dans ces dernières chaudières. Quant au dépôt et aux écumes, ils sont ensuite évacués par un large orifice ménagé en avant du fond du bac à décanter et fermé par une bonde semblable à celle des chaudières à carbonater ; la masse demi-liquide tombe dans une rigole pour se rendre dans un monte-jus qui l'envoie aux filtres-presses dont il sera bientôt question. Ici encore, on reçoit quelquefois ces dépôts dans un bac d'où une pompe automotrice les envoie aux filtres-presses.

Nous ferons remarquer que pour la manœuvre des jus sucrés les pompes sont toujours préférables aux monte-jus, où la vapeur, faisant pression à la surface du liquide, agit par sa chaleur sur le sucre et en intervertit une partie quelque minime qu'elle soit. Aussi les pompes tendent partout à remplacer les monte-jus.

Les chaudières destinées à la deuxième carbonatation sont au nombre de deux, quelquefois trois et quatre, et offrent la même disposition que les chaudières de première carbonatation, quoiqu'en général plus petites et sans couverture.

Le jus envoyé à la deuxième carbonatation, souvent appelée la saturation, conserve encore une température de 60° à 70° et est immédiatement mélangé avec une quantité de chaux variant entre 3 et 10 millièmes. Le robinet à acide carbonique est alors ouvert et le gaz injecté, jusqu'à ce que la chaux soit entièrement précipitée à l'état de carbonate ; on constate qu'il en est ainsi en plongeant de temps en temps dans le liquide un morceau de papier de curcuma dont la couleur jaune ne doit être brunie que faiblement, ou pas du tout, si l'on veut injecter, comme on le fait généralement, de l'acide

carbonique en excès : on est alors certain que toute la chaux est bien précipitée. Mais le plus souvent on ne se borne pas aux indications fournies par le papier de curcuma et on a recours à l'épreuve au protochlorure de fer et au prussiate rouge de potasse au moyen de la liqueur d'épreuve N° 2 Périer et Possoz, comme nous l'avons vu précédemment.

Quand on est arrivé au terme de la saturation, on ouvre alors seulement le robinet du serpentín à vapeur et l'on porte le jus à l'ébullition, afin d'en chasser l'excès d'acide carbonique ; cela fait, on laisse aussitôt écouler tout le liquide trouble dans les bacs à décanter correspondant aux chaudières ; il se forme alors, après un repos de 15 à 20 minutes, un dépôt grenu et un jus clair, que l'on décante de la même manière que le produit de la première carbonatation pour le diriger vers les appareils à filtration.

Après le traitement par la chaux et l'acide carbonique, le jus contient encore, indépendamment du sucre, de la potasse et de la soude, un peu d'ammoniaque et de chaux, des combinaisons organiques plus ou moins transformées, et les sels comme les chlorures de potassium et de sodium qui n'ont pu être précipités. Ces impuretés se retrouvent plus tard dans les mélasses avec le sucre qui, en s'altérant, est devenu incristallisable.

Traitement des écumes de carbonatation. — La difficulté des nouveaux procédés de carbonatation consistait dans la grande masse de précipité.

Au commencement de l'industrie sucrière, pour séparer le jus des écumes de la défécation ordinaire, on faisait des égouttages. Plus tard on mit les écumes dans des sacs en toile ou en coton qu'on amoncelait dans des baches rectangulaires garnies d'un faux-fond perforé, et au-dessus desquels on posait un tablier ou plancher en bois chargé de poids ; on laissait cette bache en repos un certain temps et on soumettait ensuite ces sacs à l'action d'une presse à vis ou d'une presse hydraulique : on leur faisait alors subir une pression énergique pour retirer le reste du jus.

Toutes ces manipulations étaient pénibles et désagréables ; les écumes alcalines, chaudes et très volumineuses demandaient beaucoup de main-d'œuvre.

On comprend combien devaient être peu satisfaisants les résultats obtenus par cet outillage défectueux et primitif. On eut alors recours au filtre Taylor, employé déjà en raffinerie et composé d'un certain nombre de sacs plus longs que larges suspendus verticalement dans une caisse en bois ; ces sacs étaient ouverts en haut et fermés en bas ; les écumes y étaient déversées par le gueulard et le jus s'écoulait jusqu'à ce que le dépôt empêchât la filtration. Alors on enlevait les sacs et on les soumettait à une forte pression sous une presse à vis ou hydraulique. Le procédé, quoique simplifié, était à peu près le même que le précédent, et on n'avait encore qu'une filtration insuffisante.

Aussi avec des réactions qui donnent une proportion considérable d'écumes, proportion qui peut varier de 8 à 10 % du poids des betteraves, cette filtration devenait impossible.

Les filtres-presses vinrent heureusement faciliter le travail des carbonatations multiple et trouble.

Filtres-presses. — Le filtre-presse se compose d'un bâti en fonte très solide avec deux tiges de fer horizontales sur lesquelles glissent des plaques filtrantes ; celles-ci sont des disques ou plateaux verticaux plus épais sur les bords qu'au centre ; ils sont creux, en fonte et lorsqu'on les applique les uns contre les autres, ils laissent entre eux un espace vide où viennent se loger et se presser les matières pâteuses refoulées par une pompe ou un monte-jus. Les plateaux sont recouverts de toiles ou de serviettes de la largeur du plateau et d'une longueur égale à la double hauteur de ces plateaux, de sorte que, lorsqu'elles sont placées, elles se trouvent à cheval sur chacun d'eux.

Les premiers appareils de ce genre ont été construits en Angleterre par Howard, pour remplacer le filtre Taylor en raffinerie.

L'appareil était hermétiquement fermé et la pression s'y exerçait au moyen d'une colonne liquide supérieure.

Cette idée de Howard fut reprise en 1853 par William Needham et James Kite ; ils imaginèrent un appareil basé sur le même principe. Cet appareil, construit en bois, fut employé dans beaucoup d'industries pour séparer les liquides des solides. Il était surtout en usage dans les brasseries anglaises pour presser les boues et les drèches ; de l'Angleterre il passa en Belgique et en Allemagne pour les mêmes usages.

La sucrerie, toujours en quête d'une innovation pour le pressage des écumes, y porta son attention. Le premier qui eut l'honneur de son application fut Danek, de Pragues, en 1863.

Dès le mois d'octobre de la même année, M. Dehne, à Halle-sur-Saale, construisit sur les plans des ingénieurs Riedel et Kemnitz un filtre-pressé en bois et fer avec distribution par tuyau élastique indépendant pour chaque plateau. On emploie encore aujourd'hui ce filtre-pressé dans les fabriques de porcelaine et de produits chimiques.

Après eux, Trincks contribua beaucoup à rendre les filtres-pressés d'un service pratique et satisfaisant.

M. Farinaux, de Lille, construisit ensuite un appareil ressemblant beaucoup à celui de Trincks et n'en différait que par quelques détails de construction.

Puis parut le filtre-pressé Du Rieux et Røettger.

Dès lors, le filtre-pressé entra dans le domaine public. On en construisit de nombreux systèmes ne différant que par les détails et par le mode de distribution des écumes dans les plateaux.

Les filtres-pressés, outre la facilité de leur manipulation, produisent une grande économie de toiles si on les compare aux presses à vis ou hydrauliques dont on se servait auparavant. Car ces toiles ne souffrent aucun effort ni aucune tension, de sorte qu'elles ne sont usées que par l'influence seule de l'alcalinité.

Nature des serviettes. — Les toiles ou serviettes sont généra-

lement faites en jute ou en lin. Le jute se détruit facilement sous l'action simultanée de la chaux et de l'humidité ; le lin offre plus de résistance. Les meilleures serviettes sont celles qui sont faites comme les toiles à voiles avec double chaîne ; ces serviettes peuvent durer de 24 à 30 jours, tandis que le jute ne résiste que 5 à 8 jours.

On se sert donc en général de serviettes à double chaîne en lin ; on doit en outre, pour faciliter la filtration, remplacer les serviettes au moins tous les huit jours et leur faire subir un lavage avant de les soumettre à un nouveau travail. Il arrive parfois que pendant l'intervalle de temps entre deux époques de changement des serviettes, le jus sort trouble d'un filtre-pressé ; c'est que l'une des serviettes est trouée et on doit la changer après la vidange de l'appareil.

Conditions de bonne marche d'un filtre-pressé. — Un bon filtre-pressé doit remplir les conditions suivantes : Il faut :

- 1° Qu'il permette une manipulation facile, rapide, propre et sûre ;
- 2° Qu'on puisse changer les serviettes rapidement et à la rigueur mettre double toile ;
- 3° Que ces serviettes, tout en faisant un joint étanche, ne puissent pas se couper.

Filtre-pressé Farinaux — Les filtres-pressés les plus employés dès l'apparition de ces appareils furent, en Allemagne, les filtres-pressés Dehne du système Danek.

En France, on fit surtout usage du filtre-pressé Farinaux, dont nous allons donner la description.

Les plateaux verticaux sont des boîtes quadrangulaires creuses formées chacune d'un fort cadre en fonte recouvert sur chaque face d'une tôle perforée formant tamis ; cette tôle est fixée à l'aide de quatre petites vis V à tête fraisée et d'un gros écrou creux A qui occupe le centre et traverse de part en part le plateau pour constituer le canal central d'arrivée des écumes, comme on peut le voir

fig. 39. Ces écrous se composent de deux parties filetées présentant un rebord ; ces dernières, en se vissant sur l'écrou creux, serrent entre le cadre et leur rebord la tôle perforée et une partie de la serviette pliée en deux que l'on place sur chaque tôle métallique et qui porte deux trous correspondant au canal central. Lorsque la presse est fermée, l'intervalle entre deux boîtes creuses B se trouve également fermé et constitue le logement du tourteau d'écumes pressées qui présente sensiblement la forme d'une lentille. Le liquide boueux arrive par l'ouverture médiane A dans cet intervalle, et, sous l'effet de la pression, la partie liquide traverse les serviettes et les tôles perforées, tandis que les parties solides forment le tourteau. Le jus clair pénètre donc dans l'intérieur des plateaux et s'écoule dans une rigole commune par des robinets fixés à la partie inférieure de chaque plateau en R, robinets et rigole que l'on voit sur le devant de la figure 40.

Un robinet A introduit la liqueur boueuse dans la conduite centrale de l'appareil ; et un tuyau, non indiqué sur la figure, muni d'un robinet et communiquant avec la même conduite, permet d'envoyer ensuite de la vapeur sur les tourteaux pour les épuiser.

Voici maintenant la manœuvre de ce filtre-pressé.

Les boues arrivent par le canal central sous une pression d'abord faible, mais qu'on augmente rapidement dès que les toiles filtrantes se trouvent tapissées d'une légère couche de substances solides. Le jus s'écoule d'abord en quantité considérable ; mais peu à peu, à mesure que le tourteau grossit et par conséquent durcit, la filtration se ralentit et à la fin le liquide ne sort plus que goutte à goutte.

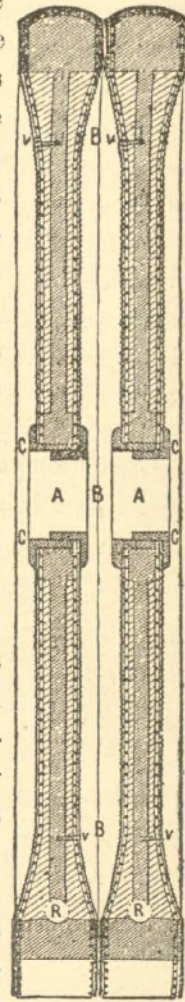


Fig. 39.

Certains constructeurs et fabricants, pour augmenter l'épuisement des tourteaux, ont fait communiquer avec la conduite centrale un troisième robinet à eau sous pression, et à la fin de l'opération, on fait arriver, au lieu de boue, de l'eau pure pour déplacer le jus qui imprègne encore le gâteau de matières solides ; finalement, pour obtenir des tourteaux plus secs, on envoie un courant de vapeur qui chasse les parties liquides et réduit ainsi la perte en sucre au minimum possible.

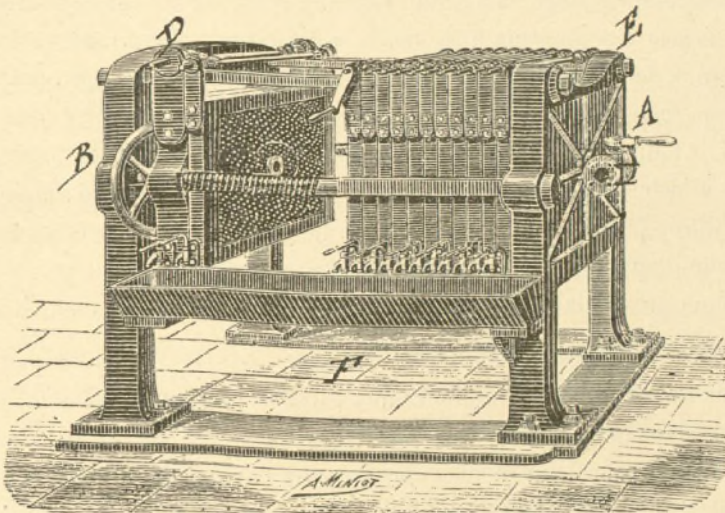


Fig. 40.

Mais dans ce cas, lorsque le jus a cessé de couler, et qu'on fait arriver l'eau, une disposition de tuyauterie permet de séparer l'eau légèrement sucrée qui sort de nouveau ; on se sert de cette eau pour le malaxage de la chaux qui doit servir à la carbonatation. De cette façon le sucre ainsi éliminé avec l'eau se retrouve dans le lait de chaux et rentre dans le travail. Quant au premier jus on l'envoie à la seconde carbonatation avec le jus décanté de la première carbonatation.

Quand le tuyau d'eau sous pression n'existe pas, on fait arriver

directement la vapeur après la boue ; mais on a alors un épuisement moins satisfaisant.

L'opération finie, on ouvre la presse en faisant tourner deux écrous placés sur chaque bras de l'appareil, en B, et qui, par leur mouvement sur la tige filetée C ont pour but de maintenir les plateaux serrés l'un contre l'autre pendant la pression en déplaçant un fort plateau mobile D placé à l'avant. Un autre plateau fixe E, placé en arrière du côté où arrivent les écumes, forme la contre-pression et permet un serrage énergique. Lorsque ces écrous sont desserrés, on écarte les plateaux à la main en les faisant glisser sur les bras latéraux de la presse, et il est alors facile de faire tomber, au moyen d'une raclette, les tourteaux épuisés au-dessous de l'appareil en F.

Les tourteaux sont ensuite transportés dans la cour de l'usine, soit à la brouette, soit par wagonnets ; quelquefois même, lorsque les filtres-presses sont à proximité de l'endroit réservé aux écumes et à une hauteur suffisante, les tourteaux tombent directement de chaque presse dans une trémie qui aboutit à cet emplacement.

Méthodes d'épuisement des écumes. — On doit s'attacher à avoir un épuisement des tourteaux aussi complet que possible. On peut, dans ce but, faire le lavage des écumes dans les filtres-presses même par la vapeur et l'eau comme nous l'avons déjà vu. Ce lavage peut se faire à l'eau froide ou à l'eau chaude. Lorsque l'eau employée est de l'eau froide, on la fait souvent servir, après le lavage, au délayage de la chaux ; mais l'eau froide a l'inconvénient de dissoudre des corps étrangers qui rentrent dans les jus par la suite du travail. Quant au traitement à l'eau chaude, il ne diminue pas assez les pertes en sucre pour qu'on puisse le recommander ; néanmoins, suivie d'un jet de vapeur, l'eau chaude donne un épuisement suffisamment rémunérateur.

L'usage de l'eau sous pression n'est pas introduit dans toutes les sucreries ; quelques fabricants, pour remédier aux inconvénients d'une élimination incomplète du jus sucré, font subir un nouveau traitement aux tourteaux. Dans ce but ils jettent les tourteaux sor-



tant des presses dans un malaxeur où arrive de l'eau ; ils obtiennent ainsi une nouvelle boue à laquelle ils font subir une seconde pression dans une nouvelle série de filtres-presses. Ce deuxième jus obtenu sert encore au malaxage de la chaux ; mais la main-d'œuvre est considérable et le sucre retiré en supplément par cette méthode peut à peine compenser les frais qu'elle nécessite.

Les tourteaux sont quelquefois repressés au moyen d'une presse hydraulique ; pour cela, les écumes pressées sont divisées dans un cuvier avec une spatule en bois ou dans un malaxeur mécanique ; elles sont ensuite ensachées et soumises à la pression hydraulique. Mais ici encore on complique beaucoup les opérations.

Un autre procédé, dit procédé Corbin, opère d'une manière plus simple et plus pratique. On prend l'écume à l'état boueux, telle qu'elle sort des décanteurs, et on l'envoie, au moyen d'un monte-jus ou d'une pompe, dans un appareil composé de trois vases filtrants à travers lesquels s'écoule le premier jus ; l'écume est ensuite soumise à un lessivage au moyen, d'une part, des petits jus sortant des écumes de l'opération précédente passées au filtre-presses, comme nous allons le voir, et, d'autre part, d'eau pure.

On reçoit le jus dans une gouttière à deux compartiments dont l'un correspond à la deuxième carbonatation et l'autre, le jus plus faible de la deuxième opération, à l'atelier de délayage de la chaux.

L'écume, une fois amenée dans l'appareil au degré d'épuisement que l'on veut obtenir, est restée à l'état de boue liquide et envoyée dans les filtres-presses, on obtient de nouveau du jus de 0^o6 environ de densité et qui sert, comme nous l'avons dit plus haut, au lessivage des écumes dans l'appareil filtrant.

Mais dans la plupart des fabriques on a renoncé à ce mode d'opérer parce que, par suite de la présence dans la chaux d'une matière inerte, les incuits, qu'on ne peut éviter dans la chaux provenant du four à chaux et qui retiennent du jus, ce délayage entraîne une perte sensible.

Certaines fabriques broient les incuits et les font rentrer dans le

travail ; mais la perte n'est que dissimulée car ces incuits augmentent la quantité d'écumes et par suite la perte du jus par ces écumes.

Enfin dans ces derniers temps on a imaginé le filtre-pressé à lavage absolu. Le principe est toujours le même, et ces appareils ne diffèrent du système Farinaux que par les modifications qu'y a apportées chaque constructeur, et qui consistent soit en déplacement de jus par l'eau et la vapeur, soit en une nouvelle disposition d'arrivée et de sortie du jus. Quant au dispositif pour la pression des écumes il ne diffère du système primitif que par un agencement différent des plateaux, le placement des serviettes et le mode de serrage.

Nature et quantité des écumes obtenues. — Les tourteaux épuisés renferment du carbonate de chaux, des matières organiques, du phosphate de chaux, des sels de potasse et de soude, de la chaux vive, de la magnésie, du sable et de l'argile en quantités variant suivant le travail. La proportion de sucre qui y reste peut varier de 0,2 à 4 et 4,5 % suivant le degré de l'épuisement.

Voici la composition moyenne des écumes de carbonatation :

| | |
|---|---------|
| Carbonate de chaux | 36 à 38 |
| Chaux libre..... | 1 à 2 |
| Sulfate de chaux (suivant la composition du calcaire). | |
| Phosphate de chaux | 1 à 15 |
| Chaux combinée aux acides organiques..... | 5 à 6 |
| Magnésie (variable suivant la composition du calcaire)..... | 1 à 1,5 |
| Sable et argile (très variable suivant la composition du calcaire et le lavage des betteraves). | |
| Substances organiques non azotées autres que le sucre..... | 9 à 10 |
| Substances azotées (azote 0,30 à 0,40). | 2 à 22 |
| Sucre..... | 0,2 à 4 |
| Traces de chlore, de potasse et de soude provenant du jus restant. | |

Dans les écumes provenant de la diffusion, il y a moins de matières organiques et moitié moins d'azote environ que dans celles provenant des jus de presse.

La quantité d'écumes produites varie aussi un peu suivant le travail. Calculons la quantité obtenue par 100 kg. de betteraves.

Nous avons vu que dans la carbonatation double Périer et Possoz, on met généralement en volume 12 à 13 % de lait de chaux à 20/25°. Beaumé dans le jus à purifier, soit donc en moyenne 2 kg. 8 de chaux réelle pour 100 litres de jus. Cette chaux se transforme à peu près complètement en carbonate de chaux, ce qui donne à peu près 5 kg. de carbonate de chaux. A ce poids viennent s'ajouter les impuretés précipitées par la chaux, les impuretés physiques apportées par le jus (terre), les impuretés apportées par le calcaire (silice, alumine, carbonate de chaux).

On peut supposer qu'on précipite en moyenne 1 % du jus de matière organique et il y a environ 1 % d'impureté provenant du calcaire et du jus ; ajoutons y 0,3 % de sucre et nous arriverons au total 7,3 de matières fixes.

Si les écumes sont pressées à 40 %, on a une proportion de 12,4 d'écumes.

Enfin si 100 kg. de betteraves ont produit 125 litres de jus, la proportion d'écumes pour 100 kg. de betteraves sera de 15 kg. 2.

Cette moyenne est celle obtenue avec du jus venant des presses. Avec la diffusion, on emploie moins de chaux, on précipite moins d'impuretés, et en lavant les écumes on ne produit pas plus de 9 à 10 kg. d'écumes % de betteraves.

Agents de pression dans les filtres-presses. — La pression dans les filtres-presses peut se faire soit par monte-jus verticaux ou horizontaux, soit par pompes automatiques dites pompes à écumes.

La disposition la plus recommandable pour les monte-jus est de placer les filtres-presses sur le sol de la fabrique et le monte-jus au premier étage, que celui-ci soit horizontal ou vertical ; on ajoute ainsi à la pression de la vapeur employée la pression d'une colonne d'eau de hauteur égale à la différence des niveaux ; on se sert alors de cette dernière pression pour remplir les compartiments des filtres-presses et on fait ensuite agir le monte-jus. Cependant

cette disposition offre un inconvénient pour l'enlèvement des écumes, car on doit donner au tas d'écumes la plus grande hauteur possible.

En effet, avec les procédés actuels de carbonatation on a en écumes plus de 10 % en général du poids des betteraves travaillées, et on a, en fin de fabrication, un volume énorme de ces déchets ; il y aura donc un emplacement perdu d'autant plus grand qu'on est limité dans la hauteur qu'on peut donner à ces tas.

Aussi, pour éviter l'encombrement des écumes, place-t-on souvent les filtres-presses au premier étage et les monte-jus légèrement en contre-bas ou un peu plus haut suivant la hauteur dont on dispose. Dans ces deux cas, la différence de pression est si minime, qu'on peut ne pas en tenir compte et utiliser, pour l'une ou l'autre disposition, l'emplacement qui convient le mieux.

Dans toutes les installations de filtres-presses avec monte-jus, il faut avoir soin de mettre un tamiseur entre le monte-jus et les filtres-presses, de manière à éliminer les corps étrangers, tels que les cailloux, les brins de balais, les morceaux de bois qui peuvent s'y trouver par accident et qui entraveraient la marche des appareils. Ce tamiseur ou épierreur est un instrument très simple, comme on peut le voir dans la figure 41 ci-contre et disposé de façon à pouvoir être démonté pour être nettoyé de temps en temps. Il est recommandable de monter deux épierreurs, l'un à côté de l'autre, pour éviter les arrêts ; de cette façon, on peut vider l'un, pendant qu'on remet l'autre en marche.

Un des grands inconvénients des monte-jus, est qu'on y fait agir la vapeur directement sur le jus sucré ; on a alors à craindre qu'une trop grande partie du sucre ne s'intervertisse.

Aussi a-t-on modifié les installations pour monte-jus, en remplaçant la vapeur par l'air comprimé. La figure 42 ci-contre, montre un atelier de filtres-presses fonctionnant avec monte-jus par l'emploi d'air comprimé. L'installation consiste en un compresseur d'air *a*, mù par la vapeur, d'un réservoir d'air *b*, de deux monte-jus, *c*, *c*, et d'une série de filtres-presses *d*. L'inconvénient de la vapeur agis-

sant sur le sucre est donc supprimé; en outre les écumes ne sont pas échauffées et, après la filtration, un jet d'air comprimé, envoyé au lieu de vapeur dans le canal central du filtre-pressé, donne des tourteaux plus secs et non dilués par l'eau de condensation.

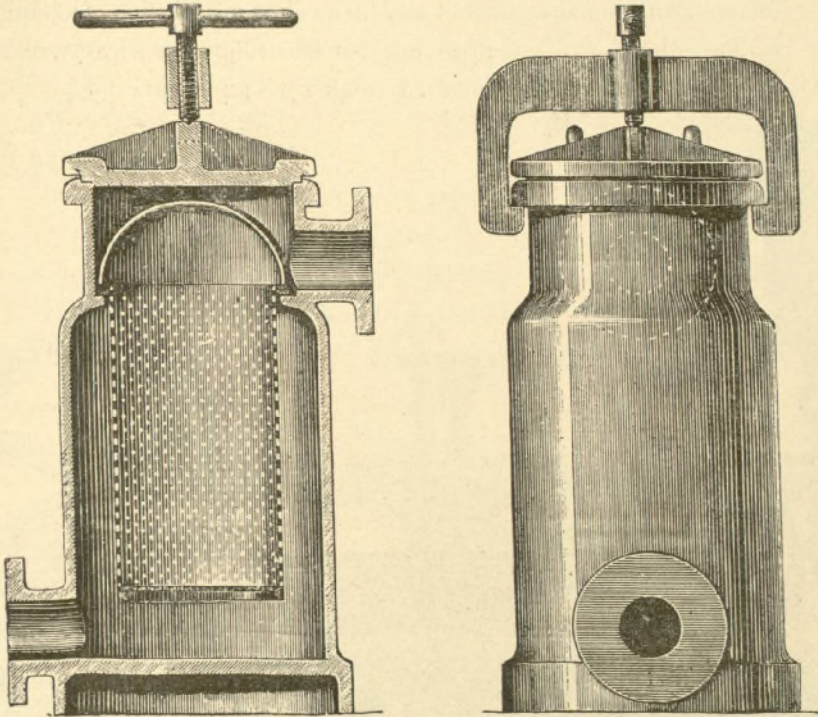


Fig. 41.

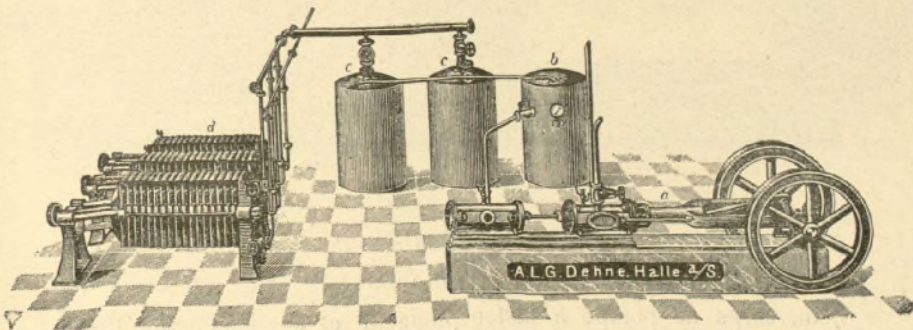


Fig. 42.

