

pour 100 d'acide pectique de la gomme adragante; c'est, comme on le voit, un très-bon mode de préparation de cet acide.

La gomme adragante renferme en outre une petite quantité d'une gomme soluble, de cellulose, d'amidon, de matières minérales et environ 20 pour 100 d'eau.

La gomme adragante chauffée avec de l'acide azotique donne de l'acide mucique, comme les gommages proprement dites, et c'est même là le seul rapprochement que l'on peut établir entre ces substances; mais cette propriété ne suffit pas pour caractériser les gommages, car nous avons vu que les composés pectiques fournissent également de l'acide mucique par oxydation.

Mucilages.

On extrait de la graine de lin, des pépins de coing, de la racine de guimauve, du bulbe desséché de plusieurs orchis (salep), du fucus crispus, etc., des produits insolubles dans l'eau, mais se gonflant considérablement dans ce liquide en formant des gelées quelquefois très-épaisses, auxquels on a donné le nom de *mucilages*.

On rapproche ordinairement les mucilages des gommages insolubles. Bien que l'étude chimique de ces composés soit encore très-peu avancée, il semble qu'ils doivent constituer une famille spéciale. En effet, diverses propriétés les distinguent des gommages proprement dites: la plupart d'entre eux ne donnent pas d'acide mucique lorsqu'on les fait bouillir avec l'acide azotique (mucilages de coing, de salep, de fucus crispus), et tous demeurent complètement insolubles même lorsqu'on les fait bouillir longtemps avec de l'eau. D'autre part ils diffèrent de la gomme adragante en ce qu'ils ne peuvent fournir de l'acide pectique.

L'action des alcalis permet de les classer en deux groupes.

Dans le premier seraient rangés les mucilages insolubles dans les alcalis à froid comme à chaud, et que les acides étendus transforment rapidement en dextrine et glucose. Tels sont les mucilages de lin, de fucus.

Dans le deuxième se placeraient les mucilages solubles dans les alcalis concentrés et que les acides transforment à chaud en dextrine et glucose, comme le mucilage de coing.

Cette propriété, commune à tous ces produits, de donner de la dextrine et du glucose sous l'influence des acides étendus et bouillants, conduit à les rapprocher des matières celluloses, dont ils possèdent du reste la composition (M. Giraud).

SUCRES.

Les sucres sont des substances douées d'une saveur douce, possédant la propriété de se dédoubler, sous l'influence de la levûre de bière, en alcool et acide carbonique. On peut les diviser en deux groupes.

Le premier comprend les sucres facilement cristallisables, ou *saccharoses*, analogues au sucre de canne, ayant pour formule $C^{12}H^{22}O^{11}$. Outre le sucre ordinaire, extrait de la canne à sucre et de la betterave, ce groupe contient le mélitose, le tréhalose et le mélézitose.

Le second groupe renferme les sucres difficilement cristallisables ou *glucoses*, dont la formule est $C^{12}H^{22}O^{12}$; le glucose ordinaire ou sucre de fécule peut en être considéré comme le type.

Les glucoses fermentent directement au contact de la levûre de bière; les saccharoses ne subissent la fermentation qu'au bout d'un certain temps et après s'être transformés en glucoses par fixation des éléments de l'eau.

Les acides transforment très-rapidement les saccharoses en sucres du second groupe; l'inverse n'a pu être produit jusqu'ici.

Cependant ce changement paraît s'effectuer dans les végétaux sous des influences encore inconnues. Ainsi, on constate la présence d'un glucose dans la racine de la betterave avant que celle-ci ait atteint son complet développement; la proportion de ce glucose va diminuant à mesure que le saccharose apparaît en plus fortes proportions; enfin, le saccharose existe seul en général à l'époque où l'on arrache les betteraves pour en extraire le sucre.

M. Berthelot considère les saccharoses comme des sortes d'éthers mixtes, formés par la combinaison de deux glucoses isomériques. Ainsi le sucre de canne serait le résultat de l'association du glucose et du lévulose. En effet, le sucre ordinaire, sous des influences hydratantes, se dédouble en glucose proprement dit et en lévulose. Quant aux glucoses, M. Berthelot les range parmi les alcools polyatomiques d'un ordre beaucoup plus élevé que la mannite, la dulcité, etc., corps qui étaient autrefois rangés également parmi les sucres.

Sucre de canne, $C^{12}H^{22}O^{11}$ ou $C^{24}H^{44}O^{22}$.

Ce sucre est abondamment répandu dans le règne végétal. On le retire de la canne à sucre, de la betterave, de la sève de l'ébène et du palmier, mais on le rencontre également dans la racine de

la carotte, du navet, ainsi que dans les fruits non acides, l'ananas, la châtaigne, le melon, etc.

L'extraction du sucre de palmier dans les Indes et celle du sucre d'érable au Canada et dans l'Amérique du Nord s'effectuent d'une manière extrêmement primitive. On recueille la sève de ces arbres en pratiquant des incisions dans leurs troncs; on concentre le jus dans des chaudières chauffées à feu nu, puis on laisse cristalliser le sirop ainsi obtenu. Ces variétés de sucre sont consommées dans les pays mêmes où ils sont préparés.

Extraction du sucre de canne. — La canne à sucre contient plus de sucre et moins de matières étrangères que les autres plantes saccharifères; elle renferme jusqu'à 18 pour 100 de sucre cristallisable.

