

2723

J3=5



TRAITÉ COMPLET
THÉORIQUE ET PRATIQUE
DE LA
FABRICATION DE L'ALCOOL
ET DES LEVURES

—
LILLE. — IMP. LE BIGOT FRÈRES.
—

*À mon excellent collègue M. Meynier,
ingénieur electricien, professeur à l'Institut Industriel
Hommage de l'auteur G. Dejonghe*

TRAITÉ COMPLET

THÉORIQUE ET PRATIQUE

DE LA

Fabrication de l'Alcool

ET DES LEVURES

PAR

Gaston DEJONGHE

INGÉNIEUR CIVIL

EX-CHEF DE FABRICATION DE PLUSIEURS GRANDES DISTILLERIES
PROFESSEUR A L'INSTITUT INDUSTRIEL DU NORD

~~~~~  
TOME I  
~~~~~

Avec 176 gravures dans le texte.



LILLE

IMPRIMERIE TYPOGRAPHIQUE ET LITHOGRAPHIQUE LE BIGOT FRÈRES

68, rue Nationale, 25, rue Nicolas-Leblanc

une courte excursion dans le domaine de la chimie organique. Au lieu de résumer les propriétés des principales substances que l'on rencontre dans l'industrie qui nous occupe, il nous paraît préférable de parcourir rapidement toute la chaîne des composés et des dérivés de la série des alcools, en partant des plus simples, pour arriver aux composés complexes que sont les sucres, les matières amylacées et les matières albuminoïdes.

2. *Alcools d'industrie.* — Dans le commerce on donne généralement le nom d'alcool à l'alcool éthylique à haut degré produit par le travail industriel de la betterave, des grains, de la pomme de terre ou de la mélasse, et on distingue souvent ces divers produits en ajoutant au mot alcool le nom de la matière première qui a servi à les fabriquer. Leur valeur marchande est d'autant plus grande qu'ils sont plus *neutres* à l'odorat; on cherche donc à les débarrasser le plus possible de toutes matières odorantes en leur faisant subir des rectifications qui augmentent leur pureté.

3. *Alcools naturels.* — On peut appeler ainsi tous les alcools auxquels on ne peut pas faire subir une rectification parfaite sous peine de leur faire perdre la plus grande partie de leur valeur. Ces alcools sont généralement à un degré alcoolique moins élevé que les alcools d'industrie, car, comme nous le verrons, c'est pour arriver à une grande pureté que l'on produit des alcools à très haut degré. On doit ranger dans cette classe non seulement les eaux-de-vie naturelles, mais encore les eaux-de-vie artificielles dans lesquelles on cherche à conserver une odeur rappelant la matière première.

Quels que soient les noms sous lesquels on les désigne, tous les alcools d'industrie et les alcools naturels sont formés par un seul composé chimique associé à une certaine quantité d'eau et à quelques dix-millièmes de substances étrangères qui leur communiquent une odeur et un goût spéciaux et qui constituent les impuretés; complètement purifiés ou *rectifiés* et débarrassés d'eau, ils sont identiques et constituent l'*alcool éthylique* ou *éthanol*.

Les impuretés, que l'on pourrait désigner sous le nom commode de *non éthanol*, sont en grande partie des corps que la chimie range dans la même famille que l'alcool éthylique, parce qu'ils ont une composition et des propriétés analogues, et que l'on nomme *alcools homologues supérieurs* ou simplement *alcools supérieurs*.

Ces alcools supérieurs diffèrent de l'alcool éthylique en ce qu'ils sont moins solubles dans l'eau, et qu'ils ont un point d'ébullition plus élevé, une saveur plus tranchée et une action physiologique plus marquée.

Les autres impuretés sont généralement des dérivés des alcools (aldéhydes, acides, etc...), ou des composés résultant de l'action des différentes impuretés les unes sur les autres (éthers, etc...)

Dans les alcools d'industrie bien rectifiés ce sont les éthers qui prédominent, car l'élimination des alcools supérieurs se fait facilement par rectification et on n'en rencontre que des traces dans les produits achevés.

Dans les alcools naturels, le rapport des alcools supérieurs aux éthers descend rarement en dessous de 0,5 et il atteint parfois 3.

Les eaux-de-vie naturelles ou artificielles doivent, comme nous l'avons dit, aux impuretés qu'elles renferment, leur odeur et leur parfum spéciaux qu'elles perdraient si on les soumettait à la rectification; les alcools d'industrie, au contraire, ne doivent avoir aucun parfum et ont une valeur commerciale d'autant plus grande qu'ils sont plus purs, c'est-à-dire mieux *rectifiés*. C'est pour cela que ces alcools sont toujours beaucoup plus purs que les eaux-de-vie; et comme on attribue à ces impuretés une influence plus funeste sur la santé, il en résulte que les alcools d'industrie ne doivent pas, comme cela a lieu trop souvent, être rendus responsables des ravages causés par l'abus des boissons alcooliques.

« Il résulte des expériences qui ont été faites, dit M. Riche :

1° Que les alcools de bourse inférieurs, que l'industrie livre à la consommation de bouche, sont beaucoup plus purs que les eaux-de-vie naturelles ;

2° Que les eaux-de-vie de marc de raisin sont plus impures que les précédentes (M. Riche a trouvé dans une eau-de-vie de marc 6 gr. 23 d'impuretés par litre pour 48°, ce qui représente 12,5 millièmes pour 100;

3° Que les cognacs ordinaires sont moins chargés d'impuretés que les cognacs purs. Ce dernier résultat, tout paradoxal qu'il paraisse, est cependant exact; il tient à ce que l'on fabrique les premiers en ajoutant aux cognacs naturels de l'*alcool neutre d'industrie* en vue d'abaisser le prix de la liqueur obtenue. »

CHAPITRE PREMIER

Alcools monoatomiques de la série grasse et leurs dérivés

4. — *Hydrocarbures et alcools.* — Les trois carbures d'hydrogène bien connus :

- 1° Le méthane CH_4 (hydrure de méthyle, formène, protocarbure d'hydrogène, gaz des marais, grisou);
- 2° L'éthylène C^2H^4 (éthène, bicarbure d'hydrogène, gaz oléfiant);
- 3° L'acétylène C^2H^2 ;

sont les premiers termes de trois séries homologues des hydrocarbures de la série grasse :

- 1° Les hydrocarbures saturés ou paraffinés (sans affinité);
- 2° — — — éthyléniques ou oléfines;
- 3° — — — acétyléniques.

Donnons immédiatement la liste des premiers termes de chaque série.

PARAFFINES $\text{C}^n\text{H}^{2n+2}$	OLÉFINES C^nH^{2n}	H. ACÉTYLÉNIQUES $\text{C}^n\text{H}^{2n-2}$
Méthane CH_4 $\left\{ \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array} \right.$	»	»
Ethane $\text{C}^2\text{H}^6 = \text{CH}^3 - \text{CH}^3$	Ethylène C^2H^4 $\left\{ \begin{array}{l} \text{C} = \text{H}^2 \\ || \\ \text{C} = \text{H}^2 \end{array} \right.$	Acétylène C^2H^2 $\left\{ \begin{array}{l} \text{C} - \text{H} \\ ||| \\ \text{C} - \text{H} \end{array} \right.$
Propane C^3H^8	Propylène C^3H^6	Allylène C^3H^4
Butane C^4H^{10}	Butylène C^4H^8	Crotonylène C^4H^6
Pentane C^5H^{12}	Amylène C^5H^{10}	Valérylène C^5H^8
Hexane C^6H^{14}	Caproïlène C^6H^{12}	
Heptane C^7H^{16}	Enanthylène C^7H^{14}	
Octane C^8H^{18}	Caprylène C^8H^{16}	

La série des carbures saturés ou paraffinés peut donner par substitution tous les alcools monoatomiques normaux de la série grasse.

Le tableau ci-dessous indique ces alcools avec les aldéhydes et les acides correspondants.

CARBURES	ALCOOLS	ALDÉHYDES	ACIDES
<i>Méthane</i> CH ₄ Hydruure de méthyle	<i>Méthylrique</i> HCH ₂ OH (Méthanol).	<i>Formique</i> HCOH (Méthanal).	<i>Formique</i> HCO ₂ H (Méthanoïque).
<i>Ethane</i> C ₂ H ₆ Hydruure d'éthyle	<i>Ethylrique</i> CH ₃ CH ₂ OH (Ethanol).	<i>Acétique</i> CH ₃ COH (Ethanal).	<i>Acétique</i> CH ₃ CO ₂ H (Ethanoïque).
<i>Propane</i> C ₃ H ₈ Hydruure de propyle	<i>Propylrique</i> C ₂ H ₅ CH ₂ OH (Propanol).	<i>Propylique</i> C ₂ H ₅ COH (Propanal).	<i>Propionique</i> C ₂ H ₅ CO ₂ H (Propanoïque).
<i>Butane</i> C ₄ H ₁₀ Hydruure de butyle	<i>Butylique</i> C ₃ H ₇ CH ₂ OH (Butanol).	<i>Butylique</i> C ₃ H ₇ COH (Butanal).	<i>Butyrique</i> C ₃ H ₇ CO ₂ H (Butanoïque).
<i>Pentane</i> C ₅ H ₁₂ Hydruure d'amyle	<i>Amylique</i> C ₄ H ₉ CH ₂ OH (Pentanol).	<i>Valérique</i> C ₄ H ₉ COH (Pentanal).	<i>Valérique</i> C ₄ H ₉ CO ₂ H (Pentanoïque).
<i>Hexane</i> C ₆ H ₁₄ Hydruure d'hexyle	<i>Caproïque</i> C ₅ H ₁₁ CH ₂ OH (Hexanol).	<i>Caproïque</i> C ₅ H ₁₁ COH (Hexanal).	<i>Caproïque</i> C ₅ H ₁₁ CO ₂ H (Hexanoïque).
<i>Heptane</i> C ₇ H ₁₆ Hydruure d'heptyle	<i>Enantylrique</i> C ₆ H ₁₃ CH ₂ OH (Heptanol).	<i>Enantylrique</i> C ₆ H ₁₃ COH (Heptanal).	<i>Enantylrique</i> C ₆ H ₁₃ CO ₂ H (Heptanoïque).
<i>Octane</i> C ₈ H ₁₈ Hydruure d'octyle	<i>Caprylique</i> C ₇ H ₁₅ CH ₂ OH (Octanol).	<i>Caprylique</i> C ₇ H ₁₅ COH (Octanal).	<i>Caprylique</i> C ₇ H ₁₅ CO ₂ H (Octanoïque).

En dehors des alcools normaux, il existe des iso-alcools correspondant à des carbures isomères des carbures cités plus haut; nous les étudierons à côté des alcools normaux, car ils ont une

grande importance, certains alcools supérieurs de fermentation étant non des alcools normaux, mais des iso-alcools.

3. *Alcool méthylique*, $\text{H.CH}^2\text{OH}$. — *Esprit de bois, hydrate de méthyle*. — L'alcool méthylique (Méthanol) dérive du carbure d'hydrogène $\text{CH}^4 = \text{H.CH}^3$, appelé méthane ou hydrure de méthyle (formène, hydrogène proto-carboné, gaz des marais, grisou), par substitution de OH à H dans le groupe CH^3 . On le retire industriellement des liquides que fournit la distillation sèche du bois.

C'est un liquide incolore, mobile, d'une odeur agréable et éthérée, ayant pour densité 0,798 à 20° et bouillant à 66°5. Il est inflammable et brûle avec une flamme pâle. Il se mêle en toutes proportions avec l'eau, l'alcool et l'éther ; il dissout les huiles, les graisses, les essences, un grand nombre de résines et de matières colorantes.

Sous l'influence du noir de platine, il s'oxyde en donnant de l'aldéhyde méthylique H.COH et surtout son polymère le trioxyméthylène $\text{C}^3\text{H}^2\text{O}^3$, en même temps que de l'acide formique H.COOH .

Il se combine à froid avec le chlorure de calcium et donne un composé $\text{CaCl} + 4\text{CH}^4\text{O}$, dont on utilise la production dans la purification de l'esprit de bois.

En chauffant l'alcool méthylique avec de l'acide sulfurique à une température de 125°, on obtient l'oxyde de méthyle, improprement appelé éther méthylique $\text{O} \begin{matrix} \text{CH}^3 \\ \text{CH}^3 \end{matrix}$, corps isomère de l'alcool ordinaire $\text{CH}^3\text{CH}^2\text{OH}$ et analogue à l'oxyde d'éthyle $\text{O} \begin{matrix} \text{CH}^2\text{CH}^3 \\ \text{CH}^2\text{CH}^3 \end{matrix}$ ou éther ordinaire.

Par l'action des hydracides, l'alcool méthylique donne des éthers simples, et par l'action des oxacides, des éthers composés.

L'alcool méthylique impur a toujours une odeur désagréable qui disparaît par une purification complète ; il perd en même temps toute saveur désagréable et on peut le boire sans en être incommodé. C'est le moins toxique des alcools.

L'alcool méthylique est employé en France, à la dénaturation de l'alcool éthylique ; mais ce procédé de dénaturation est fort critiqué, parce qu'il *coûte cher* et que l'alcool ainsi dénaturé est non seulement impropre à la consommation comme boisson, mais encore impropre à un grand nombre d'usages. Comme nous venons de le voir, l'alcool méthylique chimiquement pur

ne saurait suffire à la dénaturation ; c'est pour cela qu'on se sert de l'alcool méthylique acétoné. D'après les dispositions de la loi, les méthylènes employés à la dénaturation doivent contenir 25 pour 100 d'acétone et au minimum 2,5 pour 100 d'impuretés pyrogénées méthyliques ; on doit en outre y ajouter un peu de benzine lourde et de vert malachite. L'alcool ainsi dénaturé présente des inconvénients pour l'industrie des vernis, celle des fleurs artificielles et pour l'industrie pharmaceutique.

D'après M. Arachequesne, cet alcool dénaturé présente encore un autre inconvénient : c'est qu'on peut facilement le régénérer, d'où résulte un grand danger de fraude. En versant dans le méthylène à dénaturer un peu de chloroforme, ajoutant ensuite une solution saline appropriée, et en proportion telle que le mélange alcoolique n'ait qu'une richesse alcoolique d'environ 10 pour 100, agitant fortement puis laissant reposer quelques instants, il se forme trois couches : en bas le chloroforme avec des impuretés méthyliques ; au-dessus, la couche saline d'alcool étendu ; enfin, au-dessus, des plaques huileuses de benzine. En distillant la couche d'alcool étendu, fractionnant rigoureusement les produits de tête, on pourrait, d'après M. Arachequesne, arriver à n'avoir plus trace dosable d'alcool méthylique.

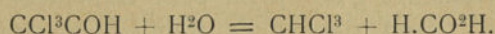
6. *Chlorure de méthyle* (Chlorométhane). $\text{CH}_3 \text{Cl}$. — On peut le préparer en éthérifiant directement l'alcool méthylique par le gaz acide chlorhydrique, mais on le produit en chauffant l'alcool méthylique avec un mélange qui fournit de l'acide chlorhydrique (2 parties de sel marin et 3 d'acide sulfurique concentré). Il se dégage du chlorure de méthyle gazeux, incolore, d'une odeur éthérée, ne se condensant que par un froid très intense en un liquide bouillant à 23° au-dessous de 0. La tension de sa vapeur est de 2 atm. 48 à 0° ; elle est de 4 atm. 11 à 15° ; de 5 atm. 62 à 25° et de 6 atm. 05 à 30° . L'eau en dissout 4 fois son volume à 15° ; il est très soluble dans l'alcool.

Le chlorure de méthyle est employé pour la production du froid. En faisant passer un courant d'air sec dans le chlorure de méthyle liquide, on obtient une température de -55° . Dans l'industrie on l'emploie dans les machines frigorifiques inventées par C. Vincent et construites par la maison Douane. Sans avoir l'intensité suffocante de l'ammoniac ou de l'anhydride sulfureux (machines Pictet), son odeur est assez caractéristique pour qu'une fuite puisse facilement se découvrir. On lui reproche son inflammabilité.

Vincent a imaginé un procédé de fabrication du chlorure de

méthyle à l'aide des vinasses provenant de la distillation des mélasses. Cette invention a été appliquée dans la grande distillerie de Tilloy-Delaune, à Courrières, où elle a donné de fort beaux résultats; mais ce travail est abandonné depuis plusieurs années. Nous en parlerons en traitant des mélasses.

7. *Chloroforme* (Trichlorométhane). CHCl_3 . — Le chlore que fournit le chlorure de chaux convertit l'alcool éthylique en chloral ou aldéhyde trichlorée CCl_3COH , et, sous l'influence de la chaux en excès, le chloral se dédouble en chloroforme et acide formique.



Le chloroforme est un liquide incolore, d'une odeur agréable, d'une saveur d'abord piquante, puis sucrée. Il bout à $60^{\circ}8$. Il se dissout dans 100 fois son poids d'eau; il est très soluble dans l'alcool et l'éther. Il ne donne aucune coloration par l'acide sulfurique quand il est pur; il ne donne aucun précipité avec le nitrate d'argent.

La réaction qui donne naissance au chloroforme nous intéresse. Elle montre que quand on traite les flegmes par le chlorure de chaux (procédé Godefroy) pour les désinfecter et enlever l'aldéhyde, il faut opérer à basse température, pour attaquer le moins possible l'alcool éthylique avec formation de chloroforme. Il est vrai que le chloroforme est éliminé avec les produits de tête dans la rectification subséquente; mais néanmoins les alcools ainsi produits ont toujours une légère odeur spéciale.

L'acétone $\text{CH}_3\text{CO.CH}_3$ donne également du chloroforme quand on la traite par le chlorure de chaux, mais elle est attaquée même à basse température; en sorte que dans l'alcool dénaturé on peut, en opérant à basse température, transformer seulement l'acétone en chloroforme.

L'iode agissant dans les mêmes conditions que le chlorure de chaux donne, avec l'alcool éthylique et l'acétone, de l'iodoforme (V. n^o 11 et figure 1).

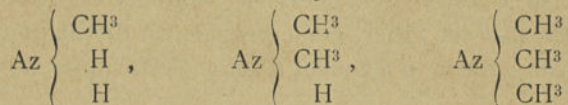
8. *Aldéhyde formique ou formol* (Méthanal). H.CO.H . — C'est le premier terme de la série des aldéhydes. M. Trillat (1) le prépare industriellement en pulvérisant de l'alcool de bois sur des substances incandescentes. Il se produit une oxydation dont le résultat est la formation de l'aldéhyde formique. C'est un liquide incolore, à odeur vive et piquante; la solution concentrée contient

(1) Bulletin de l'Association des chimistes, p. 143, 1895.

environ 40 % de formol; à partir de cette concentration, il se polymérise en donnant le trioxyméthylène $C^3H^6O^3$.

Le formol donne des combinaisons avec un grand nombre de corps. Une de ses plus curieuses propriétés chimiques est celle qu'il possède de donner des méthylamines lorsqu'on le réduit en présence des sels ammoniacaux.

D'après M. Trillat, cette réaction donne peut-être en partie la raison de la formation des méthylamines

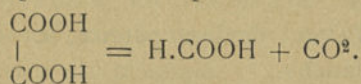


dans les vinasses de betteraves. Il suffit, en effet, pour obtenir la formation des méthylamines, que l'aldéhyde formique se trouve en contact avec des sels ammoniacaux; or, dans les vinasses de betteraves, il est probable que ce corps se trouve combiné avec des radicaux alcooliques à l'état de *méthylal* (combinaison d'alcool méthylique et d'aldéhyde formique analogue à l'acétal) $\text{CH}^2(\text{OCH}^3)^2$ se décomposant facilement en aldéhyde formique qui, mis en liberté, se combine à l'ammoniaque. Cette combinaison ammoniacale du formol s'hydrogésine sous différentes influences et donne des méthylamines (Trillat). Ajoutons ici qu'on attribue souvent la formation des méthylamines à la décomposition de la bétaine, base azotée qui se rencontre dans la betterave.

Le *formol* a été conseillé comme antiseptique; en dehors de son action sur les microbes pathogènes, il agit très énergiquement sur les ferments lactiques et butyriques: la dose de $\frac{1}{20.000}$ est déjà très sensible sur l'arrêt du développement de ces ferments. Le formol, à l'état de vapeur, peut être utilisé dans tous les cas où l'acide sulfureux, les badigeonnages à la chaux ou au chlore sont prescrits. Les fumigations des tonneaux par les vapeurs de formol ont donné à M. Trillat d'excellents résultats. Windisch a recommandé l'emploi des vapeurs de formol pour la désinfection des caves des brasseries.

9. *Acide formique* (Méthanoïque) $\text{H}.\text{CO}^2\text{H}$. — Il existe dans les fourmis rouges, d'où lui vient son nom, et dans l'ortie. C'est un terme constant de l'oxydation énergique de matières organiques très complexes: l'amidon, le sucre, les matières albuminoïdes.

On le prépare par la décomposition de l'acide oxalique.



On chauffe l'acide oxalique cristallisé avec de la glycérine; il se forme un éther de glycérine, qui se décompose (se saponifie) par l'ébullition prolongée avec l'eau. C'est un liquide incolore, bouillant à 99°, soluble dans l'eau.

L'acide formique se produit souvent à côté de l'acide butyrique dans les fermentations qui donnent naissance à ce dernier acide; c'est un poison redoutable pour la levûre.

10. *Formiate d'éthyle* $C^2H^5.CO^2H$. — L'essence de rhum artificielle est constituée par cet éther. On le prépare en distillant un mélange de formiate de sodium, d'alcool et d'acide sulfurique. Il bout à 54°3.

11. *Alcool éthylique* ou *éthanol* $C^2H^6O = CH^3 - CH^2OH$. — L'alcool est un corps ternaire composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. C'est un liquide incolore, très mobile, d'une odeur faible, mais agréable et d'une saveur brûlante. Il brûle facilement avec une flamme peu éclairante; cette combustion se produit même quand il est mélangé à son volume d'eau. Il est très avide d'eau et absorbe l'humidité de l'air; il enlève l'eau des muqueuses de la cavité buccale, ce qui lui donne sa saveur brûlante.

L'alcool se mélange à l'eau en toutes proportions; ce mélange est accompagné d'un dégagement de chaleur et d'une contraction assez forte, qui atteint son maximum pour un mélange de 52,3 volumes d'alcool et de 47,7 volumes d'eau répondant à peu près à $C^2H^5.OH + 3H^2O$. Le volume du mélange se réduit à 99,35. Cette contraction complique beaucoup les problèmes relatifs à l'alcoométrie et au mouillage des alcools; pour la connaître, il faut consulter les tables dressées par les physiciens; nous en parlerons plus loin.

La densité de l'alcool est 0,79433 par rapport à l'eau à 15°C (Bureau national des poids et mesures). Il ne faut pas confondre ce chiffre avec le poids absolu d'un litre d'alcool à 15°C. La densité de l'eau à + 4°C est 1000 et celle de l'eau à 15°C est 999,16; par conséquent, un litre d'alcool à 15°C pèse en réalité, dans le vide, $0,79366$. Dans l'air ce poids est $998,08 \times 0,79433 = 0,7928$.

Les mélanges d'eau et d'alcool possèdent des densités intermédiaires; la détermination de cette densité permet de fixer exactement les proportions respectives de chaque composant et constitue jusqu'ici le seul procédé pratique de dosage de l'alcool dans ses solutions aqueuses.

Refroidi à — 80°. l'alcool devient pâteux; à — 135°, il se solidifie en une masse blanche.

Action de la chaleur. — Soumis à l'action de la chaleur, l'alcool se dilate d'abord : le coefficient de dilatation varie beaucoup suivant la température, en sorte que, pour le connaître, il faut également recourir aux tables.

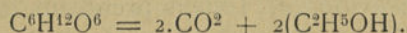
A $78^{\circ},3$ C, sous la pression normale de l'atmosphère, l'alcool entre en ébullition, c'est-à-dire qu'à cette température la tension de la vapeur d'alcool est de 760 mm. de mercure. A toutes les températures, la tension de la vapeur d'alcool est plus grande que celle de l'eau, comme on peut s'en rendre compte en consultant les tables; il s'ensuit que, quand on soumet de l'alcool aqueux à la distillation, l'alcool passe plus vite que l'eau. On se fonde sur cette propriété pour séparer l'alcool de ses solutions aqueuses. Pour la mettre en évidence, Tollens prend un ballon dans lequel il met un liquide alcoolique faible (bière, vin, etc....) et qu'il ferme par un bouchon muni d'un long tube d'assez gros diamètre. En portant le liquide à l'ébullition, les vapeurs faiblement alcooliques qui se dégagent se condensent dans les premières parties du tube, mais elles ne tardent pas à être reportées à l'ébullition par la chaleur qu'apporte l'afflux continu de nouvelles vapeurs, et elles vont se condenser de nouveau dans une partie plus élevée du tube. Cette succession de condensations et de réévaporations se continue, et, comme à chaque évaporation il se dégage plus d'alcool que d'eau, la vapeur sortant du tube à sa partie supérieure est suffisamment riche pour pouvoir prendre feu; elle brûle en produisant une flamme bleue caractéristique et en produisant de l'eau et de l'acide carbonique.

Dans l'appareil que nous venons de décrire, nous avons un réservoir générateur de vapeur, surmonté d'une petite *colonne* que nous pouvons, par la pensée, diviser en un certain nombre de *tronçons* par des plans horizontaux. La température de ces tronçons va constamment en diminuant à mesure qu'on s'élève, c'est-à-dire qu'on s'éloigne de la source de chaleur. La vapeur ascendante circule donc d'un endroit plus chaud à un endroit plus froid, ce qui provoque en partie sa condensation; les portions de liquide provenant de la condensation, dans leur mouvement descendant, passent constamment d'une zone plus froide à une zone plus chaude, ce qui provoque la réévaporation et leur enrichissement en alcool.

Cet appareil représente un *rectificateur* à l'état rudimentaire; les grands appareils industriels n'en sont que des perfectionnements qui ne changent rien au principe.

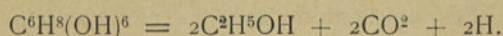
Par le procédé de la rectification, on ne peut pas arriver à préparer un alcool renfermant moins de 3 % d'eau. Pour préparer l'alcool *absolu*, c'est-à-dire complètement exempt d'eau, on le distille au contact de substances très avides d'eau ; on emploie généralement la chaux vive pour cela, mais il faut répéter deux fois la distillation et la perte en alcool est assez importante. Le meilleur moyen consiste à y dissoudre une quantité de sodium dépassant un peu celle qui est nécessaire pour décomposer l'eau que contient l'alcool, puis on distille au bain-marie.

Modes de production de l'alcool. — Le seul mode de préparation employé dans l'industrie consiste dans la fermentation du sucre, qui se dédouble à peu près selon la formule :



La fermentation de la mannite, de la glycérine et de l'alizarine peuvent également fournir de l'alcool.

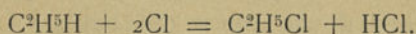
Avec la mannite, alcool hexatomique, on a :



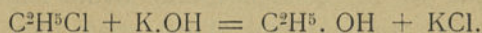
Les solutions sucrées soumises à la fermentation renferment généralement de 5 à 15 % de sucre. Quand la fermentation est achevée on sépare l'alcool par distillation. Le liquide fermenté s'appelle *vin*, le liquide distillé prend le nom de *flegme* et le résidu de la distillation est désigné sous celui de *vinasse*. Le raffinage ou *rectification* du flegme produit l'alcool dans un état plus ou moins voisin de la pureté.

Synthèse de l'alcool. — L'alcool dérive du carbure d'hydrogène $C^2H^6 = CH^3 - CH^3$, appelé éthane ou hydrure d'éthyle (C^2H^5H) et qui existe dans la nature, notamment dans les pétroles bruts.

En traitant ce gaz par le chlore, on a le chlorure d'éthyle C^2H^5Cl ou éther chlorhydrique ou éthane chloré.



En faisant agir la potasse hydratée sur ce chlorure, on a de l'alcool et du chlorure de potassium.

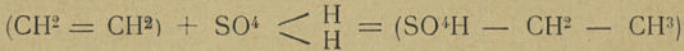


L'alcool ordinaire est donc de l'hydrate d'éthyle ou de l'éthane dans lequel une molécule d'oxyhydrile (OH) a pris la place d'un atome d'hydrogène ; c'est de là que lui vient le nom d'alcool *éthylrique* ou *éthanol*.

La synthèse de l'alcool a été réalisée par Berthelot. Ce chi-

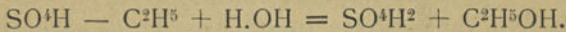
miste produisait d'abord un gaz appelé acétylène C^2H^2 ou $(CH \equiv CH)$ par la combinaison directe du carbone et de l'hydrogène sous l'influence de l'arc électrique. En chauffant ce gaz avec de l'hydrogène, on peut produire l'éthylène ou éthène C^2H^4 (bicarbure d'hydrogène) qui se prête à une réaction très facile.

En faisant absorber ce gaz par de l'acide sulfurique, il se produit de l'acide éthylsulfurique ou sulfovinique.



On introduit un peu d'acide sulfurique concentré dans un flacon plein d'éthylène et on agite pendant $3/4$ d'heure ; l'absorption est alors complète. 1 litre d'éthylène peut être absorbé par 40 grammes d'acide sulfurique SO^4H^2 .

En étendant l'acide éthylsulfurique de 10 volumes d'eau et soumettant à l'ébullition, il se reforme de l'acide sulfurique et il passe de l'alcool à la distillation.

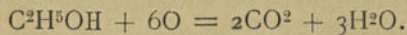


Aujourd'hui on produit l'acétylène par la décomposition du carbure de calcium au moyen de l'eau. On prépare ce carbure en chauffant au four électrique, à une température de 3000° , de la chaux avec du charbon de sucre : le prix de revient est d'environ 0,60 le kilog. L'acide sulfurique fumant employé pour la transformation de l'éthylène en acide sulfovinique est régénéré ; on le concentre pour l'utiliser à une nouvelle opération.