Néanmoins, les pompes tendent à se répandre dans presque toutes les fabriques. Ces pompes ont un dispositif spécial pour que la pression, d'abord faible, puis plus forte dans les filtres-presses, se fasse automatiquement, s'arrêtent et se mettent d'elles-mêmes en marche, au commencement et à la fin de chaque opération. Quoique la disposition verticale soit préférée par beaucoup de fabricants, elles sont aussi souvent horizontales. La figure 43 représente une pompe

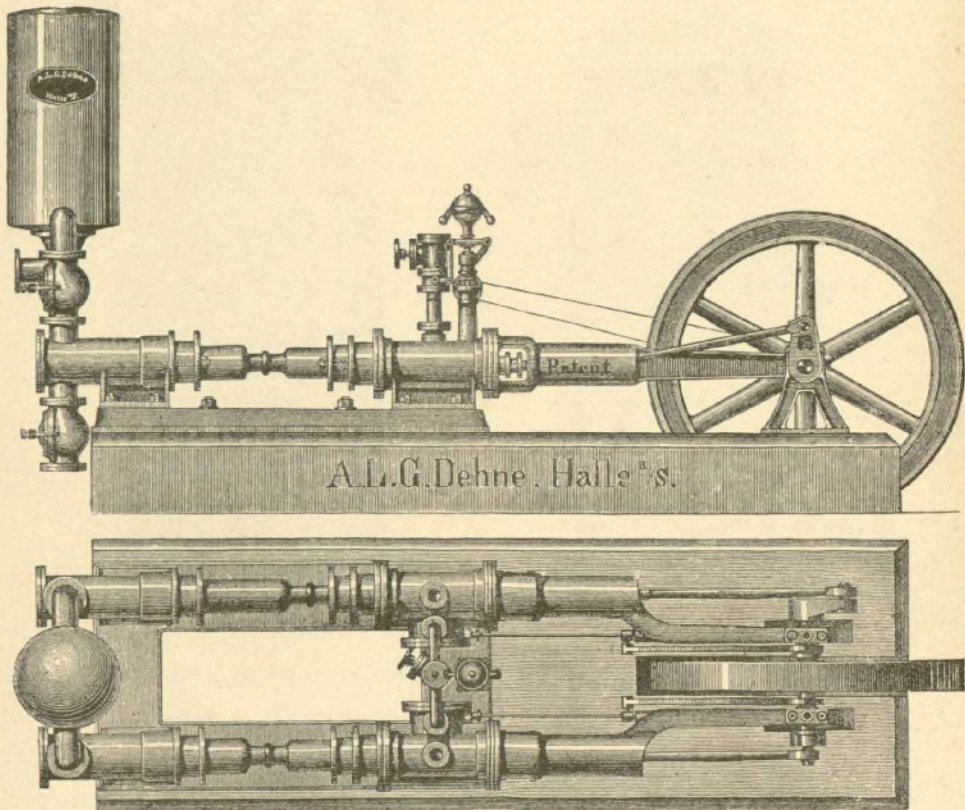


Fig. 43.

horizontale de la maison Dehne, à Halle-sur-Saale, qui a servi de modèle à beaucoup de constructeurs français; elle est formée de deux corps de pompe à piston plongeur et de deux cylindres à

vapeur, accouplés sur le même volant et peut être placée sur un bâti horizontal, comme dans la figure, ou être appuyée verticalement contre un mur.

La pompe se met en marche toute seule, pourvu que la contre-pression cesse, c'est-à-dire lorsque un ou plusieurs filtres-presses sont en communication; elle règle sa marche d'après le travail à effectuer et d'après la surface de filtration libre, et elle ne peut pas s'emporter par suite de l'effet d'un régulateur spécial si les écumes viennent à manquer.

Cette pompe peut donc se placer sans inconvénient à un endroit quelconque de la fabrique et ne demande aucune main-d'œuvre ni aucune surveillance, puisque la manœuvre seule des robinets des filtres-presses suffit pour la régler. Elle peut, en outre, desservir un nombre quelconque de filtres. La figure 44 donne une vue de la

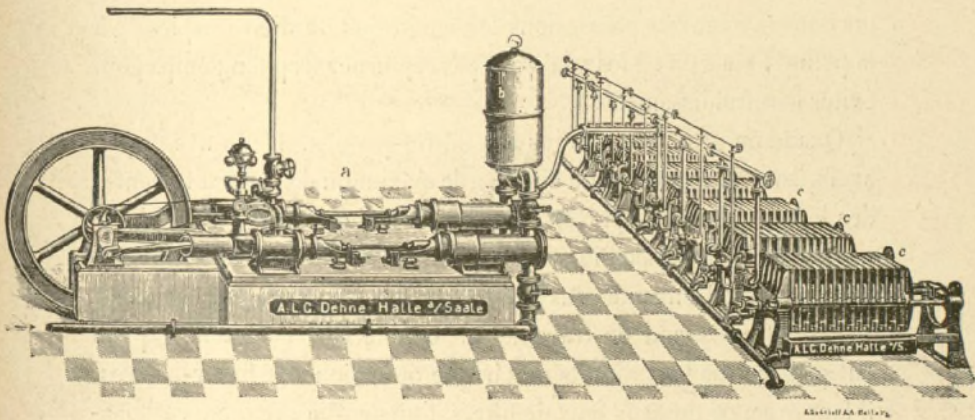


Fig. 44.

disposition la plus commode et la plus naturelle, disposition généralement adoptée quand on possède un emplacement convenable. *a* représente la pompe à écumes qui refoule les écumes dans un grand réservoir *b* formant, en quelque sorte, un monte-jus continu, d'où les boues se répartissent dans la batterie de filtres-presses *c*.

Suppression des bacs décanteurs. — Dans certaines fabriques, on a supprimé les bacs décanteurs de la carbonatation, et on a fait passer aux filtres-presses, non-seulement les écumes, mais tout le produit de la carbonatation. La filtration complète d'une chaudière est presque aussi rapidement faite que la filtration seule du dépôt que l'on obtient par les bacs de repos : car le jus très fluide s'écoule et se filtre très rapidement.

Le premier avantage de la filtration directe de tous les jus et écumes, c'est que, pendant que le dépôt se forme, il faut attendre 15 à 20 minutes et même souvent davantage, suivant l'habileté du carbonateur. Pendant tout ce temps, les jus se refroidissent et perdent encore de leur chaleur pendant la filtration.

Mais, dans ce cas, il faut avoir des monte-jus pouvant recevoir le contenu d'une chaudière entière, pour ne pas entraver le cours du travail. On met aussi souvent un bac d'attente où arrivent tous les jus boueux avant de passer dans les monte-jus ou d'être aspirés par la pompe, mais en ne les y laissant pas séjourner trop longtemps pour éviter le refroidissement.

Quand on passe tous les jus aux filtres-presses, il y a avantage à avoir, sous le minimum de surface, le maximum de surface filtrante; dès lors, au lieu d'employer des tôles perforées, il est préférable de mettre des toiles métalliques qui, tout en soutenant uniformément la serviette, offrent une plus grande surface d'écoulement au jus.

En outre, quand on travaille par double carbonatation et qu'on fait passer tous les produits de chaque opération aux filtres-presses, il faut se servir de deux jeux de filtres, l'un pour la première carbonatation, l'autre pour la deuxième. Il faut de même deux monte-jus ou deux pompes. Mais les jus de deuxième carbonatation étant plus faciles à filtrer, le nombre de filtres qui y sont destinés, peut être plus petit.

Ainsi, pour filtrer en 24 heures 100 hectolitres de jus et écumes de première carbonatation, il faut une surface filtrante de 2 mètres carrés, tandis que, pour ceux de la deuxième carbonatation, il ne faut environ que 1 mètre carré.

On pourrait, à la rigueur, ne se servir que d'un jeu de filtres-presses, mais en conservant les bacs décanteurs de la deuxième carbonatation et en réunissant les écumes de cette dernière opération aux produits de la première carbonatation.

Chaux et acide carbonique. — À l'origine de la sucrerie, la chaux était employée en si petite quantité, que les fabricants trouvaient avantage à l'emprunter à l'industrie chauxfournière et à ne pas s'occuper de sa fabrication.

Aujourd'hui, à cause de son grand emploi, toutes les sucreries ont leur four à chaux dont elles tirent double parti par l'utilisation de la chaux et de l'acide carbonique.

L'acide carbonique, dans les débuts du procédé Rousseau, était produit comme il suit. L'acide carbonique était obtenu d'abord par la combustion du coke ; c'était une préparation très compliquée et demandant beaucoup de surveillance. Rousseau recueillait l'acide carbonique dans un petit fourneau ou grand poêle dans lequel on insufflait de l'air par le cendrier ; à la partie supérieure un tuyau amenait le gaz dans des laveurs, puis dans des refroidisseurs. Il fallait de grandes précautions, car si on laissait tomber le coke, il se produisait de l'oxyde de carbone qui remplissait tout l'appareil ; le mélange s'allumait, et, s'il y avait assez d'air, faisait explosion.

On eut alors l'idée de mettre la pompe après le poêle et d'aspirer le gaz au lieu d'insuffler l'air par le cendrier. Les gaz produits par la combustion étaient alors lavés et passés dans un collecteur, puis insufflés à la saturation.

À l'étranger, on utilisait divers systèmes. Ainsi en Russie, à cause de la pénurie des pierres calcaires, les fabricants avaient souvent recours aux produits de la combustion qui s'échappent ordinairement par la cheminée. La gargouille des générateurs était disposée de façon à ce qu'on pût faire une prise de gaz, et ces gaz étaient aspirés et refoulés au moyen de pompes puissantes dans les bacs à saturer. Les carbonatations par ce moyen duraient deux et trois heures.

Le procédé Wœstyn, du nom de son inventeur, fabricant de sucre à Arlowetz (Russie), consistait à retirer l'acide carbonique des écumes de saturation qu'on mélangeait intimement avec de l'argile calcaire, de manière à constituer un mélange qui, calciné, donne un ciment ou une chaux hydraulique ; on façonnait avec ce ciment des briquettes qu'on faisait sécher en été et qu'on emmagasinait.

Le procédé Piedbœuf utilisait la décomposition du plâtre par le charbon au rouge ; il se formait du sulfure de calcium qui servait à régénérer la pierre à plâtre, et de l'acide carbonique d'une grande pureté qui servait à la carbonatation.

Le foyer de Kindler, basé sur le même principe que celui de Rousseau, était plus rationnellement disposé. Il se composait d'une capacité unique dans un massif de maçonnerie. On le remplissait d'une façon continue de coke et l'air appelé par une pompe traversait toute la colonne. Une autre prise d'air se trouve pratiquée dans le massif à hauteur de la grille. Au fur et à mesure qu'il descend, le coke se transforme en acide carbonique et les cendres tombent dans un cendrier. L'acide carbonique passe dans une chambre remplie de pierre à chaux, se refroidit au contact de cuves pleines d'eau froide et vient se laver dans un cylindre laveur d'où il est enlevé par la pompe.

Mais avec les procédés de l'époque, notamment le procédé Rousseau, on n'avait besoin que d'une quantité peu considérable d'acide carbonique.

Lorsque les méthodes actuellement en usage ont commencé à paraître, on chercha un moyen plus facile et plus économique de produire les grandes quantités de chaux et d'acide carbonique que les carbonatations nécessitent.

On ajouta de la craie au coke et on arriva naturellement au four à chaux.

Four à chaux. — La craie ou pierre calcaire est un carbonate de chaux et se rencontre dans la nature sous différents états ; elle

porte les noms de *spath d'Ilande*, *aragonite*, *calcaire grossier*, *pierre à chaux*, *pierre à bâtir*, *moellons*, *marbre*, etc.

Le carbonate de chaux terreux renferme souvent une grande quantité d'argile ; il constitue alors la *marne*.

Comme la chaux obtenue doit servir à la défécation, il est très important de ne faire usage que du calcaire le plus pur possible ; car la chaux obtenue, outre les inconvénients inhérents à une marche irrégulière du four ou à une trop grande humidité de la pierre à chaux, se ressent en partie des mêmes impuretés que le calcaire. Un bon calcaire pur renferme :

par 100 kg : 50 kg. de chaux.
— 44 kg. d'acide carbonique ou 22^{m3} 335.

C'est donc par la combustion d'un calcaire, se rapprochant autant que possible de ces proportions, avec du coke dans un four à chaux qu'on est arrivé à produire les deux éléments principaux de la carbonatation.

Le coke doit être du coke dit coke lavé, et autant que possible exempt d'impuretés ; car celles-ci viennent se joindre à la chaux et donnent lieu à des accidents divers. Le coke, en outre, renferme souvent des sulfures et des sulfates, surtout quand il ne provient pas de houilles lavées. Le soufre qui y est contenu se change en acide sulfureux qui est entraîné par le gaz carbonique ; cet acide sulfureux, s'il arrivait en cet état dans les jus, serait loin de leur nuire puisque c'est un décolorant ; mais il s'oxyde sous des influences diverses et se transforme en acide sulfurique, lequel est fort à craindre : non-seulement il ronge les conduites et les corrode rapidement mais il pénètre dans les jus où il intervertit le sucre ; il détruit aussi le carbone du noir dans la filtration et produit les incrustations des appareils à évaporer.

Il est évident que l'emploi du gaz se faisant à mesure de la production, on ne peut faire usage que d'un four à chaux continu. Ce four est muni à la partie inférieure de plusieurs foyers exté-

a, à l'extérieur, l'aspect d'un tronc de cône ; la base est d'un diamètre plus grand et contient toutes les ouvertures des foyers.

Le haut du four est rétréci et fermé par un couvercle ou tampon circulaire en C qu'on peut enlever au moyen d'une chaîne glissant sur des galets ; ce tampon n'est enlevé qu'au moment où l'on y introduit une nouvelle charge de calcaire et de coke. Au-dessous du couvercle se trouve dans la maçonnerie un canal E dans lequel vient se loger un tuyau qui sert à l'aspiration du gaz carbonique.

Souvent dans la maçonnerie du four sont ménagées des ouvertures latérales fermées par des bouchons en fonte et servant de regards pour contrôler la marche de la combustion, et en même temps pour introduire l'air nécessaire à la formation en acide carbonique de l'oxyde de carbone qui se forme. Ces petites ouvertures servent aussi à laisser passer des barres de fer avec lesquelles on fait descendre le calcaire après avoir retiré une certaine quantité de chaux vive.

Au commencement, on ne doit charger le four qu'avec du calcaire de la grosseur d'un décimètre cube environ ; on allume un bon feu de coke sur les grilles G et l'on ferme toutes les autres ouvertures. Bientôt la température s'élève au point où le calcaire se transforme en chaux vive en perdant son acide carbonique ; celui-ci se mêle à l'acide carbonique produit par la combustion du coke, et il en résulte un mélange gazeux qui, lorsqu'on opère dans de très bonnes conditions peut contenir jusqu'à 35 % d'acide carbonique en volume.

Mais il est rare qu'on obtienne un gaz aussi riche ; la moyenne doit osciller entre 25 et 30 % et ne doit jamais descendre au-dessous de 25 % si l'on veut obtenir une bonne carbonatation. On a remarqué que la charge qui paraît donner les meilleurs résultats est en poids.

Coke 4 ; pierre à chaux 44, soit à peu près 9 kilog. de coke pour 400 de calcaire, lorsque le four est en pleine marche.

Pour que la marche soit régulière, le four doit être alimenté à des intervalles d'une heure ; une remarque importante aussi, pour

obtenir une marche constante et un gaz de composition sensiblement invariable, consiste à maintenir la combustion dans le ventre même du four à chaux, c'est-à-dire vers son milieu ; de cette façon la partie supérieure est toujours remplie d'un mélange de calcaire et de coke qui ne sont pas encore en combustion et qui au moment où l'on retirera la chaux vive, viendront alimenter le four ; chauffés déjà par la température du gaz qui les traverse, leur combustion sera rapide et le four, en attendant un autre chargement qui ne doit pas tarder à être fait, sera constamment alimenté et la nature du gaz ne variera pas.

Lait de chaux. — La chaux vive ou oxyde de calcium exerce une trop grande action destructive sur les tissus animaux pour qu'on puisse l'employer directement à la carbonatation. Elle a une si grande affinité pour l'eau qu'elle l'absorbe avec une grande rapidité, s'échauffe considérablement, fuse, augmente de volume et finit par se réduire en une poudre blanche et légère. On a ainsi formé un hydrate de chaux renfermant 25 % d'eau que l'on appelle chaux en poudre. Cette chaux éteinte ou hydratée délayée immédiatement dans une grande quantité d'eau forme un lait de chaux.

On donne au lait de chaux une densité de 20 à 25° Beaumé, généralement 22° ; car au-dessus de ce chiffre le lait serait trop lourd pour être pesé avec justesse. On estime que chaque degré Beaumé correspond à un kilog. de chaux par hectolitre ; par suite un lait à 22° Beaumé contient environ 22 kilog. de chaux par hectolitre. C'est donc sur la densité Beaumé de ce lait de chaux qu'on se guide pour diriger la carbonatation. Si nous voulons savoir par exemple, la quantité de lait à 22° Beaumé qu'il faudra ajouter au jus pour qu'il soit saturé par 2,8 % de chaux vive, nous trouvons cette quantité par le calcul suivant :

$$\frac{2,8 \times 100}{22} = 12,737.$$

Il faudra donc, pour saturer 1 hectolitre de jus 12 litres 737 de lait de chaux à 22°.

Mais la chaux sortant des fours est loin de présenter une grande pureté, et on peut sans inconvénient élever cette quantité à 15 litres. Nous ferons remarquer, en outre, que cette proportion peut varier suivant la densité et la nature des jus à carbonater, et elle ne peut être déterminée avec justesse que par l'expérience de la pratique.

La préparation du lait de chaux peut s'effectuer à la main ou mécaniquement. Le malaxage à la main ne se fait plus que dans quelques fabriques ; on se sert d'un bac circulaire ou autre dans lequel on verse la chaux et on y fait arriver les petits jus des filtres-presses et de l'eau ; un ouvrier brasse alors la masse demi-liquide avec un agitateur.

Pour le malaxage mécanique, on emploie un grand bac circulaire au centre duquel se meut un agitateur, à mouvement unique ou multiple, mis en mouvement par une poulie et un double engrenage (fig. 48). Un autre malaxeur consiste en un vase demi-cylindrique

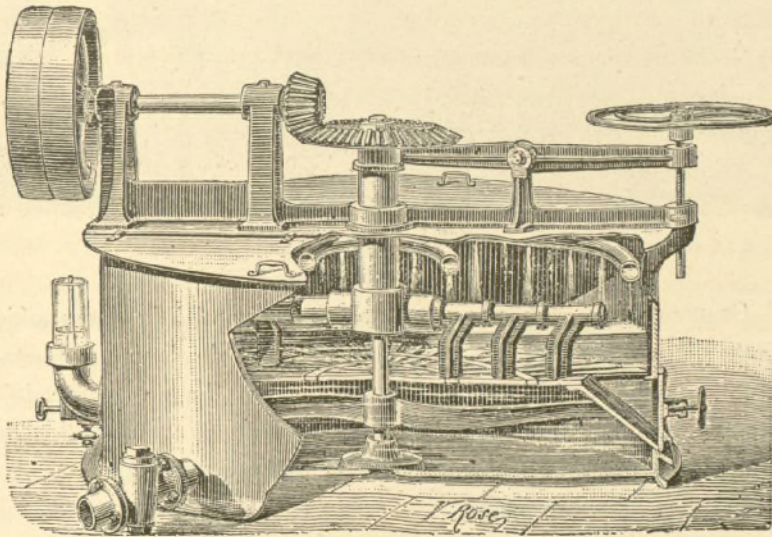


Fig. 48.

horizontal dans lequel se meut aussi un agitateur (fig. 49) ; ce

dernier appareil a l'avantage de posséder un cylindre tamiseur rotatif A d'où l'on peut à certains moments retirer les incuits qui se trouvent dans la chaux.

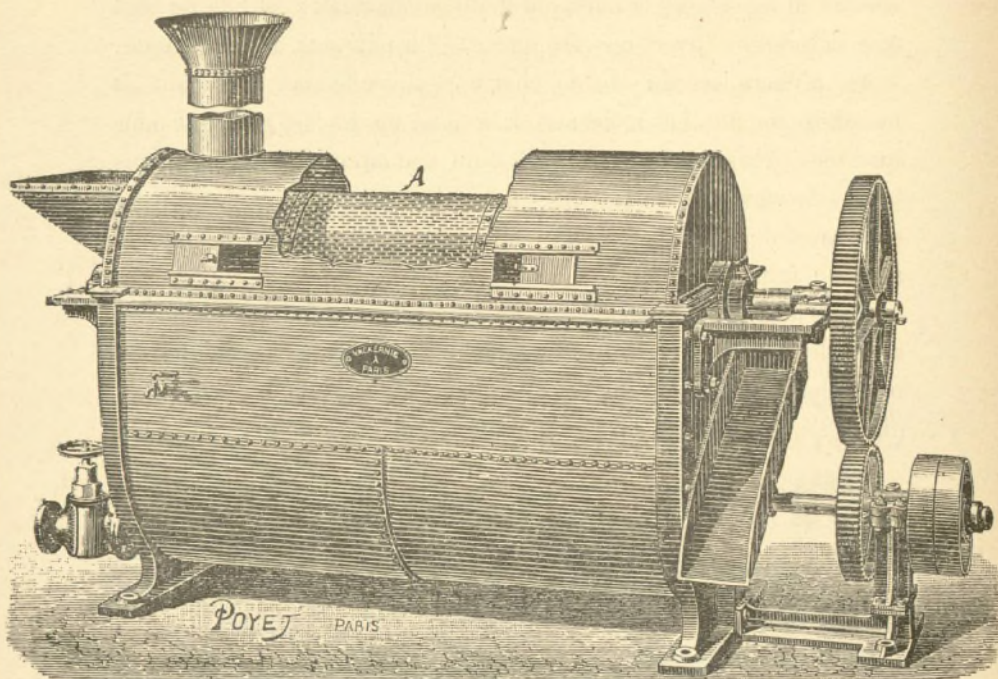


Fig. 49.

On commence par mesurer ou peser une quantité de chaux suffisante pour obtenir un lait contenant 22 kilog. de chaux par hectolitre, quantité variable suivant la pureté de la chaux ; on introduit celle-ci dans le malaxeur avec une quantité d'eau pouvant donner une bouillie épaisse et l'on met l'agitateur en mouvement.

Une fois la chaux éteinte, on achève de la délayer avec du jus limpide des filtres-presses et de l'eau. Au bout d'un certain temps, l'ouvrier acquiert l'habitude de cette préparation, et il juge, sans autre mesure, des quantités de chaux et d'eau qu'il doit ajouter pour obtenir un lait de densité voulue. En cas de différence il lui



est d'ailleurs facile d'ajouter de l'un ou de l'autre de ces éléments pour régler la densité.

Le lait de chaux ainsi obtenu est reçu au sortir du malaxeur sur un tamis en toile métallique ; ce tamis doit être très fin et offre généralement 450 fils sur chaque côté d'un carré de 27 millimètres, c'est un tamis spécial, dit tamis métallique N° 450 ; en traversant ce tamis, le liquide se débarrasse des particules solides trop volumineuses qu'il peut contenir et se rassemble dans un bac ou dans une citerne en communication avec un monte-jus qui l'envoie dans le bac jaugeur de lait de chaux. C'est de ce bac jaugeur que le lait de chaux est déversé en quantités jaugées d'avance dans le bac où se fait le chaulage préalable du jus, ou dans les chaudières de carbonatation.

Acide carbonique. — Le gaz carbonique, s'échappant du four à chaux par l'orifice ménagé à cet effet, est aspiré par une pompe aspirante et foulante qui l'envoie à la carbonatation. Mais le gaz sortant du four contient trop d'impuretés pour servir directement à cette dernière opération. Nous citerons notamment la vapeur d'eau provenant de l'humidité du calcaire ou du coke, des carbures d'hydrogène provenant de l'action du charbon sur la vapeur d'eau à une haute température, de l'acide sulfhydrique. Aussi, doit-on se servir de laveurs pour épurer le gaz carbonique ; les laveurs ont en même temps pour but de le refroidir, car il est important de n'envoyer à la carbonatation qu'un gaz ne dépassant pas 70° à 80° au maximum.

Les laveurs sont toujours placés entre le four à chaux et la pompe aspirante et foulante. Ils consistent en un cylindre en fonte ou en tôle partagé en plusieurs compartiments au moyen de cloisons criblées de petites ouvertures et reliées entre elles par des trop pleins. Un tube amène de l'eau fraîche dans le compartiment supérieur, soit par un orifice simple, soit au moyen d'une pomme d'arrosoir ; cette eau rencontrant les molécules de gaz dans leur parcours dans la cloche, leur enlève leurs parties solubles qui

constituent les impuretés ; l'eau descend ensuite par le trop plein dans le compartiment inférieur, puis dans le suivant, rencontrant toujours du gaz qu'elle épure, et s'écoule en dehors par un tube recourbé formant siphon de manière à maintenir sur le fond du laveur une assez forte couche d'eau. Les gaz du four, arrivant par le bas et sortant par le haut, sont ainsi soumis à un lavage méthodique en même temps qu'ils subissent un certain refroidissement avant d'arriver à la pompe aspirante et foulante.

Voici en moyenne la composition du gaz du four à chaux :

| | |
|------------------------------------|-------|
| 100 centimètres cubes renferment : | |
| Acide carbonique | 25,33 |
| Air en excès..... | 20 » |
| Azote et gaz divers | 54,67 |

On ne rencontre généralement pas d'oxyde de carbone dans le gaz qui contient de l'air en excès. Un gaz qui possède une certaine quantité d'oxyde de carbone est composé sur les bases moyennes suivantes :

| | |
|---------------------------|-------|
| Acide carbonique | 24,20 |
| Oxyde de carbone..... | 2,50 |
| Azote et gaz divers | 73,30 |

On peut cependant par accident rencontrer de l'oxygène libre et de l'oxyde de carbone ; mais cette exception n'aurait lieu que si l'air ne s'était trouvé mélangé au gaz qu'après la sortie du four et à un moment où la température n'était plus suffisante pour brûler l'oxyde de carbone et opérer la combinaison. Cela se rencontrerait par exemple, dans le cas où un joint perdrait ou qu'un tuyau serait troué.

FILTRATION DU JUS.

Le jus décanté ou sortant des filtres-presses doit être ensuite filtré pour en éliminer les dernières impuretés.

Ce jus, quoique notablement purifié, contient encore une quantité nullement insignifiante de matières étrangères, dont la présence ne manquerait pas d'exercer une influence nuisible sur l'évaporation et la concentration du jus et sur la cristallisation du sirop. Parmi ces matières étrangères, il faut surtout noter de la potasse et de la soude libres par suite de la décomposition de quelques-uns de leurs sels par la chaux, des traces de chaux non précipitées par l'acide carbonique, des principes azotés, visqueux, salins et colorants.

On ne connaissait pas dans le début de moyen pratique de se débarrasser de ces petites impuretés. Barruel filtrait le liquide déféqué à la chaux sur une couverture de laine et le saturait ensuite par l'acide carbonique.