On commence par écraser les cannes en les faisant passer entre des cylindres creux en fonte, A, B, C, au nombre de trois, placés horizontalement dans un bâti très-solide avec armatures de fer forgé (fig. 28). On rapproche plus ou moins les cylindres à l'aide

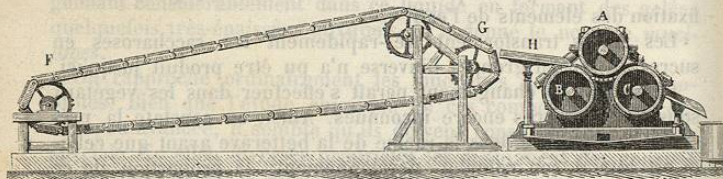


Fig. 28.

de vis de pression serrant les porte-coussinets. L'un des cylindres qui reçoit le mouvement le transmet aux deux autres cylindres par trois roues d'engrenage égales, montées sur les axes des trois cylindres. Les cannes sont amenées par une toile sans fin F, G, entre les deux premiers cylindres A, B, où elles sont aplaties et pressées, puis elles sont conduites par une lame courbe de tôle entre le second cylindre A et le troisième C, qui sont plus rapprochés, de manière que la pression soit graduée et la plus complète possible. On doit faire tourner lentement les cylindres pour laisser au jus le temps de s'écouler. On a pu ainsi extraire jusqu'à 70 et même 72 de jus pour 100 de cannes.

Le jus, auquel on donne le nom de *vesou*, outre du sucre, contient des sels et des matières albuminoïdes qui détermineraient rapidement l'altération du sucre, si on ne les précipitait pas de suite. A cet effet, le vesou est amené dans une première chaudière, dite la *grande*, où on le mélange avec 2 à 3 millièmes de son

pois de chaux; la chaux se combine aux substances albuminoïdes et à quelques autres impuretés en formant des produits insolubles; on porte le liquide à l'ébullition pour faciliter la réunion du précipité et l'amener à la surface sous forme d'écumes que l'on enlève. Cette opération porte le nom de *défécation*. On fait passer le jus déféqué dans une chaudière voisine appelée la *propre*, où il est soumis à l'évaporation; il se produit encore, pendant l'ébullition dans cette chaudière, des écumes que l'on rejette dans la chaudière à déféquer remplie de nouveau jus. Le liquide est ensuite versé dans une troisième chaudière, appelée le *flambeau*, parce qu'on y reconnaît, à la couleur et à la limpidité du liquide, si la défécation a été complète ou s'il serait utile d'ajouter un peu de lait de chaux. De là le jus passe dans une quatrième chaudière, nommée *sirop*, où, continuant de se concentrer, il acquiert une consistance sirupeuse, et enfin dans une cinquième, la *batterie*, ainsi nommée en raison du bruit que fait entendre l'ébullition du sirop en approchant du degré de *cuite*, terme de la concentration. Ces cinq chaudières forment ce qu'on appelle un *équippage*; elles sont chauffées par un même foyer.

En sortant de la dernière chaudière, le sirop est versé dans de grands bacs peu profonds, où on le laisse refroidir et cristalliser pendant vingt-quatre heures environ; alors on met la masse grainée dans des formes, sortes de grands entonnoirs qui retiennent le sucre brut ou *cassonade* et laissent écouler la partie incristallisable nommée *mélasse*.

Le mode de concentration à feu nu, dont nous venons de parler, présente de graves inconvénients. Il est impossible en effet d'éviter qu'une partie de sucre ne soit caramélisée dans ces chaudières; d'où coloration toujours assez intense du sucre obtenu, et perte d'environ 20 à 25 pour 100 de cette substance qui se trouve transformée en sucre incristallisable et passe dans la mélasse. Dans beaucoup de sucreries coloniales, aujourd'hui, le chauffage est produit par la vapeur; en outre, les chaudières dans lesquelles s'effectue la dernière concentration sont disposées de façon à ce qu'on puisse raréfier l'air dans leur intérieur. On agit ainsi beaucoup l'évaporation sans qu'il faille pour cela élever la température. D'une manière générale, les industriels de nos colonies tendent à installer dans leurs usines les méthodes et les appareils plus perfectionnés qui sont employés dans les sucreries indigènes et que nous allons indiquer en parlant de l'extraction du sucre de betterave.

Les cannes, après avoir été pressées, constituent ce qu'on appelle la *bagasse*; on les emploie pour le chauffage: c'est souvent le seul combustible dont on puisse disposer. Les cendres qu'elles laissent après leur combustion sont répandues sur le sol, auquel

elles rendent une partie des substances minérales que la canne y avait puisées pendant sa végétation. Le résidu le plus important de cette fabrication est la mélasse; on lui fait subir ordinairement la fermentation et on prépare à son aide le rhum, le tafia et d'autres liqueurs.

La production du sucre de canne est d'environ 1 900 000 tonnes.

Extraction du sucre de betterave.

La variété de betterave qui renferme le plus de sucre et qui, par suite, est généralement cultivée pour les sucreries, est la betterave blanche à collet rose dite de Silésie. Cette variété, cultivée dans de bonnes conditions, peut contenir jusqu'à 12, 13 et même 15 centièmes de sucre, en moyenne 10,5.

Les betteraves sont d'abord lavées et épierrées en leur faisant traverser un tambour légèrement incliné, de 3 mètres de longueur, tournant avec une vitesse de quinze tours par minute dans une caisse pleine d'eau. Elles sont alors réduites à l'état de pulpe à l'aide d'une râpe semblable à celle qui est employée pour l'extraction de la fécula de pommes de terre. La pulpe recueillie sous la râpe est introduite dans des enveloppes ou sacs en tissu de laine; on lui fait subir généralement une première pression, faible mais rapide, au moyen d'une presse à vis ou d'une sorte de marteau à vapeur, qui permet d'extraire 45 pour 100 du jus qu'elle renferme. Les sacs sont ensuite superposés au nombre de 50 à 60 sur le plateau d'une presse hydraulique, en les séparant les uns des autres par des plaques en tôle de fer et soumis à une pression de 800 000 kilogrammes.

La pulpe pressée est mélangée avec des fourrages hachés et utilisée comme aliment pour les bestiaux.