Jusqu'ici la synthèse de l'alcool n'est pas encore sortie du domaine des laboratoires.

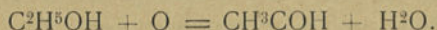
Propriétés chimiques de l'alcool. — La chaleur décompose l'alcool. Les vapeurs de ce liquide passant à travers un tube de porcelaine chauffé au rouge se décomposent partiellement en eau et en éthylène C^2H^4 . Nous avons vu qu'en partant de ce gaz on peut reconstituer l'alcool.

L'alcool brûle à l'air avec une flamme bleuâtre, en produisant de l'eau et de l'acide carbonique.

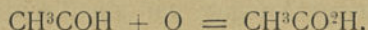


Un mélange d'alcool et d'oxygène ou d'air s'enflamme avec explosion en présence d'une bougie ou d'une étincelle électrique. C'est là une propriété qu'il importe de ne pas perdre de vue ; on ne doit jamais pénétrer, avec une lumière découverte, dans une salle où il peut y avoir des vapeurs d'alcool : il faut faire usage d'une lampe de mineur ou d'une lampe électrique.

L'alcool ne s'oxyde pas à l'air à la température ordinaire ; soumis à une oxydation ménagée, il donne de l'*aldéhyde éthylique* ou *éthanal*.



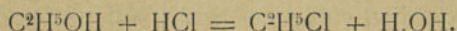
En poussant l'oxydation plus loin, on a de l'acide acétique.



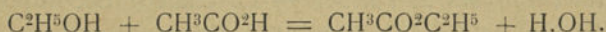
On constate facilement ces réactions en laissant tomber goutte à goutte de l'alcool pur sur du noir de platine placé sur une assiette et recouvert d'une grande cloche de verre tubulée ; il se condense sur les parois de la cloche des vapeurs acides qui sont un mélange d'aldéhyde et d'acide acétique.

Action des acides et des bases. — Le principal caractère des alcools est de former avec les acides des combinaisons neutres qu'on appelle *éthers* : ces combinaisons se produisent toujours avec élimination d'eau. Les éthers sont une espèce de sels dans lesquels l'alcool joue le rôle de base ; ils s'en distinguent par une réaction très intéressante qu'on appelle la *saponification*.

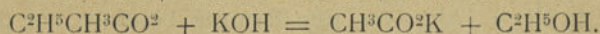
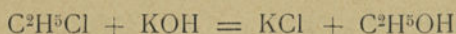
Les hydracides (acides chlorhydrique, iodhydrique, etc.), en agissant sur l'alcool, donnent des *éthers simples*. L'acide chlorhydrique, par exemple, donne du chlorure d'éthyle ou éther chlorhydrique, que nous avons déjà produit par l'action du chlore sur l'hydrure d'éthyle.



Les oxacides ou acides oxygénés minéraux ou organiques monobasiques donnent des éthers composés. Avec l'acide acétique on a de l'acétate d'éthyle.



Ces éthers traités par la potasse hydratée subissent la *saponification* et régénèrent de l'alcool.



L'alcool se combine avec les bases pour former des alcoolates. Avec la baryte on a $(C^2H^5O)^2BaO$.

L'alcool dissout les résines, les matières grasses, les huiles essentielles, les éthers, les alcaloïdes (bases organiques), la plupart des acides organiques et certains de leurs sels. Les hydrates de potassium et de sodium se dissolvent ainsi que plusieurs chlorures et quelques azotates.

Le carbonate de sodium et celui de potassium sont insolubles

dans l'alcool. On peut utiliser cette propriété pour reconnaître la présence de très petites quantités d'alcool dans une liqueur, il suffit d'y ajouter du carbonate de potassium cristallisé, jusqu'à ce qu'il ne s'en dissolve plus, l'alcool se rassemble à la partie supérieure du liquide.

On reconnaît ainsi 1 à 2 p. 100 d'alcool.

L'iode en agissant sur l'alcool en présence d'un alcali produit de l'iodoforme, par une réaction analogue à celle du chlorure de chaux. On peut se servir de cette réaction pour déceler des traces d'alcool; mais elle n'est pas tout à fait certaine, parce que d'autres corps, notamment l'acétone, donnent également de l'iodoforme. L'iodoforme cristallise en tables hexagonales présentant des formes étoilées très faciles à reconnaître au microscope (Fig. 1).



Fig. 1

Par suite de sa grande avidité pour l'eau, l'alcool est un antiseptique faible et il coagule l'albumine et la gélatine. On l'emploie pour conserver les fruits et certaines préparations organiques. C'est par suite de cette même propriété que la fermentation cesse dans un milieu quand la proportion d'alcool atteint un chiffre élevé. La multiplication de la levure s'arrête, d'après Hayduck, quand cette proportion atteint 5 p. 100.

A l'état concentré, l'alcool est un poison violent; additionné d'eau, il agit comme boisson excitante et rafraîchissante. L'abus de l'alcool, sous une forme quelconque, même de bon vin ou de bonne liqueur, produit l'ivresse et, par sa continuité, l'état d'alcoolisme.

L'industrie produit aujourd'hui de l'alcool dans un état très voisin de la pureté; les types *minima* officiels des alcools d'industrie, sur le marché de Paris, donnent $\frac{2,52}{10\ 000}$ d'impuretés pour l'alcool de betterave, $\frac{1,35}{10\ 000}$ pour l'alcool de grains, et $\frac{2,03}{10\ 000}$ pour l'alcool de mélasse.

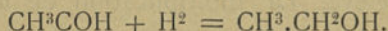
On cherche beaucoup en ce moment à créer à l'alcool de nouveaux débouchés pour son application à l'éclairage, au chauffage

et à la production de la force motrice. Le principal obstacle à l'extension de l'emploi de l'alcool, ce sont les droits énormes dont cette substance est frappée. L'alcool, ne renfermant aucun carbure lourd, présente l'avantage de donner une combustion sans fumée; les lampes ne filent pas et les cylindres des moteurs ne présentent aucun dépôt de suie. Un moteur Kœrting, qui vient d'être essayé en Allemagne, a accusé une consommation de 1/2 litre d'alcool à 95 par cheval horaire; c'est exactement ce que consomment les moteurs à pétrole. Mais, avec le même moteur, l'alcool peut fournir 10 chevaux au lieu de 6, que l'on produit avec le pétrole. Si, par la suppression des droits, l'alcool pouvait se procurer au même prix que le pétrole, l'emploi de l'alcool serait donc très avantageux.

12. *Aldéhyde acétique ou hydrure d'acétyle* (Éthanal). $\text{CH}^3\text{COH} = \text{C}^2\text{H}^4\text{O}$. — Nous avons vu que ce corps dérive de l'alcool éthylique par une oxydation ménagée. Il se forme dans la fermentation alcoolique quand la température est élevée et qu'elle a lieu en présence de beaucoup d'air. Il possède une odeur âcre et irritante très prononcée. Dans l'oxydation de l'alcool en vue de préparer l'acide acétique, il se montre comme produit intermédiaire, et comme il est très volatil, il répand dans la vinaigrerie une odeur bien connue.

L'aldéhyde est un liquide très mobile, d'une densité de 0,8 à 0°. Elle bout à 20°, 8 C; on la rencontre donc toujours parmi les impuretés les plus volatiles, les *produits de tête* de la rectification; il n'y a que l'éthylamine ($\text{C}^2\text{H}^5.\text{AzH}^2$) qui bouille à une température inférieure (18°7).

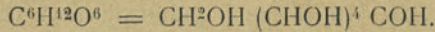
Soumise à l'influence d'un hydrogénant, par exemple l'amalgame de sodium, l'aldéhyde fixe de l'hydrogène et régénère l'alcool.



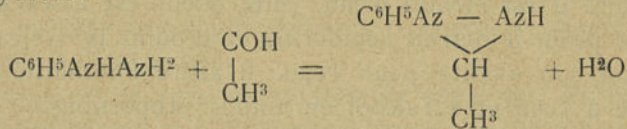
On a essayé un grand nombre de procédés basés sur cette réaction pour détruire l'aldéhyde existant dans l'alcool, notamment l'électrolyse; mais jusqu'ici aucun n'a été appliqué avec succès.

L'aldéhyde est très avide d'oxygène, aussi décompose-t-elle les sels d'oxydes des métaux lourds, qu'elle transforme en sels de sous-oxydes. Elle réduit la solution de nitrate d'argent ammoniacal avec séparation d'argent métallique. La propriété que possèdent les glucoses de réduire les solutions alcalines d'oxyde cuivrique, provient de ce que ces sucres sont des aldéhydes-alcools ou des cétones-alcools. La réduction est produite par le ou les groupes d'aldéhydes ou de cétones qu'ils renferment. Le

groupe aldéhyde qu'on rencontre dans les glucoses est l'aldéhyde formique ou *méthanal*; c'est en partant de cette aldéhyde que Fischer a récemment préparé un nouveau sucre hexose, la formose de Lœw.



L'aldéhyde forme une combinaison très peu soluble avec la phénylhydrazine



L'avidité de l'aldéhyde pour l'oxygène a également donné lieu à un grand nombre de tentatives pour détruire ce corps par oxydation. Mais les oxydants n'ont pas eu plus de succès que les hydrogénants, car en même temps qu'ils transforment l'aldéhyde en acide acétique, ils produisent de nouvelles quantités d'aldéhyde aux dépens de l'alcool, en sorte qu'on tourne dans un véritable cercle vicieux.

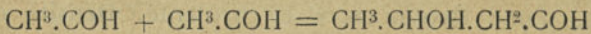
L'aldéhyde se combine avec le gaz ammoniac en donnant des cristaux $CH^3CH \begin{array}{l} < OH \\ < AzH^2. \end{array}$

Elle forme avec le bisulfite de sodium un composé cristallin insoluble dans un excès de bisulfite, mais soluble dans l'eau.

L'aldéhyde produit dans une solution de fuchsine décolorée par l'acide sulfureux (réactif Gayon), une coloration rose d'autant plus intense que la dose d'aldéhyde est plus grande. Cette réaction sert à reconnaître et à doser l'aldéhyde.

Le chlorhydrate de métaphénylène diamine donne une coloration jaune rougeâtre, puis une fluorescence verte.

La potasse alcoolique polymérise l'aldéhyde en donnant des résines en même temps qu'il se forme le sel de potasse de l'acide correspondant. Le plus remarquable de ces polymères est l'*aldol*.



à la fois alcool secondaire et aldéhyde.

Ce corps se polymérise à son tour en donnant le *paraldol*.

On utilise cette propriété pour détruire l'aldéhyde, notamment dans le procédé Bang et Ruffin.

Le chlore donne avec l'aldéhyde des aldéhydes chlorées, notamment le chloral $CCl^3.COH$.

13. *Acide acétique* (Ethanoïque). $CH^3.CO^2H = C^2H^4O^2$. — Nous

avons vu que cet acide se produit par l'oxydation de l'alcool. D'après les expériences de Béchamp confirmées par celles de Duclaux, cet acide prend naissance même dans une fermentation scientifique avec levûre pure, en très petite quantité, bien entendu. De même l'aldéhyde. On prépare généralement cet acide en soumettant à la fermentation acétique un liquide alcoolique.

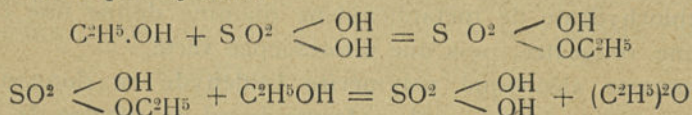
L'acide acétique est un liquide incolore, d'une odeur suffoquante; quand il est étendu d'eau, cette odeur est assez agréable. Mis sur la peau, il détruit l'épiderme et produit la vésication, ce qu'il doit à son avidité pour l'eau. Il attire l'humidité de l'air et se mêle à l'eau et à l'alcool en toutes proportions.

Densité 1,064. Point d'ébullition, 117°,3.

13^{bis}. *Glycocolle* (Acide amido-acétique), $\text{CH}^2\text{AzH}^2.\text{CO}^2\text{H}$. — C'est une amine-acide qui entre dans la constitution des matières albuminoïdes. Elle est homologue de la *leucine*.

14. *Ether ordinaire* ou *oxyde d'éthyle* (Ethane-oxyéthane). $\text{C}^2\text{H}^5 - \text{O} - \text{C}^2\text{H}^5$. — Ce corps se produit toutes les fois que l'alcool ordinaire est chauffé convenablement en présence d'un corps avide d'eau, comme les acides sulfurique et phosphorique, le chlorure de zinc, etc...

On le prépare en chauffant un mélange de 120 gr. d'alcool à 90° et de 200 gr. d'acide sulfurique à une température de 140 à 145°; si la température atteignait 160°, il se formerait de l'éthylène ($\text{CH}^2 = \text{CH}^2$). Il se produit d'abord de l'acide éthylsulfurique qui, réagissant sur l'alcool, donne l'éther en régénérant de l'acide sulfurique hydraté.

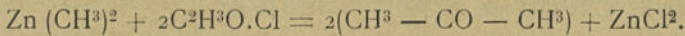


L'éther ordinaire est un liquide incolore, très mobile, d'une odeur forte, d'une saveur âcre et brûlante. Densité 0,75 à 0°. L'éther est peu miscible à l'eau; l'eau peut dissoudre 1/10^e d'éther et l'éther dissoudre 1/60^e d'eau.

L'oxyde d'éthyle n'est pas un véritable éther, puisqu'il n'en présente pas la réaction caractéristique, la *saponification*.

15. *Acétone* ou *Cétone éthylique* (Propanone) ($\text{CH}^3 - \text{CO} - \text{CH}^3$). La cétone éthylique, qu'on peut comparer à l'aldéhyde ($\text{CH}^3 - \text{CO.H}$), est une combinaison d'acétyle et de méthyle, ce que confirme la

synthèse par l'action du chlorure d'acétyle sur le zinc-méthyle

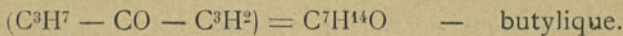
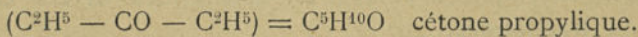


C'est un liquide incolore, d'odeur étherée, dont la densité est 0,81 à 0°; il bout à 56°.

La cétone forme avec le bisulfite de sodium un composé cristallin.

Sous l'influence de l'hydrogène naissant, elle donne de l'alcool isopropylique ($\text{CH}^3 - \text{CHOH} - \text{CH}^3$); inversement l'alcool isopropylique, par une oxydation ménagée, régénère l'acétone (caractère des alcools secondaires).

L'acétone est le type d'une série de composés, les cétones, qui toutes représentent une molécule d'oxyde de carbone unie à deux radicaux alcooliques.



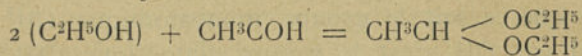
Toutes les cétones sous l'influence de l'hydrogène naissant fixent deux atomes de cet élément pour donner des alcools secondaires.

L'acétone forme avec l'hydroxyde de mercure une combinaison jaune qui peut servir à la doser. Les corps à la fois aldéhyde et cétone forment la classe des cétoses, parmi lesquels nous citerons le lévulose ou fructose.

L'acétone se rencontre comme impureté dans quelques alcools. L'alcool méthylique servant à la dénaturation de l'alcool doit, d'après la loi, renfermer 25 p. 100 d'acétone.

Pour doser l'acétone dans les alcools dénaturés, on le transforme en iodoforme par un grand excès d'iode binormale, en liqueur alcaline, et on titre l'iode en excès, au moyen de l'hypo-sulfite et de l'empois d'amidon.

16. *Acétal* $\text{CH}^3\text{CH}(\text{OC}^2\text{H}^5)_2$. — Ce corps se produit par l'action de l'alcool sur l'aldéhyde



C'est un liquide incolore peu soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool et dans l'éther, qui bout à 104°.

Sous l'influence des oxydants il donne de l'aldéhyde et de l'acide acétique.

16. *Alcool propylique* (Propanol) $\text{C}^3\text{H}^7\text{OH} = \text{CH}^3\text{CH}^2 - \text{CH}^2\text{OH}$. — De même que l'alcool éthylique dérive d'un carbure, l'hydrure d'éthyle $\text{C}^2\text{H}^3\text{H}$, celui-ci dérive d'un autre carbure, l'hydrure de

propyle C^3H^7H ou propane qui, par hydratation, donne l'hydrate de propyle $C^3H^7OH = CH^3CH^2 - CH^2OH$.

C'est le premier alcool homologue *supérieur* que nous rencontrons dans la série.

Cet alcool existe surtout dans l'eau-de-vie de marc de raisins, d'où on peut l'extraire par des distillations fractionnées. Le meilleur mode de préparation consiste à faire fermenter de la glycérine par un bacille que Fitz a découvert en grande abondance sur le foin, le bacille butylique (*Granulobacter saccharobutyricum*, de Beyerinck).

Cette fermentation de la glycérine, qui est un alcool triatomique, donne un peu d'alcool éthylique, de l'alcool propylique et de l'alcool butylique normal ; on sépare ces divers corps par distillation fractionnée.

L'alcool propylique *normal* ou *primaire* est un liquide incolore, ressemblant à l'alcool éthylique, *soluble dans l'eau en toute proportion*. Le carbonate de potassium et le chlorure de calcium le séparent de ses solutions aqueuses.

Il bout à 97° ; sa densité est 0,820 à 0.

Soumis à une oxydation ménagée, il donne de l'aldéhyde propionique ou propanal $CH^3. CH^2. COH$; par une oxydation plus énergique, on obtient l'acide propionique ou propanoïque $CH^3. CH^2. CO^2H$.

Le *bacterium aceti*, en agissant sur l'alcool propylique, le transforme également en acide propionique.

L'hydrogénation de ces composés régénère l'alcool propylique et peut servir à les préparer.

17. *Alcool isopropylique* $C^3H^8O = CH^3. CHOH. CH^3$. — Cet alcool, isomère du précédent, s'en distingue en ce qu'il ne saurait fournir une aldéhyde par oxydation, ce que montre bien sa formule développée.

Au lieu que ce soit le groupe monoatomique CH^3 où l'on ait remplacé H par OH, c'est le groupe diatomique CH^2 ; on obtient ainsi un composé formé par un groupe diatomique $(CHOH)''$ lié à deux radicaux hydrocarbonés $(CH^3.CHOH.CH^3)$.

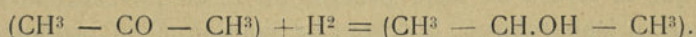
Comme l'oxydation ne peut transformer le groupe $(CHOH)''$ en $(COH)'$ caractéristique des aldéhydes ou en (CO^2H) caractéristique des acides, on ne peut préparer ni aldéhyde ni acide correspondant à cet alcool.

Un tel alcool porte le nom de *secondaire* ou *isoalcool secondaire*.

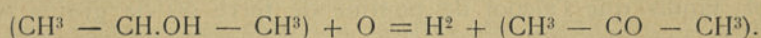
L'alcool isopropylique est un liquide incolore d'une odeur alcoolique rappelant un peu celle de l'acétone. Il est soluble dans l'eau en toute proportion.

Il bout à 83°. On remarquera que ce point d'ébullition se rapproche de celui de l'alcool éthylique ; aussi la séparation de ces deux corps est-elle très difficile. Cette difficulté est encore augmentée par la solubilité de cet alcool dans l'alcool éthylique. D'après certains auteurs, il formerait même avec l'eau un hydrate $2C^3H^8O, H^2O$, ayant la composition de l'alcool éthylique et sensiblement le même point d'ébullition.

Synthèse. — En fixant de l'hydrogène sur l'acétone, on a de l'alcool isopropylique.



Par l'oxydation, cet isoalcool, qui est un alcool secondaire, reproduit l'acétone.



18. *Acide propionique.* $CH^3CH^2CO^2H$. — Il se produit par l'oxydation de l'alcool propylique et par la fermentation de la glycérine étendue d'eau sous l'influence de la levûre de bière. Il bout à 146°; son odeur rappelle à la fois celles de l'acide acétique et de l'acide butyrique.

19. *Alcool butylique normal primaire* (Butanol). $CH^3.CH^2.CH^2.CH^2OH = C^4H^{10}O$. — Cet alcool dérive de l'hydrure de butyle ou butane $CH^3.CH^2.CH^2.CH^3 = C^4H^{10}$. Il est produit par beaucoup de bactéries. On le trouve en petites quantités dans la fermentation butyrique de la dextrose, de la saccharose, de la glycérine, de la mannite, par le bacille butylique de Fitz (*granulobacter saccharobutyricum* de Beyerinck). Ce microbe produit surtout de l'alcool isobutylique.

Par oxydation, cet alcool donne de l'aldéhyde et de l'acide butyriques. On peut le préparer en soumettant l'aldéhyde butyrique ou butyral à l'action hydrogénante de l'amalgame de sodium.

Densité à 0° 0,824. Point d'ébullition 116°. 100 p. d'eau dissolvent 9 p. d'alcool butylique normal.

20. *Alcool isobutylique primaire* (Méthylpropanol). $\begin{matrix} CH^3 \\ | \\ CH^3 \end{matrix} > CH - CH^2OH = C^4H^{10}O$ ou alcool butylique de fermentation. — L'alcool butylique de fermentation n'est pas, comme on pourrait s'y attendre, un alcool de la série normale. Il dérive de l'isobutane

ou méthylpropane $\begin{matrix} \text{CH}^3 \\ \text{CH}^3 \end{matrix} > \text{CH} - \text{CH}^3$ dérivé lui-même du propane $\text{CH}^3 - \text{CH}^2 - \text{CH}^3$ et qui est isomère du butane $\text{CH}^3 - \text{CH}^2 - \text{CH}^2 - \text{CH}^3$.

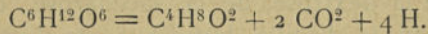
C'est bien un isoalcool *primaire*, puisque la substitution de OH à H s'est faite sur le groupe CH^3 .

Cet alcool existe dans les huiles essentielles de betteraves, de mélasse, et en plus faible proportion dans celles de grains et de pommes de terre; on l'en sépare par des distillations fractionnées.

C'est un liquide plus fluide que l'alcool amylique; son odeur ressemble à celle de ce dernier, mais est un peu plus vineuse. Il est soluble dans l'eau: 100 p. en dissolvent 10 p. Il bout à 108° — Tandis que la levure de bière produit un fusel qui contient beaucoup d'alcool isobutylique, la levure de vin donne un produit dans lequel cet alcool est en majeure partie remplacé par l'alcool butylique normal. En conséquence, le cognac renferme ce dernier alcool, tandis que l'alcool de pomme de terre ou de grains renferme le premier.

Chauffé à l'ébullition avec de l'acide sulfurique, l'alcool isobutylique donne une coloration jaune ou brune; la présence d'un peu de furfurool exalte la réaction. Les autres alcools supérieurs donnent également, à un degré moins intense, cette réaction qui est utilisée pour la recherche des alcools supérieurs.

21. *Acide butyrique* (Butanoïque) $\text{CH}^3\text{CH}^2\text{CH}^2\text{CO}^2\text{H} = \text{C}^4\text{H}^8\text{O}^2 = \text{C}^3\text{H}^7\text{CO}^2\text{H}$. — Cet acide, qui existe en combinaison avec la glycérine dans le beurre à l'état d'éther glycérique appelé butyrine, se forme dans la fermentation butyrique.



C'est un liquide incolore d'une odeur piquante et désagréable, rappelant celle du beurre rance. Il bout à 163° et est peu soluble dans l'eau, aussi est-il facilement entraîné par la vapeur. M. Duclaux a montré que, quand on distille une solution à 1 p. 100 d'acide butyrique, la moitié de l'acide s'est volatilisé quand 30 p. 100 du liquide ont passé à la distillation.

Il présente les mêmes réactions que l'acide acétique.

L'acide butyrique est un poison pour la levure, aussi sa présence dans les liquides en fermentation est-elle à éviter soigneusement. On le rencontre parfois en assez forte proportion dans les mélasses de betterave qui, pour cette raison, fermentent difficilement. Il se forme aussi dans l'acidification lactique spontanée

des moûts à levains des distilleries allemandes quand la température descend notablement au-dessous de 50° C.

22. *Acide isobutyrique ou méthylpropanoïque*, $\begin{matrix} \text{CH}^3 \\ | \\ \text{CH}^3 \end{matrix} > \text{CH} - \text{CO}^2\text{H}$.
— Il résulte de l'oxydation de l'alcool isobutylique primaire ou alcool butylique de fermentation. Il bout à 154°.

23. *Alcool amylique normal* (Pentanol). $\text{CH}^3 - \text{CH}^2 - \text{CH}^2 - \text{CH}^2 - \text{CH}^2\text{OH}$. — Cet alcool dérive du pentane. $\text{CH}^3 - \text{CH}^2 - \text{CH}^2 - \text{CH}^2 - \text{CH}^3$. Il bout à 137°.

24. *Alcool isoamylique primaire* (Méthylbutanol). — $\begin{matrix} \text{CH}^3 \\ | \\ \text{CH}^3 \end{matrix} > \text{CH}$.
 CH^2 . CH^2OH ou alcool amylique de fermentation. Il dérive du méthylbutane $\begin{matrix} \text{CH}^3 \\ | \\ \text{CH}^3 \end{matrix} > \text{CH} \cdot \text{CH}^2 \cdot \text{CH}^3$ qui lui-même dérive du butane $\text{CH}^3 \cdot \text{CH}^2 \cdot \text{CH}^2 \cdot \text{CH}^3$.

C'est un *isoalcool* parce qu'il ne dérive pas directement de la chaîne normale des carbures saturés ou paraffinés, et c'est un alcool *primaire* parce que la substitution de OH à H s'est produite dans le groupe CH^3 .

Ce corps se produit en assez forte proportion dans la fermentation de l'amidon par le bacille amylozyme de Perdrix. En faisant fermenter un moût de pommes de terre cuites, Perdrix a pu transformer 94 % de l'amidon, dont 70 % en un sucre voisin de la dextrose et 11 % en alcool. Ces alcools renfermaient de 25 à 28 % d'alcool amylique pour 72 à 75 % d'alcool éthylique.

D'après Perdrix, l'alcool amylique que l'on rencontre toujours dans les alcools industriels, provient de microorganismes étrangers : un essai avec de la levure pure lui a donné de l'alcool éthylique pur. Le bacille peut être amené dans le moût par l'eau qui sert au travail.

Cette opinion n'est pas confirmée par les expériences récentes de Kruis et Rayman démontrant que les saccharomyces purs sont capables de produire du fusel et que l'origine de ce produit ne doit pas être attribuée exclusivement à l'intervention des bactéries anaérobies. D'ailleurs il convient de remarquer que le bacille amylozyme n'agit que sur l'amidon et qu'il se produit également de l'alcool amylique dans les moûts qui ne renferment pas d'amidon, par exemple les moûts de betterave et de mélasse.

L'alcool amylique de fermentation est un liquide incolore, d'une odeur désagréable ; quand on analyse des huiles essentielles (fusel) au laboratoire, ou quand on se trouve dans une salle de recti-

fication au moment du coulage de ces huiles, on est souvent pris de mal de tête.

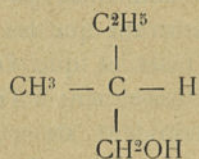
Cet alcool cristallise à 20° ; sa densité à 15° est 0,8184. Il bout à 132°C. Il est peu soluble dans l'eau sur laquelle il nage comme une huile. Il est soluble dans l'alcool et l'éther.

25. *Alcool isoamylique primaire actif de fermentation* $\begin{matrix} \text{CH}^3 \\ \text{CH}^3 \end{matrix} > \text{CH}$
 $\text{CH}^2 \text{CH}^2\text{OH}$. — Pasteur ayant reconnu que des échantillons d'alcool amylique de diverses provenances avaient des pouvoirs rotatoires différents, en a conclu qu'ils étaient formés d'un mélange d'un alcool amylique inactif avec un alcool amylique actif gauche. Il a réussi à isoler l'*alcool inactif*, en transformant l'alcool amylique brut par l'acide sulfurique en acides amylsulfuriques et en profitant de l'inégale solubilité des deux amylsulfates de baryum, l'amylsulfate de baryum inactif étant à peu près trois fois plus soluble que l'amylsulfate actif.

L'alcool isoamylique actif bout à 127° ; son pouvoir rotatoire — 5,7.

Cet alcool chauffé avec du sodium devient inactif, mais le composé qui s'est formé n'est pas identique à l'alcool inactif étudié précédemment ; il est formé d'un mélange de deux corps actifs dont les pouvoirs rotatoires s'annulent : en soumettant le mélange à l'action des moisissures, celles-ci détruisent l'alcool lévogyre et laissent l'alcool dextrogyre.

Pour expliquer l'isomérisie qui existe entre deux substances, jouissant ou non du pouvoir rotatoire, Lebel et Van t'Hoff ont remarqué que dans les formules des corps jouissant du pouvoir rotatoire, il y a au moins un atome de carbone asymétrique, c'est-à-dire ayant ses quatre valences satisfaites par quatre atomes ou groupements différents. En examinant la formule ci-dessus, on voit qu'on peut l'écrire ainsi :



L'alcool amylique actif contient donc un atome de carbone asymétrique et est lévogyre. On peut représenter cette formule par un tétraèdre dont le centre est le carbone asymétrique et les quatre groupements distincts les sommets. Quand pour un même corps comme l'acide tartrique on a un acide droit, un acide

gauche et un acide inactif par compensation, les deux premiers ont des formules tétraédriques symétriques par rapport à un plan et la 3^e est un mélange en quantités égales des deux premiers. En généralisant ce résultat, Lebel a réussi à préparer un alcool amylique droit qui, avec l'alcool gauche, donne de l'alcool inactif par compensation.