On savait depuis longtemps que le charbon de bois possédait la propriété de décolorer les liquides organiques. Lowitz en avait montré les propriétés décolorantes depuis bien longtemps déjà, lorsque Figuer, de Montpellier, reconnut en 1811 que le noir animal est doué d'un pouvoir décolorant beaucoup plus énergique. En 1812, Derosne appliqua les propriétés du noir animal dans la sucrerie, et vers 1823 les recherches de Payen, de Bussy, de Michaëlis et de Schatten montrèrent que le charbon d'os n'agit pas seulement comme décolorant, mais qu'il jouit de la propriété d'absorber la chaux et les substances salines. C'est à la suite de la découverte de ces deux intéressantes propriétés que le noir animal fut introduit dans la fabrication du sucre pour l'épuration des jus et des sirops.

Primitivement, on employait le noir animal en poudre fine ; on chauffait celle-ci avec le jus et on séparait ensuite le noir à l'aide de filtres en forme de sacs, après avoir fait bouillir le liquide avec une certaine quantité de sang, comme cela se fait encore maintenant dans le raffinage du sucre. On employait des filtres analogues au filtre Taylor des raffineries dont nous avons donné une description succincte en parlant de l'égouttage des écumes de carbonatation.

Ces filtres se composent d'une grande cuve en bois avec robinets en bas pour l'écoulement ; dans cette cuve on place une toile qui

recouvre tout le fond et les parois latérales ; la toile porte des trous avec œilletons correspondants à des trous percés dans le fond ; on dispose à l'intérieur une série de châssis en bois portant des sacs filtrants ; le jus est envoyé dans les sacs, traverse la toile filtrante et tombe dans un faux-fond, d'où il s'écoule par les robinets.

On obtenait ainsi un jus parfaitement clair et décoloré, tandis que les matières étrangères et le noir se trouvaient enveloppés dans l'écume produite par la coagulation des corps albumineux contenus dans le sang.

Les écumes résultant de ce traitement constituaient un engrais excellent, mais le noir animal était perdu pour la fabrication ; aussi était-on obligé d'employer le noir avec une grande économie. En tous cas, cette filtration était très coûteuse ; elle exigeait des quantités considérables de noir neuf dont l'action est très limitée.

Plus tard on essaya de filtrer le jus avec le noir en poudre ; mais l'opération était très difficile et le succès fut peu satisfaisant.

Pour obvier à ces inconvénients, un raffineur, M. Dumont, ayant reconnu qu'il était plus économique d'employer du noir en grains, introduisit ce dernier dans de grands cylindres munis d'un double fond perforé et faisant passer le jus à travers des filtres.

Ce procédé, qui fut bientôt en usage dans toutes les fabriques, n'aurait pu se généraliser si M. Dumont n'avait en même temps démontré que le noir en grains pouvait être débarrassé des substances absorbées pendant son contact avec le jus et pouvait ainsi être revivifié, c'est-à-dire ramené à son état primitif pour servir de nouveau.

La découverte de la revivification du noir animal exerça donc une influence très favorable sur le développement de la sucrerie indigène ; car elle a permis de traiter les jus avec des quantités beaucoup plus fortes de noir et par suite d'obtenir avec moins de frais des jus plus purs et des produits plus beaux.

Fabrication du noir animal. — Pour obtenir le noir animal ou charbon animal on brûle des os dans des cornues jusqu'à ce que les substances organiques qu'ils contiennent soient décomposées en

matières volatiles et en carbone, ce dernier restant comme résidu mêlé aux principes minéraux constituant des os. Cette calcination doit s'effectuer en vase clos pour que l'absence d'air empêche la combustion du charbon de la matière animale ou carbone, qui reste alors emprisonné dans les pores du tissu osseux ; l'os conserve sa forme mais devient noir et poreux. On a dès lors le charbon d'os ou noir animal.

Pour fabriquer ce noir, on se sert de préférence des os cuits fournis en grande quantité par les cuisines, des os secs que l'on trouve dans les champs en général, de vieux os dont la matière grasse ou musculaire a disparu.

Ces os, avant d'être calcinés, doivent être concassés, et on en écarte les têtes qui donnent un noir trop friable. Le second traitement à leur faire subir consiste à les faire bouillir dans une certaine quantité d'eau, pour en séparer la graisse qu'ils peuvent encore contenir. On les soumet ensuite à la calcination.

Les cornues à calcination sont des cylindres en fonte généralement verticaux, de forme et dimensions variables ; un foyer inférieur latéral fournit la chaleur nécessaire à la calcination. Nous donnerons plus loin la description d'un de ces fours en parlant de la revivification du noir.

Concassage et blutage. — Les os calcinés, retirés du four, doivent, avant de servir à la filtration, subir l'opération du concassage, de façon à l'avoir sous forme de petits grains, de 5 à 40 m/m de côté, et cela en produisant le moins de poussière possible.

On se sert pour cela de moulins construits sur le type du moulin à café et marchant par engrenage au moyen d'un volant et d'une manivelle ; ou d'un appareil formé de deux cylindres canelés en fonte formés de disques dentés s'emboîtant comme des engrenages, mais avec un certain jeu permettant d'obtenir du noir en grains de grosseur convenable.

On sépare ensuite les grains de la poussière au moyen d'un blutoir à toiles graduées permettant d'obtenir différentes espèces de noir

comme le noir impalpable, le noir poudre à canon, le noir en grains et le noir en esquilles.

Le noir en grains seul entre dans le travail de la sucrerie.

Voici la composition d'un bon noir neuf et sec d'après le docteur Wallace :

| | |
|-------------------------------|--------|
| Charbon..... | 11 |
| Phosphate de chaux, magnésie. | 80 |
| Carbonate de chaux..... | 8 |
| Sulfate de chaux..... | 0,20 |
| Sels alcalins..... | 0,40 |
| Oxyde de fer..... | 0,10 |
| Acide silicique. | 0,30 |
| | <hr/> |
| | 100, » |

Revivification du noir. — Nous savons que lorsqu'on a fait passer une certaine quantité de jus ou de sirop sur du noir animal, celui-ci a perdu ses propriétés, propriétés que nous énumérerons plus loin.

L'ancien procédé consistait à traiter le noir, après sa cuisson, par 1 ou 2 % d'acide chlorhydrique ordinaire dilué dans assez d'eau pour mouiller complètement le noir. Mais dans ce cas, la couche de noir qui était mouillée la première recevait beaucoup trop d'acide et celui-ci dissolvait du phosphate de chaux, tandis que dans la couche la plus éloignée de la surface le liquide arrivait complètement neutralisé et ne produisait aucun effet.

Aujourd'hui, on commence par le laver pour le débarrasser des matières solubles ou délayables dans l'eau. Souvent on fait précéder le lavage à l'eau par un lavage à l'acide chlorhydrique étendu de 50 à 60 fois son volume d'eau, afin de dissoudre et d'enlever le carbonate de chaux qui incruste les grains de noir.

Presque toujours aussi on fait subir au noir avant ce double lavage une sorte de fermentation en l'entassant dans des cuves en maçonnerie ou en bois ; les réactions qui se produisent dans la masse élèvent sa température et un certain nombre de matières organiques sont détruites ou sont rendues plus solubles pour le lavage. C'est

généralement dans ces cuves que se fait ensuite le lavage à l'acide chlorhydrique, et un orifice inférieur permet d'éliminer ensuite cet acide et les impuretés qu'il entraîne.

Laveur à noir. — L'appareil, généralement employé pour le lavage à l'eau, dit laveur à noir rotatif Schreiber, se compose d'un cylindre creux ou tambour en fonte de 2 mètres de longueur sur 0^m,70 de diamètre intérieur, et portant en saillie à l'extérieur deux grands cercles qui comprennent chacun deux parties, l'une lisse par laquelle le cylindre repose horizontalement sur 4 galets en fonte et l'autre qui forme roue dentée engrenant avec des pignons faisant corps avec les galets (fig. 50).

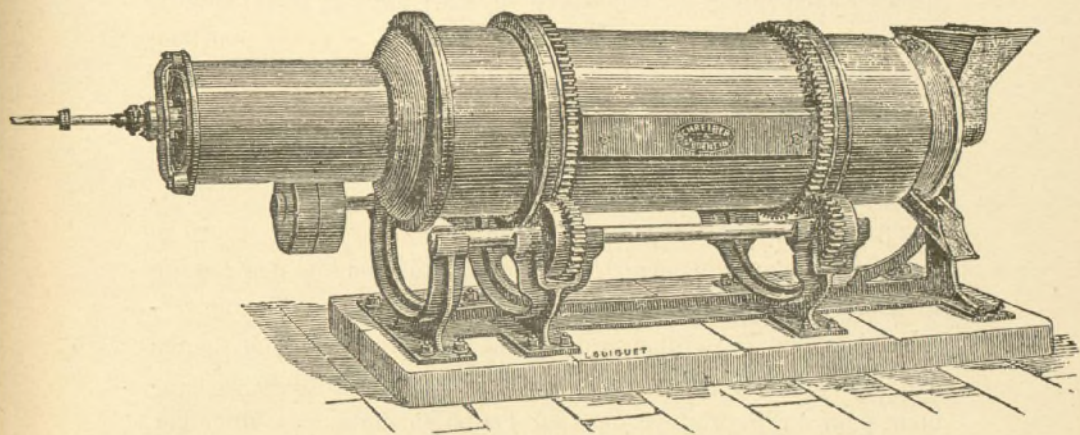


Fig. 50.

Ces pignons sont fixés deux à deux sur deux arbres, un de chaque côté, soutenus par des supports coulés avec la plaque de fondation ; de sorte que, le mouvement étant donné à l'un des deux arbres par une poulie, le cylindre tourne en roulant sur les 4 galets, les engrenages n'ayant pour but que de forcer ces galets à tourner sans arrêt.

Le cylindre porte de plus, dans son intérieur et dans le sens de sa longueur, deux surfaces courbes et gauches, disposées en forme d'aubes et qui divisent la surface interne en deux parties égales.

Ces aubes sont légèrement inclinées dans le sens de la longueur vers la sortie du noir.

Par un bout, le cylindre est étranglé et porte une espèce de goulot dont le bord intérieur règle le niveau de l'eau dans l'appareil. C'est par là aussi, que le noir versé dans une trémie est introduit dans le tambour. Il y est distribué au moyen d'une vis sans fin. A l'autre bout est rapporté un petit cylindre que traverse un tuyau d'eau aboutissant à l'entrée du tambour, en face d'une plaque destinée à briser la force du jet. Ce petit cylindre est ensuite muni dans son intérieur d'une double enveloppe en tôle perforée qui sert à essorer le noir avant sa sortie. L'eau d'essorage retourne au tambour. La partie renflée qui forme la jonction entre les grand et petit cylindres contient les conduits en surfaces courbes qui amènent le noir tombant de l'extrémité des aubes sur l'espèce de blutoir que nous venons de décrire.

Lorsque le tambour est en marche, le noir dont la trémie est alimentée, tombe à l'extrémité du tambour. Par suite de la rotation, chaque aube, arrivée dans le bas, remonte le noir qui se trouve au fond en entraînant en même temps une certaine quantité de l'eau qui le baigne. Lorsque le plan recourbé de l'aube se trouve à une certaine hauteur, sa position première se renverse et le noir tombe avec l'eau, dans la couche d'eau située dans la partie basse du tambour, pour être repris, remonté par l'aube suivante, puis retomber à nouveau jusqu'à ce qu'il sorte de l'appareil par le petit cylindre.

L'eau de lavage arrive en jet continu, en sens contraire du noir et va sortir par le trop plein qui se trouve à l'autre bout.

Calcination. — La calcination du noir révivifié s'effectue dans des fours analogues aux fours à calcination des os. Il faut auparavant sécher le noir.

Dans le four que nous avons décrit précédemment pour la cuisson des os, le séchage du noir se fait au-dessus du four, au moyen d'une plaque de fonte chauffée par la chaleur perdue du foyer et recouvrant

les tuyaux verticaux ou cornues et en prenant soin de retourner plusieurs fois le noir à l'aide d'une pelle.

Un des fours les mieux compris et le plus employé est le four Schreiber.

Le séchoir se compose de deux rangées verticales de tuyaux en fonte placées de chaque côté d'une chambre supérieure chauffée par les produits de la combustion du foyer avant leur départ par la cheminée.

Ces tuyaux offrent une disposition toute particulière : leurs surfaces internes et externes sont ondulées, et de plus, la surface externe est munie d'ouvertures disposées en forme de persiennes de prison de manière à ce que les vapeurs d'eau et de gaz s'échappent par ces ouvertures sans que le noir puisse sortir du tuyau.

Les ondulations ont pour but, que le noir, au fur et à mesure qu'on le retire du dessous, descende par couches uniformes, et qu'ainsi les mêmes grains restant toujours près des parois chauffées soient mieux séchés que ceux qui occupent le centre.

Les cornues sont en fonte et ondulées, pour la même raison que ci-dessus. Elles sont en plusieurs pièces, s'embottant l'une dans l'autre et pourvues de fourreaux en terre réfractaire, pour les protéger contre les coups de feu. Ces cornues, avec leurs fourreaux, sont maintenues en place, d'une part par des languettes régulièrement espacées qui viennent se loger dans une rainure réservée derrière les cornues et scellées dans la grosse maçonnerie du four, d'autre part, sur le devant des fourneaux par des traverses d'écartement également en terre réfractaire. La fig. 51, montre bien ces dispositions.

En outre les produits de la combustion, en sortant de la chambre à feu, s'élèvent par un carneau vertical, puis cheminent horizontalement pour pénétrer au centre de la chambre de chauffe du séchoir. Au-dessus de ce débouché du carneau, se trouve une cloison horizontale qui laisse à ses extrémités seulement deux espaces libres afin de forcer le gaz chaud à séjourner dans la chambre avant de gagner

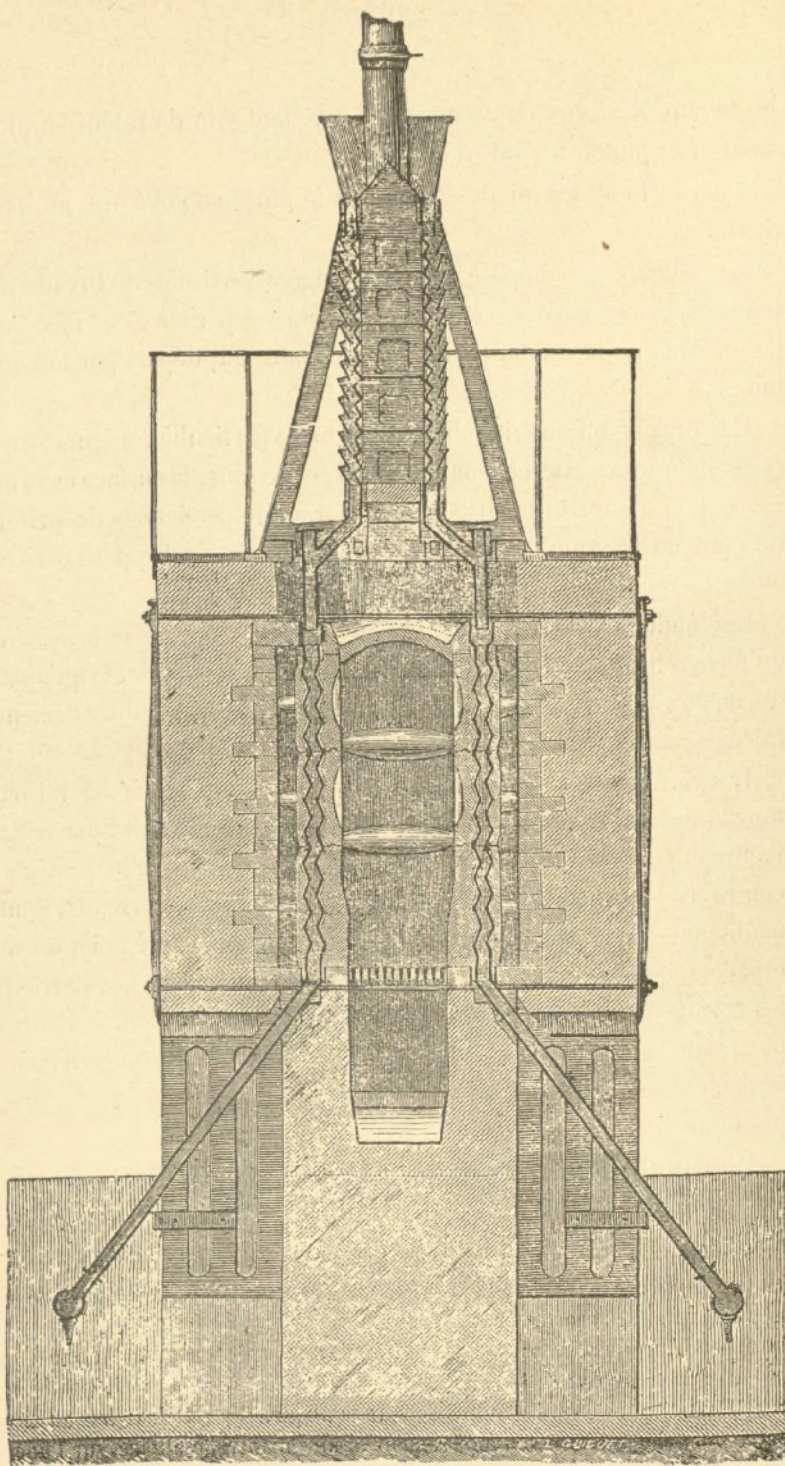


Fig. 51. — Coupe verticale du four à revivifier le noir animal, système Schreiber.

la cheminée. L'orifice de celle-ci est d'ailleurs calculée de manière que l'écoulement du gaz chaud soit ralenti et que l'on obtienne ainsi un effet utile plus considérable.

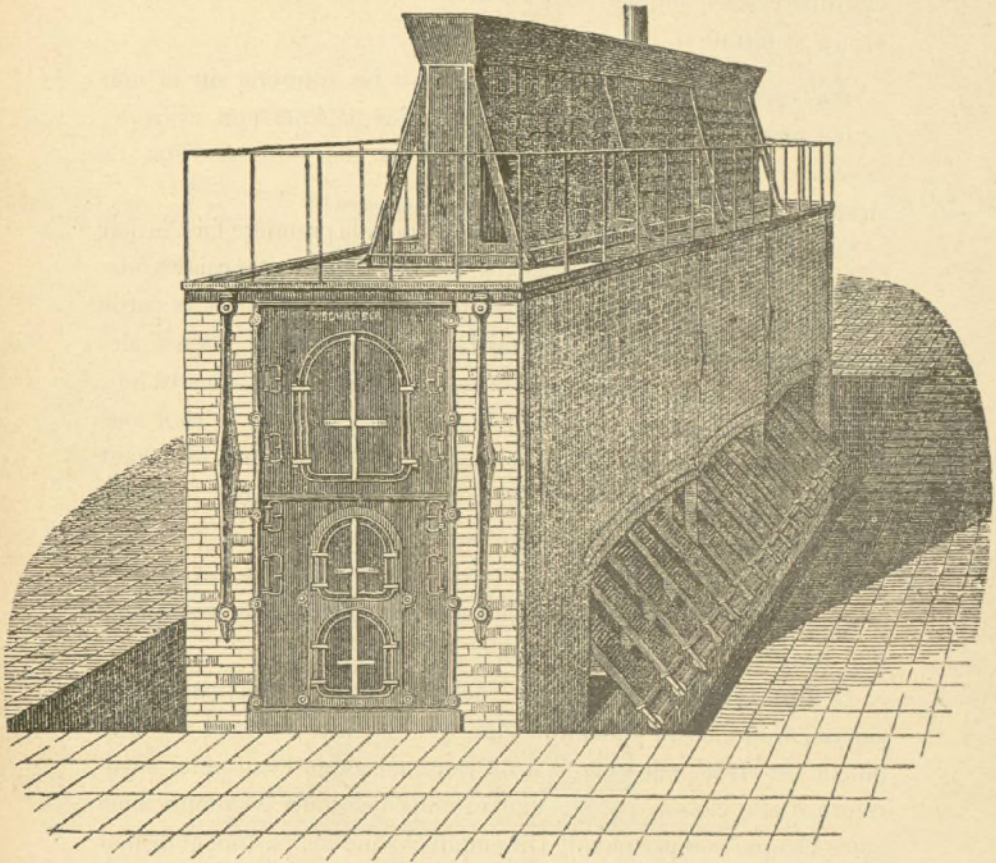


Fig. 52. — Four Schreiber (Vue complète).

Il en est de même pour l'entrée de l'air sur la grille où l'on brûle du coke et la sortie des gaz produits de la combustion. Arrivé au bas des cornues de cuisson, après avoir cheminé toujours par l'effet des décharges successives, le noir passe dans les tuyaux inclinés que l'on aperçoit sur les côtés du four et qui servent de refroidisseurs.

Le noir animal ainsi calciné ou revivifié, a besoin, avant d'être propre à servir au chargement des filtres, d'être soumis à un nouveau blutage qui opère la séparation de la poudre produite pendant ces différentes manipulations. C'est ainsi préparé qu'il sert de nouveau à la filtration.

Filtration sur le noir animal. — La filtration sur le noir se fait deux fois ; la première fois avec le jus déféqué non évaporé ; la seconde fois avec le jus déjà évaporé et concentré à l'état de sirop.

C'est en 1828 que Dumont fit servir, pour la première fois, le noir en grains à la filtration des jus sucrés. Il se servit de petites caisses prismatiques ayant 0^m,80 à 1^m de hauteur, 1^m de côté dans la partie supérieure et 0^m,50 à 0^m,60 dans la partie inférieure. On a totalement modifié cette forme de filtre, et on en construit aujourd'hui, d'après beaucoup de modèles ; mais, règle générale, ils sont tous cylindriques, pour être d'un nettoyage facile, et sont tous plus haut que large, afin de prolonger le contact du jus avec le noir, le jus ou le sirop arrivant par le haut et sortant par le bas.

Un filtre d'une manœuvre facile et d'un grand effet est le filtre proposé par M. Vivien et dont nous allons donner la description (fig. 53).

Le filtre est divisé, suivant sa hauteur, en deux compartiments égaux par la cloison diamétrale MM, qui va jusqu'au fond du filtre où elle est rivée ; elle s'arrête à 30 centimètres de l'extrémité supérieure. Cette cloison est étanche et empêche toute communication entre chaque compartiment. On emplit chaque compartiment de noir à 40 centimètres en contre-bas du bord supérieur de la cloison.

Les sirops ou les jus arrivent des réservoirs supérieurs par l'un des tuyaux J, S, se réunissant en un seul et débouchant sous le faux fond. Ils traversent la couche de noir de bas en haut, se déversent dans le compartiment voisin et le traversent de haut en bas pour déboucher dans le tuyau U et remonter par le siphon ZZ

La partie supérieure du col de cygne porte une éprouvette pour

le contrôle permanent de la densité et diriger les liquides vers l'un des deux tuyaux A ou B qui vont à l'évaporation ou à la cuite.

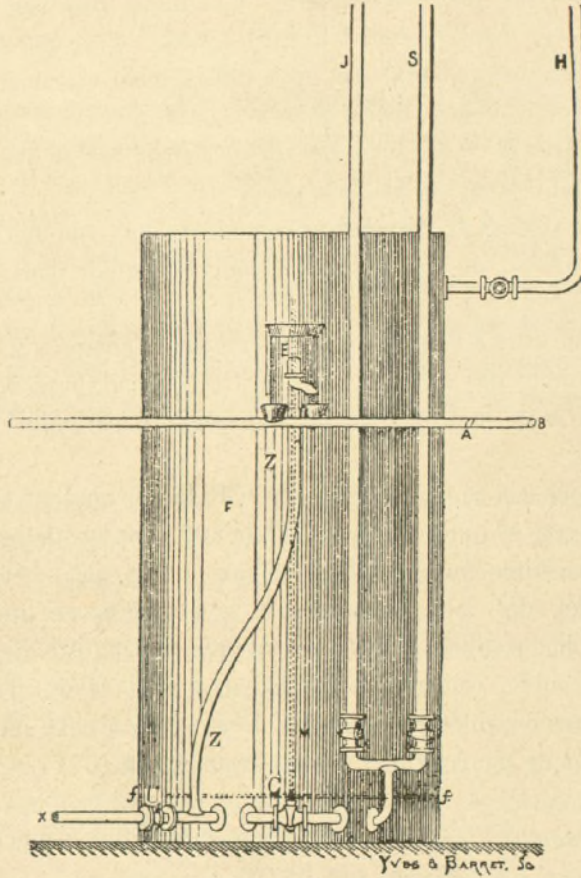


Fig. 53.

Le dégraissage se fait en établissant la communication entre ces deux compartiments par le tuyau C, et en faisant arriver l'eau par le tuyau H à la partie supérieure du noir.

L'écoulement des eaux de dégraissage se fait par le tuyau collecteur X.

Pour le service de ce filtre, il faut deux trous d'homme ; un pour

chaque compartiment. Avec les filtres ordinaires on filtre d'abord des jus provenant des appareils d'évaporation sur le noir frais ; puis on fait arriver le jus qui chasse le sirop et continue d'épuiser le noir. Mais avec cette disposition de filtre, il est préférable de marcher avec filtres isolés à jus et à sirop, car on a difficilement entraînement du sirop du premier compartiment dans le second, le jus étant plus léger que le sirop, et le déplacement devant se faire de bas en haut, c'est-à-dire à contre-sens des lois de la pesanteur.

Ce filtre permet de disposer un volume de noir sur une hauteur double en réalité du chemin que parcourt le liquide dans un filtre ordinaire.

Un même filtre à noir sert pendant un laps de temps très variable pour la filtration des sirops et des jus. Cela dépend du mode de travail adopté et de la proportion de noir employé par mille kilogs de betteraves.

En France, on emploie généralement 50 kg. de noir par 1000 kg. de betteraves, ce qui pour un travail de 200,000 kg. de betteraves par jour constitue une quantité de noir à peu près égale à 10,000 k. il est facile, dès lors, de calculer le nombre d'heures que devra marcher chaque filtre. En supposant qu'un seul filtre faisant tout le travail puisse contenir 2,500 kg. de noir, il faudra donc faire quatre filtres en vingt-quatre heures, c'est-à-dire que ce filtre devra être chargé de nouveau noir toutes les six heures.

Chargement d'un filtre. — Charger un filtre s'appelle bâtir un filtre.

Voici comment on doit opérer :

Le filtre est d'abord lavé, passé même à l'eau faiblement chaulée. On met ensuite au fond, sur la tôle perforée, une toile de surface double de la section du cylindre et un ouvrier fait le fond en mettant du noir neuf et mouillé de la circonférence ; puis il rabat les bords de la toile sur ce noir et il le tasse. Il fait en un mot un joint pour empêcher le jus de se frayer un chemin sur la circonférence du filtre

et le forcer à traverser la couche de noir uniformément. On charge ensuite le filtre en ayant soin de mettre d'abord une certaine quantité de noir neuf, puis le noir révivifié jusqu'à hauteur déterminée. On livre ensuite le filtre au travail.

Dégraissage. — Quand un filtre est usé, avant de le débâter il faut le dégraisser. Pour cela, on arrête l'arrivée du jus, et on y fait couler de l'eau chaude ou froide qui enlève le sucre retenu dans les pores du noir.

Mais il y a une limite au dégraissage, car lorsque l'on fait passer trop d'eau, le noir cède alors non seulement son sucre, mais encore une partie des impuretés qu'il a absorbées ; et il est préférable, dans ce cas, d'arrêter le dégraissage avant qu'il ne s'attaque aux impuretés. On débâtit ensuite le filtre pour le charger de nouveau de noir frais.