Le jus sortant des presses est toujours trouble et doit être filtré au travers d'une toile métallique très-fine. Ce déulpage est rarement suffisant, et c'est un inconvénient grave, car la pulpe en suspension dans le jus est composée en grande partie de pectose, se transformant pendant la fabrication en composés pectiques solubles qu'on ne peut éliminer et qui entravent la cristallisation du sucre.

Défécation. — Afin de mettre le jus tamisé à l'abri des altérations qui ne tarderaient pas à se produire, on le mélange immédiatement avec une certaine quantité de chaux éteinte, puis, à l'aide d'un monte-jus, on l'envoie dans une chaudière à double fond chauffée par la vapeur (fig. 29), où l'on procède de suite à la *défécation*. La défécation a pour but d'enlever une grande partie des matières étrangères qu'il contient: ainsi la chaux sature les acides libres qui peuvent exister dans le jus, tels que les acides malique, pec-

tique, lactique; elle se combine aux matières albuminoïdes en formant avec elles des composés insolubles; elle élimine de même

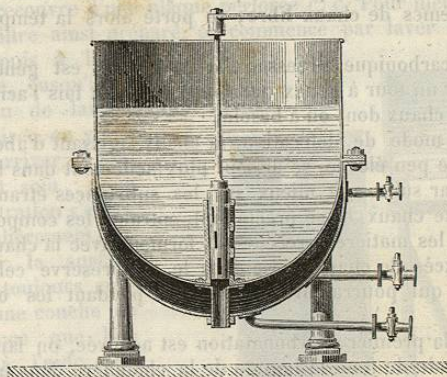


Fig. 29.

les matières grasses et certaines matières colorantes; enfin, elle décompose les sels ammoniacaux. Si la chaux est employée en excès, elle se combine avec le sucre en produisant du sucrate de chaux soluble.

La défécation peut être pratiquée de différentes manières. On peut n'employer que la quantité de chaux nécessaire pour l'élimination des substances étrangères renfermées dans le jus; c'est la *défécation simple* que l'on effectue à la température de l'ébullition, mais qui est à peu près complètement abandonnée aujourd'hui. Un autre procédé, dû à M. Rousseau, consiste à faire intervenir un excès de chaux qui élimine plus complètement les matières étrangères et qui en même temps forme du sucrate de chaux que l'on devra décomposer ensuite par un courant d'acide carbonique. Enfin, on peut soumettre le jus en même temps à l'action de la chaux et de l'acide carbonique, et répéter deux fois cette opération; c'est le procédé de la *double carbonatation* ou de la *défécation trouble*, connue aussi sous le nom de procédé Périèr et Possoz.

Ce dernier procédé, qui paraît donner les meilleurs résultats, s'exécute de la manière suivante. Le jus, auquel on a ajouté 1,05 pour 100 de son poids de chaux, est introduit dans une chaudière munie d'un serpentín de vapeur; pendant que le jus s'échauffe progressivement, on le fait traverser par un courant d'acide carbonique arrivant par un autre serpentín percé de petits trous sur toute sa longueur.

Lorsque le liquide a atteint la température de 60 à 80°, on ferme l'admission de vapeur et on continue à faire barboter l'acide carbonique jusqu'à ce que le jus ne contienne plus que 1 à 3 millièmes de chaux libre; on porte alors la température à 90 ou 95°.

L'acide carbonique nécessaire à l'opération est généralement produit par un four à chaux qui donne tout à la fois l'acide carbonique et la chaux dont on a besoin.

Dans ce mode de défécation, la chaux, agissant d'abord à une température peu élevée, se dissout plus facilement dans le liquide sucré, et par suite agit mieux sur les substances étrangères; le carbonate de chaux, en se précipitant, entraîne les composés insolubles que les matières précédentes forment avec la chaux; enfin, le léger excès de chaux laissé dans le jus préserve celui-ci des altérations qui pourraient se produire pendant les opérations suivantes.

Dès que la première carbonatation est achevée, on fait écouler par une bonde de fond le liquide de la chaudière dans un bac où les dépôts se réuniront rapidement. Les deux tiers du jus pourront être ainsi directement obtenus limpides; quant au dépôt boueux, on le soumettra à l'action de filtres-presses.

Le liquide clair est amené dans les chaudières servant à la deuxième carbonatation, qui présentent exactement les mêmes dispositions que celles qui ont servi à l'opération précédente. On ajoute une nouvelle quantité de chaux éteinte égale aux 5 millièmes du poids du jus, puis on porte celui-ci à l'ébullition pendant 5 minutes. On injecte ensuite de l'acide carbonique jusqu'à ce que ce gaz soit en excès, ce que l'on constate à l'aide du papier jaune de curcuma, dont la couleur ne doit pas virer au rouge; puis on porte le liquide à l'ébullition pendant quelques minutes pour chasser l'excès d'acide carbonique. Enfin on ajoute $\frac{1}{2}$ à 2 de chaux éteinte pour 1000 de jus, afin de précipiter certaines substances que l'excès d'acide carbonique aurait pu redissoudre et maintenir le jus alcalin jusqu'à la fin des opérations.

Le liquide trouble est alors envoyé dans des bacs où le carbonate de chaux se dépose rapidement: la partie claire est soutirée immédiatement, et le dépôt est passé aux filtres-presses.

Filtration. — Le jus ainsi déféqué et bouillant est filtré sur du noir animal en grains où il se débarrasse de quelques grumeaux d'écumes entraînés, se décolore et s'épure un peu.