En résumé nous pouvons distinguer 4 alcools isoamyliques primaires de fermentation.

- | | | |
|----|----------------------|---------------------------|
| 1° | L'alcool isoamylique | inactif. |
| 2° | — — | gauche. |
| 3° | — — | droit. |
| 4° | — — | inactif par compensation. |

Dans la série amylique il y a aussi des alcools secondaires et tertiaires, mais ils présentent trop peu d'importance pour qu'ils puissent trouver place ici.

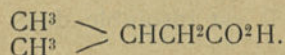
26. *Aldéhyde valérique normale* (Pentanal). — $\text{CH}^3\text{CH}^2\text{CH}^2\text{CH}^2\text{CHO}$. — Elle se forme par l'oxydation ménagée de l'alcool amylique normal ($\text{CH}^3\text{CH}^2\text{CH}^2\text{CH}^2\text{CH}^2\text{OH}$). Elle bout à 102° (1).

27. *Aldéhyde isovalérique*. — Elle résulte de l'oxydation de l'alcool isoamylique et a par conséquent pour formule $\begin{matrix} \text{CH}^3 \\ | \\ \text{CH}^3 \end{matrix} > \text{CH}^2\text{CHO}$. C'est un liquide incolore, d'une saveur brûlante et amère, et d'une odeur pénétrante de fruit; il excite la toux. Il bout à 92°5.

Comme toutes les aldéhydes, elle se polymérise facilement en donnant le *valeraldol* ($\text{C}^5\text{H}^{10}\text{O}$)².

28. *Acide valérique normal* (Pentanoïque). — $\text{CH}^3\text{CH}^2\text{CH}^2\text{CH}^2\text{CO}^2\text{H}$. — Il s'obtient par l'oxydation de l'alcool amylique normal. Il a pour densité 0,958 à 0° et bout à 184°.

29. *Acide isovalérique* (Acide valérique ordinaire). — Il se produit par l'oxydation de l'alcool amylique de fermentation et a donc pour formule :



Il a pour densité 0,947 à 0° et bout à 165°.

100 gr. d'eau dissolvent 3 gr. 3 d'acide. On l'obtient par la distillation de la racine de valériane avec l'eau.

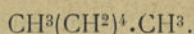
30. *Acide isovalérique actif*. — $\text{CH}^3\text{CH}^2\text{CH}(\text{CH}^3).\text{CO}^2\text{H}$.

(1) Elle possède une odeur repoussante bien connue.

Il dérive de l'alcool isoamylique actif. Il a pour densité 0,938 à 0° et bout à 175°.

31. *Alcool caproïque ou hexylique normal* (Hexanol). — $\text{CH}^3(\text{CH}^2)^4\text{CH}^2\text{OH}$.

Il dérive du carbure en C^6 l'hexane :



L'huile volatile ou essence de la graine de l'*Heracleum giganteum* renferme un mélange d'acétate et de butyrate d'hexyle. En saponifiant cette essence par la potasse on obtient l'alcool caproïque ou hexylique normal.

Densité 0,833 à 0°. Il bout à 158°. Insoluble dans l'eau.

32. *Aldéhyde caproïque normale* (Hexanal). — $\text{CH}^3(\text{CH}^2)^4\text{COH}$. — Elle s'obtient par l'oxydation de l'alcool précédent. Elle bout à 128°.

33. *Acide caproïque normal* (Ac. hexanoïque). $\text{CH}^3(\text{CH}^2)^4\text{CO}^2\text{H}$. — Cet acide a été retiré du beurre par Chevreul. C'est un liquide incolore, oléagineux, peu soluble dans l'eau et qui bout à 198°. Il se forme par l'oxydation de l'hexanol ou de l'hexanal.

34. *Alcool œnanthylique ou heptilique normal* (Heptanol). $\text{CH}^3(\text{CH}^2)^5\text{CH}^2\text{OH}$. — Cet alcool se prépare par l'action de l'hydrogène sur l'acide œnanthylique. Il bout à 176°. Insoluble dans l'eau.

35. *Acide œnanthylique normal* (Octanoïque). $\text{CH}^3(\text{CH}^2)^5\text{CO}^2\text{H}$. — C'est un produit d'oxydation de l'huile de ricin ; il bout à 212°.

36. *Alcool caprylique ou octylique normal* (Octanol). $\text{CH}^3(\text{CH}^2)^6\text{CH}^2\text{OH}$. — L'huile essentielle des fruits de l'*heracleum spondilium* renferme un éther caprylacétique qui, par saponification avec la potasse, donne l'alcool caprylique normal. Il a pour densité 0,83 à 16°. Il bout à 190°. Il est insoluble dans l'eau.

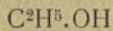
37. *Acide caprylique*. — $\text{CH}^3(\text{CH}^2)^6\text{CO}^2\text{H}$. — Se trouve dans le beurre de vache et le beurre de coco ; il fond à 30° et bout à 236°.

Nous arrêterons ici cette liste déjà fort longue, les autres alcools homologues supérieurs ne se rencontrant que fort rarement dans les alcools du commerce.

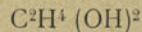
CHAPITRE II

Alcools polyatomiques

38. Tous les alcools étudiés précédemment dérivent des carbures de la série homologue C^nH^{2n+2} (éthane, propane, butane, etc...), par substitution d'un oxhydrile à un atome d'hydrogène. En opérant de même sur 2, 3, etc. atomes d'hydrogène, on obtient les alcools diatomiques, tri... tetra... penta... hexatomiques.



A. éthylique (éthanol).



Glycol éthylique (éthanediol).

L'oxhydrile ne peut remplacer plusieurs atomes d'hydrogène liés au même carbone ; la formule du glycol est donc $\begin{array}{c} CH^2OH \\ | \\ CH^2OH \end{array}$ et non $CH^3 - CH(OH)^2$ qui est celle du glycol éthylidénique.

A chacun des carbures dont nous avons étudié les dérivés monoatomiques correspondent des dérivés diatomiques : glycols et isoglycols, aldéhydes, acides, éthers, etc...

ALCOOLS DIATOMIQUES

39. Nous avons vu que l'alcool ordinaire CH^3CH^2OH donne l'aldéhyde $CH^3.COH$ par une oxydation ménagée. Le glycol devra donner de même deux aldéhydes, l'aldéhyde glycolique $\begin{array}{c} CH^2OH \\ | \\ COH \end{array}$ et le glyoxal $\begin{array}{c} | \\ COH \end{array}$.

L'aldéhyde glycolique est à la fois alcool monoatomique primaire et aldéhyde, car il contient un groupe CH^2OH caractéristique des alcools primaires et un groupe COH caractéristique des aldéhydes primaires ; c'est donc un composé à fonction mixte, un *aldéhyde-alcool*.

Le glyoxal est une *aldéhyde diatomique*.

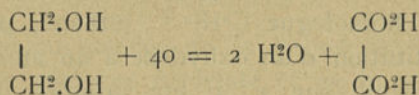
Une oxydation plus énergique du glycol donne les acides correspondants.

Si on expose du glycol étendu d'eau au contact de l'air et du noir de platine, deux atomes d'hydrogène sont remplacés par un atome d'oxygène et l'on obtient de l'acide glycolique $\begin{array}{c} CH^2OH \\ | \\ CO^2H \end{array}$,

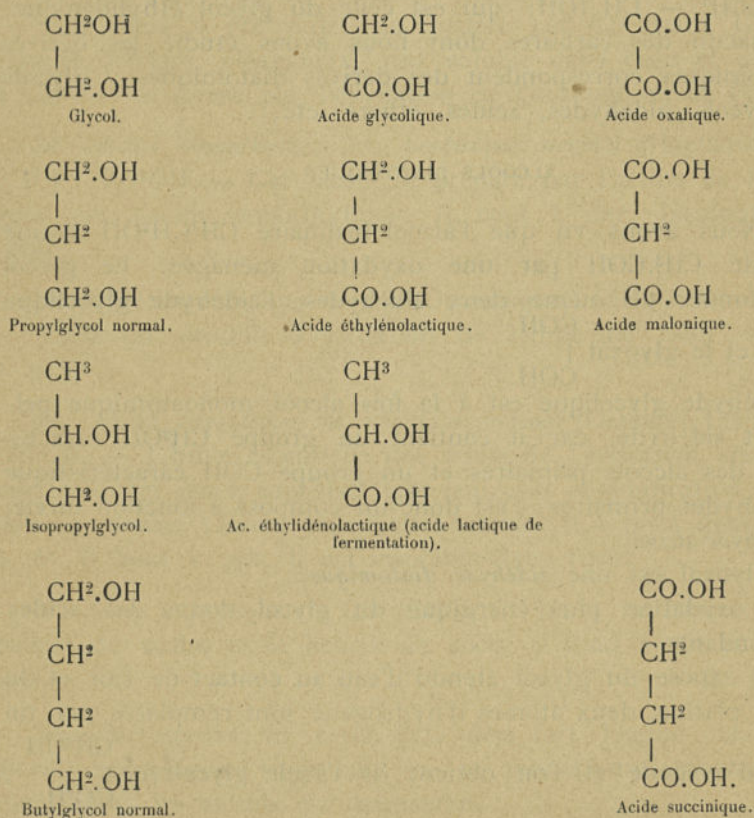
alcool monatomique et acide monobasique : c'est un *acide-alcool*.

L'oxydation lente du glycol donne en même temps que l'acide glycolique de l'acide glyoxylique $\begin{array}{c} \text{CO}^2\text{H} \\ | \\ \text{COH} \end{array}$, *aldéhyde-acide*.

Enfin, en chauffant le glycol avec de l'acide azotique étendu d'eau, on a l'acide oxalique ou éthanedioïque qui est un *acide bibasique*.



Les corps dont nous venons de parler n'ont pas une grande importance pour nous, en ce sens qu'on les rencontre rarement dans la fabrication des alcools ; mais ils sont intéressants parce qu'ils présentent souvent des fonctions mixtes, propriétés que nous rencontrerons souvent dans la suite. Les homologues supérieurs du glycol produisent aussi des acides qui se rencontrent dans notre industrie, ce que montre le tableau suivant :



40. *Acides lactiques* $C^3H^6O^3$ (Ac. propanoïques). — On connaît deux acides lactiques ayant la formule $C^3H^6O^3$, l'acide lactique normal ou hydracrylique ou éthylénolactique et l'acide lactique de fermentation ou éthylidénolactique.

41. *Acide normal ou éthylénolactique*. $CH^2(OH).CH^2.CO^2H$. — Il dérive du propylglycol normal; il est à la fois alcool primaire et acide monobasique. Il se rencontre dans le suc gastrique.

42. *Acide éthylidénolactique de fermentation*. $CH^3.CH(OH).CO^2H$. — Cet acide résulte de l'oxydation de l'isopropylglycol. Il existe dans le petit lait, dans le jus aigre des betteraves et de la choucroute, dans les eaux d'amidonnerie, la jusée des tanneurs, l'extrait de riz fermenté, etc....; il s'y produit aux dépens du sucre, sous l'influence du ferment lactique. Dans les distilleries de pommes de terre et de grains on produit de l'acide lactique par une fermentation lactique spontanée, dans le but de protéger le moût et la levure contre l'invasion des ferments butyriques et autres.

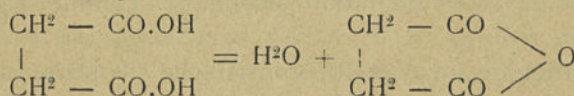
L'acide lactique est un liquide incolore, de consistance sirupeuse. Il est soluble en toutes proportions dans l'eau, l'alcool et l'éther.

Quand on neutralise une solution bouillante d'acide lactique par le carbonate de zinc, on obtient par le refroidissement des cristaux de lactate de zinc peu solubles dans l'eau froide (1 p. dans 58 p. d'eau) et insolubles dans l'alcool.

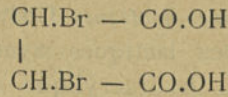
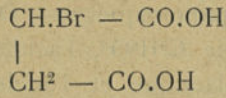
On reconnaît l'acide lactique par le réactif d'Uffelmann (solution étendue de $Fe^{2}Cl^6$ dans quelques gouttes d'acide phénique). La solution aqueuse de $C^3H^6O^3$ donne une belle coloration jaunaserin très brillante.

43. *Acide succinique* (Ac. butanedioïque). $CO^2H.CH^2.CH^2.CO^2H$. — Il dérive du butylglycol normal; c'est un acide bibasique. On l'obtient par la distillation sèche de l'ambre ou succin, d'où lui vient son nom. Il existe dans la térébenthine, la laitue vireuse et l'absinthe. C'est un des produits de l'oxydation des corps gras, de la fermentation alcoolique, etc.

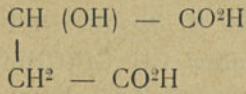
L'acide succinique donne des cristaux incolores, inaltérables à l'air, fondant à 180° . Il bout à 250° en donnant de l'eau et de l'anhydride succinique :



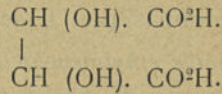
Chauffé en vase clos avec du brome, il donne des acides monobromosuccinique et dibromosuccinique :



En traitant ces composés par l'eau et l'oxyde d'argent, le brome s'unit à l'argent et est remplacé par l'oxydrile dans le composé ; on obtient les acides :



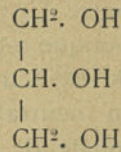
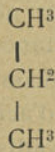
Acide malique (oxysuccinique).



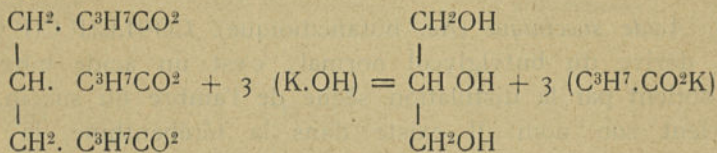
Acide tartrique (dixoyssuccinique).

ALCOOLS TRIATOMIQUES.

44. *Glycérine* (Propanetriol). CH^2OH . CHOH . CH^2OH . — La glycérine dérive du propane :



Elle renferme deux groupes alcooliques primaires CH^2OH et un groupe secondaire CH.OH ; c'est donc un alcool triatomique. La glycérine existe dans les corps gras à l'état d'éthers, c'est-à-dire de combinaisons de la glycérine avec les acides gras. En saponifiant ces éthers par la potasse, celle-ci s'empare de l'acide et la glycérine est mise en liberté.



Tributyryne + potasse = glycérine + butyrate de potassium.

La glycérine existe en abondance dans le commerce ; on la produit comme résidu dans la fabrication des bougies qui sont constituées par un mélange d'acides gras solides. C'est un produit normal de la fermentation alcoolique, comme l'a démontré Pasteur.

C'est un liquide incolore, de consistance sirupeuse et de saveur sucrée. Densité 1,264 à 15°. Elle se dissout en toute proportion dans l'eau et l'alcool ; elle est peu soluble dans l'éther.

Dans le vide, la glycérine distille à environ 200° ; mais si on

distille sous la pression atmosphérique, elle passe à 280° en se décomposant. La vapeur d'eau sous pression l'entraîne à la distillation.

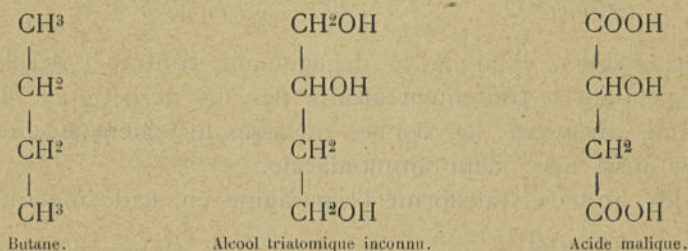
Sous l'influence de la chaleur, la glycérine se décompose en divers produits parmi lesquels se trouve l'acroléine ou aldéhyde allylique ($\text{CH}^2 = \text{CH} - \text{COH}$), appartenant à la série acrylique dont nous parlerons plus tard.

Sous l'influence de l'air et du noir de platine, la glycérine donne de l'aldéhyde glycérique $\text{CH}^2\text{OH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{COH}$ (alcool diatomique primaire et secondaire et aldéhyde). Ce corps possède les propriétés des sucres.

Par une oxydation plus énergique avec la mousse de platine ou au moyen de l'acide nitrique étendu à la température ordinaire, on a l'acide glycérique $\text{CH}^2\text{OH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CO}^2\text{H}$ (acide monobasique et alcool diatomique primaire et secondaire. Ce corps est inactif à la lumière polarisée ; mais il peut être envisagé comme constitué d'un nombre égal de molécules d'acide glycérique droit et d'acide glycérique gauche. En faisant fermenter le glycérate de calcium, l'acide glycérique dextrogyre est totalement détruit, tandis que les molécules lévogyres ne sont nullement altérées. On peut ainsi séparer les deux acides (Percy Franckland).

Une oxydation encore plus complète donne l'acide tartronique $\text{CO}^2\text{H} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CO}^2\text{H}$ (acide bibasique et alcool secondaire).

45. *Acide malique* (Acide butanol dioïque). — $\text{CO}^2\text{H} \cdot \text{CH}^2 \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CO}^2\text{H}$. — L'acide malique correspond à un alcool triatomique homologue supérieur de la glycérine.

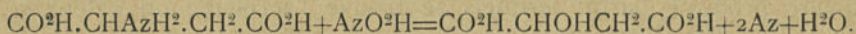


C'est un acide bibasique et alcool monoatomique secondaire. Il existe dans le jus de pomme, les fraises, les cerises, les framboises, les betteraves incomplètement mûres ; il s'y trouve généralement à l'état de malate de calcium. Sa solution est lévogyre.

46. *Acide aspartique* (Acide aminobutane dioïque). — $\text{CO}^2\text{H} \cdot \text{CH}(\text{AzH}^2) \cdot \text{CH}^2 \cdot \text{CO}^2\text{H}$. — Tandis que l'acide malique est un acide-

alcool, l'acide aspartique est une amide acide résultant de la substitution d'un groupe amine (AzH²) à un groupe oxhydrile OH dans le groupe alcoolique secondaire CH.OH de l'acide malique.

L'acide azoteux le transforme en acide malique

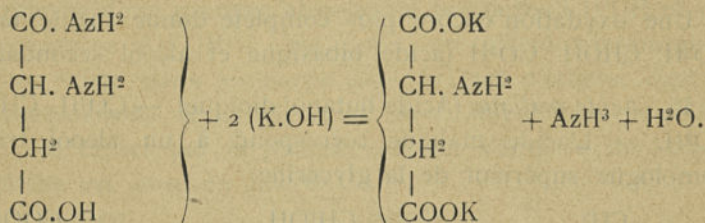


C'est un corps lévogyre comme l'acide malique.

47. *Asparagine* (CO²H. CHAzH². CH². COAzH²). — L'asparagine présente pour nous un très grand intérêt, car c'est un excellent aliment azoté pour la levure. Elle existe dans les asperges, dans les vesces, dans les pommes de terre, dans les betteraves (2 à 3 p. 100), etc. Elle est lévogyre en solution alcaline et dextrogyre en solution acide ou en présence de l'acétate tribasique de plomb. L'acide acétique en proportion suffisante détruit son pouvoir rotatoire.

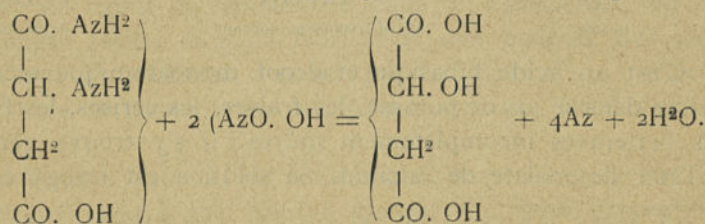
L'asparagine est l'amide de l'acide aspartique ou amido-succinique.

Quand on fait bouillir l'asparagine avec un alcali fixe, le groupe amide est attaqué; l'asparagine se décompose en acide aspartique ou amido-succinique qui s'unit à la base et en ammoniaque qui se dégage.



Cette réaction explique le dégagement continu de l'ammoniaque pendant le traitement alcalin des jus de betterave dans la fabrication du sucre; les bonnes mélasses fortement alcalines ont toujours aussi une odeur ammoniacale.

L'acide azoteux transforme l'asparagine en acide malique.



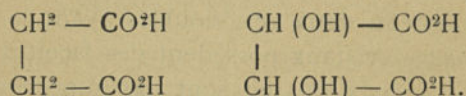
ALCOOLS TÉTRATOMIQUES

48. *Érythrite* (Butanetétrol) CH^2OH . CHOH . CHOH . CH^2OH . — L'érythrite renferme deux groupes CH^2OH alcool primaire et deux groupes CHOH alcool secondaire; c'est un alcool tétratmique correspondant au butane CH^3 . CH^2 . CH^2 . CH^3 .

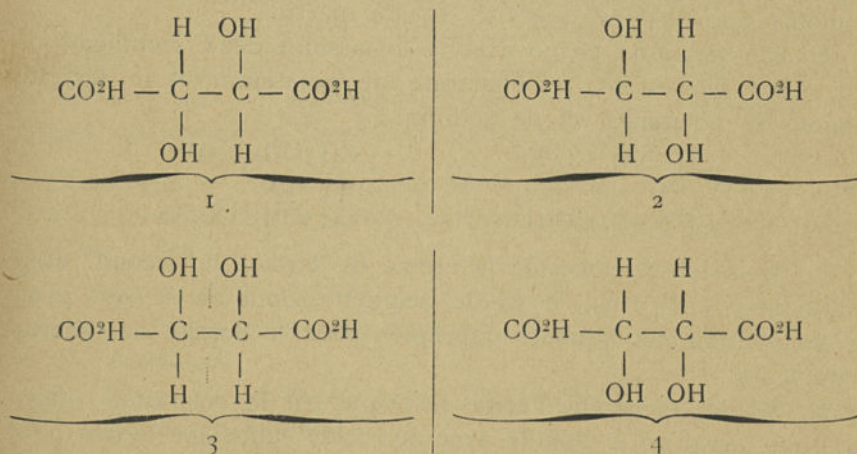
Sous l'influence de la mousse de platine, elle absorbe l'oxygène et donne l'acide érythrique CO^2H . CHOH . CHOH . CH^2OH . et l'acide tartrique CO^2H . CHOH . CHOH . CO^2H .

49. *Acides tartriques* (Butanedioldioïques). — L'acide tartrique est un alcool diatomique et un acide bibasique correspondant à l'érythrite. Il existe à l'état de bitartrate de potassium ou de calcium dans le jus des raisins, des topinambours, des betteraves, etc....

Nous avons vu qu'on peut le préparer en traitant l'acide dibromosuccinique par l'oxyde d'argent, ce qui établit le rapport de composition de ces deux acides.



En parlant de l'alcool amylique, nous avons expliqué en quoi consiste le carbone asymétrique et nous avons vu qu'il y a quatre alcools amyliques. Nous pouvons écrire la formule de l'acide tartrique des quatre façons suivantes :



Les figures 1 et 2 n'ont aucun plan de symétrie, mais l'une

est la symétrique de l'autre par rapport au plan perpendiculaire qui les sépare : l'une est l'image de l'autre dans un miroir. Si l'une représente l'acide tartrique droit, l'autre représentera l'acide tartrique gauche et la combinaison des deux formera l'acide inactif.

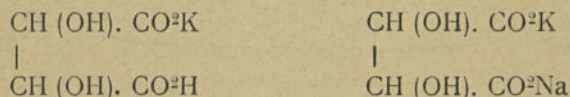
Quant aux formules 3 et 4 elles ne sont différentes qu'en apparence, car il suffit de faire tourner 4 de 180° dans son plan pour avoir 3. De plus, on voit au premier coup d'œil qu'elle admet un plan de symétrie. L'acide tartrique que représente cette formule n'a aucun pouvoir rotatoire ; c'est l'acide inactif par nature.

50. *Acide tartrique droit.* — C'est l'acide tartrique ordinaire. Il ne précipite pas les dissolutions étendues de chlorure de calcium, ce qui le distingue de l'acide oxalique.

51. *Acide racémique.* — C'est l'acide inactif. Il n'a pas de facettes hémédriques et est moins soluble ; il donne dans les dissolutions même très étendues de chlorure de calcium un précipité insoluble dans le sel ammoniac.

Pasteur, en faisant cristalliser le racémate double de sodium et d'ammonium, a obtenu deux sels doubles ayant la même composition, mais dont les cristaux possèdent des facettes hémédriques. Les cristaux de ces deux sels ne sont pas superposables ; l'un est l'image de l'autre dans un miroir : l'un est dextrogyre, l'autre lévogyre. En décomposant ces deux sels on obtient un acide tartrique droit et un acide tartrique gauche. Pasteur a pu aussi transformer l'acide droit en acide gauche et réciproquement ; il a constaté en outre dans cette transformation qu'il se produit toujours une certaine quantité d'acide inactif.

L'acide tartrique forme avec le potassium deux combinaisons qui nous intéressent, le bitartrate de potassium et le tartrate double de potassium et de sodium.



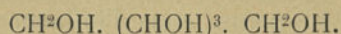
Le premier sel constitue la crème de tartre ; le second, cristallisé avec 4 H_2O , est le sel de Seignette, dont on se sert pour la préparation des liqueurs cupriques pour le dosage des sucres réducteurs.

M. Mohler recherche l'acide tartrique par la coloration rouge produite lorsqu'on le chauffe avec de l'acide sulfurique tenant 1 p. 100 de résorcine en dissolution. Les quatre acides tartriques se comportent de même avec ce réactif, et la réaction est très sensible.

ALCOOLS PENTATOMIQUES

52. *Arabite* et *Xylite*. — Nous avons vu que le pentane normal donne naissance à l'alcool propylique normal (pentanol), à l'aldéhyde valérique (pentanal) et à l'acide valérique (pentanoïque).

A ce même carbure correspondent deux alcools pentatomiques isomères ou pentanepentols, l'*arabite* et la *xylite*



Ces alcools n'existent pas dans la nature ; on les prépare en hydrogénant, par l'amalgame de sodium, leurs aldéhydes, l'arabinose et le xylose.

Inversement ces aldéhydes se préparent par l'action ménagée des oxydants sur les alcools correspondants. On obtient ainsi des corps isomères renfermant quatre groupes alcool primaires (tétrol) et un groupe aldéhyde, d'où le nom de pentatétrol-al



53. *Arabinose*. — L'arabinose a été découverte par Schleiber en 1868 dans les mucilages de la betterave à sucre. Elle réduit la liqueur de Fehling et a son pouvoir rotatoire $(\alpha)_D = + 105,4$.

Chauffée avec des acides étendus, elle donne surtout du furfurole. La levure se développe dans les solutions d'arabinose, mais sans la faire fermenter.

La gomme arabique renferme de l'arabinogalactane qui, par l'ébullition avec les acides étendus, donne de l'arabinose et de la galactose ; ce dernier sucre est fermentescible dans certaines conditions (quand il se trouve mélangé à un autre sucre fermentescible ou quand la levure est fortement nourrie).

54. *Xylose*. — La xylose possède à peu près les mêmes propriétés que l'arabinose ; son pouvoir rotatoire est plus faible $(\alpha)_D = + 20$.

Lintner et Düll ont découvert dans les céréales une gomme que les acides étendus décomposent en xylose et galactose : c'est la galactoxylane.

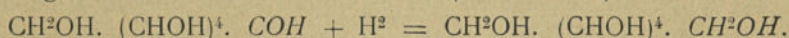
La levure s'assimile la xylose en solution à 0,2 p. 100, mais elle ne la fait pas fermenter.

ALCOOLS HEXATOMIQUES

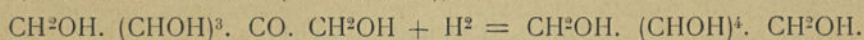
Mannite. — Dulcite. — Sorbite.

55. *Mannite* (Hexanehexol) $\text{CH}^2\text{OH} \cdot (\text{CHOH})^4 \cdot \text{CH}^2\text{OH}$. — La mannite se rencontre dans un grand nombre de végétaux, notamment dans la manne du frêne et dans le champignon âgé. Elle se forme dans la fermentation visqueuse sous l'influence de divers bacilles; dans la bière, par exemple, elle est produite par des bacilles auxquels Van Laer a donné le nom de *bacillus viscosus*.

Le sucre est réduit par l'hydrogène naissant mis en liberté; la même réaction se produit par l'action hydrogénante de l'amalgame de sodium. La dextrose (aldo-hexose) donne



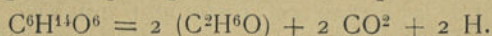
Avec la lévulose (céto-hexose), on a



Cette fermentation transforme donc un sucre (aldo ou céto-hexose) en un alcool polyatomique, la mannite, comme la fermentation ordinaire donne un alcool monoatomique. L'hydrogénation de la lévulose se faisant plus facilement que celle de la glucose, le premier sucre subit plus rapidement la fermentation mannitique; dans la fermentation alcoolique, au contraire, c'est la glucose qui disparaît le plus vite.

On connaît trois mannites, la mannite droite, la mannite gauche et la mannite inactive.

La mannite peut également subir la fermentation alcoolique. Elle se décompose à peu près suivant l'équation.

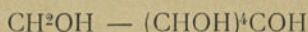


56. *Dulcite*. — La dulcite s'extrait par l'eau bouillante d'une manne provenant de Madagascar; elle cristallise par refroidissement. On peut l'obtenir aussi par l'action de l'eau et de l'amalgame de sodium (hydrogène naissant) sur la galactose et sur le sucre de lait ou lactose. Elle n'agit pas sur la lumière polarisée et ne fermente pas par la levure.