Rôle du noir animal. — Le charbon d'os du noir animal se fait surtout remarquer par ses propriétés absorbantes et décolorantes. Il absorbe de leurs dissolutions, non seulement les matières organiques colorantes ou autres, mais encore les matières minérales solubles telles que les sels de potasse, de chaux et de gaz. Ces propriétés sont en général celles de tous les corps poreux.

Dans la filtration du jus, nous avons surtout affaire aux matières colorantes, à l'albumine végétale et à un excès de chaux. Ces matières sont absorbées par le noir avec facilité. L'élément qui, dans le noir, exerce cette action puissante est évidemment le carbone ; car si l'on porte jusqu'à la chaleur tout à fait blanche, non seulement la surface des grains du noir, mais encore ses particules les plus centrales, celui-ci ne possède plus aucune trace de pouvoir décolorant.

Quoique le carbone soit l'élément décolorant par excellence il y a cependant dans le noir une autre substance qui exerce une influence très marquée sur la filtration : c'est le carbonate de chaux. Ce corps est extrêmement utile pour neutraliser la petite proportion d'acide

libre, notamment de l'acide lactique et d'autres acides formés dans les liqueurs étendues d'eau pendant le lavage du noir par la fermentation qui s'y développe toujours. Par cette raison, un noir qui a été dépouillé de la totalité ou de la presque totalité de son carbonate de chaux est un noir à rejeter. Ces liqueurs acides peuvent survenir lorsque la proportion de carbonate de chaux tombe au-dessous de $2\frac{1}{2}\%$. De là une limite à la revivification du noir.

Filtration mécanique. — On a cherché dans ces derniers temps à remplacer le noir par un agent plus économique; c'est ainsi qu'on trouve en Allemagne la filtration au sable au moyen du filtre Mayer. Mais ces essais n'ont donné que des résultats médiocres.

On a alors cherché à remplacer l'emploi du noir par des filtres mécaniques.

Le grand avantage du noir était d'être un décolorant; mais avec les procédés de carbonatation actuels, on a des jus tellement clairs qu'il est inutile de les décolorer; ce qu'il faut, c'est une filtration.

Or la filtration mécanique, ne nécessitant que l'emploi de toiles filtrantes outre un matériel de peu de valeur, constitue non seulement une grande économie, mais encore écarte une cause d'ennuis et de tracas dans les opérations journalières de la fabrication.

Dès la campagne 1884-85 un grand nombre d'usines ont travaillé sans noir. On a réussi également dans les fabriques marchant à la diffusion et notamment dans celle de M. Mercier à Bresles (Oise), qui n'emploie plus de noir depuis près de quatre ans et qui obtient, malgré cette suppression, de très beaux sucres de premier et de second jet.

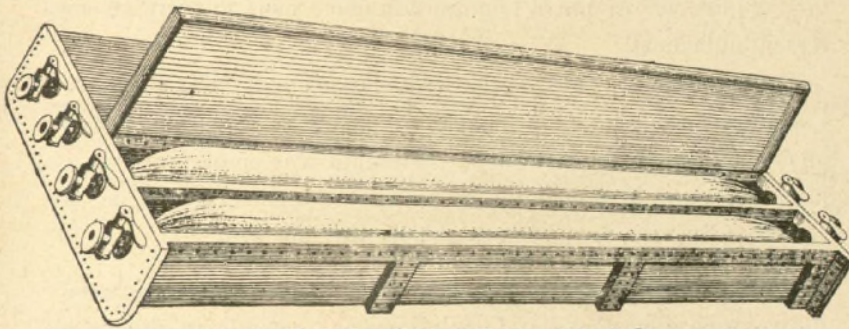
Cet exemple a surtout été suivi par les fabricants de Belgique et de Hollande et tous ont été satisfaits des résultats. Aussi, ne tardera-t-on pas à abandonner l'usage du noir pour la filtration mécanique.

L'économie est considérable et varie de 0 fr. 25 à 2 fr. 50 % kg.

de betteraves, suivant l'importance de l'usine et la quantité de noir usée et la nature des jus.

On remplace la filtration sur le noir par une filtration physico-mécanique à travers des tissus disposés dans des appareils spéciaux parmi lesquels nous citerons les poches Puvrez, et les filtres perfectionnés du même inventeur ou osmo-filtres.

Poches Puvrez. — La filtration par poches s'effectue dans un long bac divisé en quatre compartiments ou auges en toile métallique. Des poches d'un tissu spécial sont déposées dans ces auges et maintenues dans une position déterminée sur une surface à claire-voie (Fig. 54). Chaque poche est attachée par ses deux extrémités, d'un côté à un premier avant-bout communiquant à une soupape d'entrée des jus et de l'autre à un second avant-bout relié à une soupape d'évacuation des matières troubles. On ménage une légère pente aux auges de façon à ce que la vidange puisse être complète.



BAC-FILTRE CLOS

Fig. 54.

En marche, la soupape d'entrée seule est ouverte. Les liquides pénètrent dans la poche, traversent le tissu en lui abandonnant toutes leurs impuretés mécaniques et s'écoulent par la tubulure ménagée au fond du bac.

Lorsqu'il s'agit de procéder au changement des poches, il suffit de fermer la soupape d'entrée et d'ouvrir la soupape d'évacuation

par où les parties troubles s'écoulent vers le bac des écumes. La poche se vide parfaitement en quelques instants et l'ouvrier n'a plus à remuer qu'un bout de tissu d'une manipulation facile. Le remplacement des poches se fait sans peine et en un temps très court.

Le bac-filtre est muni d'un système de fermeture consistant en portes que l'on ouvre pour la manœuvre des poches et que l'on tient fermées pendant que l'appareil fonctionne. Toute la buée qui se dégage des jus se trouve ainsi concentrée dans le bac et la perte de chaleur devient insignifiante.

Ce filtre ainsi agencé peut effectuer la filtration de 3000 hectolitres environ de jus par jour.

De nombreuses applications de cet appareil ont été faites en France dès 1882. Nous mentionnerons notamment celles faites par MM. Lefranc et C^{ie} à Flavy-le-Martel (Aisne) et M. le marquis d'Havrincourt, à Havrincourt où les résultats obtenus ont été très satisfaisants. Les sirops filtrés par cette méthode sont naturellement un peu plus colorés que si l'on usait du noir ; mais le sucre ne s'en ressent nullement.

Dans certaines usines, parmi lesquelles celle de MM. Macarez, à Capelle, on a fait simultanément usage du noir et des poches Puvrez, en diminuant sensiblement la proportion du noir employée et on n'a remarqué dans le travail du jus aucune différence, la cuite se faisant dans les mêmes conditions qu'avec du noir seul.

Filtre perfectionné Puvrez. — Le filtre mécanique ou osmo-filtre a assez bien l'aspect d'un osmogène ; mais il en diffère par la façon dont les courants sont établis et dont les surfaces filtrantes sont réparties. Les cadres sont divisés dans le sens de leur largeur en deux compartiments inégaux dont l'une a une surface double de l'autre. Une cloison verticale de largeur suffisante sépare les deux compartiments et empêche toute communication entre eux.

Les liquides arrivent à la partie inférieure du filtre dans un premier canal distributeur A (Fig. 55) et par un conduit ménagé dans l'épaisseur du bois ils sont introduits dans l'intérieur des cadres de

rang pair. Ce premier canal distributeur n'a pas de communication avec les cadres de rang impair, mais au contraire ces derniers sont reliés avec un autre canal ménagé à la partie supérieure B.

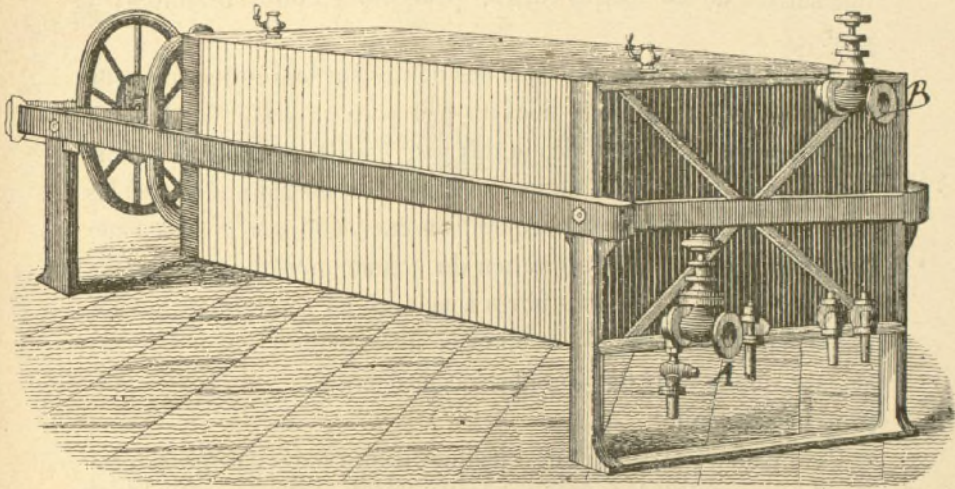


Fig. 55.

Les liquides arrivent dans les cadres pairs, c'est-à-dire dans une capacité ayant les toiles filtrantes pour parois et à laquelle ils ne trouvent point d'issue : Ils doivent donc traverser les tissus pour se rendre dans les cadres impairs et arriver à l'orifice ménagé à ceux-ci vers le deuxième canal supérieur où ils se retrouvent en mélange après avoir subi une première filtration à travers les toiles du plus grand compartiment.

Par un tuyau placé à l'extérieur du filtre, ils sont repris et ramenés au bas du plus petit compartiment dans lequel ils subissent une seconde opération par une marche analogue à celle qui vient d'être exposée. Finalement les liquides viennent sortir à la partie supérieure de l'appareil.

Ces deux espèces de filtre mécanique peuvent servir simultanément à la filtration. En outre, quand on fait usage de la filtration mécanique pour les sirops, il faut avoir deux jeux de filtres servant

l'un au jus, l'autre au sirop ; le nombre de filtres à sirop étant à peu près les deux tiers du nombre des filtres à jus.

On admet qu'un osmo-filtre de 51 cadres, c'est-à-dire présentant une surface de 23 mètres carrés, peut filtrer 2000 hectolitres par jour.

Quelques fabricants ont émis des doutes sur les résultats de cette filtration mécanique. Cela tient un peu à ce qu'il faut modifier la carbonatation et le titre alcalin des jus, c'est-à-dire que si le noir dont on fait usage absorbe une certaine dose d'alcalinité et que les jus et les sirops se travaillent bien dans ces conditions, il est de toute nécessité de pousser la saturation du jus au même point d'alcalinité que les jus sortant des filtres à noir. Si au contraire les jus ont une même alcalinité avant et après la filtration sur le noir, il est évident que le point de saturation ne changera pas, si on revient à supprimer le noir.

C'est pour cette raison que quelques usines n'ont pas réussi lorsqu'elles ont essayé de supprimer le noir.

Par exemple, si les jus ont comme alcalinité 0,50 exprimé en chaux, potasse, etc., avant la filtration et 0,35 après la filtration, le noir a absorbé 0,15 d'alcalinité calcaire. Donc il faut pousser la saturation jusqu'à 0,35 si on filtre le jus mécaniquement sans le noir.

V.

Evaporation et concentration du jus. — Cristallisation et égouttage.

Le jus purifié par carbonatation et filtration doit être fortement concentré pour que le sucre dissout puisse cristalliser.

Cette concentration se fait en deux fois : le jus est d'abord réduit à environ le quart de son volume primitif pour être transformé en sirop. Cette première opération est appelée évaporation ou concentration du jus.

Le sirop subit une nouvelle filtration, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent et est de nouveau concentré jusqu'au point de cristallisation du sucre. On nomme cette seconde phase la cuite du sirop.

100 kilog. de jus fournissent en moyenne 26 kilog. de sirop par l'évaporation de 74 kilog. d'eau et ces 26 kilog. de sirop se réduisent par la cuite à 14 kilog. de masse cuite cristallisée.

Dans les débuts de la sucrerie, la concentration du jus se faisait à air libre et à feu nu. Mais vers 1825, le chauffage à la vapeur, plus économique et moins dangereux, remplaça partout le chauffage à feu nu.

On se servait de grandes chaudières cylindriques à fond plat avec cône évasé supérieur et cheminées analogues à celles qui servent aujourd'hui pour la concentration des égouts ; l'évaporation se faisait à l'air libre et, par conséquent, sous la pression atmosphérique,

on reconnut bientôt que dans ces conditions la température d'ébullition, surtout des sirops de plus en plus concentrés, était trop élevée, circonstance qui donnait lieu à la coloration du liquide en brun et à la transformation du sucre cristallisable en incristallisable.

En outre la dépense en combustible était très considérable.

Pelletan avait proposé, avant 1840, un autre mode d'évaporation qui consiste à aspirer, au moyen d'une pompe, la vapeur qui se produit dans une chaudière fermée et à la comprimer dans un double fond de manière à élever sa température de plusieurs degrés; cette vapeur se condense donc peu à peu en en produisant de la nouvelle dans la chaudière.

L'eau de condensation est alors abandonnée à 400°; partant de ce principe, la dépense pour évaporer 4 kilog. d'eau serait seulement de 100 unités, au lieu de 650 que dépenserait la vapeur non comprimée, et avec 4 kilog. de vapeur venant d'un générateur on pourrait évaporer 6 kilog. 5 d'eau.

Pelletan a aussi proposé de produire la dilatation dans la chaudière et la compression de la vapeur dans le double fond par un jet de vapeur; mais les essais ne donnèrent pas de résultats satisfaisants; on dut les abandonner.

Depuis quelques années on avait eu l'idée de recourir à la concentration dans le vide, où l'ébullition a lieu à une température assez basse pour qu'on n'ait plus à craindre une altération du sucre; de plus la différence des températures de la vapeur et du liquide étant plus considérable, on a l'avantage d'obtenir, à surface de chauffe égale, plus d'effet utile et, par conséquent, une concentration plus rapide.

Les premières chaudières à évaporation dans le vide furent construites en 1812, par Howard.

Son appareil servait d'abord à cuire les sirops. On y cuisait avec de la vapeur à basse pression; la chaudière était munie d'une pompe à air, et la condensation se faisait par injection.

Mais les fabricants et raffineurs français trouvaient alors l'appar-

reil trop compliqué et ne voulaient pas entendre parler de la pompe à air comme de toute machine à vapeur qui les effrayait.

Alors Roth imagina de remplacer la pompe à air d'Howard, par une grande chambre dans laquelle on faisait le vide en l'emplissant de vapeur et l'abandonnant à la condensation. C'est au moyen de cette chambre que l'on faisait le vide dans la chaudière à cuire et lorsque le vide devenait trop faible après quelque temps de travail on arrêtait la cuite et on remplissait la chambre de vapeur pour condenser de nouveau.

A peu près à la même époque, Degrand imagina un serpentin pour condenser les vapeurs des chaudières à évaporer et à cuire. Cet appareil fut, le premier, établi en France à la fabrique de sucre Hamoir, à Saultain, en 1835.

La même année, c'est-à-dire en 1835, le même montage avait lieu à la fabrique Harpignies, Blanquet et C^{ie}, à Famars.

L'appareil de Degrand était à double effet à air libre et dura peu. Passé aujourd'hui à l'état d'antiquité dans les fabriques, il était composé d'une chaudière autoclave et d'un jeu double de tuyaux horizontaux sur lesquels coulait le jus à évaporer, de quelques pompes et d'une petite machine oscillante d'un cheval. La condensation des vapeurs se faisait au moyen du jus qui tombait sur les tuyaux chauds, en plein air, et il se formait dans ces conditions de telles quantités de glucose qu'on dut l'abandonner.

On savait déjà depuis longtemps toute l'économie que procure l'évaporation à effet multiple : mais jusqu'en 1843, on n'avait jamais fait l'évaporation à effet multiple que sous pression, le dernier effet étant à air libre.

Le premier qui eût l'idée de joindre l'effet multiple à l'évaporation en vase clos sous le vide, c'est M. Rillieux qui non seulement a inventé l'appareil à triple effet, mais en a imaginé la forme. C'est à lui qu'on doit les chaudières tubulaires qui n'avaient jamais été employées.

Triple effet à faisceaux tubulaires. — L'appareil le plus

employé aujourd'hui se compose de trois chaudières A B C verticales de même hauteur. L'intérieur de chacune de ces chaudières (fig. 56) est partagé par deux cloisons horizontales en trois compar-

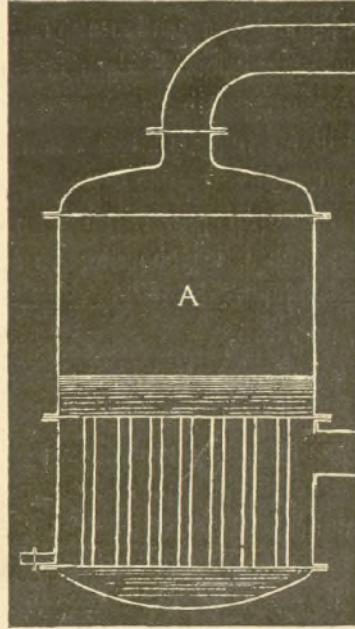


Fig. 56.

timents inégaux, celui du bas communiquant avec celui du haut par 60 ou 80 tubes verticaux adaptés aux deux cloisons et au moyen desquels le jus à évaporer peut circuler d'un compartiment à l'autre. Le compartiment moyen sert de réservoir pour la vapeur qui doit chauffer les chaudières. La première chaudière est chauffée par de la vapeur d'échappement venant des machines de la fabrique, et qui, après avoir circulé autour du faisceau tubulaire sort condensée par la partie inférieure. Dans cette première chaudière, la pression atmosphérique est abaissée d'un quart à peu près, c'est-à-dire que l'indicateur du vide marque environ $7 \frac{1}{2}$ pouces ou 20 centimètres de mercure et l'ébullition a lieu vers 86° .

les tuyaux verticaux ou cornues et en prenant soin de retourner plusieurs fois le noir à l'aide d'une pelle.

Un des fours les mieux compris et le plus employé est le four Schreiber.

Le séchoir se compose de deux rangées verticales de tuyaux en fonte placées de chaque côté d'une chambre supérieure chauffée par les produits de la combustion du foyer avant leur départ par la cheminée.

Ces tuyaux offrent une disposition toute particulière : leurs surfaces internes et externes sont ondulées, et de plus, la surface externe est munie d'ouvertures disposées en forme de persiennes de prison de manière à ce que les vapeurs d'eau et de gaz s'échappent par ces ouvertures sans que le noir puisse sortir du tuyau.

Les ondulations ont pour but, que le noir, au fur et à mesure qu'on le retire du dessous, descende par couches uniformes, et qu'ainsi les mêmes grains restant toujours près des parois chauffées soient mieux séchés que ceux qui occupent le centre.

Les cornues sont en fonte et ondulées, pour la même raison que ci-dessus. Elles sont en plusieurs pièces, s'embottant l'une dans l'autre et pourvues de fourreaux en terre réfractaire, pour les protéger contre les coups de feu. Ces cornues, avec leurs fourreaux, sont maintenues en place, d'une part par des languettes régulièrement espacées qui viennent se loger dans une rainure réservée derrière les cornues et scellées dans la grosse maçonnerie du four, d'autre part, sur le devant des fourneaux par des traverses d'écartement également en terre réfractaire. La fig. 51, montre bien ces dispositions.

En outre les produits de la combustion, en sortant de la chambre à feu, s'élèvent par un carneau vertical, puis cheminent horizontalement pour pénétrer au centre de la chambre de chauffe du séchoir. Au-dessus de ce débouché du carneau, se trouve une cloison horizontale qui laisse à ses extrémités seulement deux espaces libres afin de forcer le gaz chaud à séjourner dans la chambre avant de gagner

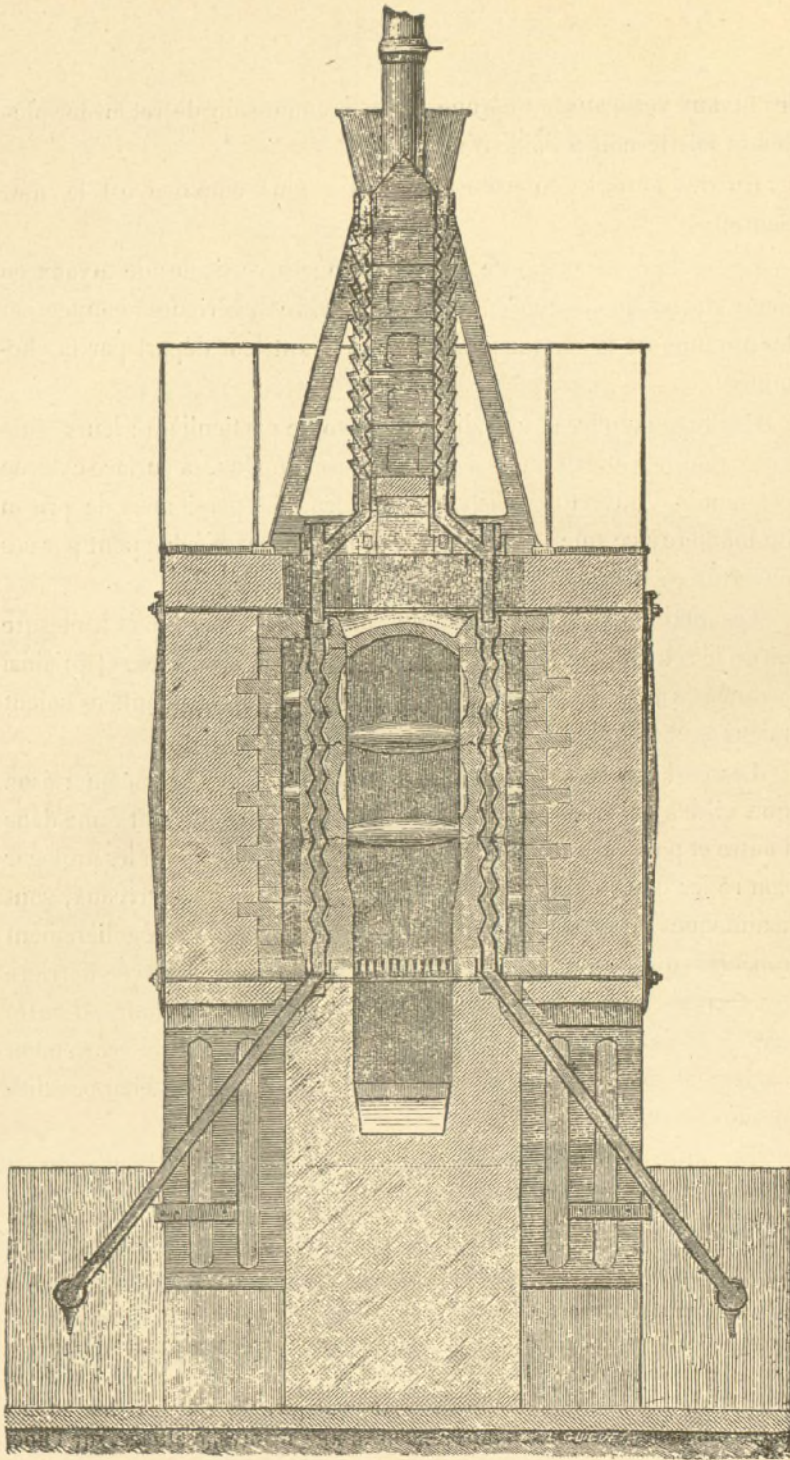


Fig. 51. -- Coupe verticale du four à revivifier le noir animal, système Schreiber.

la cheminée. L'orifice de celle-ci est d'ailleurs calculée de manière que l'écoulement du gaz chaud soit ralenti et que l'on obtienne ainsi un effet utile plus considérable.

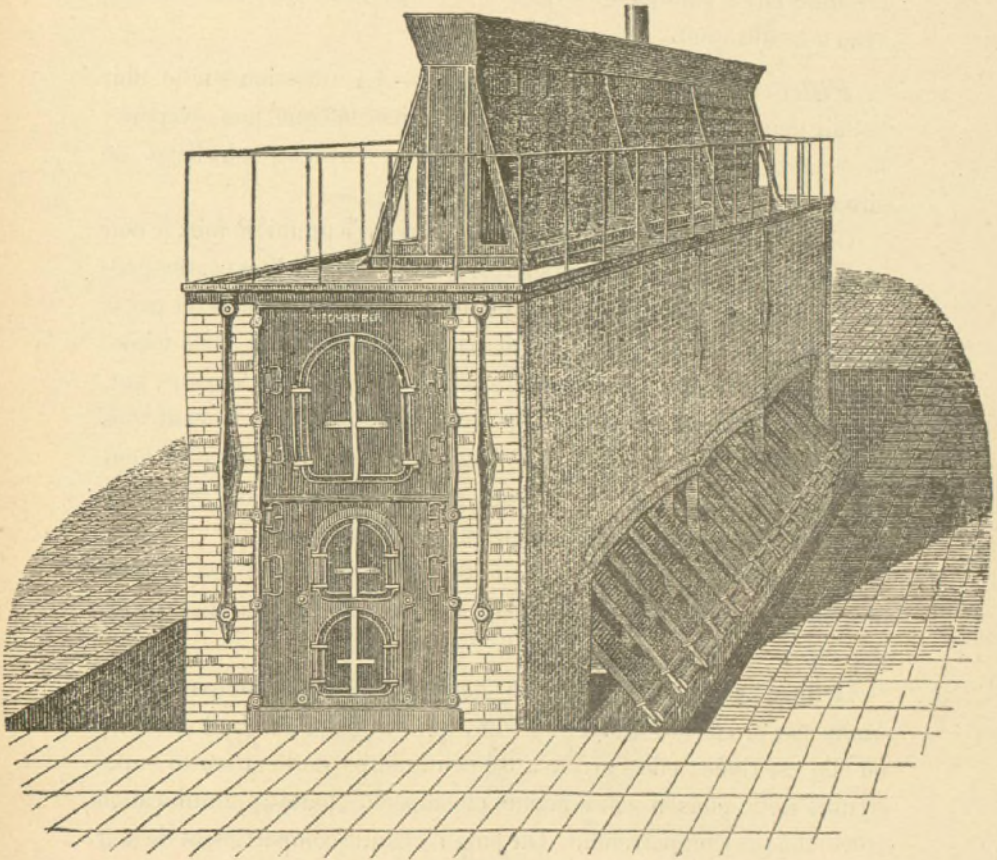


Fig. 52. — Four Schreiber (Vue complète).

Il en est de même pour l'entrée de l'air sur la grille où l'on brûle du coke et la sortie des gaz produits de la combustion. Arrivé au bas des cornues de cuisson, après avoir cheminé toujours par l'effet des décharges successives, le noir passe dans les tuyaux inclinés que l'on aperçoit sur les côtés du four et qui servent de refroidisseurs.

Le noir animal ainsi calciné ou revivifié, a besoin, avant d'être propre à servir au chargement des filtres, d'être soumis à un nouveau blutage qui opère la séparation de la poudre produite pendant ces différentes manipulations. C'est ainsi préparé qu'il sert de nouveau à la filtration.