Les filtres généralement en usage sont cylindriques, en tôle (fig. 30). On leur donne de 0^m,60, à 1^m,20, de diamètre et de 2^m,50, à 3 mètres de hauteur; ils sont ouverts à la partie supérieure. A la partie inférieure se trouve un faux fond percé de trous *b*,

b, sur lequel on place une toile pelucheuse de coton, puis on introduit le noir que l'on tasse avec soin. Lorsque le filtre est rempli à 0^m,30 du bord supérieur, on place sur le noir une autre toile que l'on recouvre d'une plaque perforée *c, c*. Pour mettre en service un filtre ainsi préparé, on commence par laver le noir à la vapeur, puis à l'eau bouillante, jusqu'à ce que l'eau de lavage coule claire; on y fait ensuite arriver le jus, en ayant soin, pour que la filtration s'effectue régulièrement, de maintenir la surface du noir toujours couverte d'une couche de liquide, ce que l'on obtient à l'aide d'un réservoir d'alimentation muni d'un robinet à flotteur.

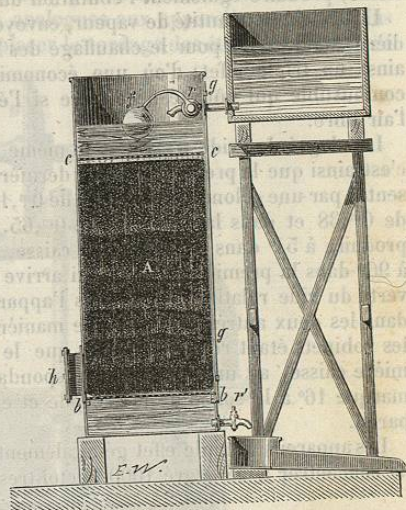


Fig. 30.

Concentration. —

Le jus déféqué et filtré, marquant de 5 à 6° Baumé, doit être évaporé rapidement, de façon à marquer 22° à

l'aréomètre. Cette concentration peut se faire dans des chaudières chauffées à la vapeur, soit à l'air libre, soit dans le vide. Aujourd'hui on se sert d'un appareil évaporateur, dit *appareil à triple effet*, qui se compose de trois chaudières ou caisses communiquant entre elles, de façon que la vapeur émise par le liquide, quand on chauffe l'une d'elles, puisse être utilisée pour vaporiser le jus contenu dans la suivante. L'évaporation est facilitée par un vide relatif que produit une pompe à air, et la condensation des vapeurs sortant des chaudières. Chacune de ces caisses est formée d'un grand cylindre en fonte dans la partie inférieure duquel se trouve une partie tubulaire. Le jus occupe la partie inférieure de la caisse, l'intérieur des tubes, et s'élève de 20 centimètres environ au-dessus de la plaque tubulaire supérieure. Quant à l'espace compris entre les tubes, il est occupé par la vapeur qui sert au chauffage. La première caisse est ainsi chauffée par la vapeur d'échappement des machines de l'usine, et au besoin par de la vapeur venant des chaudières. Sous l'influence de cette vapeur,

le jus contenu dans cette première caisse est amené rapidement à l'ébullition, et les vapeurs qu'il émet, se rendant entre les tubes de la seconde caisse, échauffent le jus qu'elle renferme et le porte également à l'ébullition. Enfin, les vapeurs produites dans cette seconde caisse iront, en se condensant entre les tubes de la troisième, produire également l'ébullition du jus qu'elle renferme.

Une certaine quantité de vapeur, envoyée dans la première chaudière, suffira donc pour le chauffage des trois caisses, et produira ainsi un triple effet; d'où une économie de 30 pour 100 sur le combustible qui eût été nécessaire si l'évaporation s'était faite à l'air libre.

Le degré de vide n'est pas le même dans les trois caisses : c'est ainsi que la pression dans la dernière chaudière, étant représentée par une colonne de mercure de 0^m,11, il sera dans la seconde de 0^m,38 et dans la première de 0^m,65. Par suite, l'ébullition se produira à 54° dans la troisième caisse, à 82° dans la seconde et à 96° dans la première. Le jus qui arrive dans le premier vase en vertu du vide relatif existant dans l'appareil passe successivement dans les deux autres et sort d'une manière continue du troisième; les robinets étant réglés de façon que le jus, au sortir de la première caisse, ait une densité correspondant environ à 10° Baumé, marque 16° à la sortie de la seconde et enfin 22° en quittant l'appareil.

Les appareils à triple effet généralement en usage sont capables de concentrer à ce degré 1000 hectolitres de jus en 24 heures.

Cuite des sirops. — Le jus sortant de l'appareil à triple effet, pesant 22° Baumé environ, est filtré sur du noir animal, puis concentré jusqu'à ce que, abandonné à la température ambiante, il cristallise. Cette concentration s'effectue dans des chaudières munies à leur partie inférieure de serpentins en fer dans lesquels circule la vapeur d'un générateur. La vapeur émise par le sirop se dégage par un large tuyau fixé sur le dôme de la chaudière et se rend dans une sorte de condenseur où se produit une injection d'eau froide; en même temps une pompe à air aspire la vapeur non condensée, ainsi que l'air de l'appareil, de manière à réduire la pression à l'intérieur à 10 ou 11 centimètres de mercure. A mesure que l'eau s'évapore, on maintient le niveau du liquide dans la chaudière en faisant arriver du nouveau jus. Lorsque le sirop a été amené à marquer 38° Baumé, ou mieux lorsqu'une goutte de ce sirop, prise entre le pouce et l'index, peut s'allonger, si l'on écarte brusquement les doigts, en un fil délié, lequel en se rompant forme un petit crochet (*preuve au crochet*), on laisse baisser la température. Bientôt la cristallisation commence dans la chaudière, la masse devient grenue. A ce moment on arrête la marche

de la pompe, on fait rentrer l'air dans l'appareil, et en ouvrant la bonde de fond, on fait tomber le sirop dans les cristallisoirs. On donne au sirop arrivé à ce terme de concentration le nom de *masse cuite*.