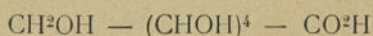
57. *Mannite et Dulcite*. — Non seulement ces deux corps possèdent le même aspect extérieur, mais encore leurs propriétés chimiques sont liées d'une façon si étroite, qu'on est obligé de représenter leur constitution par une seule et même formule. Quant à la

disposition de leurs atomes, elle présente dans l'un et l'autre cas des différences insignifiantes, en sorte que les chimistes sont encore à l'heure actuelle dans l'impossibilité de déterminer en quoi diffèrent ces deux substances. Les microorganismes chez qui les facultés de sélection sont extraordinairement développées, se comportent d'une manière complètement différente vis-à-vis de ces substances. Certains d'entre eux agissent seulement sur la mannite, d'autres à la fois sur ces deux corps. On ne connaît pas de ferments agissant seulement sur la dulcite.

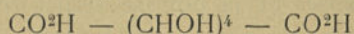
58. *Mannoses. Acide mannonique. Acide mucique.* — Par l'action ménagée des oxydants comme le noir de platine ou l'acide nitrique très étendu, chaque mannite fournit l'aldéhyde mannitique ou mannose correspondante (aldéhyde et alcool pentatonique).



Par une oxydation plus prolongée, elle donne un acide mannonique (acide monobasique et alcool pentatonique)



L'acide azotique étendu transforme la mannite en acide mannosaccharique (acide bibasique et alcool tétratonique)



La dulcite fournit dans les mêmes conditions du galactose, un acide monobasique et un acide bibasique qui sont l'acide galactonique et l'acide mucique.

La *d* mannose fermente sous l'influence de la levure aussi bien que la dextrose ; la *l* mannose est infermentescible.

59. *Sorbite.* — Cet alcool hexatomique, isomère de la mannite et de la dulcite, s'extrait des baies du sorbier. Par une oxydation ménagée, il donne de la glucose ; l'acide azotique le transforme en acide saccharique isomère de l'acide mannosaccharique.

CHAPITRE III

Étude des sucres et des glucosides

60. Dans le chapitre précédent, nous avons étudié les alcools et leurs dérivés qui nous intéressent le plus au point de vue de notre industrie ; cette étude nous conduit tout naturellement à

une classe d'autres dérivés très importants que nous étudierons dans un chapitre spécial, parce qu'ils forment la base de toutes les matières premières entrant dans la fabrication de l'alcool éthylique.

Les groupes alcools primaire CH_2OH et secondaire CHOH des alcools polyatomiques peuvent donner par oxydation les groupes COH des aldéhydes et CO des cétones.

On obtient ainsi des composés qui sont à la fois alcools et aldéhydes ou alcools et cétones. On a donné aux alcools-aldéhydes le nom d'*aldoses* et aux alcools-cétones celui de *cétoses*. Ces composés jouent un rôle très important dans la nature et constituent la grande classe des *sucres*. L'étude des sucres a fait dans ces dernières années des progrès considérables, grâce aux travaux de Fischer et de ses collaborateurs, qui ont fait la synthèse de la plupart des sucres connus et celle d'un grand nombre d'autres qu'on n'a pas encore découverts dans la nature.

Fischer donne aux sucres les noms de *bioses*, *trioses*, etc., suivant le nombre d'atomes de carbone qu'ils renferment. Pour ceux en C^{12} , C^{18} , etc., il emploie les noms de hexobioses (2 fois 6), hexotriosés (3 fois 6), etc.

La triose, les hexoses et la nonose seules sont fermentescibles; les pentoses, heptoses et octoses ne conviennent pas à la vie ferment, et peuvent tout au plus servir comme aliments plastiques.

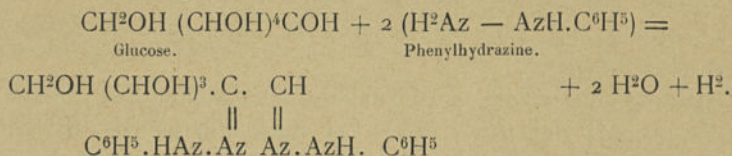
Les seuls sucres qui nous intéressent sont ceux qui fermentent et qui se rencontrent dans la nature.

L'arabinose et la xylose, qui dérivent des alcools pentatomiques, sont des aldoses-pentoses ou sucres en C^5 , mais ces sucres ne fermentent pas; ils ne nous intéressent que parce qu'ils se trouvent souvent à côté des sucres fermentescibles. Nous avons vu que ces pentoses se rencontrent surtout à l'état de galacto-arabinane et de galacto-xylane qui se dédoublent par l'hydrolise en galactose et arabinose ou en galactose et xylose.

Les hexoses, dérivés des alcools hexatomiques, sont fermentescibles et forment un groupe très important; ils présentent pour nous un intérêt considérable. C'est pour eux que nous ouvrons ce chapitre.

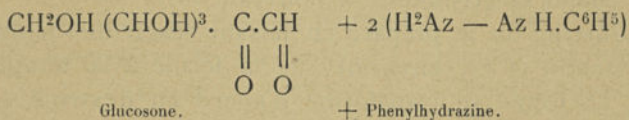
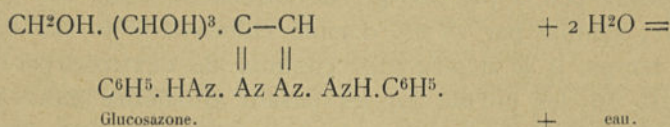
PROPRIÉTÉ CARACTÉRISTIQUE DES SUCRES

La propriété caractéristique des sucres est de s'unir à deux molécules de phenylhydrazine, $C^6H^5.HAz - AzH^2$, pour former une osazone très peu soluble.

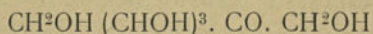


Ce corps assez compliqué est la glucosazone.

Les osazones traitées par l'HCl donnent du chlorhydrate de phenylhydrazine et une osone en fixant les éléments de l'eau



En traitant cette glucosone par l'hydrogène naissant, on obtient la lévulose. Cette réaction permet de passer d'un aldo-hexose au ceto-hexose correspondant.



61. *Différentiation des aldoses et des céto-ses.* — La réaction de Schmidt, qui sert à rechercher l'aldéhyde ordinaire, permet de différencier les sucres aldoses des sucres céto-ses. La glucose, le sucre inverti, la galactose, les dextrines rougissent le réactif, tandis que la lévulose et la sorbine donnent un résultat négatif.

Le réactif, pour être sensible, doit être préparé sans excès de SO^2 ; la réaction des sucres aldéhydiques étant empêchée par la présence des acides, on doit opérer avec des liqueurs neutres; on doit faire la réaction dans des tubes bouchés, car le réactif se colore en rouge par une exposition prolongée à l'air. De plus, on doit faire agir une quantité de sucre assez grande, telle que 1 g. pour 10 à 12 cc. de réactif. Dans ces conditions, la recoloration de la solution est aussi intense qu'avec les aldéhydes ordinaires, bien qu'elle se produise plus lentement.

ALDO-HEXOSES

62. *Glucoses* (Hexanepentolals) CH^2OH . $(\text{CHOH})^4$. COH . — La glucose est un aldo-hexose isomère de la mannose, mais qui dérive, non pas de la mannite, mais de la sorbite.

On connaît une glucose dextrogyre, une glucose lévogyre et une glucose inactive.

d. *Glucose* ou *Dextrose*. — Elle existe mêlée au lévulose dans le miel, dans la plupart des fruits mûrs et dans l'urine des diabétiques. C'est le sucre des glucoses du commerce et des moûts produits dans les distilleries de grains par les acides.

Pour la préparer à l'état de pureté dans les laboratoires, on fait dissoudre peu à peu 160 gr. de saccharose dans 500 gr. d'alcool à 80°, acidulé par 28 cc. d'acide chlorhydrique. Au bout de quelque temps, il se dépose des cristaux de dextrose par refroidissement; on les purifie en les faisant dissoudre dans l'alcool méthylique chaud et cristalliser à nouveau.

Dans l'industrie, on le prépare en faisant réagir de l'acide sulfurique très étendu (1 % environ) sur la fécule à la température d'ébullition. La fécule se transforme d'abord en dextrine et maltose, puis en dextrose.

Il est difficile de s'arrêter exactement au terme maltose; certains auteurs prétendent arriver, moyennant de fréquentes observations polarimétriques, à transformer tout l'amidon en maltose, mais le Dr Ost avoue ne pas avoir pu y arriver.

On peut préparer aussi la dextrose en saccharifiant le maïs par la *maltase*, ferment soluble contenu dans les grains de cette céréale non germée. Cuisinier, à qui l'on doit la découverte de cette propriété, avait désigné cette diastase sous le nom de *glucase* et l'avait appliquée à la préparation industrielle d'une dextrose qu'il appelait glucose.

La dextrose ou glucose dextrogyre se trouve dans le commerce en masses amorphes, molles (*glucose en masse*) ou en mamelons de cristaux agglomérés (*glucose granulée*), cristaux ayant pour formule $\text{C}^6\text{H}^{12}\text{O}^6 + 2\text{H}^2\text{O}$.

La dextrose pure fond à 80°; à 100° elle perd son eau de cristallisation.

La dextrose est très soluble dans l'eau (1 gr. dans 1 gr. 2 à 17°). Sa densité est 1,55. Elle sucre 3 fois moins que le sucre

ordinaire ou saccharose. Anhydre, elle a pour pouvoir rotatoire, d'après Tollens :

$$\alpha_D = + 52,5 + 0,018796 p + 0,000517 p^2.$$

C étant la concentration % en volume, et d la densité de la solution, on a : $d = \frac{100 + C}{100}$ d'où $p = \frac{100 C}{100 + C}$

En remplaçant C par diverses valeurs et en portant les valeurs correspondantes de p dans l'expression de Tollens, on voit que le pouvoir rotatoire spécifique de la glucose est *pratiquement* sensiblement égal à + 53 pour des solutions contenant moins de 14 % en vol. de sucre. Pour une concentration de 10 %, on a $(\alpha)_D = + 52,74$.

Elle est très soluble dans l'alcool étendu surtout à chaud, mais très peu soluble dans l'alcool absolu.

L'alcool augmente son pouvoir rotatoire tandis que le carbonate d'ammonium et le phosphate le diminuent.

Récemment dissoute dans l'eau, la dextrose possède un pouvoir rotatoire beaucoup plus élevé, à peu près le double ; puis la rotation diminue et devient normale. Ce phénomène a reçu le nom de birotation. M. Béchamp l'a expliqué par une déshydratation de la dextrose en solution ; en faisant dissoudre de la dextrose anhydre fondue, la dissolution prend immédiatement un pouvoir rotatoire constant. On tient compte de cette propriété dans l'analyse des glucoses au polarimètre : on fait bouillir la solution pendant quelques minutes pour détruire la birotation et on l'examine après refroidissement.

Chauffée vers 170°, la glucose anhydre perd une molécule d'eau et donne la glucosane $C^6H^{10}O^5$, matière blanche à peine sucrée. A 200°, elle se transforme en caramel $C^{16}H^{48}O^9$. Par hydrolise, la glucosane reproduit la glucose.

Action des acides. — L'acide azotique étendu oxyde à chaud la glucose et la transforme en acide saccharique $C^6H^8O^{10}$; par une réaction trop prolongée ou trop énergique, on obtient de l'acide CO^2H

oxalique | et même de l'acide carbonique. L'acide chlorhy-
 CO^2H

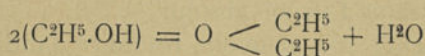
drique le transforme à l'ébullition en produits bruns analogues à l'acide ulmique. L'acide sulfurique concentré forme avec elle à froid, un acide sulfoglucosique ; à chaud, il y a réduction de l'acide et dégagement d'anhydrite sulfureux.

La glucose forme, avec les acides acétique, butyrique, etc..., des éthers glucosiques appelés glucosides :

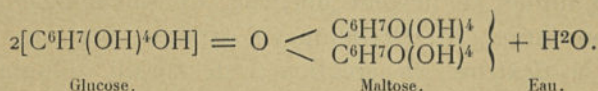
Glucoside monoacétique.....	$C^6H^7O (OH)^4 (C^2H^3O^2)$
» tétracétique.....	$C^6H^7O (OH) (C^2H^3O^2)^4$
» acétochlorhydrique..	$C^6H^7O. Cl. (C^2H^3O^2)^4$
» pentacétique.....	$C^6H^7O (C^2H^3O^2)^5.$

Les glucosides sont très répandus dans la nature, mais jusqu'ici les glucosides naturels n'ont pas encore été reproduits artificiellement comme on l'a fait pour un grand nombre d'autres composés.

Nous avons vu que deux molécules d'alcool éthylique ou éthanol peuvent s'unir avec perte d'une molécule d'eau pour former l'éther ordinaire ou éthyléthylique (éthane oxyéthane)



qui est un véritable anhydride d'alcool. De même deux molécules de glucose peuvent s'unir pour former un diglucoside aldosique ou hexobiose de Fischer



Cette réaction n'a pas encore été réalisée, mais la réaction inverse se produit pour tous les glucosides sous l'influence de l'action des acides étendus ou de certains ferments solubles que nous étudierons en détail plus tard.

Les triglucosides ou hexotrioses résultent de l'union de trois molécules de glucose avec élimination de deux molécules d'eau.

Action des bases. — La glucose se combine avec les bases à froid en donnant des composés analogues à ceux que forme l'alcool.



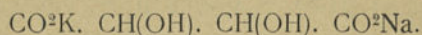
Ce dernier s'obtient en mélangeant des solutions alcooliques de glucose et d'hydrate de baryum ; il se précipite en une poudre blanche cristalline.

Sous l'influence d'une chaleur douce les alcalis attaquent la glucose en donnant de l'acide lactique, de la pyrocatechine, etc. Duclaux a fait voir que la glucose et la lactose, exposées au soleil en solution alcaline contenant de la potasse et de l'ammo-

niaque, s'y brûlaient peu à peu, en donnant comme produits principaux de la combustion, outre une petite quantité d'acide formique, de l'alcool et de l'acide carbonique. Si la potasse est remplacée par de la chaux, c'est de l'acide lactique qui prend naissance et celui-ci peut lui-même donner de l'alcool dans une combustion solaire en présence de la potasse. Le pouvoir rotatoire de l'acide lactique produit, dépend étroitement du pouvoir rotatoire du sucre mis en œuvre. La maltose donne un acide droit donnant un sel de zinc gauche. La levulose un acide gauche à sel de zinc droit. Le sucre inverti donne un acide inactif. Donc, le groupement qui, dans la molécule du sucre, commande par sa position le sens du pouvoir rotatoire, se conserve dans la molécule de l'acide lactique produit.

Les microbes dont l'action est autre et à certains égards plus profonde, peuvent déplacer ce groupement actif et même lui faire changer de sens. La lumière solaire, ajoute Duclaux, déshabille plus doucement la molécule en laissant ce groupement en place.

Pouvoir réducteur de la glucose. — Comme toutes les aldéhydes, la glucose (aldéhyde-alcool) jouit de propriétés réductrices très prononcées, principalement en liqueur alcaline. Mêlée avec une dissolution de nitrate de bismuth et un excès de potasse concentrée, elle donne à chaud un précipité noir de bismuth métallique pulvérent. L'azotate d'argent, le sublimé corrosif, le cyanure de mercure, l'acétate de cuivre sont également réduits. On utilise cette propriété pour doser les glucoses. La liqueur de Fehling est une dissolution de sulfate de cuivre alcalinisée par un grand excès de soude caustique et additionnée de sel de Seignette



qui retient l'oxyde cuivrique en dissolution à l'état de tartrate double. La glucose réduit rapidement cette liqueur à l'ébullition; elle fait passer l'oxyde cuivrique CuO à l'état d'oxyde cuivreux Cu_2O , qui se précipite sous forme de poudre rouge.

1. *Glucose.* — Cette glucose possède des propriétés analogues à celles du *d* glucose ou dextrose; son pouvoir rotatoire est $(\alpha)_D = -51^{\circ},4$. On l'obtient par réduction de la lactone *l* glucosique.

i. *Glucose.* — On l'obtient par la réduction de la lactone glucosique inactive ou par combinaison des *d* et *l* glucoses.

63. *Galactose.* — La galactose est une aldo-hexose isomère de la glucose et correspondant à la dulcite. L'oxydation de la dulcite

donne de la galactose, tandis que l'hydrogénation de ce corps par l'amalgame de sodium HNa donne de la dulcite.

Ce sucre se produit dans l'inversion de la lactose ou sucre de lait, de la raffinose ou melitriose, et par l'hydrolyse d'un grand nombre de produits naturels : les gommés, les mucilages du gui, des fucus, du lichen d'Islande, des corps pectiques.

La gomme arabique renferme de la galacto-arabinane et la gomme des céréales de la galacto-xylane ; ces composés sont dédoublés par l'hydrolyse en galactose et arabinose ou en galactose et xylose.

Fischer a préparé un galactose inactif par compensation. En faisant fermenter ce sucre, le galactose droit est détruit et le galactose gauche reste.

D'après Tollens, il fermente facilement par la levure basse, mais difficilement par la levure haute. D'après Bourquelot, il ne fermente, même par la levure basse, que quand il contient une petite quantité d'un autre sucre fermentescible comme la glucose et la maltose. Tollens et Stone ont établi depuis qu'on arrive au même résultat, en opérant dans un liquide riche en matières nutritives. D'après Bau, la *d* galactose n'est pas fermentée par *S. apiculatus*, le *membranæfaciens* et le *Schizosaccharomyces Pombe*.

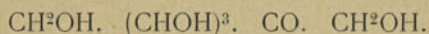
La galactose réduit la liqueur cuivrique. Son pouvoir réducteur rapporté à celui de la dextrose pris pour unité est égal à 0,94.

La galactose naturelle est dextrogyre. Pour des solutions de 5 à 35 ‰, son pouvoir rotatoire est

$$(\alpha)_D = 83,88 + 0,0785 p - 0,829 t.$$

CETO-HEXOSES

Fructoses ou sucres de fruits



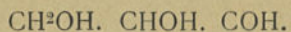
64. *Lévulose* ou *hexane pentalone*. — On connaît également une lévulose lévogyre, une lévulose dextrogyre et une lévulose inactive.

d. Fructose ou *lévulose*. — La *d* sorbite dextrogyre fournit, en passant par l'osazone, la lévulose lévogyre, pour laquelle on a conservé la désignation de *d* lévulose afin de marquer le lien

étroit avec le corps dextrogyre dans lequel on peut le transformer par des réactions très simples.

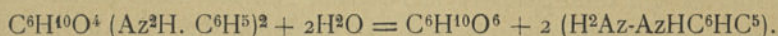
Les fructoses ou levuloses sont alcools pentatomiques (2 groupes primaires et 3 groupes secondaires) et acétones.

Nous avons vu qu'en oxydant la glycérine par le brome en présence de carbonate de sodium, on obtient l'aldéhyde glycérique, aldose glycérique ou glycérose

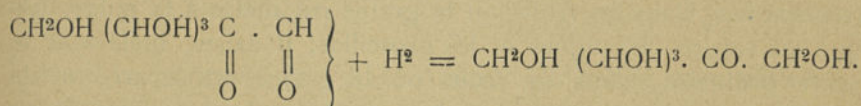


Ce corps se polymérise spontanément en donnant l'acrose α qui est le premier sucre obtenu à l'état de pureté.

L'acrose α traitée par la phénylhydrazine donne une osazone. L'acide chlorhydrique concentré décompose cette osazone en chlorhydrate de phénylhydrazine et glucosone en fixant les éléments de l'eau.



Le glucosone obtenu traité par l'hydrogène naissant donne un sucre du type lévulose, une cétose, qui est la i-fructose (fructose inactive).



Ce sucre est inactif par compensation: il contient un nombre égal de molécules dextrogyres et lévogyres appartenant à un même type de sucre, la lévulose.

La lévulose gauche existe dans la nature; la lévulose droite, au contraire, ne semble pas s'y trouver. Si on introduit de la levure de bière dans une solution inactive de fructose, la lévulose gauche se dédouble en alcool et CO^2 , tandis que la lévulose droite n'est pas altérée. Les microorganismes, dit Percy-Franckland, s'attaquent à cette forme particulière de la lévulose, dont leurs ancêtres leur ont probablement donné le goût jadis; et, s'ils ne s'attaquent pas à la lévulose droite, c'est apparemment que leurs instincts héréditaires ou leur incapacité naturelle leur défendent de toucher à ce nouveau produit de laboratoire.

La lévulose ou fructose existe dans le miel et les fruits où la graine est mêlée à la pulpe, tels que les groseilles; il se trouve presque toujours à côté de la glucose. On la prépare généralement au moyen du saccharose inverti par l'acide chlorhydrique: il se produit de la glucose et de la lévulose qu'on sépare à l'état de glu-

cosate et de lévulosate de calcium. Il se forme aussi par l'action des acides étendus ou de l'*inulase* sur l'inuline.

i) *Fructose*. — On l'obtient par le procédé de Fischer ou par la réduction de la mannite inactive.

d) *Fructose*. — On l'obtient comme résidu de la fermentation de la fructose inactive.

65. *Sucre inverti ou invertose*. — C'est un mélange contenant le même nombre de molécules de glucose (dextrose) et de lévulose. Il se produit lentement quand on soumet une solution de saccharose à une ébullition prolongée; cette réaction se produit rapidement avec les acides étendus, principalement l'acide chlorhydrique.

D'après Wohl, quand on emploie une trop forte dose d'acide ou qu'on prolonge trop le chauffage, il se produit aux dépens des glucoses, principalement de la lévulose, des produits analogues à la dextrine et qui font paraître la réaction comme incomplète. Wohl a donné à ce phénomène le nom de *réversion*. La *sucrase*, ferment soluble sécrété par les levures, opère également cette transformation.

Le sucre inverti se trouve, à l'exclusion du sucre ordinaire (saccharose), dans les fruits où la graine est mêlée à la pulpe, tels que les raisins, les figes et les groseilles; il existe, mêlé avec le sucre ordinaire, dans les fruits où la graine est séparée de la pulpe, comme dans la poire, l'abricot, la prune de mirabelle.

L'invertose réduit la liqueur de Fehling et fermente directement par la levure de bière.

Le pouvoir rotatoire du sucre inverti est très variable avec la température. Se basant sur les dernières indications résultant des essais de Jungfleisch et Grimbert, on peut prendre pour expression du pouvoir rotatoire de l'invertose en fonction de la température t , pour une concentration c en volume inférieur à 14 %.

$$(\alpha)_D = - 27,9 + 0,33 t.$$

Pour 20°, on a donc — 21°,3.

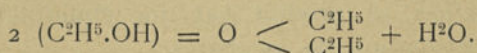
Le pouvoir rotatoire du sucre inverti n'est pas la moyenne de ceux de la glucose et de la lévulose, comme on l'avait généralement admis. Le sucre inverti est, il est vrai, un mélange en parties égales de glucose et de lévulose, mais les pouvoirs rotatoires de ces deux sucres sont de signes contraires. Il résulte des essais que Kanounnikoff a faits sur les sucres invertis, que lorsque l'inversion d'un sucre produit un dédoublement en deux autres dont les pouvoirs rotatoires sont de mêmes signes, comme dans

le cas du dédoublement de la lactose en glucose et galactose, le pouvoir rotatoire du mélange est exactement la moyenne des pouvoirs rotatoires des deux sucres constituant le mélange. Il n'en est plus ainsi lorsque les sucres résultant du dédoublement ont des pouvoirs rotatoires de signes contraires, comme dans le cas du sucre inverti. Il a été établi qu'il existe dans le sucre inverti un sucre inactif sur la lumière polarisée; on en a établi la présence dans les cannes à sucre altérées.

Polysaccharides

66. Les polysaccharides sont des glucosides ou éthers des glucoses. La glucose étant alcool pentatomique et aldéhyde, peut s'unir aux acides, aux alcools, aux aldéhydes, en donnant des éthers que l'on appelle glucosides.

De même que deux molécules d'alcool éthylique ou éthanol, peuvent s'unir avec perte d'une molécule d'eau pour former l'éther ordinaire ou éthyléthylique (éthane-oxyéthane)



qui est un véritable anhydride d'alcool, de même deux molécules de glucose peuvent s'unir pour former un disaccharide ou diglucoside, ou hexobiose de Fischer. Ces composés forment les saccharoses, dont nous nous occuperons d'abord.

Saccharoses ou hexobioses $\text{C}^{12}\text{H}^{22}\text{O}^{11}$

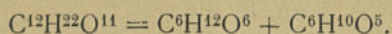
67. *Sucre de canne* ou *saccharose*. — Ce sucre est de beaucoup le plus important pour la distillerie française, comme le maltose est le plus important pour la distillerie allemande. Le saccharose est le principe sucré des betteraves et des mélasses, de la canne à sucre, du sorgho, de la patate douce (*convolvulus batata*), etc....

Le saccharose a pour densité 1,6. Il est soluble dans 1/2 de son poids d'eau froide et en toute proportion dans l'eau bouillante. Il est dextrogyre; pour une concentration de 0 à 18 %, on peut admettre comme pouvoir rotatoire $(\alpha)_D = 66,5$, sur lequel la température n'a qu'une influence négligeable.

Il est insoluble dans l'alcool absolu et l'éther.

Le saccharose fond vers 160° en un liquide épais, transparent, qui, en se refroidissant, se solidifie en une masse amorphe, vitreuse, connue sous le nom de sucre d'orge. Ce sucre cristallise peu à peu en perdant sa transparence, les molécules reprenant leurs positions d'équilibre.

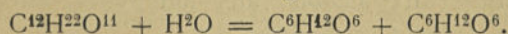
Maintenu longtemps à 160°, le saccharose se dédouble en glucose et lévulosane



A 170°, la glucose se transforme également en glucosane; mais ce n'est qu'à 210° que le saccharose perd ses deux molécules d'eau, et il se produit en même temps du caramel $C^{12}H^{18}O^8$.

Par hydrogénation on obtient de la sorbite et de la mannite.

Par l'action des acides étendus il se produit une hydrolise qui transforme le disaccharide en glucose et lévulose.



Cette transformation, qui porte le nom d'inversion, commence à la température ordinaire; elle se fait rapidement à chaud, surtout avec l'acide chlorhydrique.

La même réaction se produit par une ébullition longtemps prolongée de la dissolution de saccharose.

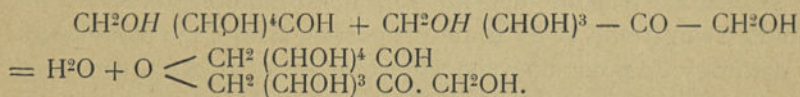
Certains ferments solubles, notamment la *sucrase* sécrétée par les levures et certaines moisissures produisent également l'inversion du saccharose.

Les alcalis n'attaquent pas le saccharose même à 100°; il ne noircit pas au contact de la potasse. A une température plus élevée le sucre se décompose en donnant des acides qui s'unissent à la base.

La chaux, la baryte, la strontiane forment avec le saccharose des composés insolubles appelés sucrales; on utilise cette propriété pour extraire le sucre des mélasses.

Le saccharose ne réduit pas directement la liqueur cuivrique; il la réduit après avoir subi l'inversion en dextrose et lévulose.

Le saccharose est donc un glucoside formé par l'union du dextrose et du lévulose avec élimination d'eau.



Le saccharose est, d'après cette formule, alcool octatomique (1 groupe primaire CH^2OH , et 7 groupes secondaires $CHOH$) aldéhyde COH et cétone CO .

68. *Maltose ou sucre de malt*. $C^{12}H^{22}O^{11}$. — Sous l'influence de l'amylase, diastase du malt, l'amidon se dédouble en des proportions variables de dextrine et d'un sucre hexobiose, le maltose.

Le maltose cristallisé a pour formule $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$; il devient anhydre à 100° . Il est très soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther. Son pouvoir rotatoire à l'état anhydre est

$$\alpha_D = 140,375 - 0,01837 p - 0,059 t.$$

Pour $p = 10$ et $t = 20^\circ C$, on a $\alpha_D = +139$

Fraîchement préparée, la solution montre, comme celle de la dextrose, la birotation.

Par hydrolise il se dédouble en deux molécules de dextrose. Il réduit la liqueur de Fehling, mais non l'acétate de cuivre. Le pouvoir réducteur du maltose est plus faible que celui du dextrose, du lévulose et, partant, du sucre inverti. Comparé au dextrose, son pouvoir réducteur varie de 0,60 à 0,67; comparé au sucre inverti, il varie de 0,63 à 0,70 suivant la concentration. D'après Soxhlet, 100 mg de maltose ne réduisent que 113 mg de cuivre au lieu de 195 mg que donne le dextrose.

L'amylase n'a aucune action sur le maltose; celui-ci doit être considéré comme le produit final de l'action de cette diastase. Mais le maltose peut être transformé en dextrose par une diastase découverte par Cuisinier dans les grains de maïs non germé.

Cette nouvelle diastase est la *maltase*, improprement appelée *glucase* par Cuisinier.

D'après Bourquelot, l'*aspergillus niger* sécrète une *maltase* qui transforme la maltose en dextrose. La levure sécrète également de la *maltase*, comme l'a démontré Fischer.

La maltose semble fermenter directement par la levure. En réalité, d'après Fischer, il subit d'abord l'inversion, mais le dextrose formé disparaît si rapidement qu'on n'en trouve jamais dans le liquide.

La maltose est un produit de transition de l'action des acides sur l'amidon; la maltose ainsi formée se transforme immédiatement en dextrose, en sorte que la transformation de l'amidon en maltose seul est très difficile. Le Dr Ost avoue ne pas y être arrivé.

69. *Isomaltose (?) Malto-dextrines*. — *Amyloïnes*. — Ce composé se forme par une réaction incomplète de l'amylase sur l'amidon. Il a d'abord été obtenu artificiellement par Fischer en faisant

agir l'HCl concentré sur la dextrose; Scheibler et Mittelmeier ont démontré qu'il entre dans la constitution des glucoses du commerce; enfin Lintner a démontré qu'il est un produit normal de la saccharification de l'amidon par l'action de l'amylase.