Filtration sur le noir animal. — La filtration sur le noir se fait deux fois ; la première fois avec le jus déféqué non évaporé ; la seconde fois avec le jus déjà évaporé et concentré à l'état de sirop.

C'est en 1828 que Dumont fit servir, pour la première fois, le noir en grains à la filtration des jus sucrés. Il se servit de petites caisses prismatiques ayant 0^m,80 à 1^m de hauteur, 1^m de côté dans la partie supérieure et 0^m,50 à 0^m,60 dans la partie inférieure. On a totalement modifié cette forme de filtre, et on en construit aujourd'hui, d'après beaucoup de modèles ; mais, règle générale, ils sont tous cylindriques, pour être d'un nettoyage facile, et sont tous plus haut que large, afin de prolonger le contact du jus avec le noir, le jus ou le sirop arrivant par le haut et sortant par le bas.

Un filtre d'une manœuvre facile et d'un grand effet est le filtre proposé par M. Vivien et dont nous allons donner la description (fig. 53).

Le filtre est divisé, suivant sa hauteur, en deux compartiments égaux par la cloison diamétrale MM, qui va jusqu'au fond du filtre où elle est rivée ; elle s'arrête à 30 centimètres de l'extrémité supérieure. Cette cloison est étanche et empêche toute communication entre chaque compartiment. On emplit chaque compartiment de noir à 10 centimètres en contre-bas du bord supérieur de la cloison.

Les sirops ou les jus arrivent des réservoirs supérieurs par l'un des tuyaux J, S, se réunissant en un seul et débouchant sous le faux fond. Ils traversent la couche de noir de bas en haut, se déversent dans le compartiment voisin et le traversent de haut en bas pour déboucher dans le tuyau U et remonter par le siphon ZZ

La partie supérieure du col de cygne porte une éprouvette pour

le contrôle permanent de la densité et diriger les liquides vers l'un des deux tuyaux A ou B qui vont à l'évaporation ou à la cuite.

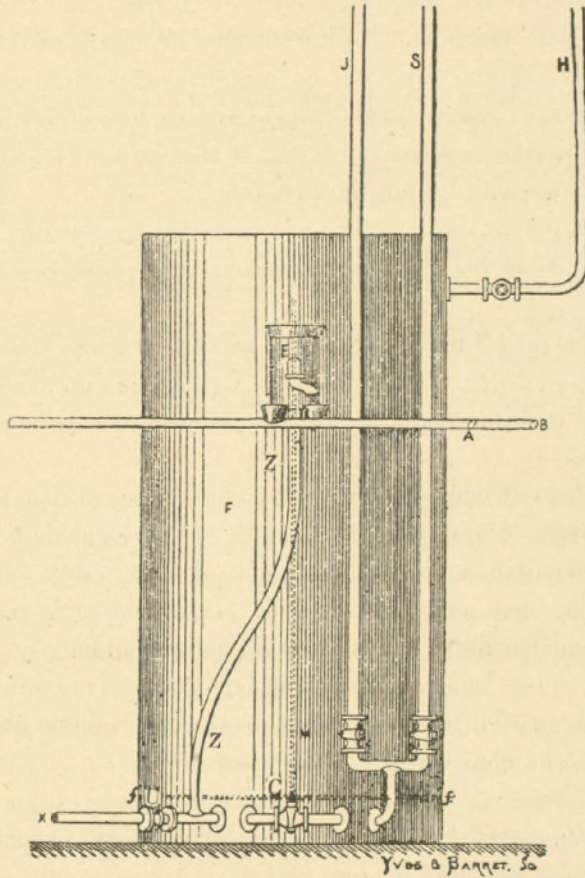


Fig. 53.

Le dégraissage se fait en établissant la communication entre ces deux compartiments par le tuyau C, et en faisant arriver l'eau par le tuyau H à la partie supérieure du noir.

L'écoulement des eaux de dégraissage se fait par le tuyau collecteur X.

Pour le service de ce filtre, il faut deux trous d'homme ; un pour

chaque compartiment. Avec les filtres ordinaires on filtre d'abord des jus provenant des appareils d'évaporation sur le noir frais ; puis on fait arriver le jus qui chasse le sirop et continue d'épuiser le noir. Mais avec cette disposition de filtre, il est préférable de marcher avec filtres isolés à jus et à sirop, car on a difficilement entraînement du sirop du premier compartiment dans le second, le jus étant plus léger que le sirop, et le déplacement devant se faire de bas en haut, c'est-à-dire à contre-sens des lois de la pesanteur.

Ce filtre permet de disposer un volume de noir sur une hauteur double en réalité du chemin que parcourt le liquide dans un filtre ordinaire.

Un même filtre à noir sert pendant un laps de temps très variable pour la filtration des sirops et des jus. Cela dépend du mode de travail adopté et de la proportion de noir employé par mille kilogs de betteraves.

En France, on emploie généralement 50 kg. de noir par 1000 kg. de betteraves, ce qui pour un travail de 200,000 kg. de betteraves par jour constitue une quantité de noir à peu près égale à 10,000 k. il est facile, dès lors, de calculer le nombre d'heures que devra marcher chaque filtre. En supposant qu'un seul filtre faisant tout le travail puisse contenir 2,500 kg. de noir, il faudra donc faire quatre filtres en vingt-quatre heures, c'est-à-dire que ce filtre devra être chargé de nouveau noir toutes les six heures.

Chargement d'un filtre. — Charger un filtre s'appelle bâtir un filtre.

Voici comment on doit opérer :

Le filtre est d'abord lavé, passé même à l'eau faiblement chaulée. On met ensuite au fond, sur la tôle perforée, une toile de surface double de la section du cylindre et un ouvrier fait le fond en mettant du noir neuf et mouillé de la circonférence ; puis il rabat les bords de la toile sur ce noir et il le tasse. Il fait en un mot un joint pour empêcher le jus de se frayer un chemin sur la circonférence du filtre

et le forcer à traverser la couche de noir uniformément. On charge ensuite le filtre en ayant soin de mettre d'abord une certaine quantité de noir neuf, puis le noir révivifié jusqu'à hauteur déterminée. On livre ensuite le filtre au travail.

Dégraissage. — Quand un filtre est usé, avant de le débâter il faut le dégraisser. Pour cela, on arrête l'arrivée du jus, et on y fait couler de l'eau chaude ou froide qui enlève le sucre retenu dans les pores du noir.

Mais il y a une limite au dégraissage, car lorsque l'on fait passer trop d'eau, le noir cède alors non seulement son sucre, mais encore une partie des impuretés qu'il a absorbées; et il est préférable, dans ce cas, d'arrêter le dégraissage avant qu'il ne s'attaque aux impuretés. On débâtit ensuite le filtre pour le charger de nouveau de noir frais.

Rôle du noir animal. — Le charbon d'os du noir animal se fait surtout remarquer par ses propriétés absorbantes et décolorantes. Il absorbe de leurs dissolutions, non seulement les matières organiques colorantes ou autres, mais encore les matières minérales solubles telles que les sels de potasse, de chaux et de gaz. Ces propriétés sont en général celles de tous les corps poreux.

Dans la filtration du jus, nous avons surtout affaire aux matières colorantes, à l'albumine végétale et à un excès de chaux. Ces matières sont absorbées par le noir avec facilité. L'élément qui, dans le noir, exerce cette action puissante est évidemment le carbone; car si l'on porte jusqu'à la chaleur tout à fait blanche, non seulement la surface des grains du noir, mais encore ses particules les plus centrales, celui-ci ne possède plus aucune trace de pouvoir décolorant.

Quoique le carbone soit l'élément décolorant par excellence il y a cependant dans le noir une autre substance qui exerce une influence très marquée sur la filtration: c'est le carbonate de chaux. Ce corps est extrêmement utile pour neutraliser la petite proportion d'acide

libre, notamment de l'acide lactique et d'autres acides formés dans les liqueurs étendues d'eau pendant le lavage du noir par la fermentation qui s'y développe toujours. Par cette raison, un noir qui a été dépouillé de la totalité ou de la presque totalité de son carbonate de chaux est un noir à rejeter. Ces liqueurs acides peuvent survenir lorsque la proportion de carbonate de chaux tombe au-dessous de $2\frac{1}{2}\%$. De là une limite à la revivification du noir.

Filtration mécanique. — On a cherché dans ces derniers temps à remplacer le noir par un agent plus économique; c'est ainsi qu'on trouve en Allemagne la filtration au sable au moyen du filtre Mayer. Mais ces essais n'ont donné que des résultats médiocres.

On a alors cherché à remplacer l'emploi du noir par des filtres mécaniques.

Le grand avantage du noir était d'être un décolorant; mais avec les procédés de carbonatation actuels, on a des jus tellement clairs qu'il est inutile de les décolorer; ce qu'il faut, c'est une filtration.

Or la filtration mécanique, ne nécessitant que l'emploi de toiles filtrantes outre un matériel de peu de valeur, constitue non seulement une grande économie, mais encore écarte une cause d'ennuis et de tracas dans les opérations journalières de la fabrication.

Dès la campagne 1884-85 un grand nombre d'usines ont travaillé sans noir. On a réussi également dans les fabriques marchant à la diffusion et notamment dans celle de M. Mercier à Bresles (Oise), qui n'emploie plus de noir depuis près de quatre ans et qui obtient, malgré cette suppression, de très beaux sucres de premier et de second jet.

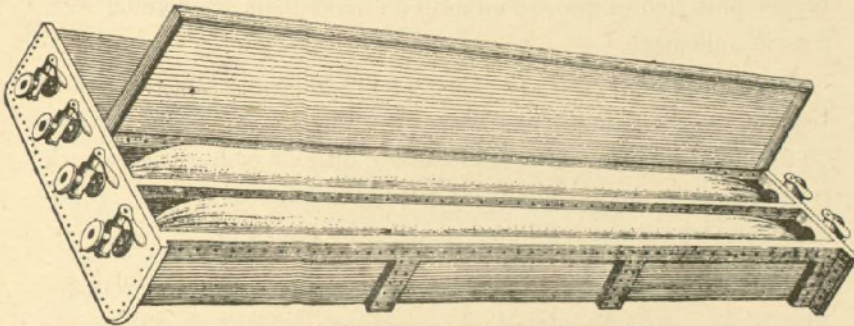
Cet exemple a surtout été suivi par les fabricants de Belgique et de Hollande et tous ont été satisfaits des résultats. Aussi, ne tardera-t-on pas à abandonner l'usage du noir pour la filtration mécanique.

L'économie est considérable et varie de 0 fr. 25 à 2 fr. 50 % kg.

de betteraves, suivant l'importance de l'usine et la quantité de noir usée et la nature des jus.

On remplace la filtration sur le noir par une filtration physico-mécanique à travers des tissus disposés dans des appareils spéciaux parmi lesquels nous citerons les poches Puvrez, et les filtres perfectionnés du même inventeur ou osmo-filtres.

Poches Puvrez. — La filtration par poches s'effectue dans un long bac divisé en quatre compartiments ou auges en toile métallique. Des poches d'un tissu spécial sont déposées dans ces auges et maintenues dans une position déterminée sur une surface à claire-voie (Fig. 54). Chaque poche est attachée par ses deux extrémités, d'un côté à un premier avant-bout communiquant à une soupape d'entrée des jus et de l'autre à un second avant-bout relié à une soupape d'évacuation des matières troubles. On ménage une légère pente aux auges de façon à ce que la vidange puisse être complète.



BAC-FILTRE CLOS

Fig. 54.

En marche, la soupape d'entrée seule est ouverte. Les liquides pénètrent dans la poche, traversent le tissu en lui abandonnant toutes leurs impuretés mécaniques et s'écoulent par la tubulure ménagée au fond du bac.

Lorsqu'il s'agit de procéder au changement des poches, il suffit de fermer la soupape d'entrée et d'ouvrir la soupape d'évacuation

par où les parties troubles s'écoulent vers le bac des écumes. La poche se vide parfaitement en quelques instants et l'ouvrier n'a plus à remuer qu'un bout de tissu d'une manipulation facile. Le remplacement des poches se fait sans peine et en un temps très court.

Le bac-filtre est muni d'un système de fermeture consistant en portes que l'on ouvre pour la manœuvre des poches et que l'on tient fermées pendant que l'appareil fonctionne. Toute la buée qui se dégage des jus se trouve ainsi concentrée dans le bac et la perte de chaleur devient insignifiante.

Ce filtre ainsi agencé peut effectuer la filtration de 3000 hectolitres environ de jus par jour.

De nombreuses applications de cet appareil ont été faites en France dès 1882. Nous mentionnerons notamment celles faites par MM. Lefranc et C^{ie} à Flavy-le-Martel (Aisne) et M. le marquis d'Havrincourt, à Havrincourt où les résultats obtenus ont été très satisfaisants. Les sirops filtrés par cette méthode sont naturellement un peu plus colorés que si l'on usait du noir ; mais le sucre ne s'en ressent nullement.

Dans certaines usines, parmi lesquelles celle de MM. Macarez, à Capelle, on a fait simultanément usage du noir et des poches Puvrez, en diminuant sensiblement la proportion du noir employée et on n'a remarqué dans le travail du jus aucune différence, la cuite se faisant dans les mêmes conditions qu'avec du noir seul.

Filtre perfectionné Puvrez. — Le filtre mécanique ou osmo-filtre a assez bien l'aspect d'un osmogène ; mais il en diffère par la façon dont les courants sont établis et dont les surfaces filtrantes sont réparties. Les cadres sont divisés dans le sens de leur largeur en deux compartiments inégaux dont l'une a une surface double de l'autre. Une cloison verticale de largeur suffisante sépare les deux compartiments et empêche toute communication entre eux.

Les liquides arrivent à la partie inférieure du filtre dans un premier canal distributeur A (Fig. 55) et par un conduit ménagé dans l'épaisseur du bois ils sont introduits dans l'intérieur des cadres de

rang pair. Ce premier canal distributeur n'a pas de communication avec les cadres de rang impair, mais au contraire ces derniers sont reliés avec un autre canal ménagé à la partie supérieure B.

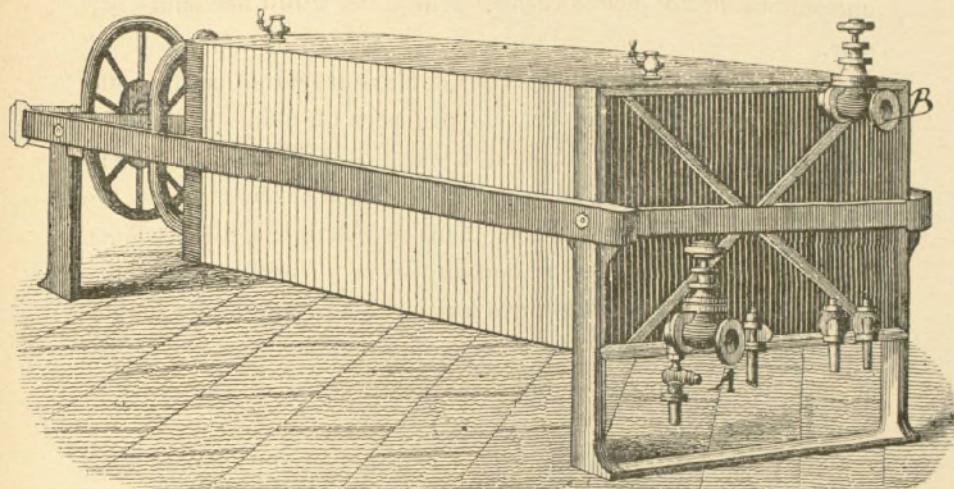


Fig. 55.

Les liquides arrivent dans les cadres pairs, c'est-à-dire dans une capacité ayant les toiles filtrantes pour parois et à laquelle ils ne trouvent point d'issue : Ils doivent donc traverser les tissus pour se rendre dans les cadres impairs et arriver à l'orifice ménagé à ceux-ci vers le deuxième canal supérieur où ils se retrouvent en mélange après avoir subi une première filtration à travers les toiles du plus grand compartiment.

Par un tuyau placé à l'extérieur du filtre, ils sont repris et ramenés au bas du plus petit compartiment dans lequel ils subissent une seconde opération par une marche analogue à celle qui vient d'être exposée. Finalement les liquides viennent sortir à la partie supérieure de l'appareil.

Ces deux espèces de filtre mécanique peuvent servir simultanément à la filtration. En outre, quand on fait usage de la filtration mécanique pour les sirops, il faut avoir deux jeux de filtres servant

l'un au jus, l'autre au sirop ; le nombre de filtres à sirop étant à peu près les deux tiers du nombre des filtres à jus.

On admet qu'un osmo-filtre de 51 cadres, c'est-à-dire présentant une surface de 23 mètres carrés, peut filtrer 2000 hectolitres par jour.

Quelques fabricants ont émis des doutes sur les résultats de cette filtration mécanique. Cela tient un peu à ce qu'il faut modifier la carbonatation et le titre alcalin des jus, c'est-à-dire que si le noir dont on fait usage absorbe une certaine dose d'alcalinité et que les jus et les sirops se travaillent bien dans ces conditions, il est de toute nécessité de pousser la saturation du jus au même point d'alcalinité que les jus sortant des filtres à noir. Si au contraire les jus ont une même alcalinité avant et après la filtration sur le noir, il est évident que le point de saturation ne changera pas, si on revient à supprimer le noir.

C'est pour cette raison que quelques usines n'ont pas réussi lorsqu'elles ont essayé de supprimer le noir.

Par exemple, si les jus ont comme alcalinité 0,50 exprimé en chaux, potasse, etc., avant la filtration et 0,35 après la filtration, le noir a absorbé 0,15 d'alcalinité calcaire. Donc il faut pousser la saturation jusqu'à 0,35 si on filtre le jus mécaniquement sans le noir.

V.

Evaporation et concentration du jus. — Cristallisation et égouttage.

Le jus purifié par carbonatation et filtration doit être fortement concentré pour que le sucre dissout puisse cristalliser.

Cette concentration se fait en deux fois : le jus est d'abord réduit à environ le quart de son volume primitif pour être transformé en sirop. Cette première opération est appelée évaporation ou concentration du jus.

Le sirop subit une nouvelle filtration, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent et est de nouveau concentré jusqu'au point de cristallisation du sucre. On nomme cette seconde phase la cuite du sirop.

100 kilog. de jus fournissent en moyenne 26 kilog. de sirop par l'évaporation de 74 kilog. d'eau et ces 26 kilog. de sirop se réduisent par la cuite à 14 kilog. de masse cuite cristallisée.

Dans les débuts de la sucrerie, la concentration du jus se faisait à air libre et à feu nu. Mais vers 1825, le chauffage à la vapeur, plus économique et moins dangereux, remplaça partout le chauffage à feu nu.

On se servait de grandes chaudières cylindriques à fond plat avec cône évasé supérieur et cheminées analogues à celles qui servent aujourd'hui pour la concentration des égouts ; l'évaporation se faisant à l'air libre et, par conséquent, sous la pression atmosphérique,

on reconnut bientôt que dans ces conditions la température d'ébullition, surtout des sirops de plus en plus concentrés, était trop élevée, circonstance qui donnait lieu à la coloration du liquide en brun et à la transformation du sucre cristallisable en incristallisable.

En outre la dépense en combustible était très considérable.

Pelletan avait proposé, avant 1840, un autre mode d'évaporation qui consiste à aspirer, au moyen d'une pompe, la vapeur qui se produit dans une chaudière fermée et à la comprimer dans un double fond de manière à élever sa température de plusieurs degrés; cette vapeur se condense donc peu à peu en en produisant de la nouvelle dans la chaudière.

L'eau de condensation est alors abandonnée à 400°; partant de ce principe, la dépense pour évaporer 1 kilog. d'eau serait seulement de 100 unités, au lieu de 650 que dépenserait la vapeur non comprimée, et avec 4 kilog. de vapeur venant d'un générateur on pourrait évaporer 6 kilog. 5 d'eau.

Pelletan a aussi proposé de produire la dilatation dans la chaudière et la compression de la vapeur dans le double fond par un jet de vapeur; mais les essais ne donnèrent pas de résultats satisfaisants; on dut les abandonner.

Depuis quelques années on avait eu l'idée de recourir à la concentration dans le vide, où l'ébullition a lieu à une température assez basse pour qu'on n'ait plus à craindre une altération du sucre; de plus la différence des températures de la vapeur et du liquide étant plus considérable, on a l'avantage d'obtenir, à surface de chauffe égale, plus d'effet utile et, par conséquent, une concentration plus rapide.

Les premières chaudières à évaporation dans le vide furent construites en 1842, par Howard.

Son appareil servait d'abord à cuire les sirops. On y cuisait avec de la vapeur à basse pression; la chaudière était munie d'une pompe à air, et la condensation se faisait par injection.

Mais les fabricants et raffineurs français trouvaient alors l'appar-

reil trop compliqué et ne voulaient pas entendre parler de la pompe à air comme de toute machine à vapeur qui les effrayait.

Alors Roth imagina de remplacer la pompe à air d'Howard, par une grande chambre dans laquelle on faisait le vide en l'emplissant de vapeur et l'abandonnant à la condensation. C'est au moyen de cette chambre que l'on faisait le vide dans la chaudière à cuire et lorsque le vide devenait trop faible après quelque temps de travail on arrêtait la cuite et on remplissait la chambre de vapeur pour condenser de nouveau.

A peu près à la même époque, Degrand imagina un serpentín pour condenser les vapeurs des chaudières à évaporer et à cuire. Cet appareil fut, le premier, établi en France à la fabrique de sucre Hamoir, à Saultain, en 1835.

La même année, c'est-à-dire en 1835, le même montage avait lieu à la fabrique Harpignies, Blanquet et C^{ie}, à Famars.

L'appareil de Degrand était à double effet à air libre et dura peu. Passé aujourd'hui à l'état d'antiquité dans les fabriques, il était composé d'une chaudière autoclave et d'un jeu double de tuyaux horizontaux sur lesquels coulait le jus à évaporer, de quelques pompes et d'une petite machine oscillante d'un cheval. La condensation des vapeurs se faisait au moyen du jus qui tombait sur les tuyaux chauds, en plein air, et il se formait dans ces conditions de telles quantités de glucose qu'on dut l'abandonner.

On savait déjà depuis longtemps toute l'économie que procure l'évaporation à effet multiple : mais jusqu'en 1843, on n'avait jamais fait l'évaporation à effet multiple que sous pression, le dernier effet étant à air libre.

Le premier qui eût l'idée de joindre l'effet multiple à l'évaporation en vase clos sous le vide, c'est M. Rillieux qui non seulement a inventé l'appareil à triple effet, mais en a imaginé la forme. C'est à lui qu'on doit les chaudières tubulaires qui n'avaient jamais été employées.

Triple effet à faisceaux tubulaires. — L'appareil le plus

employé aujourd'hui se compose de trois chaudières A B C verticales de même hauteur. L'intérieur de chacune de ces chaudières (fig. 56) est partagé par deux cloisons horizontales en trois compar-

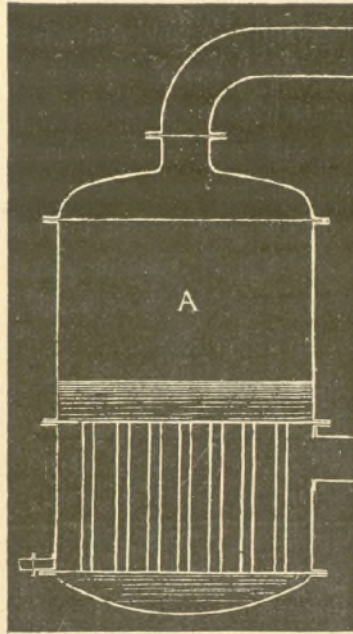


Fig. 56.

timents inégaux, celui du bas communiquant avec celui du haut par 60 ou 80 tubes verticaux adaptés aux deux cloisons et au moyen desquels le jus à évaporer peut circuler d'un compartiment à l'autre. Le compartiment moyen sert de réservoir pour la vapeur qui doit chauffer les chaudières. La première chaudière est chauffée par de la vapeur d'échappement venant des machines de la fabrique, et qui, après avoir circulé autour du faisceau tubulaire sort condensée par la partie inférieure. Dans cette première chaudière, la pression atmosphérique est abaissée d'un quart à peu près, c'est-à-dire que l'indicateur du vide marque environ $7 \frac{1}{2}$ pouces ou 20 centimètres de mercure et l'ébullition a lieu vers 86° .

une dissolution saturée de sucre qui retient toutes les matières étrangères et qu'on appelle mélasse. Cette mélasse constitue un sirop d'égout dont on retire encore du sucre par une cristallisation lente ou par un traitement chimique ou mécanique dont nous nous occuperons ultérieurement.

La cuite n'est autre chose qu'une concentration du sirop suffisante pour l'amener au point de cristallisation du sucre.

La cuite du sirop a passé par les mêmes phases que l'évaporation ; on opéra d'abord à feu nu et à air libre, c'est-à-dire à une haute température, mais on remarqua que les matières organiques, par l'effet de cette concentration à température trop élevée, étaient carbonisées, et qu'en outre, le sucre subissait la caramélisation, c'est-à-dire la transformation en sucre brûlé et incristallisable.

On chauffa ensuite à la vapeur, toujours à air libre dans des bassines avec cheminée, analogues aux bassines à évaporer.

Le sirop amené au point de cuite était envoyé dans de grands bacs appelés emplis et abandonné au repos pour que, grâce à un refroidissement partiel, il put céder son sucre par cristallisation.

On obtenait alors des blocs solides qu'on appelait masse cuite.

Cuite en grains. — Quoique moins sujette à brûler les matières organiques et à provoquer la caramélisation, cette méthode donna lieu à des recherches nombreuses pour éviter la dépense considérable de combustible qu'elle nécessitait.

Degrés de la cuite. — A air libre, sous la pression atmosphérique, c'est-à-dire sous une pression de mercure de 0^m76 , le sirop entre en ébullition à la température de 112 à 114^o .

Dans le vide partiel, sous la pression de 0^m30 de mercure ou 44 pouces, c'est-à-dire, sous l'influence d'un vide de 46 centimètres ou 47 pouces, l'ébullition du sirop se produit à la température de 80^o environ.

Ces températures sont celles que l'on constate sur le sirop amené au filet.

Pour nous faire comprendre, avant de parler de la cuite dans le vide, nous allons donner quelques explications sur les moyens permettant de se rendre compte du point de cuite.

Le moyen le plus généralement adopté et le plus pratique est la preuve.

Il y a la preuve au filet, au crochet faible, au crochet fort, au soufflé léger, au soufflé fort.

Le sirop est dit amené au filet lorsqu'une goutte du liquide chaud, mise entre le pouce et l'index, s'allonge en un petit fil délié lorsqu'on écarte les doigts brusquement.

La preuve au crochet consiste à donner aux deux doigts entre lesquels se trouve le sirop un mouvement de bascule contraire ; si le filet se rompt difficilement et qu'en rapprochant les doigts il forme tire bouchon, c'est le crochet fort ; le crochet faible est l'intermédiaire entre le filet et le crochet fort. Quant à la preuve au soufflé, on l'obtient en trempant dans le sirop bouillant une écumoire qu'on secoue vivement après l'avoir retirée ; on souffle ensuite à travers les trous, et suivant qu'il se détache un petit nombre de bulles, semblables aux bulles de savon, ou un grand nombre, on a la preuve au soufflé léger ou au soufflé fort.