Quand la cristallisation est achevée, il faut séparer le sucre cristallisé des eaux mères. On y parvient facilement à l'aide de turbines à force centrifuge, analogues aux appareils employés dans les blanchisseries pour remplacer le tordage des étoffes (fig. 31); ce

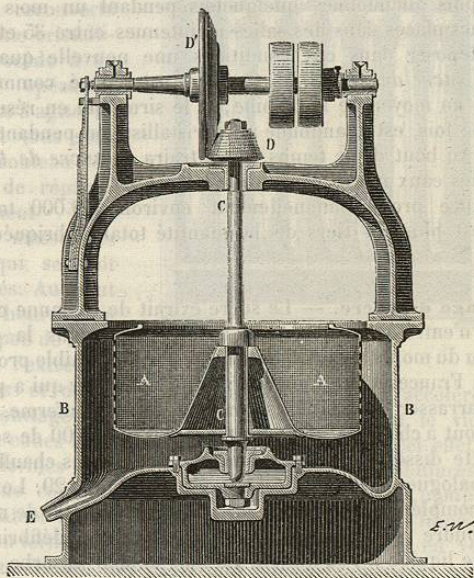


Fig. 31.

sont des sortes de corbeilles en toile métallique A, animées d'un mouvement de rotation excessivement rapide autour de leur axe C. On jette le sucre à égoutter dans l'intérieur de la turbine; le sucre vient s'appliquer contre les parois en toile métallique, tandis que la mélasse traverse cette toile et se rassemble à la partie inférieure d'un vase B qui entoure la corbeille. En deux minutes l'égouttage est produit.

Si on veut obtenir du sucre bien blanc, on peut lui faire subir un *clairçage* dans la turbine même. Le clairçage a pour but de débarrasser le sucre de la petite quantité de mélasse qui imprègne ses cristaux, en la déplaçant par une solution saturée de sucre

pur, laquelle, par suite, ne peut plus dissoudre de sucre. Il suffira donc de verser dans la turbine, pendant sa rotation, une petite quantité de cette solution de sucre pur; en traversant les cristaux de sucre, elle achèvera de les purifier.

On obtient ainsi de 60 à 68 pour 100 du poids de la masse cuite en sucre blanc; ce sucre est dit *sucre de premier jet*.

Les sirops qui se sont séparés pendant l'égouttage dans les turbines sont concentrés de nouveau jusqu'à satisfaire à la preuve au crochet, puis abandonnés quelquefois pendant un mois dans de grands bacs placés dans des salles maintenues entre 35 et 40°. Ils laissent déposer dans ces conditions une nouvelle quantité de sucre dit *sucre de second jet*. Ce sucre est séparé, comme précédemment, au moyen de la turbine; et le sirop qui en résulte, cuit encore une fois, est abandonné à la cristallisation pendant environ six mois. Au bout de ce temps, on extraira le *sucre de troisième jet*, dont les eaux mères constituent la *mélasse*.

La France produit annuellement environ 400 000 tonnes de sucre; c'est plus du tiers de la quantité totale fabriquée en Europe.

Raffinage du sucre. — Le sucre extrait de la canne ou de la betterave n'entre pas en général à l'état brut dans la consommation, ou du moins n'y est compris que pour une faible proportion, surtout en France. Il subit auparavant un *raffinage* qui a pour but de le débarrasser des matières étrangères qu'il renferme.

On dissout à chaud le sucre brut dans 50 pour 100 de son poids d'eau; cette dissolution se fait dans des chaudières chauffées à la vapeur, analogues à celle qui est représentée figure 29. Lorsque le sucre est complètement dissous, on ajoute 5 pour 100 de noir animal en poudre et 1 à 2 pour 100 de sang de bœuf défibriné, puis on porte le liquide à l'ébullition. Le noir animal absorbe les matières colorantes, certaines substances odorantes et une petite quantité des sels que contient le sucre. Quant au sang, il agit par son albumine, laquelle se coagule par la chaleur et emprisonne toutes les matières en suspension dans le liquide. On soutire la solution et on la clarifie en lui faisant traverser des filtres Taylor (fig. 32); ce sont des sortes de sacs en coton pelucheux que le jus traverse de dehors en dedans, en s'écoulant par des ajutages fixés au bas des sacs et, d'autre part, au fond de la caisse qui les renferme. Sortant des filtres Taylor, le liquide passe sur du noir animal en grain contenu dans un filtre ordinaire (fig. 30), puis on le concentre dans le vide jusqu'à ce qu'il marque 40° Baumé environ, en se servant de chaudières semblables à celles que l'on emploie pour la cuite des sirops dans les fabriques de sucre de betterave.

Les sirops concentrés, appelés *cuites*, sont versés dans des ré-

chauffoirs où l'on élève leur température jusqu'à 80°. Bientôt la cristallisation commence; on agite alors la masse et on la distribue à l'état pâteux dans des vases coniques, ou *formes*, en tôle zinguée et vernie, rangées verticalement la pointe en bas, dans un atelier dont la température doit être maintenue vers 30°. L'extrémité des formes est percée d'une ouverture que l'on a préalablement bouchée à l'aide d'un tampon de linge. Dès que la surface

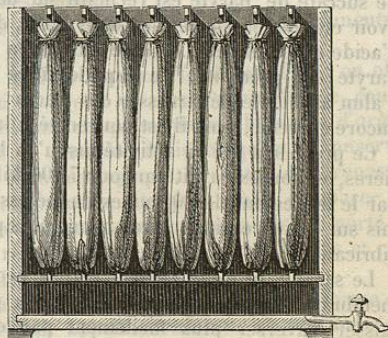


Fig. 32.

du sirop dans ces formes est recouverte d'une croûte cristalline, on procède à un *moupage*, opération qui consiste à agiter le produit en tous sens avec un couteau de bois, afin de répartir uniformément dans toute la masse les cristaux qui se sont déjà formés. Au bout de douze heures, on ôte le tampon de linge qui est à l'extrémité des formes et on laisse égoutter le sirop. On accélère beaucoup l'égouttage des pains de sucre en faisant le vide à la pointe des cônes renversés qui les contiennent; à cet effet l'extrémité des formes est ajustée sur une série de tubulures faisant partie d'une conduite en communication avec une pompe à air. Pour entraîner le sirop plus ou moins coloré qui imprègne les cristaux, on termine par un *clairçage*, qui s'effectue en versant à la partie supérieure des pains une solution saturée de sucre pur. Enfin on dessèche les pains dans une étuve.