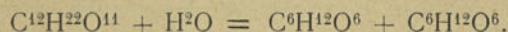
L'isomaltose est dextrogyre; il a un pouvoir réducteur égal à 0,83 de celui de la dextrose.

Il fermente plus lentement et plus difficilement que la dextrose; les différentes races de levures se comportent différemment à son égard.

D'après Ling et Baker, l'isomaltose est un sucre qui n'existe pas; la substance préparée par Lintner est tout simplement un mélange ou une combinaison de maltose et de dextrine, et ils la nomment *maltodextrine*. Brown et Morris, Ost, Ulrich, Jalowetz, Prior, Fernbach, etc., sont arrivés à la même conclusion. Cette ou plutôt ces malto-dextrines ont une grande importance en brasserie, car bien que ne fermentant pas directement elles peuvent subir une transformation lente en sucres fermentescibles sous l'influence des diastases de la levure, et alimenter ainsi la fermentation secondaire; elles jouent aussi un rôle dans la production de la bouche et du moelleux de la bière. En distillerie, ces corps ont moins d'importance, car ils fermentent rapidement dans des moûts amylasés.

70. *Lactose ou sucre de lait* $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$. — Le lactose existe dans le lait; on l'extrait du sérum ou petit lait (lait privé de caséine et de beurre) par simple évaporation et cristallisation.

Par hydrolise au moyen des acides étendus, il se dédouble en dextrose et galactose.

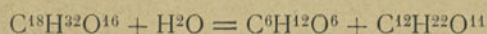


Il peut donc être considéré comme résultant de la combinaison d'une molécule de galactose et d'une molécule de *d* glucose ou dextrose, avec élimination d'une molécule d'eau.

Son pouvoir rotatoire est donné par la formule

$$\alpha_D = 52,53 + 0,055 (20 - t)$$

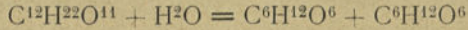
71. *Mélibiose ou Eucalyne*. — Cet hexobiose est un produit du dédoublement du raffinose ou mélitriose sous l'influence d'une hydrolise faible produite par les acides ou la *sucrase* de la levure. Le mélitriose se dédouble en lévulose et mélibiose.



Le mélibiose n'est pas directement fermentescible par la levure.

haute employée en distillerie, mais il fermente après inversion ; il est directement fermentescible par la levure basse.

Une forte action hydrolisante transforme le mélibiose en dextrose et galactose.



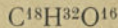
Le mélibiose est dextrogyre ($\alpha_D = 127$).

Les acides faibles ont, en général, peu d'action sur le mélibiose.

L'acide acétique agit à peine après plusieurs heures à la température de l'eau bouillante.

72. *Trehalose ou Mycose*. $C^{12}H^{22}O^{11} + 2 H^2O$. — Cet hexobiose existe dans le *trehala* ou manne des *Echinops*, dans les champignons (*mycose*) et dans le seigle ergoté. Son pouvoir rotatoire est ($\alpha_D = + 200$) ; il ne réduit pas la liqueur cuivrique. L'hydrolise par les acides étendus le dédouble en 2 molécules de glucose. Il fermente difficilement par la levure de bière. La *tréhalase*, diastase sécrétée par l'*Aspergillus niger*, le dédouble également.

HEXOTRIOSES OU TRISACCHARIDES



73. *Melitriose ou Melitose ou Raffinose ou Gossypose*. $C^{18}H^{32}O^{16} + {}^5H^2O$. — Découvert dans la manne d'Australie par Berthelot et dans les mélasses de betterave par Loiseau.

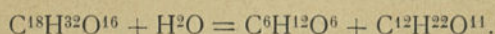
Par une faible action hydrolisante comme celle qui suffit à produire l'inversion du saccharose, il se dédouble en lévulose et mélibiose ; une inversion plus forte attaque aussi le mélibiose, qui donne du dextrose et du galactose. D'après ce que nous avons dit précédemment, la levure basse fera fermenter complètement le raffinose ; quant à la levure haute, qui ne sécrète pas de *mélibiase*, elle ne pourra pas pousser la décomposition au delà du terme mélibiose, en sorte qu'un tiers seulement fermentera. L'*Aspergillus niger* sécrète également une diastase qui produit l'inversion du mélitriose en dextrose et mélibiose. On obtient la fermentation complète du raffinose avec les deux espèces de levure, si le sucre est traité préalablement par les acides, jusqu'à ce qu'il ait fourni le maximum de glucose à la dissolution.

Le raffinose est dextrogyre ($\alpha_D = + 104,4$ à $20^\circ C$). Le pouvoir rotatoire du saccharose étant 66,5, on a pour le rapport $\frac{104,4}{66,5} = 1,57$,

en sorte qu'en prenant un poids de raffinose égal au poids normal du saccharose, on a une déviation de 157. Après inversion, le pouvoir rotatoire du raffinose est $(\alpha)_D = 53$; une déviation de 100 avant inversion, devient donc après inversion $100 \times \frac{53}{104,4} = 50,7$, soit une différence de $100 - 50,7 = 49,3$.

74. *Melezitose*. $C^{18}H^{32}O^{16} + H^{20}$. — Cet hexotriose existe dans la manne de Briançon produite par le mélèze, dans la manne de l'Alhagi et dans la miellée du tilleul où Maquenne en a trouvé jusqu'à 40 %. Il est dextrogyre.

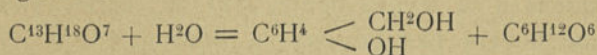
Bourquelot a trouvé comme pouvoir rotatoire $(\alpha)_D = + 88,15$. Il ne réduit pas la liqueur cupro-potassique. Les acides étendus à l'ébullition hydrolisent d'abord le melezitose en dextrose et un hexobiose qui est la touranose.



Le pouvoir rotatoire du mélange est $(\alpha)_D = + 63$; la touranose réduit également la liqueur cuivrique. L'hydrolise se continuant, la touranose se dédouble en deux molécules de dextrose.

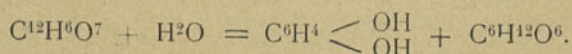
Glucosides.

75. *Salicine* $C^{13}H^{18}O^7$. — C'est un glucoside résultant de l'union de la glucose avec un alcool-phénol, la saligénine. On l'obtient en épuisant l'écorce de saule par l'eau bouillante, faisant digérer l'extrait avec de la litharge, filtrant et évaporant pour faire cristalliser. L'hydrolise produite par les acides étendus à l'ébullition ou par un ferment soluble, l'*émulsine*, dédouble ce corps en saligénine et glucose



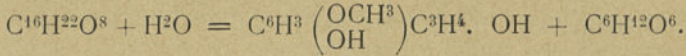
La salicine est assimilée par la levure, avec formation de glyco-gène.

76. *Arbutine*. $C^{12}H^{16}O^2$. — S'extrait des feuilles de busserole. Par hydrolise elle donne de la glucose et de l'hydroquinone (phénol diatomique isomère de la pyrocatechine et de la résorcine).



77. *Coniférine*. — $C^{16}H^{22}O^8 + H^2O$. — S'extrait de la sève des

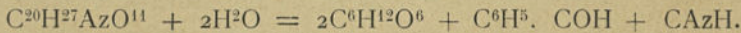
conifères. Elle existe dans les betteraves, les raisins et dans les mélasses de canne et de betterave. L'hydrolise la dédouble en glucose et alcool coniférylique :



Par oxydation elle donne la vaniline.

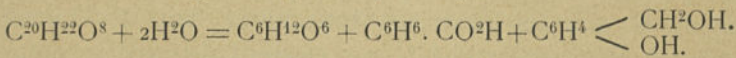
C'est à la présence de la coniférine que les cognacs et les rhums doivent leur odeur de vanille.

78. *Amygdaline* (Glucoside benzylalcyandrique). $C^{20}H^{27}AzO^{11}$. — Existe dans les amandes amères, et dans les noyaux et pépins de la plupart des fruits. L'hydrolise par les acides étendus ou par l'*émulsine* ou *sinaptase* qui existe dans les amandes la décompose en un glucose infermentescible, aldéhyde benzylique (benzène méthylal) et acide cyanhydrique.



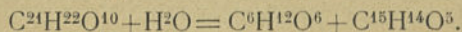
L'essence d'amandes amères est un mélange d'aldéhyde benzylique et d'acide cyanhydrique; c'est à de petites quantités de cette essence vénéneuse que le kirsch doit son odeur bien connue. Les noyaux de cerises contiennent 0,82 p. 100, les noyaux de prunes 0,96, les noyaux de pêches 2,35 p. 100 d'amygdaline. L'amygdaline est assimilée par la levure avec formation de glycogène.

79. *Populine*. — $C^{20}H^{22}O^8$. Existe dans l'écorce et les feuilles de peuplier. Par hydrolise, elle donne de la glucose, de l'acide benzoïque et de la saligénine (alcool-phénol).

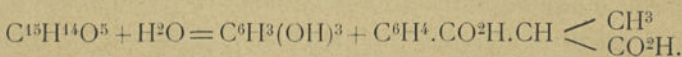


On la reproduit artificiellement par l'action de l'acide benzoïque sur la salicine.

80. *Phloridzine* $C^{21}H^{24}O^{10}$. — S'extrait des écorces des racines de pommier, de poirier, de prunier, etc... Par hydrolise, elle donne de la glucose et de la phlorétine ou phloroglucine phlorétique.

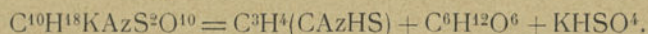


La phlorétine se dédouble par la potasse en phloroglucine et acide phlorétique.



81. *Acide myronique*. — C'est un glucoside qui existe dans la graine de moutarde à l'état de myronate de potassium, accom-

pagné d'un ferment soluble, la *myrosine*. Cette diastase décompose le myronate de potassium en essence de moutarde, glucose et sulfate acide de potassium.



82. *Lévosine* (C H⁰ O¹⁰)⁴. — Polyglucoside et alcool polyatomique, trouvé par Tanret dans le seigle, l'orge et le blé. Il est soluble dans l'eau et sa solution est lévogyre.

CHAPITRE IV

Polysaccharides par déshydratation

Dextrine, Amidon, Inuline et Cellulose

83. Les dextrines se produisent toujours dans l'action des acides étendus ou de l'amylase (diastase du malt) sur l'amidon; dans ce dernier cas, il est impossible de pousser l'action du ferment soluble jusqu'à n'avoir plus que du maltose : on ne peut pas dépasser la proportion 80 de maltose contre 20 de dextrine.

Les dextrines obtenues par l'action des acides étendus sur l'amidon ressemblent beaucoup par leurs propriétés à celles obtenues par l'action de l'amylase; il y a cependant entre elles une grande différence, car les dextrines produites par l'amylase sont transformées par cette diastase en maltose et isomaltose, tandis que celles produites par les acides ne le sont pas. Il résulte de là que les dextrines introduites dans les bières par l'emploi des glucoses artificiels ne peuvent fermenter, même en présence de l'amylase : de plus ces dextrines ne sont pas attaquées par la ptyaline de la salive ni par le suc pancréatique, en sorte qu'elles n'ont aucune valeur.

Quand on saccharifie des grains par les acides, il faut éviter de laisser dans le moût une notable proportion de dextrine, car elle serait complètement perdue.

M. Martinand a cependant constaté qu'en ajoutant du malt et $\frac{1}{10.000}$ de l'acide fluorhydrique à un moût saccharifié par les acides, on avait une augmentation de rendement de 1,5 à 2,0 % en alcool.

On admet généralement aujourd'hui l'existence de deux dextrines, l'érythro-dextrine qui donne avec l'iode une coloration rouge fauve (grec erythros rouge) et l'achroodextrine (g. a — chroa couleur) qui ne donne aucune coloration.

Les dextrines sont solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool faible, insolubles dans l'alcool concentré et l'éther. Si à une solution de dextrose ou de maltose contenant de la dextrine, on ajoute deux à trois fois son volume d'alcool concentré, la majeure partie de la dextrine se précipite sous forme de flocons, tandis que les autres sucres restent en solution.

D'après Brown et Morris, les différentes dextrines ont à peu près le même pouvoir rotatoire qui est d'environ 200.

Les dextrines complètement pures ne réduisent pas les liqueurs cuivriques. Elles sont infermentescibles par les levures ordinaires; si la levure pressée de boulangerie semble décomposer la dextrine, cela peut tenir à ce qu'elle renferme des bactéries sécrétant des diastases ou à ce que la levure pressée ayant été formée dans un milieu renfermant la *maltase* ou glucase de Cuisinier, ait retenu une certaine quantité de ce ferment.

Certaines levures spéciales, le schizosaccharomyces de Pombe, la levure de Logos attaquent directement les dextrines.

Les dextrines résultant de l'action de l'amylase sur l'amidon fermentent complètement par la levure en présence de l'amylase. La connaissance de ce fait a une très grande importance. On sait qu'en brasserie le moût clair provenant du brassage ou saccharification est porté à l'ébullition dans de grandes chaudières en cuivre où on l'additionne de houblon. Cette ébullition stérilise complètement le liquide, mais elle détruit aussi toute la diastase, en sorte que toute la dextrine que renfermait le moût est perdue pour la production de l'alcool. En distillerie, cette opération serait ruineuse. On y cherche au contraire à ménager le plus possible l'amylase en ménageant beaucoup la température de saccharification et l'acidité du moût, de façon à avoir une fermentation aussi complète que possible de la dextrine; les rendements en alcool dépendent beaucoup des soins que l'on apporte à la conservation de l'amylase.

Les dextrines ne précipitent pas par le sous-acétate de plomb. Chauffées avec des acides étendus, elles donnent du dextrose. On se sert généralement, dans ce but, de l'acide chlorhydrique au dixième. En chauffant au bain-marie, il faut de deux à trois heures pour que la transformation soit complète.

84. *Sinistrine* sinistra = gauche). — Matière lévogyre existant dans le malt $(\alpha)_D = - 41,4$.

85. *Dextrane* (Viscose). — Se produit dans la fermentation visqueuse du saccharose $(\alpha)_D = + 223$.

86. *Levulane*. — Corps lévogyre $(\alpha)_D = - 221$. L'hydrolise la transforme en lévulose.

Amidon ($C^6H^{10}O^5$)_n.

L'amidon est la substance de la matière amylacée. La matière amylacée se trouve à l'intérieur des cellules, dans les organes les plus divers des végétaux. Elle existe en grande abondance dans les graines des céréales et dans les tubercules de la pomme de terre et des patates douces. On y trouve les proportions suivantes :

Riz	75	Maïs	60
Froment	65	Sarrasin	56
Seigle	63	Avoine	53
Orge	60	Pommedeterre	18
		Patate douce	17

L'amidon existe dans les graines des légumineuses (haricots, pois, fèves, lentilles), dans les tubercules de l'arrow-root, dans les glands, les châtaignes, les racines de rhubarbe, de carotte, de manioc, etc.

Dans la pratique, on réserve généralement le nom d'*amidon* à la matière amylacée des céréales, celle de la pomme de terre s'appelle *fécule*, celle du *manioc*, *tapioca*.

Pour extraire l'amidon de la pomme de terre, il suffit de la râper et de tamiser la pulpe sous un filet d'eau : l'eau entraîne la fécule qui se dépose rapidement au fond du vase. Avec les céréales, il faut opérer différemment, parce que le gluten, matière azotée qui constitue le principe nutritif des farines, entrave la séparation de l'amidon ; on dissout d'abord le gluten par une fermentation putride qui le détruit ou par une solution de soude faible, puis on lave comme pour la pomme de terre.

Les grains d'amidon de blé ont environ 0^{mm}05 de diamètre, tandis que ceux de fécule de pomme de terre ont 0,15 à 0,20 mm.

Les grains d'amidon sont formés par couches concentriques : au centre se trouve une petite cavité que l'on aperçoit comme une tache sous le microscope et que l'on appelle *hile*. L'examen

microscopique du grain d'amidon pendant l'attaque par l'amylase confirme, dit Duclaux, les idées les plus récentes sur la constitution du globule d'amidon : le granule ne s'accroît pas seulement par intussusception comme le croyait Nágeli, mais aussi par recouvrements successifs, de façon que sa surface présente des régions inégalement tassées et compactes.

Les figures suivantes représentent différentes formes de grains d'amidon d'après la « Technische Microscopie » de J. Wiesner.

FÉCULE DE POMME DE TERRE

La fécula de pomme de terre possède la forme la plus caractéristique. Les grains sont ovoïdes; leur section transversale est ronde avec quelques irrégularités. Les grains jeunes, qui ne présentent pas encore des couches nettement marquées, sont sphériques A. Le noyau ou *hile* des grains développés n'est pas au centre, mais presque à l'extrémité de la partie étroite. Les couches sont également excentrées et souvent nettement marquées, quelques-unes se présentent même avec une netteté frappante. On rencontre également des grains composés F.

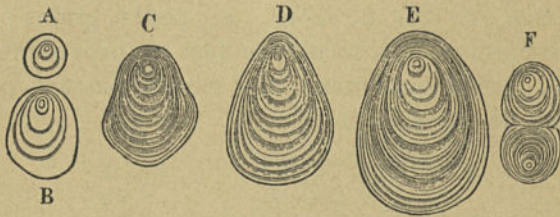


Fig. 2.

Le diamètre des grains varie de 0,06 à 0,1^{mm}; le plus souvent 0,07^{mm}.

AMIDON DES CÉRÉALES

Les grains d'amidon du seigle, du froment et de l'orge présentent entre eux une très grande ressemblance, mais il est très facile de les distinguer des grains de la fécula de pomme de terre.

On rencontre le plus souvent de gros et de petits grains, tandis que les moyens manquent. Les gros grains sont en forme de lentilles, les petits sont en partie sphériques et en partie polyédriques. Ils ne présentent pas de couches ou très peu. Un noyau ou hile est rarement visible d'une façon directe, mais la place en est souvent marquée par une ou plusieurs crevasses. Les petits grains ne présentent jamais de couches ; à la place du noyau se trouve le plus souvent une cavité pleine d'air.

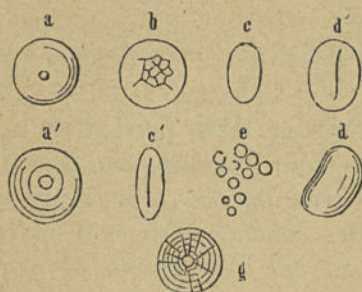


Fig. 3.

(Grossissement 300 fois)

La fig. 3 montre des grains d'amidon de froment a, a', b, d, vus de face, c, vus de côté ; e, petits grains ; b, grain portant des empreintes en forme de filet et provenant des petits grains ; c'. d', grains présentant des fêlures passant par le hile ; g, vue en plan de ces derniers.

AMIDON DE MAÏS

L'amidon de maïs se compose de grains simples et de grains composés. A la partie extérieure et cornée des grains de maïs, les grains d'amidon sont tassés les uns sur les autres.

Dans la partie farineuse, on rencontre le plus souvent des grains simples ; quelques-uns seulement sont régulièrement composés. Les grains simples sont sphériques ou ellipsoïdaux ; les grains composés et les grains partiels sont polyédriques. La plupart présentent un noyau et sont sillonnés de fêlures radiales partant du hile. Les grains simples ont généralement 0,02^{mm}, les grains composés 0,05.

La fig. 4 représente une cellule à amidon de la partie cornée

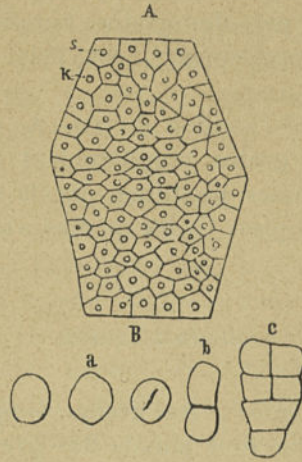


Fig. 4.

du maïs; les petits ronds sont les noyaux des grains simples; c, grains régulièrement composés.

AMIDON DE RIZ

Il se compose également de grains simples et de grains com-

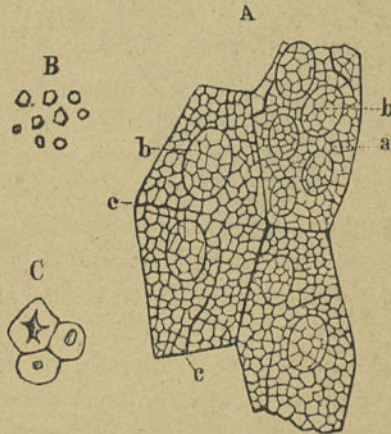


Fig. 5.

posés. Les grains simples sont, comme les grains partiels, polyé-

driques. A la place du noyau se trouve une grande cavité polygonale, parfois étoilée. Dans les cellules, l'espace laissé entre les grains composés est rempli par des grains simples. Le diamètre des grains simples est généralement 0,005, celui des grains composés 0,02^{mm}.

La fig. 5 représente l'amidon du riz. A, cellules à amidon, a, grains simples, b, b, grains régulièrement composés (réunis en ellipsoïdes), c, c, crevasses produites par la dessiccation du tissu cellulaire. B, grains simples. C, les mêmes, vus à un grossissement plus fort.

AMIDON D'AVOINE

Dans l'amidon d'avoine, les grains simples ne sont jamais polyédriques, car ce ne sont jamais des grains partiels; ils sont sphériques ou en forme de tonneau. Les grains composés sont formés de grains partiels polyédriques irréguliers formant un conglomérat en forme d'ellipsoïde.

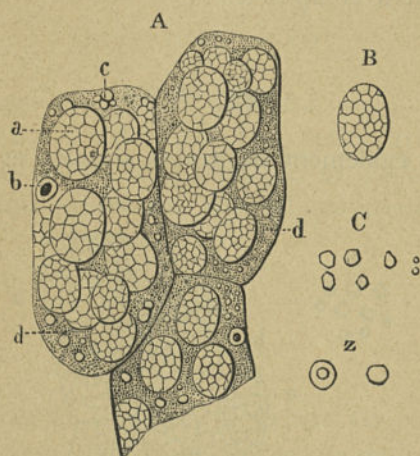


Fig. 6.

La fig. 6 représente des cellules amyloacées de la partie farineuse de l'avoine. a, grains d'amidon réellement composés, b, c, grains simples, d, restes de protoplasmes, B, grain composé, C, grains partiels, z, grains simples.

La densité de l'amidon est 1,66 (Brown et Héron).

L'amidon est très hygroscopique : préalablement desséché il absorbe l'humidité de l'air ; si on l'arrose de gouttes d'eau, il peut s'échauffer de 15° C. L'amidon humide ne peut pas se dessécher à l'air au delà de 35 % d'eau ; pour arriver à 18 %, il faut recourir aux étuves. La fécule desséchée a été récemment appliquée à la dessiccation de la levure en vue de sa conservation (procédé Boidin et Collette).

L'alcool fort enlève rapidement et complètement l'eau de l'amidon : Scheibler a basé sur cette propriété un procédé de dosage de l'eau dans l'amidon : on arrose un certain poids d'amidon d'un volume connu d'alcool dont on détermine l'augmentation de densité, ce qui permet de calculer l'eau enlevée.

L'amidon est insoluble dans l'eau ; chauffé longtemps à 100°, il se transforme en amidon soluble. La solution aqueuse d'amidon donne par l'alcool un précipité blanc d'amidon soluble dans l'eau.

Maintenu à 110-120°, l'amidon devient anhydre ; entre 160° et 210°, il se transforme en dextrine, soluble dans l'eau. Traité par l'eau chaude, le grain d'amidon se gonfle, se désagrège et on obtient une masse d'aspect gélatineux que l'on nomme *empois*.

La température à laquelle ce phénomène se produit varie avec chaque espèce d'amidon. Lintner donne les chiffres suivants : fécule 65° C, amidon de maïs 75°, amidon d'orge, de seigle, de blé, de riz 80°, avoine 85°.

Il est probable que dans la formation d'empois, l'amidon le plus facilement attaquant (la granulose) se transforme en amidon soluble, tandis que l'amido-cellulose se gonfle simplement.

L'action des acides à froid produit un amidon soluble précipitable par l'alcool. On obtient la même substance en chauffant l'amidon avec les acides acétique, benzoïque, salicylique, la glycérine ou le chlorure de zinc.

Le meilleur mode de préparation de cet amidon soluble consiste à broyer trois parties d'amidon dans deux parties d'acide sulfurique concentré ; il se produit une masse blanche, transparente, qui, traitée par l'alcool, donne une poudre blanche d'amidon soluble.

Ces réactions ont été utilisées pour le dosage de la fécule et de l'amidon par voie optique. La fécule donne avec l'eau seule ou additionnée de chlorure de zinc, d'acide benzoïque ou d'acide salicylique, un liquide assez clair, transparent, tandis que l'amidon de froment produit un empois opalisant, probablement à cause de la matière grasse qui adhère aux grains d'amidon. L'amidon soluble

se dissout très facilement dans l'eau, très difficilement dans l'alcool et l'éther.

Le pouvoir rotatoire de l'amidon varie suivant le corps qui a servi à le dissoudre et aussi suivant la concentration. « L'amidon solubilisé par ces divers réactifs ne paraît pas être une espèce chimique déterminée, mais bien une forme de voyage plus ou moins avancée, suivant le traitement, de l'amidon en route pour devenir de la dextrine » (Duclaux).

En solubilisant la fécule au moyen de l'acide salicylique, Baudry a trouvé $(\alpha)_D = 200,25$ le sucre de canne étant $(\alpha)_D = +66,5$. D'après Brown et Morris, ce pouvoir rotatoire serait de $(\alpha)_D = +202$ à $15^{\circ},5$ C. pour des concentrations de 2,5 à 4,5 p. 100.

La solution aqueuse d'amidon soluble, ainsi que l'empois, abandonnée à elle-même, ne tarde pas à être attaquée par les ferments lactiques, butyriques, etc.

La potasse et la soude font gonfler les grains d'amidon ; celui-ci se transforme en empois d'autant plus rapidement que la solution alcaline est plus concentrée. Si grande que soit la concentration, l'amidon n'est pas décomposé par l'alcali, car si l'on traite ensuite par l'acide chlorhydrique en excès, on peut transformer tout l'amidon en dextrose. L'alcool détermine dans les solutions alcalines d'amidon, la formation d'un précipité blanc qui se dépose rapidement et se compose de plusieurs combinaisons amido-alcalines.

Avec une solution à 0,55 p. 100 de soude, il faut un temps assez long pour gonfler l'amidon, avec 0,75 p. 100, cinq minutes suffisent.

Les solutions alcalines d'amidon peuvent se conserver pendant un an ; ce sont les meilleures pour démontrer l'action de l'iode sur l'amidon, quand on a acidifié au préalable.

L'iode donne avec l'amidon une coloration bleue très belle. Si dans une solution d'amidon contenant en outre des dextrans, on verse très peu d'iode, il se produit d'abord une coloration d'un bleu pur ; si on ajoute plus d'iode, les dextrans en absorbent également et donnent à la coloration une teinte variant du violet au rouge. En abandonnant la solution à elle-même, la coloration bleue disparaît la dernière. Dans les solutions d'amidon pur, la coloration se produit immédiatement, tandis qu'en présence de la dextrine, les premières gouttes disparaissent sans colorer la solution.

Les corps décomposés par l'iode troublent ou empêchent la

réaction, tels sont les alcalis caustiques et carbonatés, l'acide sulfhydrique et l'acide sulfureux; au contraire, les acides fluorhydrique et chlorhydrique ne gênent en rien la réaction. L'acide bromhydrique trouble la réaction, parce qu'il forme avec l'iode du bromure d'iode. Le tannin la trouble également.

Chauffé avec de l'alcool, l'iodure d'amidon se décolore, et il se vaporise de l'iodure d'éthyle C^2H^5I .

L'extrait de malt et la levure absorbent également de l'iode, en sorte qu'il faut avoir soin d'ajouter une quantité d'iode suffisante pour saturer ces corps afin que la réaction se produise.

Action des acides sur l'amidon. — Les acides étendus produisent la dislocation de la molécule complexe de l'amidon en molécules plus simples en même temps qu'il y a absorption d'eau. L'acide chlorhydrique agit le plus énergiquement, l'action de l'acide sulfurique est moins intense. Une élévation de température favorise la dislocation et l'hydratation.

Si l'on abandonne de l'amidon durant 6 à 8 jours avec de l'acide chlorhydrique à 7,5 % à la température ordinaire, il perd, sans qu'il se produise aucune manifestation extérieure apparente, la propriété de former de l'empois : on a de l'amidon soluble. L'acide chlorhydrique fumant gélatinise et dissout l'amidon à la température ordinaire en donnant un *liquide clair* qui est, au début, formé d'amidon soluble. La rapidité de la transformation dépend de la concentration de l'acide, de la température et de la dose d'amidon à saccharifier.

L'amidon ne se transforme pas directement en dextrose, mais il se forme des produits intermédiaires : d'abord de l'amidon soluble, puis de l'érythro-dextrine donnant avec l'iode une coloration rouge, puis de l'achroo-dextrine ne donnant pas de coloration, enfin du maltose, de l'isomaltose (?) et du dextrose. Le pouvoir rotatoire diminue constamment et devient finalement celui du dextrose $(\alpha)_D = 52,6$.

Action des diastases. — Comme les acides, les *diastases* ou *enzymes* transforment l'amidon en composés plus simples : dextrine, isomaltose (ou amyloïnes), maltose et dextrose. Les principales diastases agissant sur l'amidon sont : l'*amylase*, la *maltase*, la *pancréatine* et la *ptyaline*; les deux premières sont des diastases végétales, les deux autres se rencontrent chez les animaux.

a) *Amylase.* — C'est la diastase de l'orge germée ou malt, et des autres grains germés. L'action de l'amylase sur l'amidon est

une des plus importantes de la fabrication des alcools de grains et de la brasserie.