Appareil à cuire. — Nous ne ferions que nous répéter si nous donnions les origines de la cuite dans le vide ou cuite en grains. Basée sur le même principe que l'évaporation dans le vide, à cette exception près, qu'elle emploie de la vapeur des générateurs ; la première idée de la cuite dans le vide vient de Howard, et cette idée a subi dans la suite les mêmes transformations que celles qui ont présidé aux différentes phases de l'évaporation.

Il n'y a pas longtemps que l'appareil à cuire n'était destiné qu'à donner au sirop un degré de concentration plus élevé de manière que par le refroidissement la masse laissât déposer les cristaux de sucre qu'elle contenait, comme cela se pratiquait dans la cuite à air libre.

Quelques fabricants français, entre autres M. Lallouette de Bar-

berie, cherchèrent à produire la cristallisation dans l'appareil même où s'opère la cuite. La cristallisation s'opérant dans l'appareil à une température sensiblement constante et relativement élevée, 80°, température qui facilite non seulement la formation, mais aussi le grossissement des cristaux, et le refroidissement de la masse cuite sortant de l'appareil étant très lent, la mélasse englobée dans les molécules devait être assez fluide pour ne pas résister au turbinage.

L'expérience donna raison et on obtient aujourd'hui des cristaux d'une pureté et d'une netteté parfaites, pouvant avoir plusieurs millimètres de côté avec plus ou moins d'épaisseur.

Il suffisait, pour obtenir ces cristaux, d'amener le sirop en le cuisant à une température plus élevée que celle que l'on doit avoir sous une pression déterminée.

Tel fut le principe de la cuite en grains.

L'appareil à cuire dans le vide est une grande chaudière cylindrique verticale, analogue aux chaudières d'évaporation et terminée par deux calottes sphériques (Fig. 59). Le chauffage s'effectue par la

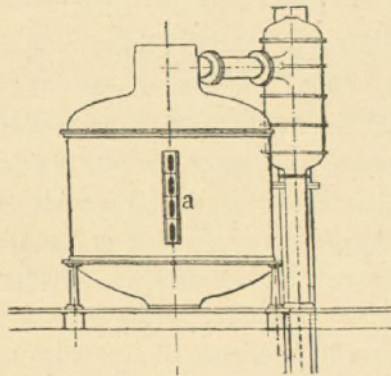


Fig. 59.

vapeur à l'aide de trois serpentins intérieurs superposés ; ces serpentins ont chacun une entrée spéciale adaptée sur la conduite venant des générateurs et réglée par une soupape extérieure.

On peut donc, suivant la hauteur du sirop dans la chaudière,

chauffer d'abord par le premier serpentin inférieur seul, puis par les deux premiers, et lorsque le niveau du sirop dépasse le serpentin le plus élevé, par les trois serpentins à la fois.

De plus, la conduite générale possède un robinet de sûreté placé à la portée de l'ouvrier cuiseur et permettant de régler à volonté l'introduction de la vapeur. Un manomètre fait connaître la pression qui existe dans les serpentins. Ce manomètre a une grande importance, car c'est d'après ses indications qu'on règle le niveau du liquide de la chaudière et la marche de la cuite du sirop. La tension de la vapeur joue, en effet, un grand rôle dans l'opération : la vapeur à haute pression donne dans les serpentins une température élevée et le jus pour résister à cette température sans se caraméliser, doit être très fluide. Voici d'ailleurs un tableau des températures rapportées aux pressions indiquées par le manomètre :

| | | | | | | |
|--------------------------------------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| Pression de la vapeur en atmosphère. | 1 | 2 | 2 1/2 | 3 | 4 | 5 |
| Températures de la vapeur | 100 | 122 | 128 | 134 | 144 | 152 |

Ainsi donc, par exemple, de la vapeur à 5 atmosphères donne une température de 152°, et il faudra avoir une masse cuite très fluide pour ne pas s'altérer au contact des serpentins.

Au début de la cuite, on peut avoir cette fluidité et marcher à haute pression, mais on a tout avantage à posséder des serpentins à grande surface de chauffe et à opérer à 2 ou 3 atmosphères.

Outre cela, l'appareil à cuire possède, comme le triple effet, quatre lunettes en cristal ou glaces, placées sur le devant, permettant de voir ce qui se passe à l'intérieur.

Il est encore muni, près du dôme, d'un indicateur de vide et d'un thermomètre donnant la température à laquelle se produit l'ébullition.

Sur le côté, un entonnoir à robinet, analogue à celui du triple effet, est destiné à l'introduction d'un peu d'huile ou de graisse fondue, lorsque l'ébullition est trop tumultueuse ; il permet aussi de

laisser entrer l'air soit à la fin de la cuite, soit dans un arrêt provoqué par un accident quelconque.

Enfin une sonde formée d'une tige métallique portant à son extrémité un petit godet sert à prendre la preuve et à juger le point de cuite.

Le sirop aspiré par l'effet du vide produit dans la chaudière ou envoyé dans celle-ci par pression, arrive par un robinet placé sur le côté de l'appareil. La décharge de la masse cuite se fait au moyen d'une soupape ou d'un tiroir ménagé dans la calotte inférieure et dont la manœuvre est à la portée du cuiseur.

Le dôme de la chaudière est surmonté d'un large tuyau par lequel s'échappe la vapeur résultant de l'évaporation du sirop ; pendant toute la durée de la cuite, cette vapeur est aspirée en même temps que l'air au moyen d'une pompe à eau, semblable à celle du triple effet, et qui a pour but de faire le vide dans l'appareil. Mais avant d'arriver à la pompe, cette vapeur traverse un cylindre intermédiaire qui joue le même rôle que le condenseur dans le triple effet : ce condenseur retient en outre, dans un espace annulaire formé par ses propres parois et un tuyau central, le sirop qui a pu être entraîné. Enfin, l'eau résultant de la condensation est aspirée par la pompe centrifuge, dont nous avons parlé à propos du triple effet.

Marche de la cuite. — Le sirop filtré arrive dans l'appareil à cuire soit par aspiration produite par le vide, soit par pression.

Dans le premier cas, le bac contenant le sirop est en contre-bas du plancher de la cuite ; dans le second cas, il est placé au-dessus de ce plancher et porte le nom de ballon de charge.

L'introduction du sirop se règle par un robinet, mais il faut qu'on puisse toujours savoir de quelle quantité ce robinet est ouvert : à cet effet la clef porte une aiguille qui se meut sur un cadran fixé au boisseau et quand on a trouvé l'ouverture convenable, c'est-à-dire celle qui donne l'alimentation que l'on désire, on la note pour n'avoir pas à tâtonner dans la suite.

On commence par faire le vide dans la chaudière et on ouvre le

robinet du tuyau qui plonge dans le sirop à aspirer ; par suite de la différence de pression, le liquide monte dans la chaudière et lorsque son niveau est arrivé à hauteur de la première lunette, niveau qui correspond à peu près au quart de la capacité de l'appareil, on ferme le robinet ; on ouvre alors le premier serpentín de vapeur pour y avoir une pression de $2 \frac{1}{2}$ à 3 atmosphères, et l'on continue à régler la marche de la pompe et l'injection d'eau froide dans le condenseur, de façon à avoir à l'intérieur une pression réduite au $\frac{1}{7}$ environ de la pression extérieure, c'est-à-dire à avoir un vide de 18 à 20 pouces ou 45 à 55 centimètres de mercure. L'ébullition et l'évaporation s'effectuent alors rapidement et on entretient le niveau du sirop par charges successives jusqu'à ce qu'on obtienne la preuve au crochet léger.

L'alimentation doit se faire quand le manomètre et l'indicateur du vide montent tous deux.

Lorsque l'on a obtenu la preuve au crochet, on a une dissolution sursaturée et il faut faire le grain.

Pour grainer, on laisse retomber le vide à 48 ou 49 centimètres de mercure, tout en évitant une trop forte pression dans le serpentín si l'on ne veut pas avoir de cuite colorée. On fait ensuite quelques petites charges successives en ouvrant et fermant le robinet d'introduction du sirop ; et après un moment d'ébullition, on peut constater la présence de grains très fins qu'on voit briller sur la glace inférieure de l'appareil dans chaque goutte qui est projetée.

Il faut alors nourrir le grain ; pour cela on alimente légèrement et régulièrement ; des précautions sont nécessaires ; aussi, le plus souvent on alimente d'une manière continue, en réglant le robinet de façon à ce qu'il débite la quantité de sirop correspondante à l'évaporation. On aura ainsi une cuite bien conduite, à condition que le vide et la pression restent au même point.

On introduit ensuite la vapeur dans le second serpentín, puis dans le troisième, dès que le sirop a dépassé le niveau supérieur de chacun d'eux, en ayant soin d'alimenter un peu plus fort à chaque opération.

On continue ainsi jusqu'à ce que le sirop arrive au bas de la quatrième lunette, qui est la plus haute. Quand on est arrivé à ce point on fait diminuer de nouveau la pression et la température en activant le jeu de la pompe ; la cristallisation fait alors de rapides progrès qu'on suit par les glaces de l'appareil et surtout au moyen d'échantillons soutirés par la sonde.

Le volume du grain a une très grande importance : c'est de lui que dépend le succès de la cuite ; car plus les cristaux sont gros, mieux ils laissent égoutter le sirop et plus le produit a de valeur.

La cuite achevée, on arrête le jeu de la pompe ; on ouvre le robinet à air, puis la soupape de fond et tout le contenu de la chaudière tombe dans des bacs spéciaux dont nous verrons l'usage plus tard.

Pour obtenir une cuite bien réglée, on a remarqué qu'il était plus facile d'opérer au commencement avec des sirops à densité plus faible, et d'augmenter peu à peu cette densité, de façon à faire usage à la fin de sirops à 25 et 26° Beaumé.

Ainsi le sirop qui doit alimenter la cuite au commencement de l'opération pourra avoir de 17 à 18° Beaumé, puis, l'évaporeur lâchera son sirop chaque fois à un demi degré environ plus élevé que la fois précédente. Il arrivera ainsi à la fin de la période à fournir du sirop qui pèsera 26° Beaumé, car ce qu'il faut craindre, c'est d'envoyer du sirop faible sur une cuite avancée ; il se reformerait alors du sirop sursaturé dans l'appareil et les cristaux qui prendraient corps n'auraient pas le temps de grossir.

Tandis qu'en envoyant à la cuite du sirop de plus en plus fort, l'évaporeur gagne sur les premières opérations un temps destiné à l'évaporation qu'il rend aux opérations subséquentes ; et on assure par là la régularité et la netteté des cristaux.

Accidents des cuites. — La cuite est une opération délicate et qui demande un homme exercé pour être bien conduite. Il peut y survenir des accidents dont nous allons dire un mot.

Surfusion. — Par exemple, si un ouvrier peu exercé dépasse le point de cristallisation et s'il a trop chauffé, le sucre, au lieu de se former en cristaux, éprouve la surfusion, c'est-à-dire que le sucre fond dans le liquide et ne peut plus cristalliser si on n'y remédie. Dans ce cas, on ferme la conduite de vapeur, après avoir arrêté la pompe et on laisse refroidir ; puis on ouvre le trou d'homme et on jette dans l'appareil du sucre en cristaux. Il se passe alors un phénomène physique qui détermine la formation des cristaux ; on remet l'appareil en activité, on fait arriver une certaine quantité de jus qui surnage et on continue la cuite comme avant l'arrêt.

Cuites légères. — La cuite légère est un accident indépendant du cuiseur et qui arrive facilement lorsque les sirops sont acides. L'ébullition se fait alors si rapidement que l'on a une cuite folle : le sirop peut être entraîné en dehors de l'appareil si on n'y exerce une surveillance constante. Ces cuites donnent généralement une masse très colorée.

Le remède consiste à ajouter au sirop un peu de lait de chaux pour en chasser l'acidité.

Cuites lourdes. — Les cuites lourdes sont produites par une cause contraire aux cuites légères, c'est-à-dire par des sirops trop alcalins et contenant un excès de chaux. Il se forme alors des sels visqueux constitués par de la chaux et un acide organique ; le sucre s'englobe et la température s'élève jusqu'à le brûler.

Dans ce cas, il faut injecter, dans la masse, un petit courant d'acide carbonique qui précipite la chaux et fluidifie le sirop ; la cuite est alors rendue plus facile.

Lorsque les dispositions de l'appareil ne permettent pas de faire usage de gaz carbonique, on peut employer des acides gras, ou mieux du carbonate de soude ou du carbonate d'ammoniaque qui enlèvent l'excédant de chaux en le transformant en carbonate de chaux lequel s'engage dans les dissolutions grasses insolubles du sirop.

C'est surtout sur la fin de la campagne que se présentent ces accidents car alors les betteraves altérées peuvent donner, par le traitement avec la chaux, des sirops qui renferment des sels visqueux; les sirops se comportent comme ceux qui ne seraient pas assez saturés et contiendraient encore du sucrate de chaux.

Azurage du sucre. — L'azurage du sucre a pour but de donner aux cristaux une teinte blanche en masquant leur coloration jaunâtre; on se sert de bleu d'outremer.

Certains fabricants font l'azurage du sucre pendant le turbinage; d'autres au contraire préfèrent blanchir leur sucre pendant la cuite. Nous allons expliquer comment on doit agir dans ce dernier cas.

Le bleu d'outremer est délayé dans de l'eau à raison de 100 à 300 grammes par cuite de 50 hectolitres, en proportion variant suivant la masse plus ou moins foncée du sucre.

On attend généralement pour introduire ce bleu que le second serpentín soit couvert, et même quelquefois le troisième. On procède de la manière suivante :

Un petit tuyau relié au tuyau d'aspiration du sirop dans le bac plonge dans le vase contenant la dissolution de bleu d'outremer; le moment venu, on ouvre un robinet et le bleu se trouve aspiré en même temps que le sirop et mélangé à celui-ci avant même d'entrer dans l'appareil.

Un procédé plus simple consiste à introduire la dissolution par l'entonnoir à robinet destiné à jeter de l'huile ou de la graisse dans la masse. Mais alors, le mélange du bleu et du sirop a seulement lieu dans l'appareil, et il faut autant que possible ralentir un peu la cuite et faire arriver du sirop pour provoquer un mélange intime.

Cristallisation et égouttage. — *Cristallisoirs ou Emplis.*
— Avant d'obtenir le sucre par le procédé de cuite en grains, la masse venant de l'évaporation à air libre ou dans le vide était déversée dans des cristallisoirs où se terminait la cristallisation et qui portaient le nom d'emplis.

Ces emplis servent encore au même usage même avec la cuite en grains, mais non plus pour la masse cuite comme auparavant. Car dans la masse cuite où le sucre se trouve en cristaux, il suffit de séparer ceux-ci de la mélasse qui les imprègne. Nous verrons plus loin comment on y arrive : Mais il n'est pas possible d'extraire de la masse cuite en une seule fois tout le sucre cristallisable qu'elle renferme ; on n'y parvient qu'en divisant l'opération, c'est-à-dire en opérant plusieurs cristallisations successives. On obtient ainsi du sucre de premier, de second et de troisième jet.

On envoie donc, après chaque séparation du sucre de sa mélasse celle-ci dans les emplis où elle est soumise à une température proche de 40° pour faciliter la cristallisation du sucre. En outre, pour obtenir un bon chauffage, les emplis sont généralement de grands bacs en tôle disposés dans des caves ou dans des chambres successives communiquant entre elles et chauffées par des foyers réservés à cet usage.

Égouttage du sucre. — Formes. — Pour séparer le sucre de son eau-mère ou mélasse, on employait primitivement les formes, grands vases coniques en terre cuite ou en tôle galvanisée posés sur leur pointe et percés à leur partie inférieure d'un trou que l'on bouchait avec un tampon de linge mouillé. La masse cuite était versée dans un certain nombre de ces formes et au bout de 24 à 38 heures de repos, on enlevait ce tampon, on perçait la pointe des pains avec une alène et on laissait le sirop s'égoutter dans des vases placés au-dessous.

Lorsque l'égouttage était terminé on procédait au lochage des pains, opération qui consistait à renverser les formes sur leur base pour retirer le pain en l'aidant à se détacher par de petites secoues. On avait imaginé d'employer le vide pour accélérer l'égouttage des pains. Dans ce but les formes, la pointe en bas, reposaient sur une plaque circulaire fermant la partie supérieure d'un espace clos dans lequel on faisait le vide. L'égouttage se faisait très rapidement.

On essaya la force centrifuge en disposant les formes par couches

horizontales dans un manchon circulaire doué d'une force de rotation très rapide. La mélasse sortant par la pointe de la forme tombait dans un espace ménagé autour du manège formé par le faisceau de formes et s'écoulait par le fond de l'appareil. Mais cet appareil ne se propagea pas dans les sucreries.

Caisses. — Dans un second système d'égouttage, la masse cuite est réchauffée à 78° et abandonnée à elle-même pendant 8 à 10 heures ; elle est portée ensuite dans des caisses en tôle galvanisée avec fond en toile métallique ; le sirop traverse la toile tandis que les cristaux restent et on enlève ensuite ceux-ci à la pelle.

On avait songé aussi à employer le vide pour séparer ici la mélasse du sucre. Dans ce cas la caisse possédait un double fond dans lequel se faisait l'aspiration.

D'ailleurs pour obtenir par ce procédé un sucre de belle nuance, il était nécessaire de claircer les cristaux, c'est-à-dire de déplacer au moyen de solutions sucrées très concentrées la mélasse qui y était restée adhérente.

Turbines. — Le procédé d'égouttage généralement employé aujourd'hui est celui des turbines.

La découverte des turbines fut une véritable spéculation. Voici ce qu'en disait Dubrunfaut dans une lettre du 26 avril 1869 adressée au journal de la sucrerie indigène :

« Il y a en effet tel outil de la sucrerie, comme la turbine qui se trouve encore à l'heure qu'il est, frappé de 10 à 12 brevets d'invention plus ou moins valides. Des fortunes colossales ont été réalisées sous la pression du seul privilège de la turbine et l'on n'évalue pas à moins de 30 millions de francs les tributs imposés à la sucrerie par les heureux propriétaires de cette invention, sans compter les sommes énormes qui ont été dépensées en poursuite et en procès. Crespel-Dellisse, l'un des honorables créateurs de l'industrie sucrière, y a laissé sa vie, son pain quotidien et pour ainsi dire son honneur

puisqu'il est mort insolvable après avoir soutenu une longue lutte contre les puissants spéculateurs des turbines. »

On peut juger par ces quelques lignes de l'importance que prit tout d'abord la turbine dans le travail de la sucrerie. On supprimait du même coup l'énorme main-d'œuvre exigée par les formes et les caisses, et on arrivait à obtenir un produit remarquable par la beauté et par la pureté des cristaux, qualités obtenues très difficilement par les procédés antérieurs.

Avant de donner la description des turbines nous allons dire un mot de la façon dont doit être travaillée la masse cuite.

Malaxeuse. — Ce n'est qu'après un repos de quelques heures dans les cristallisoirs que la masse cuite est soumise au turbinage. Mais comme en se refroidissant elle a pris de la consistance, il est nécessaire de la désagréger d'abord et de la réduire en une pâte homogène. On se sert à cet effet d'une malaxeuse (fig. 60) qui consiste en une caisse quadrangulaire A, au milieu de laquelle se meut un cylindre dont la périphérie est garnie de lames métalliques disposées en hélice, et qui est solidaire d'un arbre mis en mouvement par les poulies folle et fixe B. On jette à l'aide d'une pelle dans la caisse A le contenu des cristallisoirs qui est alors divisé et réduit en une bouillie parfaitement uniforme; on ouvre alors le tiroir T qui laisse sortir la masse homogène; on reçoit celle-ci dans les poches ou bacs en tôle suspendus par une tringle portant un galet que l'on peut conduire rapidement devant chaque turbine en les poussant sur un rail.

On déverse alors le contenu de la poche successivement dans chaque turbine.

Turbines. — Les turbines se composent d'un tambour L (fig. 61) en toile métallique fine ouvert par le haut et consolidé partout par des bandes de fer. Ce tambour est fixé à un axe D reposant sur le coussinet C et portant à son extrémité supérieure un cône de frottement E auquel un cône semblable F solidaire d'une poulie

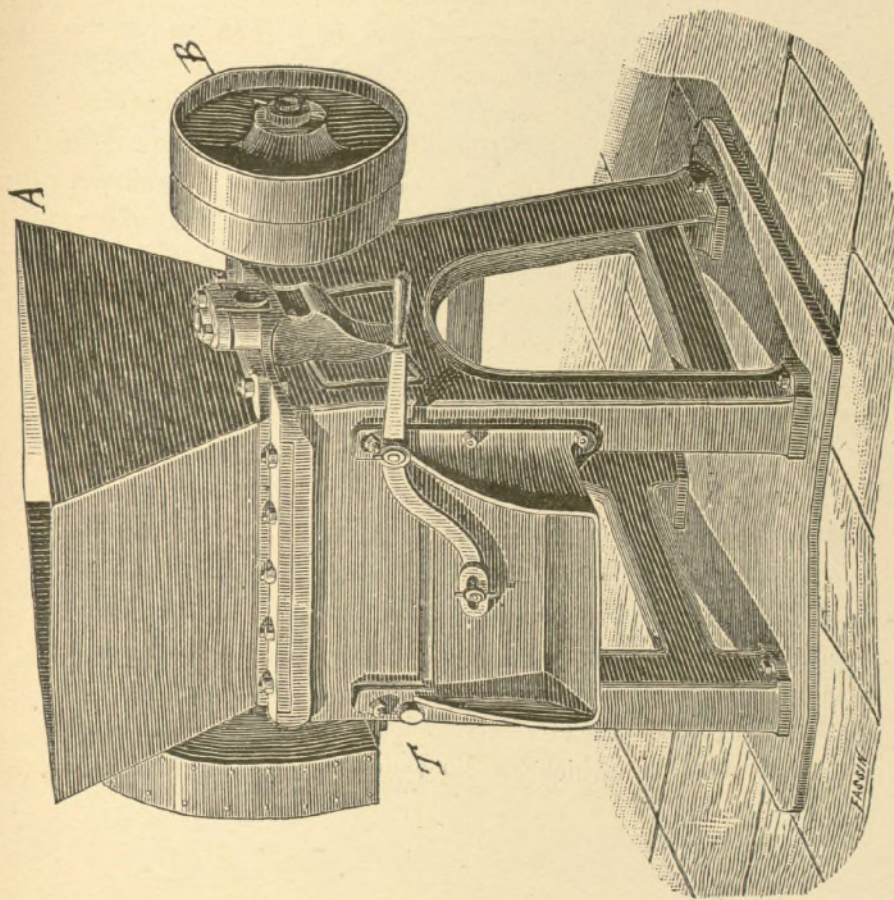


Fig. 60.

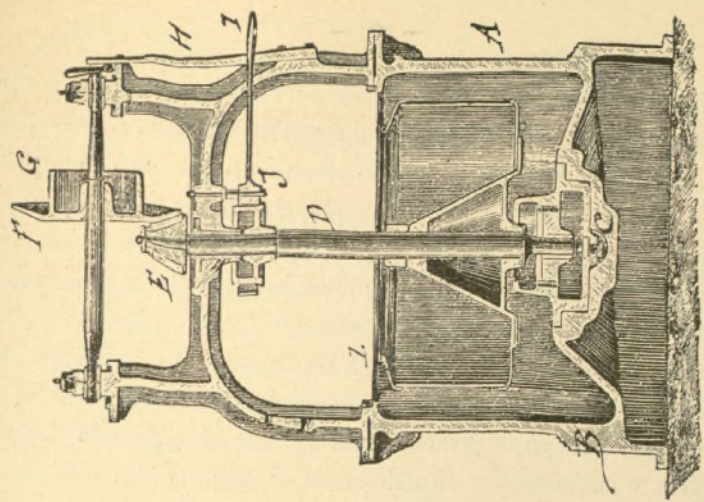


Fig. 61

motrice G peut imprimer une vitesse de 1,000 à 1,200 tours par minute; l'axe moteur solidaire du cône F et de la poulie G est arrangé de manière que, malgré le ressort H qui tend toujours à maintenir les cônes de friction appliqués l'un contre l'autre, les cônes puissent cependant être écartés à volonté par un levier I qui manœuvre un frein circulaire J lorsqu'on veut arrêter le mouvement.

Le tambour en toile métallique se meut dans un réservoir cylindrique en fonte A formant bâti et supportant tout l'appareil. Ce même réservoir recueille le sirop expulsé par la force centrifuge à travers les parois en toile métallique, le rassemble dans la dépression B et le laisse écouler au dehors par le tuyau O (fig. 62).

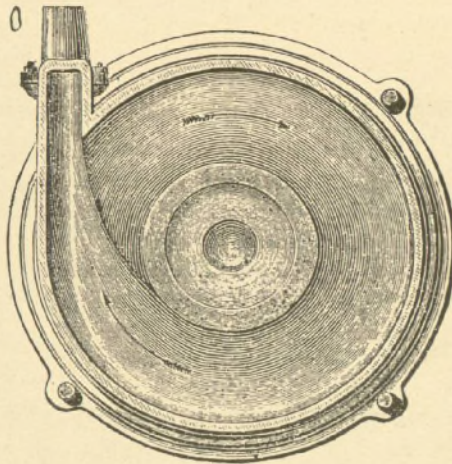


Fig. 62.

Voici comment se fait la manœuvre de la turbine : on verse la masse cuite malaxée dans la turbine au moyen de la poche, puis on met le tambour en mouvement; sous l'influence de la rotation rapide dont le tambour est animé, le sucre couvre les parois et bientôt la mélasse, qui seule peut traverser la toile métallique, est entièrement écoulee par le réservoir formant le bâti de l'appareil. On arrête alors la turbine en éloignant les cônes de frottement

comme il a été dit, et on enlève le sucre au moyen d'une main en bois ; celui-ci est jeté dans des sacs et envoyé dans une chambre dite grenier au sucre, où s'effectue le mélange des diverses sortes de sucre obtenu, puis l'ensachage.

Seconds et troisièmes jets. — La mélasse recueillie dans le bâti de la turbine s'écoule par une rigole dans un réservoir d'où une pompe l'aspire pour la renvoyer dans l'appareil à cuire ou dans une chaudière spéciale réservée à cet usage. Comme on ne peut plus ici, à cause des matières étrangères trop considérables, employer la cuite en grain, on concontre la mélasse à 40° Beaumé et on l'envoie dans les cristallisoirs ou emplis. Là, elle est soumise à une température favorisant la cristallisation ; et au bout d'un certain temps, période qui peut varier de 1 à 2 mois et même davantage, un *outillage particulier* permet de renvoyer la masse cristalline aux turbines. On obtient ainsi un sucre qu'on appelle sucre de second jet, et une nouvelle mélasse qui porte le nom d'égouts de second jet.

En faisant de nouveau subir à cette mélasse les mêmes opérations qu'à la précédente, on obtiendra du sucre de troisième jet et une nouvelle mélasse dite égouts de troisième jet qui a donné presque tout le sucre qu'elle peut fournir par cristallisation. Cependant, cette mélasse contient encore près de 50 % de sucre ; mais ce sucre est mélangé à une telle quantité de sels que celui-ci ne peut plus cristalliser.