Les sirops qui se sont écoulés des formes sont soumis à une nouvelle concentration; ils donnent des sucres de qualité inférieure et enfin de la *mélasse*.

Mélasse. — Ce résidu du raffinage ainsi que de la fabrication du sucre est un sirop visqueux, incristallisable, marquant de 42 à 44° Baumé et contenant cependant 50 pour 100 environ de sucre cristallisable. La séparation de ce sucre est empêchée par la présence dans la mélasse de matières étrangères provenant de la betterave ou de la canne et notamment de sels de potasse et de soude. D'un grand nombre d'essais, M. Dubrunfaut a conclu que 1 partie de ces sels rend incristallisable 3,73 parties de sucre.

M. Dubrunfaut a indiqué deux méthodes différentes qui per-

mettent d'extraire, au moins en partie, le sucre cristallisable contenu dans les mélasses.

Le premier procédé consiste à traiter la mélasse étendue d'eau par un excès de sulfure de baryum (obtenu en calcinant, au four à réverbère, le sulfate de baryte, mélangé de 0,4 de charbon en poudre). Il se forme du sucrate de baryte insoluble et du sulfhydrate de sulfure de baryum qui reste en dissolution. Le précipité de sucrate de baryte est recueilli sur un filtre, lavé, puis, après avoir été mis en suspension dans l'eau, décomposé par un courant d'acide carbonique. Le sucre est mis en liberté et le carbonate de baryte est précipité. Le liquide filtré est additionné d'un peu d'alun afin de le débarrasser des traces de baryte qu'il pourrait encore contenir, puis il est concentré à la manière ordinaire.

Ce procédé a été en activité jusqu'en 1873 dans l'usine de Courrières, où l'on extrayait par jour 7 000 kilogrammes de sucre blanc par le traitement de 20 tonnes de mélasse; mais les droits qu'on a mis sur le sucre ainsi extrait n'ont plus permis de continuer cette fabrication.

Le second procédé repose sur la propriété que possède une membrane endosmotique, telle que du papier parchemin, de se laisser traverser plus facilement par les sels que par le sucre contenus dans la mélasse. L'appareil auquel M. Dubrunfaut a donné le nom d'*osmogène* est formé de 51 châssis, ayant chacun 1^m,15 de long sur 0^m,90 de large et portant une feuille de papier parchemin; ces châssis sont fortement serrés les uns contre les autres, de manière à former des compartiments étanches. Des tuyaux, munis de nombreux ajutages, distribuent les liquides dans les différents compartiments et permettent leur sortie, de telle façon que d'un côté de la membrane endosmotique il y ait courant ascendant de mélasse, tandis que de l'autre côté, se produise un courant descendant d'eau pure. Une certaine quantité d'eau passe dans la mélasse et en même temps une partie des sels de cette mélasse passe dans l'eau. On élimine ainsi de la mélasse une portion des sels qui empêchaient la cristallisation du sucre.

Néanmoins, le plus souvent, on soumet les mélasses à la fermentation en les mettant en présence de la levûre de bière, ainsi que nous l'indiquerons plus loin, et la distillation permet d'en extraire de l'alcool.

Propriétés du sucre. — Le sucre de canne cristallise en prismes rhomboïdaux obliques. Sa densité est égale à 1,6. Il paraît phosphorescent dans l'obscurité au moment où l'on brise ses cristaux.

Pour obtenir le sucre en gros cristaux, vulgairement nommés *sucre candi*, on concentre une solution de sucre jusqu'à 37° Baumé, puis on l'abandonne, pendant une quinzaine de jours, à une tem-

pérature de 30°, dans une bassine au travers de laquelle sont tendus des fils. Le sucre s'y dépose en gros cristaux.

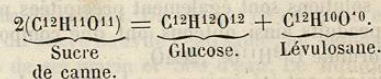
Le sucre est soluble dans le tiers de son poids d'eau froide et en toute proportion dans l'eau bouillante. L'alcool faible le dissout facilement, mais il est insoluble dans l'alcool absolu froid.

La solution de sucre dévie vers la droite le plan de polarisation de la lumière d'un angle de 73° 8'. Son pouvoir rotatoire change de signe sous l'influence des acides.

Le sucre n'est précipité de ses solutions ni par l'acétate neutre ni par le sous-acétate de plomb.

Soumis à l'action de la chaleur, le sucre fond vers 160°; on obtient un liquide épais qui se prend en masse lorsqu'on le coule sur un corps froid, constituant ce qu'on nomme le *sucre d'orge*. Ce sucre est transparent et amorphe, mais lorsqu'on le conserve pendant quelque temps, il devient opaque et cristallin et repasse en partie à l'état de sucre ordinaire. On peut donc comparer le sucre au soufre, qui, refroidi brusquement après avoir été porté à la température de 160°, reste mou pendant quelque temps et revient ensuite à son premier état.

Si le sucre est maintenu quelque temps à 160°, il se transforme en glucose et un nouveau produit appelé *lévulosane* ou *saccharide* :

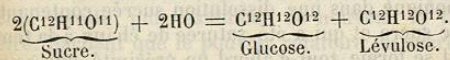


Lorsque la température est plus élevée, le sucre brunit et se change en caramel. Cette substance est formée par un mélange de différents composés désignés sous les noms de *caramélane*, $\text{C}^{12}\text{H}^9\text{O}^9$, de *caramélène*, $\text{C}^{36}\text{A}^{25}\text{O}^{25}$, etc. (M. Gélis).