L'amylase est une matière azotée, facilement soluble dans l'eau ; une très petite dose de cette matière suffit à transformer une grande quantité d'amidon. Pour avoir une solution d'amylase, il suffit de traiter à froid du *malt vert* ou du *malt sec* (touraillé) concassé, par de l'eau à la température ordinaire.

L'attaque de l'amidon est surtout facile quand celui-ci est complètement formé en empois (empoissé, gélatinisé) ou mieux en amidon soluble ; dans ce cas, l'action est déjà intense à la température ordinaire. Toutefois l'attaque est ici également favorisée d'une façon notable par une élévation de température.

Par l'action de l'amylase sur l'empois d'amidon, cet empois se transforme d'abord en une masse fluide. A une température de 70°, quand la proportion d'amylase est suffisante, ce phénomène se produit presque instantanément ; la liquéfaction est d'autant plus lente que la température est plus basse.

Le produit final de l'action de l'amylase sur l'amidon est le maltose ; elle ne donne pas de dextrose ; la transformation du maltose en dextrose ne peut se faire que par les acides ou un autre ferment végétal, la *maltase*, découverte par Cuisinier dans les grains de maïs non germés et appelée improprement glucase. Cette nouvelle diastase agit aussi sur l'érythro-dextrine. Une telle diastase est également sécrétée par l'*Aspergillus niger*.

Les proportions relatives de dextrine et de maltose qui se forment varient suivant la dose de malt employée, la durée et la température de l'action. Une transformation presque complète de l'amidon en maltose n'est possible que par l'emploi de grandes quantités de diastase et une longue durée de la saccharification à une température favorable. En pratique, on ne peut pas réaliser ces conditions, et d'ailleurs, à part la fabrication du maltose, qui, jusqu'ici, n'a reçu que de rares applications sans grand succès, il n'y a pas d'intérêt à atteindre ce résultat. Le plus haut chiffre auquel on peut arriver sans trop de difficultés est une proportion de 80 p. de maltose contre 20 p. de dextrine.

Nous étudierons avec plus de détails l'action de l'amylase sur l'amidon en parlant de la fermentation et au chapitre spécial de la saccharification.

b) *Maltase* (glucase de Cuisinier). — Cette diastase, partiellement soluble et partiellement insoluble, attaque les hydrates de carbone d'autant plus difficilement que leur constitution se rap-

proche le plus de l'amidon. L'amidon liquéfié par l'extrait de malt puis porté à l'ébullition, et l'amidon cru sont péniblement attaqués par elle. Geduld pensait que le malt d'orge contenait de la maltase à l'état insoluble ; Jalowetz ne put se ranger à cet avis et trouva dans la présence de la glucose dans le moût de bière, une raison pour admettre la solubilité de la *maltase*. Morris reprit l'étude de cette diastase et trouva que la maltase, à une température de 50-55° C., transforme assez rapidement la maltose en dextrose. Son action sur l'amidon est excessivement faible ; quant à son action sur l'empois, elle ne devient sensible que si la diastase est employée sous forme de maïs. Celle que produit la *maltase* précipitée par l'alcool est insignifiante ; cela provient de ce que la *maltase* précipitée ne se dissout pas facilement. On enlève même tout pouvoir transformateur aux solutions de cette diastase, en les filtrant.

88. *Inuline* (C⁶H¹⁰O⁵)ⁿ. — L'inuline se trouve dans les topinambours, les tubercules de dahlia, les bulbes de colchiques, les racines de l'aunée, de la chicorée, du pyrèthre, etc.

Elle est *extrêmement peu soluble dans l'eau froide*, mais très soluble dans l'eau bouillante, où elle donne une solution très limpide. Elle est de même insoluble dans l'alcool faible à froid, mais soluble à chaud.

Elle est lévogyre. Son pouvoir rotatoire, indépendant de la température et de la concentration, a été trouvé $(\alpha)_D = 39,5$ par Tanret pour le produit extrait du topinambour, du dahlia et de l'aunée, produit séché à 130°.

L'inuline ne colore pas par l'iode.

Par une ébullition prolongée à l'eau ou par hydrolise avec les acides étendus, elle se transforme *complètement en lévulose*. L'*inulase*, diastase spéciale qui se trouve dans les topinambours, opère rapidement la même transformation. L'*Aspergillus niger* sécrète également de l'*inulase*.

L'amylase et la sucrase n'ont aucune action sur l'inuline.

L'inuline ne réduit pas la liqueur de Fehling et ne fermente pas par la levure de bière.

La cuisson sous pression saccharifie également l'inuline en lévulose, tandis qu'elle est insuffisante pour le corps que nous allons maintenant étudier, la lévuline.

89. *Lévuline ou Synanthrose*. — La lévuline existe également dans le topinambour, le dahlia et les tubercules des synanthérées.

Elle est soluble dans l'eau et l'alcool faible, insoluble dans l'éther. Elle ne réduit pas la liqueur cuivrique et ne fermente pas directement. Une longue ébullition avec l'eau ou l'hydrolise avec les acides étendus, transforme la lévuline en un mélange de dextrose et de lévulose ayant pour pouvoir rotatoire $(\alpha)_D = - 54,07$.

D'après les expériences de Dieck et Tollens, la sucrase agit également sur la lévuline, mais si lentement, que la levure donne une fermentation interminable quand on n'invertit pas d'avance par un acide.

90. *Cellulose* ($C^{12}H^{10}O^{10}$)ⁿ. — La cellulose est la matière qui constitue les parois des jeunes cellules et des fibres de tous les végétaux. On la rencontre à peu près pure dans la moelle de sureau, dans le coton, le papier, le vieux linge et toutes les fibres végétales qui ont subi de nombreux lavages.

C'est une matière blanche, insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Pour la dissoudre on emploie le réactif de Schweitzer, solution d'oxyde de cuivre dans l'ammoniaque.

Les acides étendus n'ont presque pas d'action sur la cellulose ; il y a formation de dextrose, mais la réaction est trop lente pour pouvoir être utilisée.

L'acide sulfurique concentré agissant à froid sur la cellulose, donne d'abord de la dextrine, puis une glucose dextrogyre ayant pour pouvoir rotatoire $(\alpha)_D = + 59,2$.

On a essayé d'utiliser cette réaction pour faire de l'alcool avec du bois ; mais, outre les difficultés d'une pareille saccharification et à la fermentation d'un tel moût, on a reconnu que les sucres qui se produisaient n'étaient que partiellement fermentescibles.

On connaît deux isomères de la cellulose : l'une, donnant, par l'action des acides étendus, de la dextrose : c'est la cellulose du coton, du bois, de la paille, du son ; l'autre, fournissant, dans les mêmes conditions, du mannose ou séminose : c'est la cellulose de la noix de coco, du grain de café, etc....

CHAPITRE V

Alcools dérivant de carbures non saturés et alcools aromatiques.

91. — Tous les composés que nous avons étudiés jusqu'ici appartiennent ou se rattachent à la série des alcools dérivant des carbures saturés ou paraffinés. Comme nous l'avons vu, tous ces dérivés sont formés par substitution de corps simples ou de radicaux à un ou plusieurs atomes d'hydrogène. Les carbures non saturés de la série C^nH^{2n} et C^nH^{2n-2} peuvent, au contraire, fournir des dérivés par fixation directe de corps simples ou de radicaux.

92. *Alcool allylique* (Propénol). $CH_2 \overset{(1)}{=} CH - CH_2$. OH. — C'est un alcool monoatomique primaire. Liquide incolore, doué d'une forte odeur d'ail, bouillant à 91°. Par oxydation, il se transforme en aldéhyde allylique $CH_2 = CH - COH$, puis en acide acrylique $CH_2 = CH - COOH$.

C'est l'une des impuretés pyrogénées de l'alcool méthylique.

93. *Aldéhyde allylique* ou *acroléine*. $CH_2 = CH - COH$. — Ce corps se produit chaque fois que l'on chauffe fortement la glycérine et les corps gras (huiles, graisses). C'est un liquide incolore, bouillant à 52°, dont la vapeur irrite violemment les yeux et les organes respiratoires. 100 p. d'eau dissolvent 2,5 p. d'acroléine. Comme toutes les aldéhydes, l'acroléine se polymérise facilement: elle forme du disacryle insoluble dans l'eau. Il donne avec l'acide phénique une coloration héliotrope très jolie, avec la résorcine ou le thymol une coloration bleu-pâle, avec le pyrogallol, lie de vin.

94. *Acide acrylique* (Propenoïque) $CH_2 = CH - COOH$. — Il bout à 140°. Par l'action de l'amalgame de sodium, il fixe H^2 et donne de l'acide propionique. Il est le type d'une série homologue d'acides dont les plus connus sont l'acide angélique et l'acide oléique.

95. *Oxyde d'allyle* $(C^3H^5)^2O$. — Il est à l'alcool allylique ce que l'éther ordinaire ou oxyde d'éthyle est à l'alcool éthylique. C'est

(1) Ce signe marque l'échange de deux atomicités. Avoir soin de ne pas le confondre avec le signe de l'égalité.

un liquide incolore d'une odeur d'ail; il est contenu dans l'essence d'ail brute. Il bout entre 85 et 87°.

96. *Sulfure d'allyle* (C³H⁵)₂S. — Il constitue la plus grande partie de l'essence d'ail et de l'essence de quelques crucifères.

97. *Sulfocyanate d'allyle* S < $\begin{matrix} \text{C}^3\text{H}^5 \\ \text{CAz} \end{matrix}$. — On l'obtient en distillant la graine de moutarde noire préalablement pilée et humectée d'eau tiède. C'est un liquide incolore qui, en contact avec la peau, amène la vésication. Il bout à 148°.

Nous avons vu, au paragraphe des glucosides, que le sulfocyanate d'allyle prend naissance par l'action d'une diastase spéciale, la *myrosine*, sur le myronate de potassium, contenus tous deux dans la graine de moutarde. Lorsque la farine de moutarde a été en contact avec l'eau pendant 24 heures à la température ordinaire, on distille pour recueillir le sulfocyanate d'allyle.

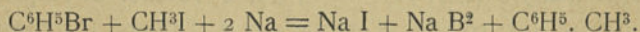
Alcools aromatiques.

98. Les alcools aromatiques dérivent des carbures à chaînes fermées ou noyaux, dits carbures aromatiques, à cause de l'odeur vive et caractéristique de quelques-uns des principaux composés de cette série.

Ces alcools se distinguent de ceux que nous avons étudiés précédemment, en ce qu'ils sont aussi phénols et peuvent former des combinaisons à fonctions mixtes.

99. *Alcool benzylique* (Benzène méthylol). C⁶H⁵. CH²OH. — Le benzène (la benzine) a pour formule C⁶H⁶. De même qu'à l'éthylène ou éthène C²H⁴ correspond un radical C²H³, l'éthyle, de même au benzène correspond un radical, le phényle C⁶H⁵. En fixant un groupe oxhydrile OH sur le radical C⁶H⁵ on a le phénol C⁶H⁵OH ou acide phénique. En fixant un groupe méthyle CH³ on a le méthylbenzène ou toluène C⁶H⁵. CH³.

On peut obtenir ce carbure en traitant le benzène bromé par l'iodure de méthyle et le sodium



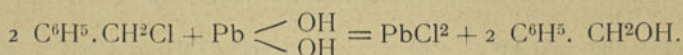
Le chlore, en agissant à froid sur le toluène, donne le toluène chloré C⁶H⁴ Cl. CH³ qui, par substitution de OH à Cl, donnera le

crésol ou phénol crésylique (methylbenzenol) $C^6H^4OH. CH^3$. En agissant à la température d'ébullition, il donne le chlorure de benzyle $C^6H^5. CH^2Cl$, isomère du toluène chloré, mais donnant de l'alcool benzylique $C^6H^5. CH^2OH$ par saponification.

On voit immédiatement la différence qu'il y a entre un phénol et un alcool aromatique : pour les phénols, l'oxhydrile remplace l'hydrogène *dans le noyau* benzénique, tandis que pour les alcools cette modification a lieu *dans une chaîne latérale*.

Au toluène ou méthylbenzène $C^6H^5.CH^3$ correspond le radical $C^6H^5.CH^2$, le *benzyle* de l'alcool benzylique, comme au benzène C^6H^6 correspond le phényle C^6H^5 .

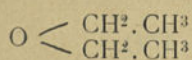
On prépare ordinairement cet alcool aromatique en faisant bouillir le chlorure de benzyle avec de l'eau et de l'hydrate de plomb.



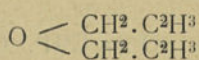
C'est un liquide incolore, oléagineux, à odeur faible et agréable. Densité 1,063. Il bout à 207°.

Par une faible oxydation au moyen de l'acide azotique étendu, il donne l'aldéhyde benzylique C^6H^5COH , une oxydation énergique par l'acide chromique donne l'acide benzoïque. $C^6H^5.CO^2H$.

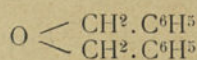
Chauffé à 120° avec l'acide borique fondu et pulvérisé, il fournit l'oxyde de benzyle, analogue à l'oxyde d'éthyle ou éther ordinaire (éthane-oxythane) et à l'oxyde d'allyle.



Oxyde d'éthyle.



Oxyde d'allyle.



Oxyde de benzyle.

100. *Aldéhyde benzylique* (Benzène méthylal) $C^6H^5.CO.H$. — Nous avons vu, en parlant de l'amygdaline ou glucoside benzylalcyandrique, que l'essence d'amandes amères est un mélange d'aldéhyde benzylique et d'acide cyanhydrique, et que ces corps se forment par l'action de l'*émulsine* ou *sinaptase* sur l'amygdaline $C^{20}H^{27}AzO^{11}$ au contact de l'eau.

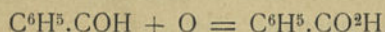
Pour séparer l'aldéhyde benzylique, on se fonde sur la propriété qu'ont toutes les aldéhydes, de former avec les bisulfites alcalins des composés cristallisés.

On ajoute du bisulfite de sodium : il se forme une combinaison cristalline que l'on comprime entre des papiers à filtre et qu'on lave à l'eau froide. On redissout dans l'eau bouillante et on

ajoute de la soude caustique qui forme du bisulfite et sépare l'aldéhyde.

C'est un liquide incolore, d'une odeur aromatique ; il est soluble dans 30 p. d'eau froide et en toute proportion dans l'eau bouillante. Il bout à 179°5. L'aldéhyde benzylique ou essence d'amandes amères est utilisée pour la fabrication du Kirsch de fantaisie.

L'aldéhyde contenue dans l'essence d'amandes amères s'oxyde à l'air, sous l'influence de la lumière, et se transforme en acide benzoïque.

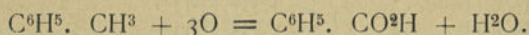


De même que l'aldéhyde éthylique se décompose par la chaleur en éthylène et oxyde de carbone, de même l'aldéhyde benzylique se décompose en benzène (benzine) et oxyde de carbone.



Chauffée avec une solution alcoolique de potasse, l'aldéhyde benzylique donne également un peu d'aldol benzylique (C⁷H⁶O)², aldéhyde — alcool analogue à l'aldol éthylique (C²H⁴O)².

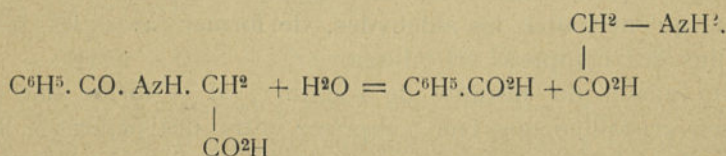
101. *Acide benzoïque* (Acide benzéneméthylloïque) C⁶H⁵CO²H. — Contrairement à ce qui a eu lieu pour les acides gras, on peut obtenir cet acide directement par l'oxydation du carbure dont il dérive. Le toluène ou méthylbenzène oxydé par le permanganate de potassium donne :



On le prépare par la distillation sèche du benjoin.

Cet acide introduit dans l'organisme s'élimine par les urines à l'état d'acide hippurique, ainsi nommé parce qu'il se rencontre en abondance dans l'urine du cheval.

Par l'action hydrolisante de l'acide chlorhydrique à l'ébullition ou d'une diastase spéciale sécrétée par les microorganismes *urophages*, cet acide hippurique se dédouble en acide benzoïque et glycolle ou acide acétamique.



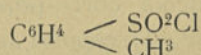
L'acide benzoïque fond à 121°, se sublime à 140° et distille à 249°. Il distille avec les vapeurs d'eau.

102. *Anhydride orthosulfamine benzoïque* (saccharine de Fahlberg). $C^6H^4 \begin{matrix} \text{SO}^2 \\ \text{CO} \end{matrix} > AzH$. — Sous le nom de saccharine, on trouve dans le commerce une poudre blanche dont le pouvoir sucrant est égal à celui de 200 fois son poids de saccharose, et dont on a proposé l'emploi pour remplacer le sucre de canne et la glucose. On la prépare ainsi.

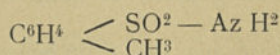
On traite le toluène ou méthylbenzine $C^6H^5.CH^3$ par l'acide sulfurique pour obtenir le dérivé sulfoconjugué ortho, ou acide orthotoluène sulfonique :



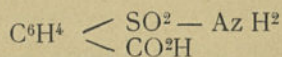
puis celui-ci par le pentachlorure de phosphore pour donner le chlorure :



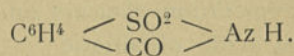
qu'un courant de gaz ammoniac sec transforme en amide



Cette amide étant oxydée par le permanganate de potassium, le groupe CH^3 se transforme en CO^2H , et l'on obtient le sel de potassium de l'acide orthosulfamine benzoïque :



qui perd les éléments de l'eau quand on le met en liberté et se convertit en anhydride orthosulfamine benzoïque



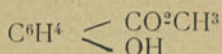
La saccharine a eu un moment de vogue comme succédané du sucre; mais actuellement l'usage en est interdit en France et en Belgique. On recherche la saccharine par la méthode de Schmidt, fondée sur la transformation de la saccharine en acide salicylique par les alcalis caustiques.

103. *Acide salicylique* (monoxybenzoïque) $C^6H^4 \begin{matrix} OH \\ \text{CO}^2H \end{matrix}$. — C'est un corps à fonction mixte, tout à la fois phénol et acide monobasique. Il se produit dans l'action de la potasse fondante sur la

salicine : de là le nom qui lui a été donné. Il cristallise en longues aiguilles. Un litre d'eau dissout 15 g. 5 à 0° et 79 g. à 100°.

L'hydrogène fourni par l'amalgame de sodium le transforme en aldéhyde salicylique $C^6H^4 \begin{matrix} < & COH \\ & OH \end{matrix}$

L'essence de Wintergreen, retirée du *Gaultheria procumbens*, est du salicylate de méthyle



104. Le *Salol* est du salicylate de phényle $C^6H^4 \begin{matrix} < & OH \\ & COOC^6H^5 \end{matrix}$

105. Le *Bétol* est du salicylate de naphthyle.

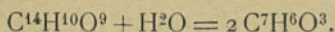
106. *Saligénine* $C^6H^4 \begin{matrix} < & CH^2OH \\ & OH \end{matrix}$. — Elle se produit dans l'action de l'hydrogène naissant sur l'*hydrure de salicile* ou aldéhyde salicylique; on l'obtient d'ordinaire par le dédoublement de la *salicine*. La saligénine est l'alcool correspondant à l'acide salicylique, comme l'alcool benzylique correspond à l'acide benzoïque.

107. *Salicine*. — Nous avons vu que c'est un glucoside se dédoublant, par hydrolyse, en glucose et saligénine.

108. *Acide pyrocathéchique* ou *dioxybenzoïque* $C^6H^3 \left\{ \begin{matrix} CO^2H \\ OH \\ OH \end{matrix} \right.$. —

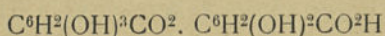
C'est un acide monobasique et phénol diatomique. Par l'action de la chaleur, il se dédouble en acide carbonique et en pyrocathéchine $C^6H^4 \left\{ \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} \right.$.

109. — *Acide gallique* ou *trioxybenzoïque* $C^6H^2 \left\{ \begin{matrix} CO^2H \\ (OH)^3 \end{matrix} \right.$. — La dissolution d'acide tannique de la noix de galle, exposée au contact de l'air, subit la fermentation gallique sous l'influence d'une moisissure, le *Penicillium glaucum* ou l'*Aspergillus niger*, qui hydrolyse le tannin ou acide digallique



Une ébullition prolongée de la noix de galle en poudre avec l'acide sulfurique, très dilué produit la même hydrolyse.

L'acide gallique, acide phénol, s'éthérifie en se combinant à lui-même pour donner l'éther digallique ou tannin, acide-éther phénol



avec perte des éléments de l'eau.

L'acide gallique est soluble dans 100 p. d'eau froide ou dans 3 p. d'eau bouillante. A 200°, il se dédouble en anhydride carbonique et pyrogallol ou dioxyphénol (phénol triatomique $C^6H^3(OH)^3$).

Il ne précipite ni la gélatine ni les alcalis végétaux, comme le fait la solution de tannin.

110. *Tannin (Acide tannique ou digallique)* $C^{14}H^{10}O^9$. — C'est une combinaison de deux molécules d'acide gallique avec élimination d'une molécule d'eau. On l'extrait de la noix de galle. Il précipite les sels ferriques en noir bleuâtre ; il précipite la plupart des matières animales, telles que la gélatine, l'albumine.

CHAPITRE VI

Matières albuminoïdes.

110. En dehors des amines et des amides dont nous avons, en passant, dit quelques mots à propos des dérivés de chaque alcool, les matières azotées que l'on rencontre en distillerie sont des substances albuminoïdes dont la composition se rapproche de celle du blanc d'œuf.

Les matières albuminoïdes sont formées par l'union d'acides amidés à l'urée et à l'oxamide avec perte d'eau. On peut les considérer comme des uréides complexes dans lesquels les atomes d'hydrogène sont remplacés par des amines acides tels que :

le glycocole $CO^2H. CH^2. AzH^2$

la leucine $CO^2H. C^5H^{10}. AzH^2$.

amines acides monobasiques de la série grasse ;

la tyrosine $CO^2H. CH^2. AzH. C^6H^4OH$

amine acide monobasique de la série aromatique,

l'acide aspartique $CO^2H. CH^2. CH. AzH^2. CO^2H$

l'acide glutamique $CO^2H. C^2H^4. CH. AzH^2. CO^2H$.

amines acides bibasiques.

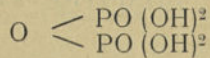
111. *Caractères généraux des matières albuminoïdes.* — L'azotate acide de mercure (réactif de Millon) colore les matières albumi-

noïdes en rouge très intense; cette réaction est si sensible qu'elle permet de déceler dans l'eau la présence de 1 millièmième (1 millig. par litre) d'albumine.

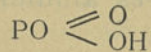
L'acide chlorhydrique les dissout en leur communiquant une couleur bleue ou violette; cette coloration ne s'effectue qu'au contact de l'air. L'acide azotique les colore en jaune; la teinte passe à l'orange sous l'influence de l'ammoniaque.

112. *Albumine.* — L'albumine est la matière constituante du blanc d'œuf. Elle est soluble dans l'eau et présente une réaction alcaline.

Elle se coagule par la chaleur à une température d'environ 75°, et à froid sous l'influence des acides, sauf des acides acétique, orthophosphorique $PO(OH)^3$ et pyrophosphorique



Elle est coagulée par l'acide métaphosphorique



fréquemment employé pour arrêter les hémorragies.

Elle se coagule aussi par l'action de l'alcool et du tannin. Cette propriété fait employer le blanc d'œuf au collage. Le vin contenant toujours du tannin, si on y ajoute du blanc d'œuf, l'albumine se coagule et il se forme un précipité qui entraîne les matières en suspension.

Dans les distilleries de betteraves opérant par diffusion, l'albumine est coagulée dans les cossettes par la température de 80° qu'on maintient dans les diffuseurs les plus chauds. Les mélasses sont pauvres en albumine, par suite des épurations calcocarboniques de la sucrerie; néanmoins il se produit toujours une certaine coagulation pendant le chauffage qui suit l'acidification.

L'acide chlorhydrique concentré et chaud dissout l'albumine avec formation d'une coloration violette; il se produit de la syntonine ou parapeptone. En faisant bouillir au réfrigérant ascendant avec de l'acide chlorhydrique additionné de chlorure d'étain, on obtient de la glutamine et de l'acide aspartique.

L'albumine coagulée redevient soluble par une ébullition prolongée dans l'eau. Elle se dissout aussi dans l'eau additionnée d'un peu de carbonate de sodium, ou d'une petite quantité d'acide, ou de potasse caustique. On utilise cette propriété pour se débar-

rasser de celle qui se trouve souvent dans la levure et les moûts et qui gêne à l'examen microscopique : quelques gouttes de potasse au $\frac{1}{10}$ suffisent à dissoudre les flocons d'albumine.

L'albumine forme des précipités insolubles avec le chlorure mercurique (sublimé corrosif), le sulfate de cuivre, l'acétate d'argent et l'acétate de plomb.

113. *Caséine*. — La caséine est la matière constituante du fromage frais. Elle est regardée comme étant un albuminate alcalin, car l'albumine, battue avec quelques gouttes de potasse, acquiert les propriétés de la caséine ; elle devient précipitable par l'acide acétique. Certains ferments transforment la caséine en albumine soluble.

La caséine soluble ne se coagule pas par la chaleur, ce qui la différencie de l'albumine. Tous les acides la coagulent, même l'acide acétique qui, comme nous l'avons vu, ne coagule pas l'albumine.

114. *Caséine végétale ou légumine*. — La caséine des végétaux a reçu le nom de légumine ; elle présente les mêmes caractères et les mêmes réactions. Elle existe en assez grande quantité dans les semences des légumineuses, d'où on la retire en épuisant par l'eau et précipitant par l'alcool. Dans les plantes elle paraît se trouver à l'état de combinaison avec les phosphates.

Pour séparer la caséine végétale de l'albumine, on fait d'abord bouillir pour coaguler l'albumine, puis on précipite la légumine par l'acide acétique.

La légumine est peu soluble dans l'eau ; elle est soluble dans l'acide acétique concentré, dans les solutions alcalines faibles et dans les solutions de phosphates alcalins basiques. Par une ébullition prolongée elle devient insoluble dans les acides et les alcalis. L'acide sulfurique concentré la dissout ; à l'ébullition il se produit de la leucine et de la tyrosine.

115. *Gluten-caséine*. (*Gluténine de MM. Osborne et Woorhees*) — Le gluten-caséine fait partie du gluten, substance éminemment plastique qui, dans la panification, donne à la pâte son élasticité et lui permet de lever. Quand on traite le gluten par l'alcool bouillant à 70-80°, on obtient un résidu insoluble que Ritthausen a appelé du nom de gluten-caséine (fibrine végétale de Dumas). Elle possède les mêmes propriétés que la caséine végétale. Elle est insoluble dans l'alcool, même en présence des alcalis faibles.

Le gluten-caséine se rencontre en abondance dans l'avoine qui, par suite, se rapproche beaucoup des légumineuses par sa composition. La farine de blé en renferme de 18 à 34 p. 100.

116. *Fibrine*. — La fibrine existe dans le sérum (partie liquide) du sang, dans la chair musculaire et dans les plantes. En battant le sang avec des baguettes, on isole la fibrine en filaments blancs et élastiques qui s'attachent aux baguettes.

La fibrine est insoluble dans l'eau et dans l'alcool, soluble dans les alcalis caustiques étendus et dans l'ammoniaque avec production d'albuminate alcalin. L'acide chlorhydrique au millième la dissout à l'état de syntonine, comme les autres matières albuminoïdes. Elle se dissout vers 40° dans les solutions de salpêtre, de sulfate de sodium et de sel marin (NaCl) au dixième; ces solutions se coagulent par la chaleur. On peut se servir de sulfate de sodium pour retarder la coagulation du sang.

117. *Gluten fibrine*. — La gluten fibrine est insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool chaud. En épuisant le gluten par de l'alcool bouillant, on obtient par le refroidissement un précipité, qui est la gluten fibrine (caséine végétale de Dumas).

D'après M. E. Fleurent, la gluten fibrine du blé (gliadine de MM. Osborne et Woorhees) est une substance se prenant en masse analogue à la colle forte, se gonflant et se fluidifiant comme elle très rapidement en présence de l'eau. « Elle est *très soluble* dans l'alcool de 40 à 90 %, soluble dans l'eau tenant en dissolution de faibles quantités d'alcali caustique ou de carbonates et de bicarbonates alcalins, elle se précipite de ces dernières solutions, par saturation au moyen d'un acide étendu. C'est à la gluten fibrine que le gluten doit ses propriétés agglutinatives, parce que c'est elle qui sert de lien entre les particules de gluten caséine et de cong lutine, celles-ci jouent simplement le rôle de la matière inerte, dans la fabrication sur mastic résistant ».

« Les deux substances, la gluten fibrine et la gluten caséine, forment à elles seules les 96/100 environ du gluten de la farine de blé; c'est un fait absolument démontré, que ce gluten doit ses propriétés spéciales au mélange de ces deux produits ». — E. FLEURENT.

118. *Conglutine*. — Ritthausen a extrait des graines de lupin une substance à laquelle il a donné le nom de cong lutine. Ces graines traitées par une solution salée à 5 ou 10 %, abandonnent

de la légumine et de la conglutine. Le gluten du blé renferme un produit de propriétés voisines de celles de la conglutine du lupin. « La conglutine du blé est soluble dans l'alcool à 70, tenant en dissolution, soit de la potasse ou de la soude caustique, soit des carbonates ou des bicarbonates alcalins ; elle se précipite avant la saturation complète de l'alcali, lorsqu'on abaisse le titre de l'alcool à 58-60°. Cette conglutine forme une proportion très faible du gluten, 2 à 8 % ». — E. FLEURENT.