La mélasse peut alors être vendue aux distillateurs pour en fabriquer de l'alcool. Souvent aussi, on fait subir à la mélasse d'autres opérations qui ont pour but de l'épurer et d'en obtenir encore du sucre. Nous allons parler de ces procédés.

Clairçage. — Afin d'obtenir des cristaux de sucre plus purs et plus blancs, on a l'habitude de claircer le sucre après l'élimination de la mélasse.

Nous ne parlerons que du clairçage dans la turbine, les formes et les caisses étant abandonnées.

Le clairçage a pour but de faciliter l'action de la turbine et d'obtenir un produit plus blanc, plus pur et plus sec. Cette expression clairçage vient de ce que la dissolution employée pour le rinçage du sucre est généralement une dissolution de sucre ou sirop d'égout à 30° Beaumé, appelée clairce.

Mais on peut pratiquer le clairçage avec beaucoup d'autres agents, parmi lesquels nous citerons l'eau, l'alcool, la vapeur et l'air chaud.

Clairçage à la clairce et à l'eau. — Lorsque la turbine est en marche et que presque toute la mélasse a été éliminée des cristaux on lance la valeur d'environ deux litres de clairce ou d'eau en laissant tomber celui-ci en mince filet sur le cone intérieur formant le fond du tambour.

Grâce à l'énorme vitesse de la turbine, cette clairce se trouve projetée en pluie fine sur toute la surface du sucre et la traverse en entraînant la mélasse adhérente aux cristaux ; le sucre est ainsi lavé et purifié. Quelquefois, on se sert pour introduire la clairce d'une grande cuiller ; d'autres fois, et ce dernier moyen est préférable, un petit tuyau plongeant dans le fond du tambour communique par un robinet avec le bac où se trouve le liquide servant au clairçage.

Clairçage à l'alcool. — L'alcool sert de la même façon ; il a l'avantage de ne pas dissoudre de sucre pendant le clairçage comme la clairce et l'eau ; mais il nécessite une installation spéciale pour régénérer l'alcool. Aussi cette méthode n'a que fort peu d'application.

Clairçage à la vapeur. — Pour obtenir du sucre blanc et parfaitement sec on doit compléter le clairçage par un jet de vapeur qui, en se condensant, réchauffe la mélasse, la rend fluide et facilite sa séparation des cristaux.

Cette vapeur est lancée à l'intérieur du tambour par un petit tuyau qui longe verticalement la paroi métallique et est percé de trous pour obtenir une pluie de vapeurs.

Cette disposition a l'inconvénient de dissoudre du sucre. Aussi, place-t-on souvent le tuyau de vapeur entre le tambour et le bâti ; la turbine est alors fermée par un couvercle ; la vapeur sèche remonte attirée par la rotation et traverse la paroi métallique garnie de sucre.

De cette façon, il y a échauffement de toute la masse sans dissolution de sucre ; car la mélasse condensée tombe par son poids entre le tambour et le bâti.

Clairçage à l'air chaud , syst. Vivien. — Nous venons de voir que l'action de la vapeur a simplement pour but de fluidifier la mélasse en la réchauffant et de rendre ainsi son extraction plus facile.

Or la vapeur, quelles que soient les précautions prises, a pour inconvénient de fondre le grain et de lui ôter son aspect brillant.

M. Vivien a proposé d'employer l'air chaud et comprimé qui évite ce dernier inconvénient et qui présente les mêmes avantages que la vapeur. Pour cela, sur la machine qui donne le mouvement aux turbines, on adapte une pompe à air ou bien on installe à côté un ventilateur. Cet air est refoulé par une petite conduite spéciale dans le foyer ou dans la gargouille des générateurs et envoyé aux turbines où on s'en sert comme de la vapeur.

Nous conseillerons de préférence le clairçage à l'air chaud dans les fabriques possédant une diffusion marchant à l'air comprimé. Un petit tuyau est alors adapté à la cloche à air, traverse une source de chaleur et se rend aux turbines. On n'a alors à faire que la dépense du tuyau.

VI.

Traitement de la mélasse.

Nous avons vu qu'il arrive un moment où les impuretés sont en trop grand nombre dans la mélasse pour que le sucre puisse encore cristalliser.

On a alors recours à des moyens physiques ou chimiques permettant d'éliminer une grande partie de ces impuretés pour obtenir de nouvelles cristallisations.

On a fait beaucoup d'essais et proposé bien des méthodes pour parvenir à extraire des mélasses tout le sucre cristallisable qu'elles renferment encore en si grande proportion. Aucune opération de l'industrie sucrière n'a donné lieu peut-être à autant de procédés et d'innovations que celle de l'extraction du sucre des mélasses. Presque toutes les fabriques d'ailleurs ont adopté un procédé quelconque, car l'importance des bénéfices que rapportent ces procédés est considérable.

Nous ne citerons que les suivants :

- 1^o L'osmose ;
- 2^o Procédé à la baryte ;
- 3^o Procédé à la strontiane ;
- 4^o Procédé Marguerite ;
- 5^o Élu­tion Manoury ;
- 6^o Substitution et séparation Steffen.

Osmose. — Nous insisterons particulièrement sur l'osmose, parce qu'il est le procédé le plus généralement employé en France.

L'osmose, ou la dialyse, repose sur ce principe que la mélasse enfermée dans un vase à parois poreuses (membrane animale, végétale ou minérale) qu'on plonge ensuite dans de l'eau pure, abandonne à l'eau, par suite des phénomènes de diffusion, bien plus rapidement les sels minéraux que le sucre.

Nous ne reviendrons pas sur le principe de l'osmose que nous avons développé à propos de la diffusion. Nous nous contenterons de rappeler qu'on appelle *courant d'osmose* ou *endosmose* (du grec *ωσμος*, impulsion, et *ενδον*, dedans) le courant qui s'établit du liquide le moins dense au liquide le plus dense, et *courant d'exosmose* le courant contraire.

Dubrunfaut avait signalé, dans un rapport à la date du 4^{er} avril 1854, que les mélasses de betteraves placées dans un endosmomètre en présence de l'eau, subissent les phénomènes d'endosmose et d'exosmose conformément aux lois découvertes et énoncées par Dutrochet : c'est-à-dire que le courant le plus énergique marche de l'eau vers la mélasse, quand le courant faible marche de la mélasse vers l'eau. Voici les propres termes de ce rapport :

« Nous avons observé, en outre, dans cette réaction, un fait qui n'a été entrevu par aucun observateur : c'est qu'il y a en même temps analyse de la mélasse. Cette analyse s'opère de telle sorte que, dans certaines conditions, les sels de la mélasse passent dans l'eau avec le courant faible, à l'exclusion presque complète du sucre.

» Les conditions les plus parfaites de cette analyse sont réunies lorsque la mélasse est mise en présence de l'eau pure. Elles sont cependant encore bien appréciables quand on a soin d'exclure l'eau d'exosmose à une densité qui n'excède pas 3 degrés Beaumé, et qu'on ne laisse pas tomber la densité de la mélasse au-dessous de 25 à 30 degrés Beaumé, sans la renouveler ou la reconcentrer...

» En analysant les mélasses brutes de betteraves par endosmose, on les épure et on les rend ainsi comestibles et cristallisables en

sucré. Les eaux qui sortent de ce traitement contiennent des sels minéraux et végétaux et surtout du nitrate de potasse qui existe toujours en grande proportion dans les mélasses. On peut par ce moyen les recueillir; il suffit de concentrer les eaux et de les faire cristalliser. Les eaux-mères qui sortent de ce travail pourraient être fermentées et distillées, si elles contenaient une certaine quantité de sucre entraîné avec le courant d'exosmose. »

Osmose Dubrunfaut. — L'osmose Dubrunfaut consiste à faire circuler parallèlement, dans deux chambres contiguës séparées par une membrane de papier parchemin, d'une part les sirops ou mélasses à osmoser marquant 40° Beaumé et préalablement portés à la température de 60 à 75° centigrades, et d'autre part de l'eau pure ayant au moins 85°.

Les mélasses sortent de l'appareil à 30, à 25, à 10° Beaumé ou même moins encore, les eaux d'exosmose à 3° environ.

Description de l'osmogène. — Dans l'osmogène, appareil dans lequel se fait l'osmose, on trouve, comme dans l'endosmomètre de Dutrochet, deux réservoirs séparés au moyen d'une paroi perméable par endosmose, paroi qui est une feuille de papier parchemin.

L'osmogène se compose de la réunion d'un certain nombre d'éléments ou cadres à cinq compartiments, séparés par quatre barrettes et disposés comme la figure 64.

L'appareil primitif contenait 50 cadres dont 25 destinés au passage de l'eau et 25 au passage de la mélasse.

L'osmogène Dubrunfaut perfectionné (fig. 63) contient 100 cadres dont 50 pour chaque espèce de liquide; 50 cadres contiennent une arête à la partie supérieure, et les autres n'en contiennent pas. Tous les cadres avec arête servent au même usage, soit à la mélasse, soit à l'eau, et tantôt à la mélasse, tantôt à l'eau. Ces cadres doivent être rangés entre les deux fonds de l'osmogène, de manière à ce que tous les cadres à arête soient impairs. Donc, si le cadre N° 1 est utilisé à la mélasse, le cadre N° 2 sera un cadre à eau, le N° 3 un

cadre à mélasse, le N^o 4 un cadre à eau, et ainsi de même pour les cadres suivants.

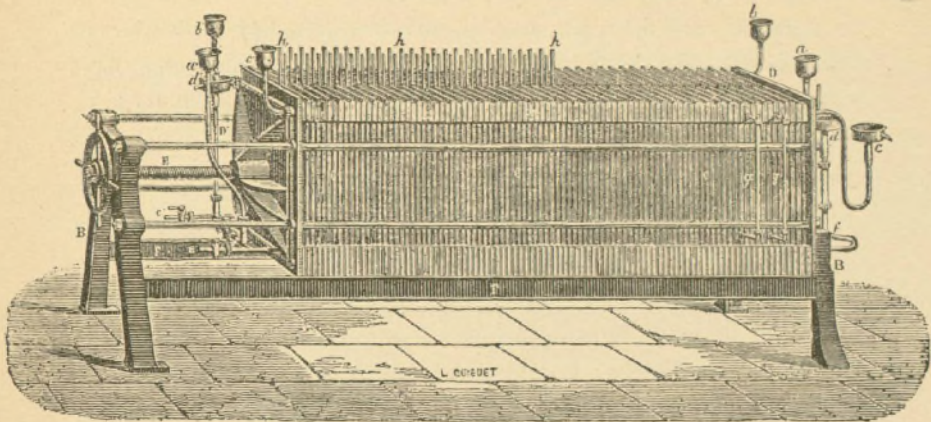


Fig. 63 — Osmogène perfectionné, à 100 cadres, de Dubrunfaut.

- B. Bâti en fonte et fer supportant l'osmogène et faisant corps avec lui ;
- C. C. Cadres en bois au nombre de 100 ;
- D. Fond fixe en fonte, placé à l'avant de l'osmogène ;
- D'. Fond mobile, placé à l'arrière de l'osmogène ;
- E. Vis de serrage adaptée au fond mobile ;
- F, F. Fers à double T servant de supports et de glissières aux cadres ;
- a. Entonnoir à mélasse placé à l'avant de l'osmogène ;
- a'. Entonnoir à mélasse placé à l'arrière de l'osmogène (tous deux sont destinés à l'introduction de la mélasse dans les cadres à mélasse) ;
- b. Entonnoir à eau placé à l'avant de l'osmogène ;
- b'. Entonnoir à eau placé à l'arrière de l'osmogène (tous deux sont destinés à l'introduction de l'eau dans les cadres à eau de l'osmogène) ;
- c. Eprouvette destinée à la sortie de la mélasse osmosée, placée en avant de l'osmogène ;

- d. Tube d'air terminé en entonnoir, placé à l'arrière de l'osmogène, destiné à éliminer l'air du conduit de sortie de la mélasse par l'éprouvette et
- d'. Eprouvette destinée à la sortie des eaux d'exosmose, placée à l'avant de l'osmogène ;
- e. Eprouvette destinée à la sortie des eaux d'écoulement, placée à l'arrière de l'osmogène ;
- e'. Robinet de vidange des cadres à mélasse ;
- e''. Robinet de vidange des cadres à eau ; (tous les deux placés à l'arrière de l'osmogène) ;
- f. Tuyau et robinet destinés à établir ou intercepter à volonté la communication entre les cadres à mélasse et les cadres à eau, placés en avant de l'osmogène ;
- f'. Tuyau et robinet ayant la même destination, placés à l'arrière de l'osmogène ;
- g. Tube indicateur de niveau des cadres à mélasse ;
- g'. Tube indicateur de niveau des cadres à eau ;
- h, h'. Tubes d'air en verre placés à la partie supérieure de chaque cadre de l'osmogène ;

Chaque cadre, quelle que soit sa destination, porte à chacune de ses traverses, supérieure et inférieure, 2 trous ovales *a* (fig. 64)

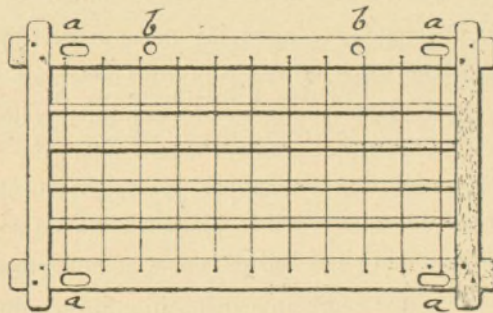


Fig. 64.

dont l'un est à droite et l'autre à gauche. La traverse supérieure

porte en outre 2 trous ronds *b* formant trous d'air, pour faciliter la circulation dans les cadres : l'un de ces trous sert pour les chambres à eau, l'autre pour les chambres à mélasse.

Lorsque tous les cadres se trouvent rapprochés et serrés, ces trous se trouvent placés l'un vis à vis de l'autre, formant ainsi dans toute la longueur occupée par les cadres réunis, des conduits horizontaux destinés à la rentrée et à la sortie des liquides, et à la sortie de l'air de l'appareil.

Il y a donc, dans un osmogène ainsi monté, 6 conduits dont 4 à la partie supérieure et 2 à la partie inférieure.

Trois de ces conduits sont en rapport avec l'intérieur de chaque cadre par de petits trous circulaires à parois verticales, lorsque le cadre est mis en place. L'un de ces trous est à droite sur la traverse inférieure, un autre à gauche sur la traverse supérieure; quant à l'autre trou, il communique avec le conduit à air pour l'eau ou la mélasse suivant l'usage du cadre en ce moment. Le cadre qui suit le cadre ainsi disposé doit également avoir des petits trous qui mettent en communication les conduits horizontaux avec l'extérieur des cadres; mais ces trous sont percés du côté contraire; droite ou gauche, de ceux du cadre précédent; de sorte que deux cadres qui se suivent ne peuvent communiquer avec les mêmes conduits horizontaux, mais que les cadres impairs communiquent avec les mêmes conduits et les cadres pairs avec les autres conduits.

Enfin, dans l'osmogène complet, la mélasse doit toujours pénétrer dans chaque cadre par un des conduits collecteurs inférieurs de l'appareil, et sortir osmosée par un des conduits collecteurs supérieurs; tandis que l'eau doit pénétrer dans chacun des cadres à eau par la partie supérieure et s'échapper par la partie inférieure, par un tuyau *O* (fig. 65) qui se relève jusqu'à la partie supérieure des cadres, afin de maintenir ces cadres constamment remplis d'eau.

On comprend qu'une semblable disposition des cadres permet de transformer à volonté tous les cadres à mélasses en cadres à eau, et tous les cadres à eau en cadres à mélasse. Il suffit pour cela de ren-

verser l'alimentation par une combinaison de mécanismes. Les organes conduisant aux différents conduits collecteurs, tels que entonnoirs et éprouvettes, sont, d'ailleurs, construits de manière à pouvoir opérer ce changement à volonté.

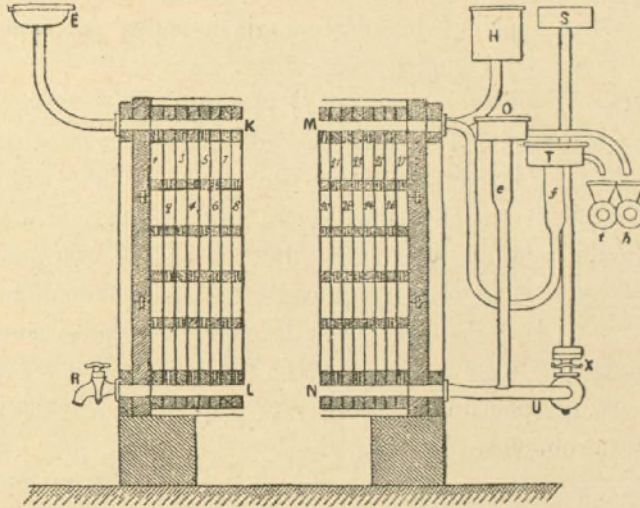


Fig. 65.

Ce changement de marche est utile, car il peut prolonger la durée et l'effet utile du papier parchemin. Ce renversement des courants doit se faire une fois pendant la durée du papier, qui ne peut dépasser une semaine.

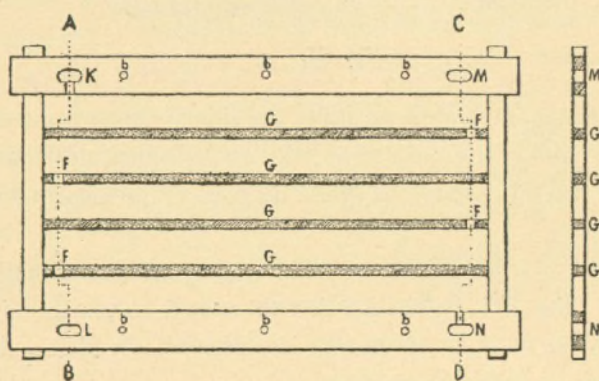
L'osmogène est complété par différents tuyaux et robinets qui servent à en faire le lavage et par des tubes indicateurs de niveau qui indiquent la marche de chacune des séries des cadres pairs et impairs.

Manœuvre de l'osmogène — On commence par placer entre chaque couple de cadres composant l'appareil, une partie de la feuille double de papier parchemin posée à cheval sur chaque cadre possédant une arête, c'est-à-dire sur chaque cadre impair. Ces feuilles sont préalablement percées de trous semblables à ceux des

cadres. Elles doivent être examinées avec soin, avant leur mise en place, par un ouvrier sérieux, ou plutôt par le contre-maître lui-même, afin d'éviter de mettre une feuille qui aurait des défauts, comme des trous, des déchirures, qui pourraient déranger totalement la marche de l'osmogène.

Les cadres impairs étant ainsi munis de papier parchemin, on serre les boulons qui réunissent les cadres.

L'eau pure, puisée au réservoir *H* (hg. 65), arrive dans l'osmogène par la conduite *K*, marche horizontalement dans le premier canal, passe par l'ouverture *F* (fig. 66) située à l'autre bout de la barrette séparant chaque compartiment du cadre, revient à l'autre extrémité du cadre en suivant une direction inverse à la première, et ainsi de suite pour sortir par l'ouverture *N* qui communique avec le tuyau *V* et le syphon *O*; l'eau devenue alors eau d'exosmose, s'écoule dans le tuyau collecteur *h*. Le tuyau d'air *E* laisse échapper les gaz qui pourraient se former et empêcher le contact intime avec les membranes.



Échelle 0^m,02 pour 1 mètre.

— Vue en élévation et coupe d'un élément de l'osmogène Dubrunfaut.

Fig. 66.

La mélasse à osmoser arrive du réservoir *S* et entre dans les cadres voisins des cadres à l'eau par l'ouverture *L*. La mélasse cir-

cule de bas en haut et par conséquent en sens inverse du mouvement de l'eau. Elle sort à l'état de mélasse osmosée par la tubulure *M* qui communique avec le siphon *f*, la cuvette *T* et le tuyau collecteur *t*. Un autre tuyau d'air parallèle à *E* laisse échapper l'air emprisonné dans les cadres à mélasses.

Lavages de l'osmogène. — L'osmogène doit être lavé tous les jours, ou à deux ou trois jours d'intervalles, suivant la qualité des sirops. Ces lavages sont rendus nécessaires par l'encrassement des cadres et par les dépôts boueux provenant des eaux et d'une épuration calcaire complexe due à l'osmose.

Voici comment s'effectue le lavage :

On vide l'appareil en faisant écouler l'eau et le sirop, par des robinets *R*, dont un seul est visible dans la figure 65. Ces liquides sont recueillis séparément par une disposition spéciale de nochières. On introduit ensuite de l'eau chaude par les entonnoirs à eau et à mélasse ; tous les cadres s'emplissent d'eau indistinctement. Lorsque l'appareil est plein, on laisse sortir l'eau pendant quelques instants par les siphons et on vide complètement.

On remet ensuite le travail en train en introduisant de l'eau et du sirop comme dans le cas d'un osmogène qui commence à marcher.

Mélasse osmosée. — La mélasse sortant de l'osmogène est traitée comme les égouts des turbines, c'est-à-dire qu'elle est concentrée de nouveau à 40° Baumé et envoyée dans les cristallisoirs. Le sirop, soumis à une température normale, de 40° environ, est laissé au repos pendant un mois ou six semaines, puis turbiné.

On obtient ainsi des sucres de première osmose, de deuxième et de troisième osmose, etc... ; et comme généralement on retire les troisièmes jets par cristallisation directe de la mélasse, et qu'on osmose seulement les égouts provenant de leur turbinage, on a, par l'osmose, des sucres de 3^e, 5^e et 6^e jets et même davantage.

Quelquefois on osmose les égouts de second jet ; dans certaines fabriques même , on osmose toutes les mélasses depuis les égouts de premier jet. Nous verrons plus loin les résultats qu'on peut en retirer.

L'analyse de la mélasse osmosée indique que la proportion de sucre est de 6 à 7 pour 1 de sels ; c'est-à-dire que son quotient salin est de 6 à 7, quand celui du sirop avant osmose varie généralement de 3.5 à 4.5.

Eaux d'exosmose. — Les eaux d'exosmose peuvent être ou perdues ou utilisées. Lorsqu'on travaille à eaux perdues, l'eau d'exosmose peut être expulsée sans inconvénient à 1 ou 2° Baumé. Mais lorsqu'on doit la concentrer, on a intérêt à l'obtenir plus forte, et dans ce but on règle l'introduction de l'eau de manière qu'à la sortie sa densité s'élève à 3, 4 et même 5° Baumé et plus.

On peut aussi réosmoser des eaux d'exosmose concentrées ; dans ce cas la densité des nouvelles eaux d'exosmose peut être portée à la sortie à 6 ou 7°.

Les eaux d'exosmose, comme les mélasses, sont concentrées à 40° Baumé ; on peut ensuite ou les envoyer à la distillerie qui en tire de l'alcool, ou les livrer à la culture qui les utilise pour fertiliser le sol au moyen des sels de potasse et autres qui y sont contenus.

Les eaux d'exosmose concentrées laissent souvent déposer des cristaux dits sels d'exosmose, qu'on sépare et qu'on vend séparément. On a surtout des sels en osmosant à nouveau ces eaux.

Les eaux d'exosmose renferment généralement 0,75 de sucre pour 1 de sels. Ceux-ci sont :

| | |
|-------------------------------------|------|
| Nitrate de potasse..... | 45 % |
| Nitrate de soude..... | 15 » |
| Chlorures (notamment de potasse)... | 40 » |

Résultats de l'osmose. — Si nous comparons les différences des mélasses avant et après l'osmose, nous aurons des chiffres variant peu de ceux du tableau suivant :

| | MÉLASSE | |
|--------------------------|----------------|------------------|
| | AVANT OSMOSE | APRÈS OSMOSE |
| Densité..... | 14.23 | 11.50 |
| Degré Beaumé..... | 42° 8 | 18° 8 |
| Sucre | 49.73 | 26 |
| Cendres | 9.36 | 3.09 |
| Quotient salin..... | 5.31 | 8.41 Gain : 3.10 |
| Quotient de pureté | 61.30 | 69.00 — 7.70 |

Dans les analyses, on remarque que l'augmentation du coefficient de pureté varie beaucoup suivant le degré de pureté de la mélasse avant osmose. Ces variations sont aussi influencées par :

- 1° La température des liquides ;
- 2° La vitesse de la mélasse et de l'eau ;
- 3° La pureté de l'eau employée ;
- 4° La proportion d'eau et de mélasse passant dans l'osmogène ;
- 5° La nature du papier parchemin ;
- 6° L'alcalinité ou l'acidité de la mélasse mise en œuvre ;
- 7° La durée de travail pour un même appareil.

Les rendements généraux en sucre obtenus par une osmose bien conduite des troisièmes, quatrièmes et cinquièmes jets sont les moyennes suivantes :

| | | |
|-------------------------------|-----------|----------|
| Pour les troisièmes | 30 à 35 % | du poids |
| — quatrièmes | 25 à 30 | — |
| — cinquièmes | 18 à 20 | — |

Il est certain que des osmose plus nombreuses donneraient des résultats décroissants, et qu'enfin on trouverait une limite au-delà de laquelle l'osmose n'aurait plus d'effet.

Osmose calcique. — On appelle ainsi l'osmose appliquée aux sirops d'égout de premier jet, et qui a pour but de faire rentrer sans cesse dans la fabrication tous les sirops d'égout.

L'osmose, dans ce cas, doit avoir lieu en cours de fabrication, et les résultats économiques sont bien supérieurs à ceux que peut donner l'application de l'osmose à la mélasse. Car il y a lieu de remarquer que les frais d'osmose se trouvent, en grande partie, compensés par la main-d'œuvre et le charbon nécessaire en temps de fabrication et qui alors n'entrent que pour une partie dans les frais d'osmose.

En outre, les sucres provenant des sirops osmosés, lorsque l'osmose a été bien pratiquée et le turbinage bien fait, ont un titre saccharimétrique net généralement au-dessus de 88°. On comprendra facilement quelle ressource peut offrir l'osmose aux sucreries dont les sucres de 2^e et de 3^e jets ont un degré saccharimétrique relativement bas.

Mais tel n'est pas seulement le but de l'osmose calcique.

Le but du procédé est la rentrée constante des égouts dans ce travail courant, afin de ne produire qu'un seul type de sucre de 1^{er} jet cuit en grains. Les avantages sont de permettre d'obtenir dans les vingt-quatre heures, le sucre de la betterave dont l'extraction correspondante, par la méthode ordinaire, occasionne des frais jusqu'à la fin de l'été.

On opère de la manière suivante : les égouts de la cuite turbinée sont envoyés dans une chaudière à clarifier ordinaire où on y ajoute environ 4 kilo à 4 k. 30 de chlorure d'ammonium pour 400 kilogr. d'égouts. L'utilité du chlorure est de transformer les sels à acides organiques, qui se trouvent dans le sirop et qui sont difficilement éliminés par l'osmose, en chlorures qui s'éliminent facilement. La transformation de ces sels organiques en sels minéraux, autres que les chlorures, tels que les sulfates et les nitrates, produirait le même effet.

Le chlorure d'ammonium, livré en petits cristaux d'une teinte grise, peut être jeté directement tel qu'on le reçoit dans les sirops d'égout où il fond de suite. On chauffe en mélangeant et on arrête quand l'ébullition commence. Les sirops sont ensuite envoyés dans les bacs d'attente où on les maintient à la température de 400° cen-

tigrades. L'eau qui doit servir au travail d'osmosé est chauffée à 75°. Dans ces conditions, on emploie 10 à 12 fois plus d'eau que de mélasse à osmoser.