Enfin, à une température plus élevée, de l'eau et des gaz se dégagent et il reste un charbon léger et boursoufflé.

Action des acides. — Certains acides organiques, tels que les acides tartrique, butyrique, stéarique, etc., chauffés en vases clos vers 120° avec du sucre, se combinent avec lui et donnent des composés analogues aux éthers.

Les acides minéraux, même très-étendus, dédoublent très-rapidement à l'ébullition le sucre de canne en *glucose* et *lévulose*, mélange qui dévie à gauche le plan de polarisation de la lumière d'un angle de 27°, tandis que le sucre le dévie à droite :



Ce mélange de glucose et de lévulose est connu sous le nom de *sucre interverti*.

Cette transformation peut encore se produire à la température ordinaire, mais d'une manière très-lente.

Ces mêmes acides, à l'aide d'une ébullition prolongée, changent le sucre en *acide glucique*, $C^{12}H^{10}O^9$, puis, la liqueur prenant une teinte brune de plus en plus foncée, en acide *apogluquique*, $C^{24}H^{13}O^{13}$, et enfin en produits ulmiques insolubles.

Les acides sulfurique et chlorhydrique concentrés carbonisent rapidement le sucre.

L'acide azotique à l'ébullition le transforme en acide oxalique. Un mélange d'acides azotique et sulfurique concentrés, en agissant à froid sur le sucre, donne naissance à un saccharose nitrique, $C^{12}H^9O^9(AzO^2)^2$, composé détonant analogue aux celluloses nitriques.

Action des bases. — L'eau sucrée possède la propriété de dissoudre des quantités de chaux d'autant plus grandes que la solution est plus chargée de sucre. M. Péligot constata que ces dissolutions de chaux dans l'eau sucrée, lorsqu'on les chauffait, donnaient des précipités dont la composition était constante et représentée par la formule $C^{12}H^{11}O^{11}, 3CaO$. Par le refroidissement, les précipités se redissolvent et la liqueur redevient limpide.

Ces mêmes solutions sont également précipitées par l'alcool, et les nouveaux produits ainsi obtenus ont une composition correspondant à la formule $C^{12}H^{11}O^{11}, 2CaO$.

Diverses opinions ont été émises sur la nature de ces solutions. D'après M. Péligot, lorsqu'on dissout de la chaux dans l'eau sucrée, il se formerait toujours un sucrate monobasique pouvant dissoudre des quantités variables de chaux. MM. Boivin et Loiseau pensent que c'est, au contraire, le sucrate tribasique qui prend naissance, et que ce sucrate est tenu en dissolution dans l'eau sucrée en excès.

Le sucre peut se combiner également avec la baryte et l'oxyde de plomb. M. Péligot a obtenu le sucrate de baryte, $C^{12}H^{11}O^{11}, BaO$, et le sucrate de plomb, $C^{12}H^9O^9, 2PbO$.

On peut retirer le sucre de toutes ces combinaisons en les décomposant par l'acide carbonique.

La potasse et la soude ont peu d'action sur le sucre; on peut faire bouillir quelque temps ce composé avec les alcalis sans qu'il y ait coloration sensible.

MM. Boivin et Loiseau ont remarqué que, si l'on fait passer de l'acide carbonique dans une dissolution sucrée contenant 12 à 15 pour 100 de sucre et qui a été saturée de chaux à la température ordinaire, il se forme tout d'abord un précipité qui se redissout; mais que, si l'on continue à faire barboter le gaz à la température de 25 à 30° au sein de la solution, il arrive un moment où le pré-

cipité ne se redissout plus. Ce précipité a pour composition : sucre = 44, chaux = 38,10, acide carbonique = 17,90; il peut être considéré comme formé de 1 équivalent de sucre, 1 de carbonate de chaux et 2 d'hydrocarbonate de chaux, $CaOCO^2, CaOHO$. Ce composé, qui a reçu de MM. Boivin et Loiseau le nom de sucrate d'hydrocarbonate de chaux, a reçu depuis quelques années des applications industrielles importantes. Dans plusieurs raffineries, il est employé pour la décoloration et l'épuration des sucres bruts à la place du noir animal fin et du sang. A cet effet, on introduit une certaine quantité de ce composé dans la solution de sucre brut marquant 30° Baumé, et, à l'aide d'un courant de vapeur, on élève peu à peu la température du mélange. Le sucrate d'hydrocarbonate de chaux réagit sur les matières étrangères qu'il précipite, en même temps que le sucre qu'il contient est régénéré. Après quelques minutes d'ébullition, on n'a plus qu'à filtrer le liquide dans des filtres Taylor. Ce même composé a été également appliqué en Australie et dans la Guyane française pour l'épuration des jus de canne. On obtient ainsi des produits de qualité supérieure et des rendements plus considérables que par les procédés ordinaires.

Le sucre se combine encore avec certains sels et notamment avec le chlorure de sodium. On obtient ce composé en faisant dissoudre à froid du sucre dans de l'eau salée; on emploie 342 parties de sucre, 58,5 de sel marin et 300 d'eau. Le liquide, abandonné sous une cloche au-dessus de l'acide sulfurique, donne, au bout de quelques semaines, un sirop épais dans lequel se forment de gros prismes orthorhombiques correspondant à la formule $2(C^{12}H^{11}O^{11}) NaCl + 4HO$. Le sucre ainsi combiné au chlorure de sodium est perdu pour le fabricant, car ce composé étant déliquescent passe dans les mélasses.

Essais des sucres. — On essaye les sucres industriellement en déterminant : 1° le sucre cristallisable, 2° le sucre incristallisable, 3° l'eau, 4° les cendres.