Quand on épuise de la farine de blé par de l'alcool alcalinisé par de la potasse, on dissout la gluten fibrine et la conglutine et il reste comme résidu insoluble la gluten caséine.

En déterminant le gluten total dans des farines de diverses céréales et dosant les matières azotées solubles dans l'alcool (gluten fibrine et conglutine, M. E. Fleurent a trouvé :

	GLUTEN pour 100 de farine	GLUTEN-FIBRINE ET CONGLUTINE (solubles dans l'alcool)	GLUTEN-CASÉINE (insoluble dans l'alcool) dosée par différence
Seigle....	8,28	8,17	92,83
Maïs.....	10,63	47,50	52,50
Riz.....	7,86	14,30	85,70
Orge.....	13,82	15,60	84,40
Sarrasin..	7,26	13,08	86,92

« Les chiffres insérés dans ce tableau montrent bien qu'au contraire de ce qui se passe dans les farines de froment, la gluten caséine est en grand excès par rapport à la gluten fibrine, et que cette dernière substance, excepté dans le maïs, ne forme plus qu'une faible proportion du gluten : il n'y a donc pas lieu de s'étonner, que la matière agglutinative étant en proportion trop faible, par rapport à la matière inerte, le gluten des farines de seigle, orge, maïs, riz, sarrasin, devienne inextractible ». — (E. FEURENT. Etude de la constitution immédiate du gluten des différentes céréales).

119. *Zéine*. — C'est une variété de gluten fibrine qui se trouve dans le maïs (*zea maïs*). On l'en extrait en épuisant la farine par de l'alcool à 85°, à une température de 50°, réduisant

le volume de moitié par concentration, puis précipitant par l'alcool absolu ou l'éther. Elle est soluble à chaud dans l'acide acétique cristallisable et dans l'acide chlorhydrique à froid. Longtemps maintenue dans de l'eau ou de l'alcool à l'ébullition, elle devient insoluble dans l'acide acétique, l'alcool et la soude.

120. *Glutine*. — C'est la partie du gluten soluble dans l'alcool froid; on la retire, par conséquent, de l'eau mère, qui a laissé déposer la gluten-fibrine. D'après Ritthausen, elle se compose de gliadine ou gélatine végétale et de mucédine.

Quand on saccharifie du malt d'orge, qu'on filtre le moût chaud de façon à l'avoir parfaitement limpide et qu'on l'abandonne ensuite au refroidissement, il se trouble, et il se dépose une matière blanche qu'on appelle *glutine*. Ce fait se produit constamment en brasserie. Comme, d'après Ritthausen, l'orge ne renferme pas de gliadine, ce précipité n'est autre que la mucédine, corps plus soluble que la gliadine. On constate en effet que ce précipité se dissout dans l'alcool à 63 p. 100 en volume et que l'alcool absolu le sépare de la solution.

La mucédine se rencontre abondamment dans le seigle et dans l'orge; cette matière n'a pas les propriétés agglutinantes de la gliadine, en sorte qu'on ne peut pas séparer l'amidon du gluten dans le seigle et l'orge comme on le fait pour le blé et le maïs.

121. *Transformations des matières albuminoïdes*. — Les matières albuminoïdes se dissolvent par l'action du suc gastrique; elles se convertissent d'abord en parapeptone ou *synthonine*, matière ressemblant à de la gelée et complètement insoluble dans l'eau. De très petites quantités d'un acide ou de carbonates alcalins dissolvent la syntonine; ces solutions ne se coagulent pas facilement par la chaleur, mais elles sont précipitées par l'eau, par le sulfate de sodium, de magnésium, le chlorure de sodium, etc.

Une action plus prolongée de la pepsine produit des *albumoses*, substances solubles dans l'eau, qui se dissolvent aussi dans l'alcool chaud à 50° Gay-Lussac, mais se précipitent par le refroidissement.

C'est aux albumoses qu'on attribue actuellement la propriété qu'ont les bières de former une mousse plus ou moins persistante. Ces corps constituent le premier terme de la dégradation de la matière albuminoïde : c'est de la matière albuminoïde qui a perdu la propriété d'être coagulée par la chaleur. Sous l'influence de la pepsine les albumoses se transforment ensuite en peptones solubles et dialisables. Cette transformation porte le nom de peptonisation.

Quand on dit que la matière albuminoïde est peptonisée, transformée en *peptone*, on emploie un terme de pure convention, parce que les caractères qui définissent la peptone sont eux-mêmes très variables et contingents, et ne présentent pas la précision avec laquelle l'analyste est habitué à classer les substances soumises à son examen (Fernbach).

Les peptones ne se précipitent pas par l'acide acétique et le ferrocyanure de potassium, ni par l'acide nitrique, ni par l'acétate ferrique à l'ébullition, ni par le chlorure de sodium en excès en présence d'un acide.

L'eau à 100° forme lentement des peptones, mais rapidement à 120°; quelques millièmes d'acide chlorhydrique ou sulfurique favorisent la transformation.

Les solutions de peptone sont acides et moussent par l'agitation; elles sont visqueuses à froid, mais très mobiles à chaud. Elles sont solubles dans l'acide acétique cristallisable, à peu près insolubles dans l'alcool absolu et l'éther, un peu plus dans l'alcool aqueux, insolubles dans le chloroforme et le sulfure de carbone.

Les ferments solubles, tels que la pepsine et la papaine modifient la fibrine et la caséine de telle façon qu'elles s'hydratent à 40°, par l'action de l'eau pure, en formant de véritables peptones (Wurtz).

Nous venons de voir que le ferment pepsique transforme les matières albuminoïdes en peptones et d'autre part que la décomposition de ces mêmes matières, notamment par les alcalins, donne des produits encore plus simples, tels que les amines et les amides. Nous allons faire ressortir immédiatement que dans l'opération la plus importante en distillerie, la fermentation, la réaction inverse se produit.

Si l'on ensemence de la levure dans de l'eau sucrée additionnée d'un sel ammoniacal, par exemple le tartrate d'ammoniaque et d'une petite dose de la matière minérale qui entre dans la composition de la levure, cette dernière se multiplie et l'ammoniaque disparaît du milieu. Pasteur en conclut que la levure fait avec l'ammoniaque la *synthèse des matières albuminoïdes*. De même avec les amides. C'est ce qui explique la présence de matières azotées coagulables par la chaleur dans la bière, alors que le moût en a été presque entièrement débarrassé par la cuisson et le houblonnage.

La levure renferme des quantités notables d'amides et d'acides amidés, notamment de la leucine (acide amido-caproïque CO^2H).

$C^3H^{10}.AzH^2$); c'est à ces corps qu'il faut attribuer les propriétés nutritives, pour la levure et d'autres microorganismes, de l'eau de levure. Nous avons vu plus haut que ces corps sont précisément ceux qui entrent dans la constitution des matières albuminoïdes ; la levure renferme donc des matières albuminoïdes en voie de formation. Les amides, surtout l'asparagine, sont d'excellents aliments pour la levure qui les transforme rapidement en albumine. Behrend et Morgen ont constaté que dans le moût de pomme de terre, fort riche, comme on sait, en amidon, la proportion d'amides diminue fortement pendant la fermentation, tandis que la proportion d'albumine augmente.



LIVRE II

Travail de la betterave et des matières premières sucrées ⁽¹⁾

CHAPITRE VII

Nature et composition de la betterave

121. *Nature de la betterave.* — La betterave (*beta vulgaris*) est une plante bisannuelle, à racine pivotante, de la famille des chénopodées, où elle se range à côté de l'épinard, de l'arroche, etc...

La première année, elle développe sa racine et ses feuilles et ne forme qu'une tige très courte ; la deuxième année, la tige atteint 0,80 à 1 mètre de longueur ; puis apparaissent des fleurs verdâtres, finalement les graines. Pendant ce dernier temps la racine s'est vidée, tout a servi à nourrir la tige.

(1) Cet ouvrage étant conçu sur un plan entièrement nouveau et renfermant de nombreux renseignements techniques inédits, toute reproduction ou *contrefaçon*, même partielle, sera poursuivie devant les tribunaux.

Quelquefois la betterave monte à graines la première année, mais ce fait est très rare dans les années où la végétation suit son cours normal; il se produit surtout quand la racine a souffert par suite d'alternatives de sécheresse et de fortes pluies, de chaleur et de froid. C'est un cas d'atavisme, c'est-à-dire de retour au type primitif. La betterave sauvage est en effet une plante annuelle qui achève en une seule année le cycle complet de son évolution; ce n'est que par une longue culture qu'on en a fait une plante bisannuelle.

La betterave est, en France, la matière première de presque toutes les distilleries agricoles, comme la pomme de terre est celle de la plupart des distilleries agricoles d'Allemagne.

Le véritable but de ces établissements est la préparation d'une nourriture substantielle, saine et économique pour l'alimentation et l'engraissement du bétail de la ferme; l'alcool y est, pour ainsi dire, un produit secondaire dont la vente diminue les frais de production de cette nourriture; c'est le seul produit qui quitte l'établissement, et comme tous ses éléments sont puisés dans l'atmosphère, il n'y a rien de perdu pour le sol. Toutes les matières azotées et minérales sont rendues à la terre sous forme de feuilles, de fumier ou de vinasse. Quand nous disons que l'alcool est pour ainsi dire le produit accessoire de la distillerie agricole, nous n'entendons nullement que ce produit doive être négligé et que l'on puisse par exemple épuiser incomplètement ses betteraves au détriment du rendement en alcool, sous prétexte que le sucre restant dans la pulpe n'est pas perdu pour les animaux de la ferme. C'est une erreur que l'on rencontre chez quelques distillateurs agricoles et qu'il est facile de réfuter. Ce que nous disons a simplement pour but de faire ressortir l'importance économique de cette industrie en faisant complètement abstraction de l'utilité de l'alcool lui-même dans les arts et l'industrie.

La distillerie n'a pas les mêmes exigences que la sucrerie relativement à la qualité de la betterave. La sucrerie ne peut travailler économiquement que des racines riches, dont le jus renferme peu de *non sucre organique et minéral*, c'est-à-dire un jus d'une grande pureté. Ces exigences ont fait adopter des races de betteraves qui réclament beaucoup de soins cultureux et qui, les années où les conditions climatériques sont mauvaises, produisent des racines fort petites, donnant peu de rendement, beaucoup de perte à l'arrachage et, par suite, des mécomptes sérieux pour l'agriculteur. Moins de betterave, moins de pulpe; c'est une mauvaise condition pour une industrie agricole.

Les betteraves plantées pour la distillerie sont généralement des racines à gros rendement cultural, 40 à 60 mille kilog. à l'hectare, avec une richesse saccharine de 9 à 12 o/o ; ce sont

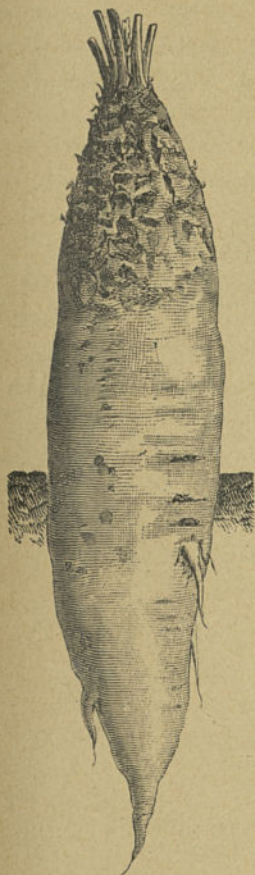


Fig. 7. — Betterave fourragère (disette blanche) *fortement bouteuse*, c'est-à-dire sortant fortement de terre, caractère d'une betterave pauvre. Rendement : 100,000 kilos à l'hectare.



Fig. 8. — Betterave blanche à collet rose, *légèrement bouteuse*, donnant le maximum en poids et en alcool à l'hectare. Rendement : 50,000 k. à l'hectare.

celles qui donnent en même temps le maximum en pulpe et en sucre par hectare.

Les Figures 7, 8 et 9, représentent 3 variétés de betteraves de la maison Vilmorin.

On sait, par expérience, qu'une betterave relativement pauvre en sucre et riche en non sucre, donne un jus qui fermente généralement plus vite que celui fourni par une betterave très pure ; par conséquent, les matières étrangères au sucre, qui sont si nuisibles au fabricant de sucre, sont souvent avantageuses pour le distillateur. Nous disons souvent, car il faut faire exception



Fig. 9. — Betterave blanche française riche, de Vilmorin, complètement enterrée (très pivotante). Rendement : 25,000 kilos à l'hectare.

pour les betteraves qui sont très impures par suite d'une assimilation tardive, et partant incomplète, de certains engrais, auquel cas les racines renferment des composés nitriques, qui sont très nuisibles à la fermentation.

Au point de vue purement industriel, il faut choisir la race de betterave qui donne par hectare le plus de sucre, tandis que, au point de vue cultural, la préférence doit être accordée à la race qui donne le plus grand poids en racines, c'est-à-dire en aliments.

Pour la sucrerie, ces deux conditions sont incompatibles, mais non pas pour la distillerie, et c'est en cela que consiste le grand avantage de celle-ci comme industrie agricole. Le cultivateur peut ainsi, sans nuire à ses propres intérêts ou à celui du distillateur qui achète ses racines, rechercher de très gros rendements culturaux. La betterave de distillerie, plus facile à cultiver que la betterave extra-riche de sucrerie, se prête très bien à l'amélioration des terres peu fertiles.

La betterave exige des terres un peu plus riches que la pomme de terre, mais elle les ameublir davantage. D'autre part, la drèche de pomme de terre doit être consommée immédiatement; au contraire, la pulpe de betteraves, moins aqueuse, peut se conserver un an ou deux en silos, quand on prend toutes les précautions nécessaires. Enfin, le matériel pour le travail de la betterave est plus simple que celui qu'exige la pomme de terre.

Pour une même production d'alcool, la pomme de terre fournit cependant un résidu de plus grande valeur que celui de la betterave. « Quand on obtient un hectolitre d'alcool avec des betteraves, les pulpes qu'on recueille assurent pendant 24 heures la nourriture de 12 à 13 bêtes bovines, tandis qu'on en nourrit le double avec les *drèches* que laisse la production d'un hectolitre d'alcool, provenant de la mise en œuvre des grains et des pommes de terre ». (P. P. Dehérain. Les plantes de grande culture).

122. *Composition de la betterave.* — La chair de la betterave se compose : 1° d'une carcasse constituée par des matières insolubles, substances cellulaires et ligneuses; 2° d'un jus renfermant toutes les matières solubles de la racine et qui servent à la nutrition de la plante.

On peut admettre que la betterave de distillerie renferme en moyenne 4 à 5 % de marc ou insoluble et 94 à 95 % de jus.

La betterave renferme les substances suivantes :

1° Des sucres : du saccharose $C^{12}H^{22}O^{14}$, du sucre inverti qui est un mélange de dextrose $C^6H^{12}O^6$ et de lévulose $C^6H^{12}O^6$, et une très petite quantité de raffinose $C^{18}H^{32}O^{16}$ (0,02 % suivant Von Lippmann).

2° Des matières azotées. — « Les composés azotés de la betterave et des jus de betteraves n'ont été jusqu'ici, dit Von Lippmann (1), que rarement l'objet de recherches chimiques, et la littérature

(1) Scheibler's Neue Zeitschrift. Déc. 1896 et Bulletin de l'Assoc. des chimistes, Nos 7 et 8, 1896.

technique n'en cite qu'un nombre assez restreint plus ou moins exactement caractérisés, tels que l'*asparagine* (amide de l'acide aspartique ou amido-succinique) $\text{CO}^2\text{H}.\text{CHAzH}^2.\text{CH}^2.\text{COAzH}^2$ et la *glutamine* $\text{CO}^2\text{H}.\text{C}^2\text{H}^3\text{AzH}^2.\text{CH}^2.\text{COAzH}^2$, avec les composés que ces acides peuvent former, la *bétaïne* et la *choline*, la *leucine* et la *tyrosine*, l'*acide glutaminique* ou pyroglutamique, l'*acide citra-zique*, la *lécithine* et la *légumine*. Mais la betterave renferme d'autres composés phosphorés, que l'on peut extraire en épuisant le tissu cellulaire par l'eau, l'alcool et l'éther, puis traitant par les alcalis : ces composés doivent se rapprocher des nucléines, et leurs produits de décomposition, les composés xanthiniques, se trouvent presque tous dans la mélasse, d'où l'on peut les précipiter à l'aide d'acide phosphotungstique. Sur le conseil de Scheibler, je recherchai ces produits là où ils se réunissent, par exemple, dans la mélasse. Parmi les composés azotés, dont l'identité put être effectuée, je puis nommer (outre les substances déjà prouvées autrefois) : les matières xanthiniques, telles que la *xanthine*, la *guanine*, la *xipoxanthine*, l'*adénine*, la *carnine* (si rarement observée dans les matières d'origine végétale), l'*arginine*, la *guanidine*, l'*allantoïne*, la *vernine* et peut-être même la *vicine*. Parmi ces substances, l'acide phosphotungstique précipite les matières xanthiniques, l'arginine, la vernine et la guanidine, mais les précipités sont partiellement solubles dans un excès de réactif ; le nitrate de mercure agit de même, il précipite aussi l'allantoïne qui n'est pas précipitable par le chlorure de mercure ; par contre, ce dernier précipite les matières xanthiniques et la vicine.

La solution de nitrate d'argent ammoniacal est également appropriée à la précipitation des corps xanthiniques ; la liqueur ammoniacale de chlorure de cuivre, l'oxyde de cuivre naissant, ainsi que la liqueur de Fehling, se comportent de même ».

Examinons séparément quelques propriétés des composés entrant dans la betterave :

a) *Albumine végétale*. — On la distingue en albumine soluble et albumine insoluble. L'albumine soluble est un corps lévogyre coagulable par la chaleur et les acides. L'albumine insoluble devient soluble quand on la maintient longtemps dans l'eau à l'ébullition.

D'après les travaux de Kuehne sur la digestion de l'albumine, on peut conclure avec certitude que les matières albuminoïdes de la betterave sont en partie peptonisées par l'action de l'eau chaude acidulée par l'acide sulfurique sur les cossettes (Briem).

b) *Légumine* ou *caséine végétale*. — Ne se coagule pas par la chaleur mais par tous les acides.

c) *Asparagine*. — Corps lévogyre en solution alcaline et dextrogyre en solution acide ou en présence de l'acétate tribasique de plomb. Dubrunfaut a trouvé 2 à 3 % d'asparagine dans les jus de betterave.

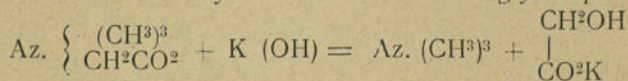
L'acide acétique, en proportion suffisante, détruit le pouvoir rotatoire de l'asparagine dans les jus de betteraves et dans les solutions de mélasses.

L'asparagine passe pour être une excellente matière nutritive pour la levure : les chimistes allemands la considèrent comme son meilleur aliment azoté. Cependant, d'après Kaiser, l'assimilabilité de l'asparagine n'est pas démontrée, il y a peut-être transformation préalable de cette substance en aspartate d'ammoniaque, qui servirait à la nutrition de la levure comme sel ammoniacal. Quelle que soit la façon dont agit l'asparagine, il est certain qu'elle est utile dans les mouts, et, par conséquent, il faut l'y conserver.

Quand on fait bouillir une solution d'asparagine avec un alcali fixe, le groupe amide est attaqué, et l'asparagine se décompose en acide aspartique ou amido-succinique qui s'unit à la base, et en ammoniaque qui se dégage. Des réactions analogues se passent pour d'autres composés. Cette réaction explique pourquoi les mélasses, malgré leur teneur en azote assez forte (1 à 2 p. 100) égale à celle de la plupart des céréales, n'offrent pas à la levure les aliments nécessaires, et elle montre aussi jusqu'à quel point faisaient fausse route les inventeurs qui, au début de la distillation des betteraves et même dans ces derniers temps, essayèrent de déféquer les jus, avant de les faire fermenter, dans le but d'avoir un jus plus pur.

d) *Bétaïne* $C^5H^{14}AzO^2$. — La betterave en contient de 0,1 à 0,25 p. 100 suivant qu'elle est plus ou moins mûre.

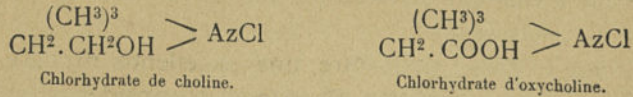
La potasse et la soude décomposent la bétaïne à l'ébullition, en donnant de la *triméthylamine* et de l'*acide glycolique*.



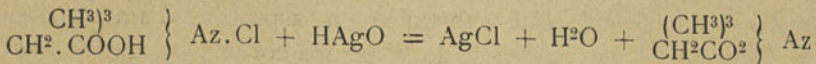
e) *Choline* (Névrine, hydrate de triméthyl-oxyéthylène-ammonium) $C^2H^4.OH \left\{ \begin{array}{l} (CH^3)^3 \\ > \end{array} \right. Az.OH$. — Wurtz en a fait la synthèse par le glycol monochlorhydrique. Soumise à l'ébullition avec des alcalis concentrés, elle dégage de la triméthylamine $Az(CH^3)^3$.

Ce composé, comme on le voit à sa formule, renferme un résidu du glycol, résidu qu'on peut représenter comme suit : $\text{CH}^2 - \text{CH}^2.\text{OH}$.

La choline renferme donc un groupe des alcools primaires, qui, par oxydation, peut se convertir en un groupe COOH . En effet, quand on oxyde le chlorhydrate de choline, on obtient un chlorhydrate d'oxycholine.



En traitant ce chlorhydrate par l'oxyde d'argent, on obtient la bétaine.



f) *Leucyne et Tyrosine*. — Ce sont des amines acides monobasiques comme le glycolle, tandis que les acides aspartique et glutamique, sont des amines acides bibasiques. D'après M. Gabriel Bertrand, la coloration foncée que prend le jus de betterave au contact de l'air est due à l'oxydation de la tyrosine, sous l'influence combinée de l'air et d'une *oxydase* très altérable, la *tyrosinase*, existant dans la betterave.

g) *Lecithine*. — C'est un corps complexe qui, par une ébullition prolongée avec de l'eau de baryte, donne de la choline.

h) *Xanthine*. — $\text{C}^5\text{H}^4\text{Az}^4\text{O}^2$. — Presque insoluble dans l'eau froide, mais très soluble dans l'ammoniaque et surtout la lessive de potasse; insoluble dans l'alcool et l'éther.

i) *Guanine*. — $\text{C}^5\text{H}^5\text{Az}^5\text{O}$. — Insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'ammoniaque, facilement dans la lessive de potasse. Bon aliment pour la levure.

j) *Hypoxanthine*. — $\text{C}^5\text{H}^4\text{Az}^4\text{O}$. — Soluble dans l'eau chaude, très peu dans l'eau froide; facilement soluble dans l'ammoniaque et les alcalis.

k) *Adénine*. — $\text{C}^5\text{H}^5\text{Az}^5 + 3\text{H}^2\text{O}$. — Facilement soluble dans l'eau bouillante, dans l'ammoniaque et dans les alcalis.

l) *Carnine*. — $\text{C}^7\text{H}^8\text{Az}^4\text{O}^3$. — Existe dans la levure, la seule matière végétale d'où l'on a pu l'isoler jusqu'ici. Elle est presque insoluble dans l'ammoniaque.

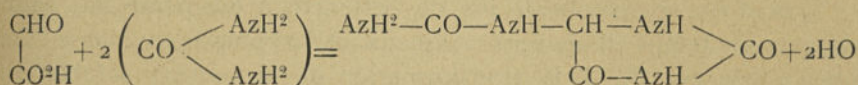
Les composés suivants, qui sont des produits de décomposition, sont cause du dégagement d'ammoniaque et des variations d'alcalinité des jus dans les sucreries de betteraves. Ce sont :

m) *L'arginine*. — $C^6H^{14}Az^4O^2$. — Ce composé, qui existe dans les lupins, les choux-raves, les topinambours, la chicorée, etc., est assez facilement soluble dans l'eau froide et très soluble dans l'eau chaude.

n) *La Guanidine*. — CAz^3H^5 ou $C(Az) \begin{matrix} \sphericalangle \\ \sphericalangle \end{matrix} \begin{matrix} AzH^2 \\ AzH^2 \end{matrix}$. — Ce corps, découvert dans la graine de vesces, se décompose par ébullition avec les alcalis, en donnant de l'urée.

o) *L'Allantoïne*. — $C^4H^6Az^4O^3$. — Peu soluble dans l'eau chaude, ou l'alcool, mais très soluble dans les alcalis. Ce composé est facile à trouver, car il ne se décompose pas seulement à l'ébullition, mais même à la température ordinaire par l'action des alcalis. L'allantoïne est un bon aliment pour la levure.

On sait que l'allantoïne peut être considérée comme un diurétique de l'acide glyoxylique (glycol dont un groupe $CH^2 OH$ est oxydé seulement à l'état d'aldéhyde) $\begin{matrix} CHO \\ | \\ CO^2H \end{matrix}$ et qu'on en fait la synthèse en chauffant cet acide avec un excès d'urée à 100° .



On sait aussi que l'*hydantoïne* peut être considéré comme un uréide de l'acide glycolique $\begin{matrix} CH^2 OH \\ | \\ CO OH \end{matrix}$. Il est donc intéressant de remarquer que ces deux acides ont été observés dans les jus de betteraves.

On a trouvé aussi une petite quantité d'une substance paraissant être identique à la vicine des légumineuses, glucoside qui, par hydrolise, donne entre autres de l'alloxanthine. Comme tous ces corps ont été isolés de la mélasse, il peut paraître impossible au premier abord qu'un glucoside puisse passer inaltéré dans la mélasse. Il est à remarquer, toutefois, comme Drenckmann l'a montré, que les sirops renferment quelquefois de grandes quantités de glucoside du tannin, provenant de l'écorce de betteraves non mûres, décomposable seulement par une longue ébullition, en solution concentrée fortement alcaline, et à haute température, de sorte que l'hypothèse de la présence de la vicine dans la mélasse est parfaitement possible. (D'après Von Lippmann).

3° Des substances organiques non azotées.

a) *Des acides organiques*. — Ces acides s'y trouvent surtout à

l'état de sels neutres et de sels acides. Les plus abondants sont les acides citrique, oxalique, malique, tannique et tartrique.

Ces acides jouent un rôle important dans la fermentation des jus de betteraves. Quand on ajoute de l'acide sulfurique à ces jus, cet acide déplace les acides organiques qu'il met en liberté en s'emparant des bases, potasse, soude et chaux. L'acidité du moût entrave le développement des bactéries, tandis qu'elle est au contraire favorable aux levures.

b) *Des matières pectiques.* — Les betteraves renferment de la pectose, matière neutre insoluble dans l'eau et l'alcool. La pectose se transforme très facilement, sous l'influence des acides étendus et de la chaleur, en pectine, corps soluble dans l'eau, que l'on rencontre également dans la betterave. Quand celle-ci est mûre, toute la pectose est transformée en pectine par l'influence des acides contenus dans la racine.

A côté de la pectose et de la pectine, il y a de la *pectase*, ferment soluble qui transforme la pectine en acide pectique, acide gélatineux et insoluble.

Quand on abandonne le jus de betterave à lui-même, au bout de peu de temps il devient visqueux et se prend en masse. Ce phénomène est dû à la transformation de la pectine soluble en acide pectique insoluble; il se produit pour les confitures de fruits qui se prennent en gelée. Il ne faut pas le confondre avec la fermentation visqueuse, qui est beaucoup plus grave puisqu'elle s'attaque au sucre. La fermentation pectique ne s'attaquant qu'à un principe inutile à l'acte de la fermentation, semble ne présenter aucun inconvénient; néanmoins, il faut l'éviter, parce que la formation de cette gelée d'acide pectique augmente les difficultés de nettoyage, et favorise par suite des accidents plus graves comme la fermentation visqueuse et même les fermentations lactique et butyrique. Quand on chauffe trop pendant l'extraction du jus de la betterave, il se forme également de l'acide pectique qui augmente la viscosité des jus; ceux-ci moussent alors beaucoup à la fermentation, ce qui est une cause de malpropreté.

4° *Des matières minérales.* — Les matières minérales de la betterave se composent d'acides minéraux et de bases minérales; celles-ci sont unies en partie aux acides minéraux et en partie aux acides organiques cités plus haut.

Les substances minérales de la betterave proviennent du sol, tandis que les matières organiques proviennent du sol et de l'atmosphère: les matières azotées proviennent en grande partie

du sol, tandis que, parmi les matières non azotées, les sucres puisent leurs éléments uniquement dans l'atmosphère, comme nous l'avons déjà dit.

Les matières minérales de la betterave sont les bases : potasse, soude, chaux, magnésie, et les acides phosphorique, sulfurique, chlorhydrique et nitrique.

Quand on incinère la betterave, la matière organique brûle, les bases alcalines sont transformées en carbonates et dans les cendres se trouvent toutes les matières minérales, plus l'acide carbonique qui sature les bases combinées dans la plante aux acides organiques.

Les betteraves de distillerie laissent en moyenne 0,75 à 1,5 p. 100 de cendres.

Les matières minérales ont, pour la distillerie, une importance presque aussi grande que les matières azotées. La potasse et l'acide phosphorique sont absolument indispensables ; de même la magnésie et le soufre, mais à doses infiniment plus faibles. Il suffit de se reporter aux analyses que nous donnons de la levure pour s'en rendre compte.