La mélasse osmosée passe ensuite dans un réfrigérant destiné à abaisser sa température jusqu'à 20° environ. Enfin on mélange cette mélasse refroidie avec les jus allant à la première carbonatation dans une proportion qui peut varier de 18 à 20 % du volume de ce jus.

Procédé à la baryte. — Dubrunfaut, tout en s'occupant du travail de l'osmose, découvrit un autre moyen de traiter la mélasse basé sur l'insolubilité du sucrate de baryte basique dans l'eau chaude, insolubilité constatée auparavant par M. Pélégot. On peut pour ce traitement faire usage du sulfure de baryum : mais il est préférable d'employer la baryte obtenue par calcination du carbonate naturel qui est la withérite.

On dissout la baryte brute dans l'eau bouillante, de manière à obtenir une solution de 30 à 32° Beaumé. On chauffe ensuite dans une chaudière de la mélasse concentrée et chaude à 95 ou 100°, et on la fait tomber vivement dans la solution d'eau de baryte presque bouillante, dans la proportion de 475 litres de mélasse pour 350 litres de solution de baryte, de manière à mettre en présence 1 25 à 1 50 de baryte sur 1 de sucre. Il se forme bientôt un précipité de sucrate de baryte très abondant. On filtre ce précipité, généralement au moyen de filtres-presses et on lave les tourteaux à l'eau bouillante.

On décompose ensuite ce sucrate de baryte par de l'acide sulfureux quand on emploie le sulfure de baryum, ou par de l'acide carbonique.

On obtient dans ce dernier cas, une bouillie de solution sucrée et de carbonate barytique que l'on fait passer de nouveau dans les filtres-presses. Le sirop qu'on obtient ainsi est presque incolore, mais un peu louche; il pèse 10 à 12° Beaumé et contient, soit en solution, soit en suspension, un peu de baryte et de carbonate barytique. On

s'en débarrasse en ajoutant une petite quantité de sulfate d'alumine ; il se forme du sulfate de baryte et de l'alumine ; on filtre sur du noir animal en gros grains , et l'on obtient ainsi un sirop incolore qu'on concentre à la cristallisation d'après les procédés ordinaires employés pour les sirops de betteraves.

Pendant longtemps ce procédé fonctionna grâce à l'exemption des droits sur le sucre des mélasses. Mais lorsque le gouvernement eut imposé ces sucres, le traitement à la baryte ne put plus continuer dans ces conditions et le procédé tomba.

Procédés à la strontiane. — Les allemands, dont le sucre de mélasses ne payait pas de droits, cherchaient depuis longtemps un procédé pouvant faire concurrence au procédé à la baryte.

Ce fut Scheibler qui le découvrit.

Le traitement, suivant la méthode Scheibler, est même double et consiste dans la formation d'un précipité de sucrate de strontiane.

Le sucrate de strontiane a l'avantage d'être moins soluble que le sucrate de baryte ; mais la strontiane étant plus rare que la baryte, le prix de revient se trouve par conséquent supérieur.

Il y a deux procédés Scheibler à la strontiane dont voici les propriétés :

- 1° Formation d'un sucrate bibasique à l'ébullition ;
- 2° Formation d'un sucrate monobasique à froid.

Sucrate bibasique. — Le sucrate bibasique est formé de :

| | |
|-----------------|-------|
| Sucre | 46.90 |
| Strontiane..... | 23.30 |
| Eau | 24.80 |

Dans une chaudière à double fond on place de l'hydrate de strontiane avec de l'eau ; on porte la température à 70-75° et on fait arriver la mélasse dans le liquide chaud. On porte le tout à l'ébullition en maintenant la masse en agitation, et on continue l'ébullition jusqu'à précipitation presque complète, ce qui demande environ

une demi-heure. Cela fait, on envoie le liquide chaud aux filtres-presses qui retiennent le sucrate de strontiane, lequel est assez pur pour éviter des lavages. Les tourteaux sont alors délayés dans l'eau, puis soumis à la carbonatation et renvoyés aux filtres-presses. On obtient un sirop qui passe ensuite par les mêmes phases que le jus brut de betteraves.

Le carbonate de strontiane est enfin transformé en hydrate en le calcinant avec du charbon dans des fours spéciaux.

Les proportions à employer pour obtenir le sucrate bibasique sont :

| | |
|------------------|--------------|
| Strontiane | 3 ou 310 kg. |
| Pour sucre | 1 ou 342 » |

Sucrate monobasique. — Le sucrate monobasique se forme à froid à 15° centigrades, et après 3 ou 4 heures de repos. C'est une masse gélatineuse de composition variable, mais se rapprochant des chiffres ci-dessous :

| | |
|------------------|-------|
| Sucré | 69.90 |
| Strontiane | 19.33 |
| Eau | 16.80 |

Théoriquement on devrait employer, pour 500 kg. de sucre, 389 kg. de strontiane ; mais comme un excès de strontiane facilite la réaction, on emploie généralement autant de strontiane qu'il y a sucre dans la mélasse mise en œuvre.

On dissout 500 kg. de strontiane dans 4,500 litres d'eau et on y introduit la mélasse en ayant soin d'agiter ; la température s'abaisse alors suffisamment pour qu'il n'y ait pas formation de sucrate bibasique insoluble à chaud, On fait ensuite passer le liquide dans un réfrigérant et on l'amène à 20°. Après quelques heures de repos, la masse s'est solidifiée ; on la fait passer aux filtres-presses où le sucrate monobasique est retenu, tandis que la strontiane en excès et les impuretés s'écoulent. On lave le sucrate qui devient blanc et on carbonate pour séparer le sucre. On fait passer de nouveau aux

filtres-presses et on obtient un sirop qui doit subir les mêmes opérations que le sirop obtenu par le sucrate bibasique.

Mais comme le sucrate monobasique est un peu soluble à froid, on n'obtient qu'environ les trois quarts du sucre mis en œuvre dans la mélasse. On porte donc à l'ébullition le liquide éliminé du sucrate monobasique et on précipite par la chaleur, le sucrate restant à l'état de sucrate bibasique.

Les procédés à la strontiane donnent des sucres et des mélasses qui, à l'analyse au saccharimètre, devient beaucoup plus à la lumière ordinaire. Aussi doit-on en faire les dosages par inversion.

Les produits obtenus ont en outre l'avantage de ne pas fermenter.

Procédé Margueritte. — Le procédé Margueritte est une modification d'un procédé de Périer et Possoz ; il consiste à précipiter tous les sels de la mélasse dans l'alcool où ils sont insolubles ; et comme le sucre est, suivant des conditions connues, soluble dans ce dernier, on les sépare par distillation pour obtenir le sucre.

Le procédé repose sur la transformation de tous les sels en sulfates pour avoir des composés insolubles dans l'alcool ; dès lors, ces sels peuvent être éliminés, les composés mélassigènes, disparaissent avec la viscosité inhérente aux mélasses, et le sucre peut être extrait par voie de précipitation en ajoutant assez d'alcool dans la dissolution pour avoir insolubilité du sucre, les matières organiques restant en dissolution.

On opère comme il suit :

Pour 4 kilog. de mélasse de 45 à 47° Beaumé, on ajoute 4 litre d'alcool à 85° préalablement additionné de 50 centim. cubes d'acide sulfurique à 66° ; on mélange intimement pour produire les sulfates alcalins qui se précipitent ainsi que la métapectine et la parapectine qui se trouvaient dans la mélasse. On obtient un mélange encore trop visqueux pour effectuer facilement la séparation du dépôt ; on ajoute donc un demi-litre d'alcool à 95° et on passe aux filtre-presses pour séparer les sulfates et les substances insolubles.

On a aussi une liqueur limpide qui retient tout le sucre en dissolution ; on ajoute de nouveau à ce liquide un demi-litre d'alcool à 25° et l'on a une liqueur alcoolique finale tellement riche en alcool qu'elle se trouve à l'état de sursaturation. En y jetant 300 grammes de sucre blanc en poudre, pur et sec, pour amorcer on provoque par un phénomène physique qui se produit dans l'état de sursaturation, la formation presque instantanée d'une partie de sucre en cristaux.

Lorsque toute la précipitation du sucre est faite, on laisse égoutter le liquide qui contient encore une très petite proportion de sucre, ainsi que les acides organiques et les matières colorantes solubles de la mélasse. On lave ensuite le sucre avec de l'alcool à 95° qui est recueilli puis ramené à 85° par une addition d'un mélange froid de 50 centim. cubes d'acide sulfurique et de 50 centim. cubes d'eau. Cet alcool rentre ensuite dans le travail.

Quant à celui qui a servi à la précipitation, il est recouvré par distillation.

Élution Manoury. — L'élution est un procédé dû à Scheibler et modifié par Manoury dont il porte le nom. Il est surtout employé en Allemagne où les quantités de mélasses travaillées par l'élution représentent à peu près 25 % par rapport au total des sirops travaillés.

Ce procédé consiste à traiter la mélasse diluée par la chaux et par l'alcool.

La mélasse est d'abord diluée, puis mélangée avec une certaine quantité de chaux pulvérulente, quantité qui peut s'élever de 55 à 65° du poids de la mélasse. La composition de la chaux pulvérulente varie beaucoup suivant la nature de la pierre à chaux qui a servi à la produire, car on y retrouve toutes les impuretés de la pierre à chaux et même du coke. Or, le sucrate de chaux granulé qu'on obtient, présentant la composition de la chaux pulvérulente et de la mélasse, le composé obtenu est donc aussi très variable dans sa composition.

Par conséquent, si 400 kilog. de mélasse concentrée, contenant 50 de sucre, ont absorbé 65 kilog. de chaux de sucrate, renfermeront 30 kilog. de sucre %.

Ce sucrate est traité ensuite par l'alcool à 42-45°. On obtient une matière insoluble épurée qui est le sucrate et un alcool impur qui, redistillé, donne une vinasse et un alcool révivifié qui rentre dans le travail. L'alcool sert ainsi indéfiniment.

Pour séparer l'alcool du sucrate, on a recours à la pression ou à la filtration. On obtient un sucrate élué qui, transformé en lait de chaux est plus ou moins pur et plus ou moins dense. Il renferme de 7 à 43 % de sucre suivant sa densité et contient, en outre, toutes les impuretés non enlevées par l'alcool plus les substances insolubles apportées par la chaux.

Ce lait de sucrate est envoyé à la carbonatation où il est décomposé, et le sucre redevenu soluble rentre dans le jus qu'on appelle jus d'élué. En voici quelques compositions :

| | | | |
|---------------------------|-------|---------|----------|
| Densité | 10.22 | 10.30,5 | 1.024,25 |
| Sucre pour cent c.c. | 5.90 | 7.13 | 5,67 |
| Cendres | 0.30 | 0.29 | 0,26 |
| Matières organiques..... | 0.15 | » | » |
| Quotient de pureté..... | 92.09 | 90.36 | 90,43 |
| Quotient salin..... | 19.66 | 24.59 | 21,80 |

Le produit de la carbonatation est passé aux filtres-presses et le jus d'élué est évaporé et concentré.

Les procédés à l'alcool, très coûteux, ne passent que difficilement dans la pratique; car l'alcool, coûtant cher et durant peu, n'est pas une matière pour les procédés industriels. Aussi, les fabricants français se sont-ils défiés de l'élué qui, jusqu'ici n'est pas entrée dans le travail de nos sucreries.

Substitution et séparation Steffen. — La substitution et la séparation Steffen, peu employées en France jusqu'ici, se sont beaucoup répandues en Allemagne et surtout en Belgique.

La substitution et la séparation sont deux procédés différents dus à Steffen.

Le premier qu'il inventa, en 1879, fut la substitution, procédé qui était basé sur l'emploi de la chaux et avait l'avantage d'éviter complètement l'application de l'alcool.

Mais en 1883, Steffen trouva un autre procédé beaucoup plus avantageux et qu'il nomma la séparation.

La séparation Steffen repose sur ce que le sucre forme avec la chaux plusieurs combinaisons solubles et insolubles. Parmi ces combinaisons insolubles se trouve le *sucrate tribasique* constitué par 100 de sucre et 49 de chaux. Ce sucrate se forme dans diverses circonstances. Ainsi, si on ajoute de la chaux éteinte à une solution sucrée et qu'on porte le tout à l'ébullition, il se précipite un sucrate tribasique et il reste dans la liqueur un sucrate soluble.

Ce sucrate tribasique se forme également au sein d'une liqueur sucrée froide dans laquelle on ajoute de la poudre de chaux vive.

Dans le procédé Steffen, on fait arriver dans un bassin la mélasse froide diluée à la densité de 1049 à 1053 ; on verse dans ce bassin muni d'un réfrigérant, de la chaux broyée et tamisée. Un mesureur permet d'introduire la quantité de chaux convenable. Ce mesureur est formé d'une hélice avec élètres laissant tomber toujours le même volume de chaux.

La solution de mélasse étant introduite dans le réfrigérant, on verse au moyen du tourniquet une première dose de chaux ; la température s'élève de 1 ou 2 degrés ; on agite et on refroidit avec un courant d'eau. On fait une deuxième addition de chaux, et on continue de même en notant les qualités de chaux employées, jusqu'à ce qu'on obtienne un saccharate formé à peu près par :

| | |
|---------------------------------|-----------|
| Sucre % grammes | 11 à 12 |
| Chaux — | 14 à 19 |
| et dont la pureté varie de..... | 85,4 à 98 |

On envoie ensuite le produit obtenu aux filtres-presses; on sépare

le sucrate de chaux formé avec la chaux en excès, et on lave un peu de sucrate.

Les eaux-mères, contenant encore un sucrate soluble, sont échauffées vers 80-85°, et on obtient à chaud un nouveau sucrate tribasique insoluble qu'on sépare par les filtres-presses.

Ce deuxième sucrate est généralement moins pur que le premier.

Les sucrares ainsi obtenus sont lavés et carbonatés ensuite; ou bien, en temps de fabrication, on fait servir ces sucrares à la défécation des jus bruts de betteraves.

Comme on le voit, le procédé arrive au même but que les précédents.

Les masses cuites obtenues par la séparation Steffen ont des compositions variables suivant la nature de la mélasse. En voici deux exemples :

| | MÉLASSES | |
|--------------------------|-------------------|----------------|
| | A 56-57 DE PURETÉ | A 63 DE PURETÉ |
| Sucre | 81 à 82 | 85 à 87 |
| Cendres | 5,5 à 6,5 | 2,2 à 2,7 |
| Matières organiques..... | 4 à 5 | 0,5 à 1,3 |
| Eau | 6 à 8 | 9 à 10 |
| Pureté | 86 à 87 | 89 à 95 |

Plusieurs applications de ce procédé furent faites en France en 1885 à la fabrication de sucre de M. Ouvré à Souppes, à celles de M. Gouvion à Saulzoir et de M. Stoelin à Sainte-Marie-Kerque, et deux ans plus tard à la fabrique de M. Pilat à Brébières et à la fabrique d'Ardres.

VII.

Rapports de l'industrie sucrière avec l'agriculture.

La richesse de notre région et sa transformation, depuis cinquante ans ont pris leur source dans l'industrie sucrière.

Si, en effet, nous examinons ce que peut produire un hectare de terrain, nous verrons que, ensemencé en betteraves, il rapporte, année moyenne, environ 900 francs. Tandis que toutes les autres plantes cultivées dans la partie septentrionale de la France, sauf le lin, qui ne peut se récolter que dans des conditions exceptionnelles et le blé, qui ne doit sa valeur qu'à sa venue après une récolte de betteraves, ne donnent qu'un produit moyen de moitié environ soit 450 francs.

En outre la culture de la betterave influe surtout sur les amendements. En effet nous cultivons des plantes épuisantes qui appauvrissent le sol à tel point que jadis, quand la culture de la betterave était inconnue, on était obligé, après la récolte de ces plantes, de laisser la terre inculte pendant un an : on faisait ce qu'on appelait des jachères.

Aujourd'hui, si la famine résultant du manque de blé n'est plus à craindre, c'est un peu grâce à la betterave. Cette plante, qui exige des binages répétés et profonds, a transformé le sol et l'a débarrassé des plantes parasites qui jadis nuisaient tant aux céréales. Là, en effet, où l'on cultive la betterave, le rendement du blé à l'hectare a

doublé en quantité et en qualité. Les statistiques démontrent que dans le Nord, depuis cinquante ans, le nombre des hectares ensemencés en blé n'a pas beaucoup varié, mais qu'ils ont produit un rapport presque double.

La betterave a donc pris la place de la jachère, et au lieu de nuire aux plantes cultivées avant elle, elle en est au contraire la protection ; elle est aujourd'hui la base de la culture.

Nous venons de parler de la culture de la betterave comme amendements ; avant d'énumérer les avantages que peut procurer son traitement dans les fabriques de sucre, nous allons dire un mot de la plante-mère comme nourriture.

Aliments fournis par la betterave. — Les feuilles, dont la quantité produite est considérable, servent aux nourrisseurs du Nord à entretenir, en attendant la pulpe qui doit les engraisser, les nombreux animaux qui peuplent leurs étables pendant l'hiver.

Les qualités alimentaires des feuilles de betteraves sont très favorables à la production du lait et du beurre. Aussi, a-t-on pu remarquer que dans certaines fermes situées dans les pays qui ne produisent pas de betteraves et où les vaches, faute d'autre nourriture, sont nourries pendant la saison d'hiver presque exclusivement au moyen de la paille, qui est assurément la moins bonne et la moins économique de toutes les nourritures, l'état corporel des animaux ainsi que la qualité de leurs produits s'en ressentent.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que d'une partie des avantages dus à la culture de la betterave, c'est-à-dire de la betterave avant son traitement dans la fabrique. Nous devons diviser les autres avantages en deux catégories :

- 1^o Aliments fournis par la betterave travaillée ;
- 2^o Engrais.

Les aliments fournis par la betterave travaillée sont de deux sortes : la pulpe et la mélasse. Nous allons en parler successivement.

Pulpe. — La pulpe, comme nous l'avons vu dans le cours de cet ouvrage, provient des appareils qui ont servi à extraire le jus de la betterave, soit des presses hydrauliques ou continues, soit de la diffusion.

Sans entrer dans les détails de comparaison entre les pulpes provenant de ces différents systèmes, nous dirons que la quantité des matières nutritives est à la quantité des substances non azotées comme 4 à 6 dans les résidus de diffusion, procédé employé aujourd'hui presque généralement. Si nous comparons la pulpe aux pommes de terre, qui jouent le premier rôle parmi les nourritures volumineuses et dont la même proportion est de 4 à 8, nous pouvons affirmer que la pulpe est une nourriture excellente.

Aussi, c'est grâce à la pulpe que nous pouvons, à l'arrière-saison, acheter aux départements herbagers leurs bêtes d'élevage afin de leur donner le complément de graissage qui leur manque pour les livrer ensuite à des prix rémunérateurs aux bouchers et aux facteurs des grands marchés qui viennent s'approvisionner dans nos fermes.

Ainsi, d'après des documents certains, la Mayenne, la Haute-Saône, le Doubs, la Nièvre, l'Anjou, l'Auvergne, la Franche-Comté, etc., introduisent annuellement dans le département du Nord seul, plus de 50,000 bêtes à cornes, dont la moyenne partie est nourrie avec de la pulpe : l'époque de leur introduction relevée dans les gares de chemins de fer l'indique suffisamment.

Mélasses. — Il est universellement reconnu qu'une nourriture sucrée est très propre à l'engraissement des bestiaux, et bon nombre de gros fermiers font un large emploi de mélasses et de sucre de bas titrage.

Voici à quelle dose et de quelle façon on fait généralement usage de la mélasse.

On prend un litre environ de mélasse, ration par jour pour une tête de bétail et on la délaie dans quatre litres d'eau. On prépare, d'un autre côté, une nourriture sèche composée de paille hachée, tourteau, betterave, etc. On verse dessus la mélasse et on fait un

mélange bien intime. Du foin moisi, apprêté de cette façon, sera encore mangé avec avidité par les bestiaux.

Outre les sels qui sont indispensables à l'alimentation des animaux, et dont la mélasse en contient une quantité abondante, le sucre est une excellente chose si on a soin de ne l'employer qu'avec modération. Il maintient l'estomac dans de bonnes conditions, spécialement quand la paille entre pour une grande partie dans la consommation journalière, de sorte qu'il sert à la fois d'agent nutritif et d'agent apéritif.

Des essais, faits surtout à l'étranger, ont donné d'excellents résultats. Aussi, nous sommes convaincu qu'on peut, pour la nourriture des bestiaux, faire un usage modéré de la mélasse avec un grand profit et de sérieux avantages.

C'est surtout en Angleterre, que s'est propagée la mélasse comme aliment nutritif.

Pour ne citer qu'un exemple, voici ce qu'écrivait, en 1874, un éleveur du comté de Leicester : « Mon expérience de l'emploi de la mélasse pour la nourriture des bestiaux, m'a prouvé que c'est là une excellente pratique, une pratique fort utile et d'un grand secours pour la nourriture des bestiaux, soit qu'on l'emploie pour l'engraissement, soit pour les vaches laitières. Seule, cependant, je ne pense pas qu'elle puisse suffire ; car les bestiaux s'en rassasieraient bien vite si on l'employait en certaine quantité ; mais, en la bornant à une ou deux livres par jour, on obtiendra de bons résultats si on a soin de la mélanger avec de la paille hachée, des betteraves coupées, surtout si celles-ci, comme c'est souvent le cas, n'ont pas perdu de leur acidité... » J'en ai tiré grand profit dans les années de sécheresse 1868, 1869 et 1870, car je pus faire en sorte qu'avec du foin de cinquième ordre comme qualité, avec de la paille et un peu de betteraves ou de pommes, une partie de mon bétail s'engraissa.

« En 1861, j'eus une forte récolte de pommes, mais les prix étaient tellement bas que je pris le parti de laisser au vent le soin de les faire tomber. Je les faisais ensuite ramasser, charrier, écraser et

mélanger avec de la mélasse et de la paille hachée. La mélasse neutralisait leur acidité. Le bétail s'en nourrit et fut vendu un bon prix.

« La mélasse est aussi très bonne pour les vaches laitières. Elle est très économique en ce sens qu'elle rend mangeables une certaine quantité de nourritures qui sans sa présence seraient invariablement rejetées par les animaux.

« C'est surtout dans les étés chauds, quand la nourriture est rare, que la mélasse est utile et profitable, ou bien quand les foins et les avoines ont eu à supporter des temps humides qui leur ont fait perdre de leur qualité par leur trop longue exposition à la pluie. Aussi est-ce à la satisfaction générale que l'on en a employé une grande quantité dans notre district. »

Ce qui était excellent en 1874 pour l'alimentation des bestiaux, doit l'être encore de nos jours.

On sait que le bétail a besoin d'une certaine quantité de sel ; or la mélasse contient des sels en grande proportion, sels qui lui donnent cette saveur salée caractéristique qui, quoique peu agréable au palais de l'homme, devient plus sensible une fois qu'on a dilué ce produit dans l'eau et qu'on l'a mélangé avec de la menue paille ou autre fourrage.

Certains éleveurs trouvent que les sels de la mélasse ne sont pas ceux que nécessite l'entretien du bétail ; mais puisque la pulpe donne de si bons résultats, les sels assurément ne sont pas malfaisants.

Cette question de l'appropriation des mélasses de betteraves à l'alimentation du bétail est très importante, non seulement pour l'éleveur mais aussi pour les fabricants de sucre du continent qui trouveraient là un nouveau débouché pour des produits achetés par la distillerie à un prix bien inférieur à leur valeur.

Engrais fournis par la sucrerie. — Quant aux engrais que l'agriculture tire de la sucrerie, nous ne reviendrons pas sur cette question.

Nous en avons parlé dans les premières pages de cet ouvrage lorsque nous avons traité la question des engrais utiles à la betterave,

tels sont : les défécations et la mélasse. Nous avons dit un mot aussi des eaux d'exosmose et des sels qu'elles donnent par leur traitement.

Moyens d'entente entre les fabricants et les cultivateurs. —

Nous avons vu dans le cours de ce travail, que d'une part, l'agriculture est l'élément principal qui fournit la matière première nécessaire à la prospérité de la sucrerie ; et que d'autre part, le cultivateur trouve son avantage dans la culture de la betterave sans laquelle :

1^o Il serait obligé de retourner à la jachère ;

2^o Il perdrait la différence du prix de la récolte de betteraves et de la récolte qui la remplacerait ;

3^o Il devrait abandonner l'engraissement du bétail faute de nourritures.

Ainsi, la préoccupation de tous les hommes compétents, soucieux de la prospérité d'une industrie qui fait la fortune du pays, a été de rechercher tous les moyens d'entente entre les cultivateurs et les fabricants de sucre.

C'est pourquoi, comme le conseillait en 1884 M. Telliez, alors président honoraire de la Société des Agriculteurs du Nord, nous aussi nous disons :

Aux fabricants de sucre :

« Vous avez intérêt à voir se produire une betterave riche : plus elle le sera, plus votre travail sera facile et prompt et plus vos frais de fabrication seront diminués. Pour l'obtenir n'hésitez pas à offrir aux planteurs une large compensation de la diminution de poids que l'augmentation de la richesse saccharine amènera. N'hésitez pas non plus à leur donner pour les modes de vérification de la densité toutes garanties de sécurité.

« Vous établirez pour cela un laboratoire où les appareils aussi parfaits que possible auront un fonctionnement que tout le monde pourra suivre. Afin que le soupçon ne puisse vous atteindre, il faut que la maison soit de verre, ainsi que le dit M. Vion avec sa verve,

ordinaire. Vous y entretenez un personnel suffisant à des opérations promptes, n'entraînant qu'une faible perte de temps pour ceux qui auront intérêt à les vérifier. C'est une dépense nouvelle, mais elle trouvera sa large compensation dans les avantages que vous en recueillerez. »

Aux Cultivateurs :

« Aux milieu des épreuves déjà si dures que vous subissez et qui sont l'objet de nos plus constantes préoccupations, nous considérons que si la culture de la betterave continue à s'exercer dans les conditions anciennes, elle ira toujours s'amointrissant, pour enfin disparaître.

« Si vous voulez la voir se maintenir et s'étendre dans nos exploitations, n'hésitez pas à adopter les mesures que nous proposons et à produire une racine plus riche. Vous le pouvez sans rien y perdre de la juste rémunération qui vous est due. Les sacrifices que vous devrez vous imposer pour cela, ne seront que des sacrifices de temps et de soins.

« C'est en apportant des soins plus grands dans le choix ou la création par vous-mêmes des semences, dans les modes de culture dont nous venons d'exposer les principales règles, que vous produirez une betterave meilleure. »

Nous avons l'espoir que ce conseil, venant d'une voix autorisée comme celle de M. Telliez, sera entendu ; « car, ajoutait-il, si nous voulons maintenir et voir prospérer en France la culture de la betterave et la fabrication du sucre, il faut pour cela que l'un produise une betterave riche et que l'autre la paie suivant sa richesse. Ce mode est le seul que puisse entretenir entre les deux intéressés la confiance et l'harmonie essentielles au maintien et au succès de leur œuvre commune. »