Le sucre cristallisable est dosé au moyen du saccharimètre, en opérant sur une solution de 16,2 grammes du sucre à analyser dans 100 centimètres cubes d'eau. Si ce sucre ne renferme pas de glucose, une simple lecture donnera immédiatement la proportion de sucre cristallisable qu'il contient. S'il existe du glucose, il faudra intervertir le sucre en le faisant bouillir quelques instants avec un acide étendu, puis examiner de nouveau la liqueur au saccharimètre. Sachant que le pouvoir rotatoire du sucre de canne est + 73° 8' et que, par l'action des acides, il change de signe et se réduit aux 0,38 de sa valeur absolue, tandis que le glucose dévie le plan de polarisation de + 57° et ne change pas par les

acides, on pourra, par un calcul simple, déduire des deux lectures faites ainsi la quantité de sucre cristallisable contenue dans le sucre brut.

Le dosage du sucre incristallisable repose sur ce fait que l'oxyde de cuivre CuO , dissous dans une liqueur alcaline, est transformé à la température de l'ébullition en Cu^2O par le sucre incristallisable et n'est pas modifié par le sucre cristallisable. Fehling a donné pour la préparation de la liqueur d'épreuve devant servir à ces essais la méthode suivante : On dissout d'une part 40 grammes de sulfate de cuivre pur dans 160 centimètres cubes d'eau distillée, puis d'autre part 160 grammes de tartrate neutre de potasse et 150 grammes de soude caustique dans 500 grammes d'eau; on mélange les deux solutions et on complète avec de l'eau le volume de 1154^{cc},4 de liqueur à 15° de température. Pour faire un essai, on prend 20^{cc} de la liqueur cupropotassique précédente que l'on introduit dans un ballon; d'un autre côté, on remplit une burette graduée jusqu'au zéro avec le sirop dont on veut déterminer le sucre incristallisable, et on le verse goutte à goutte dans la liqueur d'épreuve en faisant bouillir celle-ci jusqu'à ce que la coloration bleue ait disparu. On note alors le nombre de divisions qu'il a fallu employer, et sachant que 20^{cc} de la liqueur de Fehling sont décolorés par 0^{gr},096 de glucose, on calcule le poids de ce produit contenu dans le sirop.

L'eau se dose dans les sucres en en maintenant 10 grammes à la température de 100° pendant une heure et demie.

Le dosage des cendres s'effectue en incinérant 4 à 5 grammes de sucre que l'on a humecté avec de l'acide sulfurique pur. Sans l'addition de cet acide, la combustion du sucre serait très-lente; de plus les chlorures alcalins, étant volatils, pourraient être en partie entraînés pendant la calcination. On admet que le poids des cendres que l'on obtient après cette addition d'acide sulfurique est de $\frac{1}{10}$ plus fort que ne le serait le poids des cendres réelles.

Lorsqu'on a déterminé ainsi les différents éléments d'un sucre, on en déduit la valeur commerciale de la manière suivante. D'après M. Péligot, une partie de sel fait perdre au raffinage de 4 à 6 fois son poids de sucre, en moyenne 5. On multiplie donc par 5 le poids des cendres laissées par 100 du sucre à essayer; on ajoute au produit la quantité pour 100 de sucre incristallisable qu'il contient, et on retranche le nombre obtenu de la teneur en sucre cristallisable. C'est là son *titre* commercial.

On doit aux recherches de M. Berthelot la connaissance de plusieurs isomères du sucre de canne, dextrogyres comme lui, mais plus difficilement fermentescibles. Par l'action des acides, ils donnent des composés incristallisables, fermentant facilement, analogues au glucose.

Mélitose. — La manne d'Australie, exsudation produite par diverses espèces d'eucalyptus, traitée par l'eau, lui abandonne ce principe sucré. La liqueur évaporée laisse déposer le mélitose sous forme de très-petites aiguilles, d'une saveur légèrement sucrée.

Le mélitose dévie à droite le plan de polarisation de la lumière d'un angle de 102°. Les acides minéraux très-étendus le transforment à l'ébullition en un mélange de glucose et d'*eucalyne*, isomère du glucose. Sous l'influence de la levûre de bière, il fermente, donne de l'alcool et de l'acide carbonique, mais laisse pour résidu de l'*eucalyne*, infermentescible. Chauffé avec de l'acide azotique étendu de son volume d'eau, il donne de l'acide oxalique et de l'acide mucique.

Tréhalose. — Le tréhalose s'obtient en traitant par l'alcool bouillant la manne d'Orient, connue sous le nom de *tréhala* et produite par une espèce d'échinops; cette matière sucrée cristallise par refroidissement. Le seigle ergoté contient un sucre que l'on a appelé *mycose*, et qui paraît identique au tréhalose.

Le tréhalose cristallise en octaèdres; il a une saveur franchement sucrée. Il est très-soluble dans l'eau, assez soluble dans l'alcool bouillant, mais presque insoluble dans l'alcool froid. Il dévie à droite le plan de polarisation de la lumière d'un angle de 220°. Les acides minéraux étendus le transforment peu à peu à l'ébullition en un sucre fermentescible qui paraît identique au glucose. L'acide azotique ne donne avec lui que de l'acide oxalique.

Mélézitose. — Le mélézitose existe dans la manne de Briançon, qui est une exsudation du mélèze. On traite cette manne par l'alcool bouillant; par refroidissement, le mélézitose cristallise sous forme de petits prismes rhomboïdaux. Son pouvoir rotatoire est de + 94°,1. Les acides minéraux étendus le changent à l'ébullition en glucose. Il fermente difficilement au contact de la levûre de bière.

Lactose ou sucre de lait, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{HO}$.

Le lactose existe dans le lait des mammifères; on l'obtient en évaporant le petit-lait, c'est-à-dire le liquide clair qui se sépare quand on a fait cailler le lait par l'addition d'un acide.