La betterave de distillerie a, en moyenne, la composition suivante :

Eau	83,5
Sucre (saccharose)	10,5
Cellulose et pectose	0,8
Matières azotées.	1,5
Matières organiques non azotées.	2,9
Sels minéraux	0,8

Les analyses ci-dessous représentent la composition des cendres de betteraves d'après Schwackœfer, de Vienne. Nous mettons entre parenthèses les chiffres moyens trouvés par C. Wolf.

	MOYENNE	MINIMUM	MAXIMUM
Potasse	55,11 (55,13)	39,78	78,11
Soude.	10,00 (8,92)	0,97	24,04
Chaux.	5,36 (6,08)	1,59	12,20
Magnésie.	7,53 (7,86)	2,34	11,62
Oxyde de fer	0,93 (1,14)	0,20	3,17
Acide silicique.	1,80 (2,28)	0,77	9,00
— phosphorique	11,00 (12,18)	6,31	18,45
— sulfurique	3,81 (4,20)	1,27	8,89
Chlore.	5,18 (4,81)	0,52	16,95

Briem rapproche ces analyses de la composition des cendres de levure trouvée par Béchamp.

Potasse	31,5
Soude	0,7
Chaux	2,4
Magnésie	3,7
Oxyde de fer.	2,7
Silice.	—
Acide phosphorique	53,4
— sulfurique.	5,0
Chlore	—

On voit que le jus de betterave non seulement renferme toutes les substances minérales nécessaires à la levure, mais contient encore en plus forte proportion les matières qui sont les plus utiles à la levure.

La proportion d'acide nitrique est excessivement variable dans la betterave: elle peut s'élever à 0,3, 0,4 %, mais, dans une racine produite dans de bonnes conditions, on n'en rencontre que des traces. La teneur en nitrate est surtout élevée quand on emploie comme engrais des fumiers frais, pailleux et principalement quand on les emploie après l'hiver. Le fumier ne subit alors que tardivement la fermentation nitrique qui a pour effet de transformer en nitrates l'azote des matières organiques, en sorte qu'on met trop tard à la disposition de la plante, ces sels si utiles au commencement de la végétation et si justement redoutés à la fin.

Dans les pays où l'on pratique l'irrigation au moyen d'eaux résiduaires, par exemple dans les environs de Paris, notamment à Gennevilliers, la croissance de la betterave est très rapide après chaque irrigation; les racines sont fort courtes, et si on les coupe par un plan perpendiculaire à l'axe, on remarque que les anneaux concentriques de tissu cellulaire sont très épais et les anneaux de tissu fibreux très espacés. Ces betteraves sont très impures et d'un travail difficile; elles renferment également des nitrates.

Pour éviter la présence des nitrates dans les betteraves, le fumier doit être enfoui à l'automne; pour la même raison, le nitrate de soude souvent employé comme engrais complémentaire au printemps, doit être semé de bonne heure. Les irrigations qui apportent des doses sérieuses de matières fertilisantes, doivent être prosrites dès qu'arrive l'époque de la formation du sucre, c'est-à-dire vers juin.

Les racines riches en nitrates peuvent donner naissance à la fermentation nitreuse, accident très grave que nous étudierons en parlant de la fermentation des jus de betteraves.

CHAPITRE VIII

Conservation et préparation mécanique de la betterave

Magasinage — Transport au lavoir — Lavage

Magasinage

123. Comme nous l'avons dit plus haut, la betterave est une plante bisannuelle ; au moment où on l'arrache, elle n'a donc pas encore achevé le cycle de son évolution ; elle se trouve, pour ainsi dire, dans une période d'arrêt, la saison froide ne favorisant pas la montée à graines.

Pour conserver cette racine après l'avoir arrachée, il faut maintenir chez elle cette vie latente, pour empêcher d'un côté la pousse, et de l'autre, la pourriture sèche et autres maladies qui sont la conséquence de l'arrêt complet de la végétation.

La perte en sucre qui peut résulter des accidents que nous venons de signaler, peut varier de 0,5 à 2,0 p. 100 et même au-delà, suivant les conditions climatériques, la façon dont sont confectionnés les silos et la durée du magasinage.

Les conditions nécessaires à la conservation de la betterave sont :

- 1° La présence de l'air.
- 2° Une température convenable.

a) *Air*. — La betterave que l'on met en silos, étant vivante, continue de respirer : elle absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique. Les expériences de Pasteur ont démontré que des fruits placés à l'abri de l'air dans une atmosphère d'acide carbonique, consomment une partie de leur sucre, qu'ils transforment en alcool et en acide carbonique. En présence de l'air, la plante absorbe également de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique, mais il n'y a pas de fermentation. Il faut donc conserver la betterave dans une atmosphère suffisamment renouvelée pour empêcher l'accumulation d'acide carbonique.

Le Dr A. Herzfeld pense qu'il faut restreindre la quantité d'air amenée aux betteraves au minimum qui leur permet juste de vivre, sans respirer trop fortement. Cette manière de voir a été confirmée par les essais de Heintze.

M. Baudry a trouvé que les betteraves mises dans de grands silos non aérés, perdent moins de poids mais plus de sucre que dans des silos bien aérés. Vivien et Lachaux ont aussi trouvé que les silos aérés assurent une meilleure conservation des racines que les silos complètement clos.

Le manque d'air peut produire l'étouffement de la betterave, ce qui occasionne une altération profonde. Cet accident peut résulter de la masse de terre qui adhère à la betterave. En effet, des betteraves chargées abondamment de terre et mises en silos, sont tassées et collées les unes aux autres; sous l'action des pluies, la terre des betteraves du dessus du silo est entraînée et vient boucher les rares interstices qui peuvent encore exister entre des racines ensilées parfois avec 30 à 40 % de terre.

Ce que nous venons de dire montre que l'aération est nécessaire. D'après M. Vivien, le transporteur hydraulique (voir plus loin), placé sous les silos, contribue à l'aération dans une forte proportion et constitue un moyen d'éviter la perte en silo. D'après M. Aulard, au contraire, le transporteur arrête le courant d'air sous les tas de betteraves, ce qui fait que toute cette partie du silo pousse et végète d'une façon considérable. Notre opinion est que, quand le silo est bien établi au-dessus du caniveau du transporteur, la betterave se conserve parfaitement.

b) *Température.* — Une température trop basse produit la gelée. Celle-ci ne fait pas perdre à la betterave beaucoup de sa valeur industrielle, quand on la travaille de suite; mais si le dégel arrive, la température douce favorise la putréfaction de la racine tuée par la gelée.

Les betteraves gelées présentent le très grave inconvénient de ne pouvoir être que très difficilement débarrassées de la terre qui y adhère, et cela même en employant de l'eau tiède dans les laveurs. Ce fait présente l'inconvénient de mettre rapidement les lames de rape ou les couteaux hors d'usage; en outre, la betterave se coupe mal, les cossettes se cassent fréquemment, se répartissent mal dans les diffuseurs, y laissent des vides, et en même temps se prennent en masses compactes, dont l'épuisement se fait très mal (*Bulletin de l'Association des Chimistes*, n° 2, 1891). Une partie de ces inconvénients ne s'applique cependant qu'à la betterave dégelée

après la gelée, car en Suède et en Hollande on travaille couramment des betteraves gelées sans aucun inconvénient autre que celui qui résulte de l'usure rapide des couteaux.

Quand on travaille des betteraves gelées et qu'on emploie de l'eau chaude au lavage, il faut éviter de réchauffer les betteraves beaucoup au-dessus de 0, parce qu'alors, la chair de la betterave devient molle et elle se découpe mal.

Une température élevée favorise la décomposition de la betterave, ce qui se conçoit facilement. D'après Mareck, la perte en sucre croît en même temps que la température de l'enceinte où les betteraves sont conservées.

Si l'on met en silos des betteraves chargées de moisissures et que la température s'élève, l'aération favorise l'action des mucédinées qui attaquent également le sucre.

Une température élevée favorise aussi l'action des microorganismes anaérobies (vivant sans air), dont nous parlerons plus loin.

124. *Altération de la betterave.* — La betterave étouffée entre en décomposition rapide, il y a échauffement considérable et, sous l'influence de cette nouvelle cause d'altération et de la présence des acides, le sucre encore intact est transformé en sucre inverti, en attendant qu'il soit entièrement décomposé. (A. Vivien).

Dans les betteraves altérées on trouve toujours du sucre inverti : M. Vivien, en faisant l'étude détaillée du jus de ces betteraves, a en outre trouvé les matières suivantes par hectolitre (*Bull. Assoc. des chimistes*, n° 9, 1894) :

Acide pectique	0,150
— oxalique	0,090
— acétique	} 0,330
— butyrique	
— formique	traces
— lactique	0,005
— métapectique	1,890

Les acides volatils, comme l'acide acétique, l'acide butyrique, l'acide carbonique, disparaissent en grande partie au moment de leur formation, d'autant plus rapidement que pendant cette décomposition il y a échauffement et dégagement abondant de vapeur d'eau.

La présence des acides lactique et butyrique qui n'entrent pas dans la composition d'un jus normal fait penser que le manque d'air a favorisé le développement de certaines bactéries et de

certaines bacilles anaérobies, tels que les bacilles butyriques et les variétés anaérobies de ferments lactiques.

Les bacilles butyriques provoquent la décomposition du sucre ; il y a formation d'acide butyrique et dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène.

La présence de l'acide acétique peut être également attribuée au ferment butyrique ou même à une fermentation produite par les levures sauvages et les torula qui existent en très grande quantité à la surface des betteraves non nettoyées.

D'après M. Mittelman, la betterave ne doit pas être arrachée avant maturité, sans quoi aucun silo, fût-il dans les meilleures conditions, ne peut fournir de résultats acceptables, tant à cause d'une vigoureuse repousse, qu'à cause de la transformation sans cesse grandissante du sucre cristallisable en sucre inverti. La betterave arrachée en pleine sève et conservée, repoussera aussitôt malgré tous les soins qu'on puisse prendre.

D'ailleurs une betterave non mûre s'épuise mal à la diffusion et est d'une fermentation plus difficile, comme nous le verrons plus tard.

125. *Décolletage de la betterave.* — Ici se place une question fort importante et fort controversée, celle du décolletage. Faut-il couper le collet des betteraves avant de les ensiler, ou vaut-il mieux les mettre en silos simplement effeuillées ?

Le décolletage, comme beaucoup de choses d'ailleurs, a ses avantages et ses inconvénients. Un décolletage soigné, fait par un temps sec, a l'avantage de retarder la repousse ; en outre, il élimine beaucoup de terre et de microorganismes qui auraient été introduits dans le silo. Par contre, il met à jour un grand nombre de cellules, ce qui augmente la perte par fermentation dans le cas d'un silo mal aéré ; un grand nombre d'autres cellules sont déchirées et le liquide qui s'écoule favorise le développement des levures sauvages, des moisissures et des bactéries, surtout si le décolletage est fait par un temps humide qui empêche la dessiccation de la surface coupée. On constate que la transformation du sucre cristallisable en inverti est surtout rapide quand la surface mise à nu se couvre de moisissures. Donc, au lieu de décolleter ses betteraves dans de mauvaises conditions, il vaut mieux les ensiler simplement effeuillées ; mais l'effeuillage demande beaucoup de temps et le cultivateur ne veut pas s'y astreindre.

126. *Influence de l'humidité dans les silos.* — Une autre question

importante pour la conservation de la betterave est celle de l'humidité. D'après les expériences de M. Lachaux (*Bull. Assoc. d. Chimistes*, n° 9, 1894), le point capital pour la bonne conservation des betteraves en silos est d'atténuer l'action des influences climatiques, et surtout de l'humidité. Suivant ce chimiste, le manque de circulation d'air aurait surtout pour effet de produire une accumulation de vapeur d'eau dans les silos. En faisant des essais pour la conservation de la betterave par les antiseptiques, M. Lachaux a remarqué que l'emploi des antiseptiques avait une influence nuisible, quand ils augmentaient la proportion de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère.

127. *Emploi des antiseptiques.* — Il faudrait donc, pour l'emploi des antiseptiques, rechercher les corps volatils susceptibles de saturer l'air qui entoure les racines. Mais il faut prendre garde que ces antiseptiques peuvent avoir des inconvénients en distillerie. Dans la fabrication du sucre, on a beaucoup cherché à employer ces antiseptiques, mais aucun n'est encore entré dans la pratique. On a essayé le chlore, l'acide sulfureux, l'acide phénique, etc... On pourrait peut-être essayer aussi le formol ou aldéhyde formique; cet antiseptique pourrait être employé avantageusement, si on trouvait des appareils vraiment pratiques, permettant de préparer l'aldéhyde formique convenablement et à bon marché. Outre son prix élevé, cet antiseptique présente l'inconvénient que ses vapeurs sont excessivement irritantes (L. I, n° 8).

128. *Disposition des silos.* — On est généralement d'avis que le meilleur silo est celui qui est abrité par des hangars, dans lesquels on établirait un système d'aération, permettant l'insufflation des vapeurs antiseptiques. Quand on n'a pas de hangar à sa disposition, M. Lachaux conseille le système suivant comme le plus convenable :

Un silo étroit, 3 mètres 50 à 4 mètres de largeur, aéré au moyen de cintres à claire-voie le traversant dans toute sa longueur, avec des cheminées d'air placées environ tous les 5 mètres. Donner 2 mètres de hauteur et que celle-ci se termine le plus possible en faitière. Si, à l'époque de la mise en tas, les gelées ne sont pas à redouter, entourer et couvrir le silo avec des roseaux ou des paillassons, afin de permettre le séchage des racines si le temps le permet (*Bull. assoc. des Chim.*, 9. 1894).

129. *Expériences de M. Strohmer.* — Terminons cet article en disant quelques mots d'une étude tout à fait récente de Strohmer sur la

perte en sucre par la conservation de la betterave en silos. M. Strohmer a constaté que la quantité d'acide carbonique dégagé ou expiré par les betteraves ensilotées est toujours inférieure à la quantité qui correspond au sucre disparu. Il en conclut que pendant la conservation, en dehors du sucre détruit par la respiration, une autre partie du sucre, non moins importante, disparaît également. Les recherches récentes autorisent à admettre qu'au cœur de la plante, sous l'influence de certaines diastases, le sucre se transforme en produits d'amidon et même en amidon pur. Ce qui confirme M. Strohmer dans cet ordre d'idées, c'est le fait qu'une betterave, qui a été observée pendant quinze jours dans sa respiration intermoléculaire et dans un courant d'hydrogène, avait une teneur en *pentose* assez élevée. La moyenne de cinq autres dosages de différentes betteraves était de 2 p. 100, tandis que la betterave en question contenait 3,3 p. 100 de *pentose*.

« La betterave, même effeuillée, continue donc à vivre pendant sa conservation et prépare, au détriment du sucre, de nouveaux matériaux pour la végétation. La force ou la chaleur nécessaire à ce travail chimique est fournie par la respiration, et je suis même d'avis que la transformation du sucre en est le but principal.

» Garreau, en 1851, a démontré que les plantes riches en matières protéiques respirent très énergiquement, ce qui a été, tout récemment encore, confirmé par les travaux de Pallavin. Mais nous avons prouvé que l'albumine, aussi bien dans l'organisme des plantes que dans celui des animaux, existe sous deux formes différentes : l'albumine de circulation dissoute dans le jus qui joue le rôle de transformateur de la matière et l'albumine des organes qui forme les tissus et la matière de réserve.

» L'intensité de la respiration de la betterave et de toute autre plante dépend, en première ligne, de la teneur en albumine de circulation.

» Une fumure exagérée en nitrate produit des betteraves riches en azote qui mûrissent difficilement et contiennent une forte dose d'albumine de circulation. Plus une betterave a reçu de nitrate avant sa maturité, plus grande sera l'intensité de sa respiration, plus grande aussi sera la perte en sucre par conservation, toutes choses égales d'ailleurs.

» A l'abri de l'oxygène, la respiration et la décomposition du sucre ne sont pas arrêtées. Tout au plus elles sont retardées pour faire place à la *décomposition* qui entraîne une déperdition très importante du sucre.

» Il est peu probable qu'un excès d'air active la respiration, malgré cela, je ne puis conseiller une forte aération des silos, car elle est cause de l'évaporation qui amène la concentration des jus, phénomène qui est intimement lié avec les fonctions du protoplasme. A défaut d'eau dont ce dernier a besoin pour ses fonctions, celles-ci cessent, ce qui amène la mort des cellules et la pourriture du sujet.

» Les betteraves non décolletées se conservent mieux et perdent moins de sucre que les betteraves décolletées, ce qui ressort effectivement des recherches de Marek et de celles publiées plus récemment par M. Mittelman.

» Un abaissement de température, tout comme l'évaporation de l'eau de végétation, annule les fonctions du protoplasme, affaiblit l'activité vitale et l'intensité de la respiration.

» Le mode de conservation de la betterave à une température aussi basse que possible, est donc parfaitement justifié.

» La perte de la betterave en sucre est inévitable, mais il est possible de l'atténuer en la conservant intacte (exempte de blessures) et dans un courant d'air froid, afin d'entretenir la respiration nécessaire, sans toutefois permettre la congélation. Tout autre moyen de conservation est à rejeter d'avance, et n'a d'autre résultat que d'augmenter les frais généraux » (1).

Transport des betteraves au lavoir

130. Les racines emmagasinées en un ou plusieurs silos doivent être amenées à l'atelier de lavage. On peut employer différents moyens :

a) *Les brouettes.* — On peut avec elles alimenter assez facilement le laveur, dans les petites usines, lorsque l'on prend les betteraves près de l'atelier de lavage ; mais leur emploi vient trop onéreux quand on dépasse 30 m.

b) *Les wagonnets.* — Ce système a le défaut d'exiger beaucoup de matériel coûteux, d'achat et d'entretien ; néanmoins il peut rendre des services dans certains cas spéciaux, par exemple, quand l'atelier de lavage est plus élevé que le dépôt de betteraves, ou encore lorsque, en terrain plat, les silos de betteraves sont assez

(1) *Bulletin Assoc. des Chimistes*, octobre 1895.

éloignés. La voie doit avoir au moins 0^m60, et les rails peser 9 kil. par mètre, pour éviter les déraillements.

c) *Le transporteur hydraulique.* — Ce système si élégant, si simple et si pratique, a été inventé par M. Riedinger, et importé en France, en 1882, par M. A. Vivien, qui l'a perfectionné et a étendu ses applications au service de tous les silos d'approvisionnement d'une usine. En Autriche-Hongrie, pays de l'inventeur, il n'était appliqué que dans les magasins couverts et n'avait que quelques mètres de longueur ; son usage était restreint. Il est maintenant applicable partout et présente des avantages considérables : il réduit beaucoup la main-d'œuvre et contribue puissamment au lavage de la betterave.

En moyenne, il faut compter deux hommes pour un travail de 300,000 kilos de betteraves par 24 heures ; mais dans certaines fabriques, et avec des betteraves normales, on a pu envoyer cette quantité de betteraves au laveur avec un seul homme.

Étude du transporteur hydraulique

131. Il se compose essentiellement d'un caniveau en forme de pétrin, en pente, dans lequel un courant d'eau entraîne les betteraves qu'on y fait tomber (Fig. 10, 11 et 12).

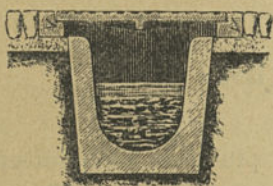


Fig. 10.



Fig. 11.

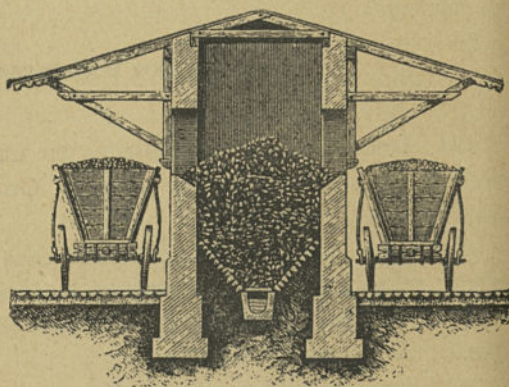


Fig. 12.

On le construit le plus souvent en briques cimentées ou en béton aggloméré, mais certaines parties se font quelquefois en fonte, en tôle ou en bois.

Les caniveaux fixes ou mobiles ont 35 à 40 centim. de largeur

et une hauteur un peu supérieure. La pente adoptée est le plus souvent de 8 à 10^{mm} pour les parties droites et de 10 à 15^{mm} dans les courbes. Les courbes ont un rayon de 5 mètres au minimum. En se basant sur de nombreuses expériences qu'il a faites, M. Maguin estime que le volume d'eau nécessaire doit équivaloir à 8 litres par kilo de betteraves normales et à 10 litres pour des betteraves fort sales ou gelées. Il est donc nécessaire de compter sur ce dernier chiffre. Cette eau peut être réemployée après décantation.

Les caniveaux des transporteurs doivent pouvoir emmagasiner les betteraves répondant à un travail d'au moins 10 jours.

Dans un grand nombre de cas, le débouché du caniveau dans l'élévateur est à 2 mètres et même 2^m50 en contre-bas du sol : les caniveaux forment alors les thalwegs d'une série de fossés à bords évasés, dans lesquels sont emmagasinées les betteraves. On cite même des cas où le caniveau est placé à 8 mètres de profondeur. Dans d'autres cas, c'est un caniveau mobile (Fig. 13), en fer ou en bois, qu'on déplace au-dessus du sol, en le rapprochant peu à peu des tas, au fur et à mesure qu'ils diminuent, et déversant son eau et ses betteraves dans un caniveau fixe ou caniveau *terminus* qui les emmène à l'atelier de lavage.



Fig. 13.

Élévation des betteraves au laveur

132. A la sortie du caniveau terminus, trois cas peuvent se présenter.

A. — On sépare tout de suite l'eau des betteraves, celles-ci seules étant élevées au laveur.

On peut employer pour cette séparation :

- a) La plate-forme placée en avant de l'élévateur à palettes.
- b) La roue élévatrice simple.
- c) L'élévateur à hélice.

B. — L'eau du transporteur est employée au débourbage avant l'élévation des betteraves et avant séparation.

Dans ce cas on installe un laveur débourbeur avant la roue élévatrice ou l'élévateur à hélice.

C. — L'eau du transporteur est élevée avec les betteraves, soit à la même hauteur, soit à une hauteur moindre.

On emploie alors la roue élévatrice mixte.

Nous allons donner une description sommaire de ces divers appareils.

Plate-forme

133. Elle consiste en un récipient cylindrique B (Fig. 14), dans lequel sont amenées les betteraves venant du transporteur A. Le fond du récipient est une tôle perforée par laquelle l'eau sale s'écoule dans le canal F, tandis que les betteraves, poussées par un entraîneur actionné par l'arbre C, tombent par l'ouverture o et sont entraînées par les godets de l'élevateur E qui les conduit au laveur.

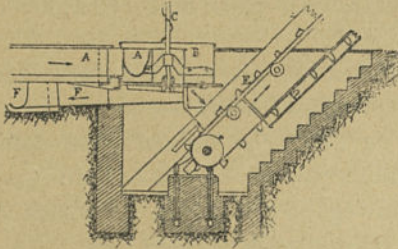


Fig. 14.

Cet appareil a été employé surtout en Allemagne, mais actuellement on l'a remplacé dans de nombreuses usines par la roue élévatrice.

Elévateurs à palettes

134. Ces élévateurs se composent d'une courroie sans fin, large d'environ 25 à 40 cent., en chanvre, en caoutchouc, en aloès ou en fer, sur laquelle sont fixées des palettes en bois ou en tôle de la même largeur.

Cette courroie s'enroule sur deux tambours placés aux deux extrémités d'un châssis incliné. Des galets en fonte, en tôle ou en bois, placés de distance en distance, supportent la partie ascendante de la courroie.

Le tambour supérieur reçoit son mouvement directement ou par l'intermédiaire d'une paire d'engrenages.

Les paliers du tambour inférieur peuvent glisser dans des coulisses ; des vis de rappel permettent de tendre plus ou moins la courroie. A une petite distance du tambour inférieur se trouvent des galets latéraux qui donnent à la courroie sa direction pour l'enroulement sur ce tambour.

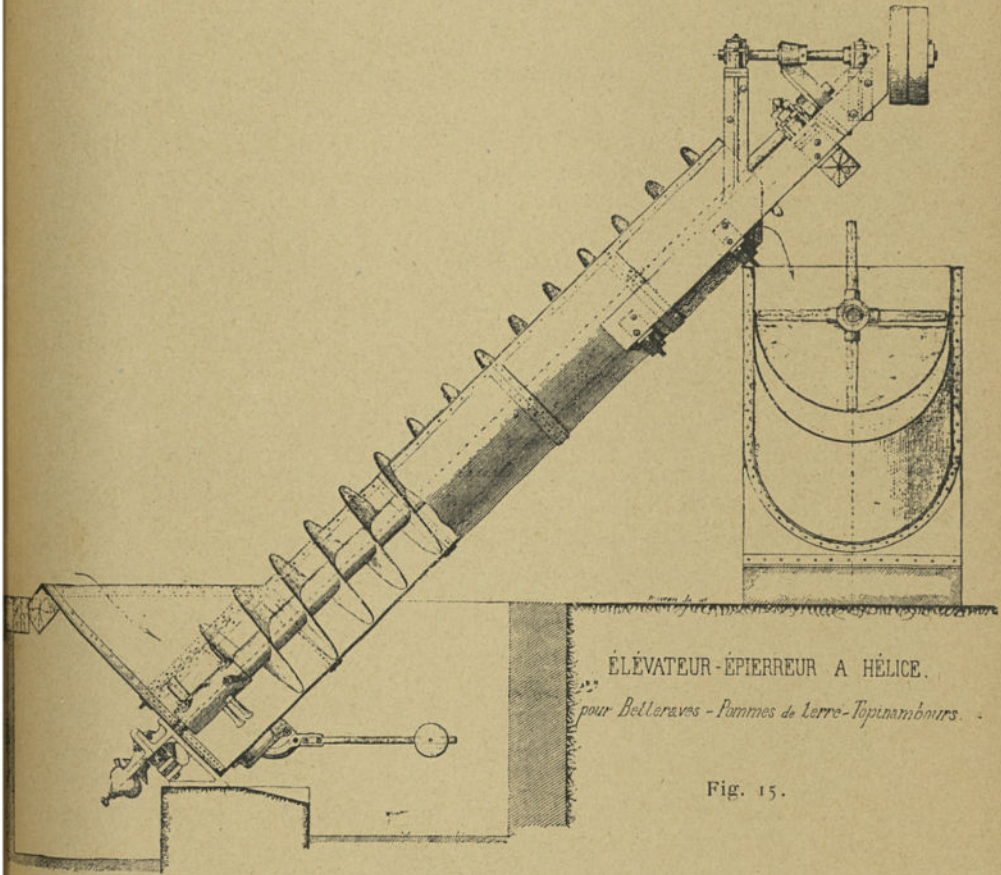
L'extrémité inférieure de l'élevateur est placée dans un trou maçonné. A la partie supérieure de ce trou se trouve une trémie par laquelle les betteraves tombent sur la chaîne ; un clapet en

cuir soulevé au passage par les palettes empêche les betteraves de tomber dans le trou.

Capacité productive. — Une courroie, 30 cm. de largeur, avec palettes espacées de 50 cm., une vitesse linéaire de 0,60 par seconde, suffit à l'élévation de 100 mille kilos par 24 heures.

Élévateur à hélice

135. Cet appareil, analogue à la vis d'Archimède, se compose de spires en tôle fixées sur un arbre en fonte tournant dans une auge fixe également en tôle (Élévateur A. Denis, fig. 15).



La commande de l'arbre portant les spires est faite par une paire d'engrenages coniques et une poulie. A sa partie inférieure,

l'arbre est supporté par une crapaudine placée à l'extérieur de la caisse en tôle; une boîte à bourrage empêche les boues de passer par le fond de la caisse et de pénétrer dans cette crapaudine.

Pour laisser passer la grande quantité d'eau fournie par le transporteur hydraulique, toute la partie inférieure de la caisse en tôle est perforée de trous ronds de 8 à 10 mm. ou de trous oblongs de 6×25 mm.

Le diamètre des spires de ces élévateurs est généralement de 750 mm. On fait varier le nombre de tours suivant le débit que l'on veut obtenir.

Capacité productive. — A la vitesse de 30 tours par minute, un tel élévateur peut débiter jusqu'à 300.000 kil. de betterave par jour.

Roue élévatrice simple

136. Elle se compose d'une grande roue portant à sa périphérie des aubes perforées (Fig. 16, partie de droite). Cette roue est portée par un axe tournant dans deux paliers fixés au niveau du sol, au-dessus du transporteur; elle reçoit son mouvement d'un système d'engrenages commandé par une poulie.

Les betteraves seules sont élevées et tombent dans la nochiere inclinée qui les conduit dans le laveur figuré à droite; les eaux boueuses du transporteur passent au travers des aubes et du pourtour perforé de la roue pour aboutir à une citerne.

Cet appareil a l'avantage de ne pas avoir d'organes en mouvement dans la partie baignée constamment par l'eau du transporteur hydraulique; deux axes et quatre paliers seulement (un axe et deux paliers pour la roue proprement dite, et un axe et deux paliers pour l'arbre intermédiaire de commande), constituent les seuls organes sujets à usure, et comme ils sont généralement placés à fleur du sol, il est facile de les entretenir en bon état de graissage.

La roue élévatrice est donc un appareil qui est peu sujet à usure; mais on lui reproche de coûter cher et de prendre beaucoup de place.

Roue élévatrice mixte

137. Cette roue dérive de la roue élévatrice simple; elle en diffère en ce que les aubes sont pleines ainsi que le pourtour (moitié gauche de la fig. 16).

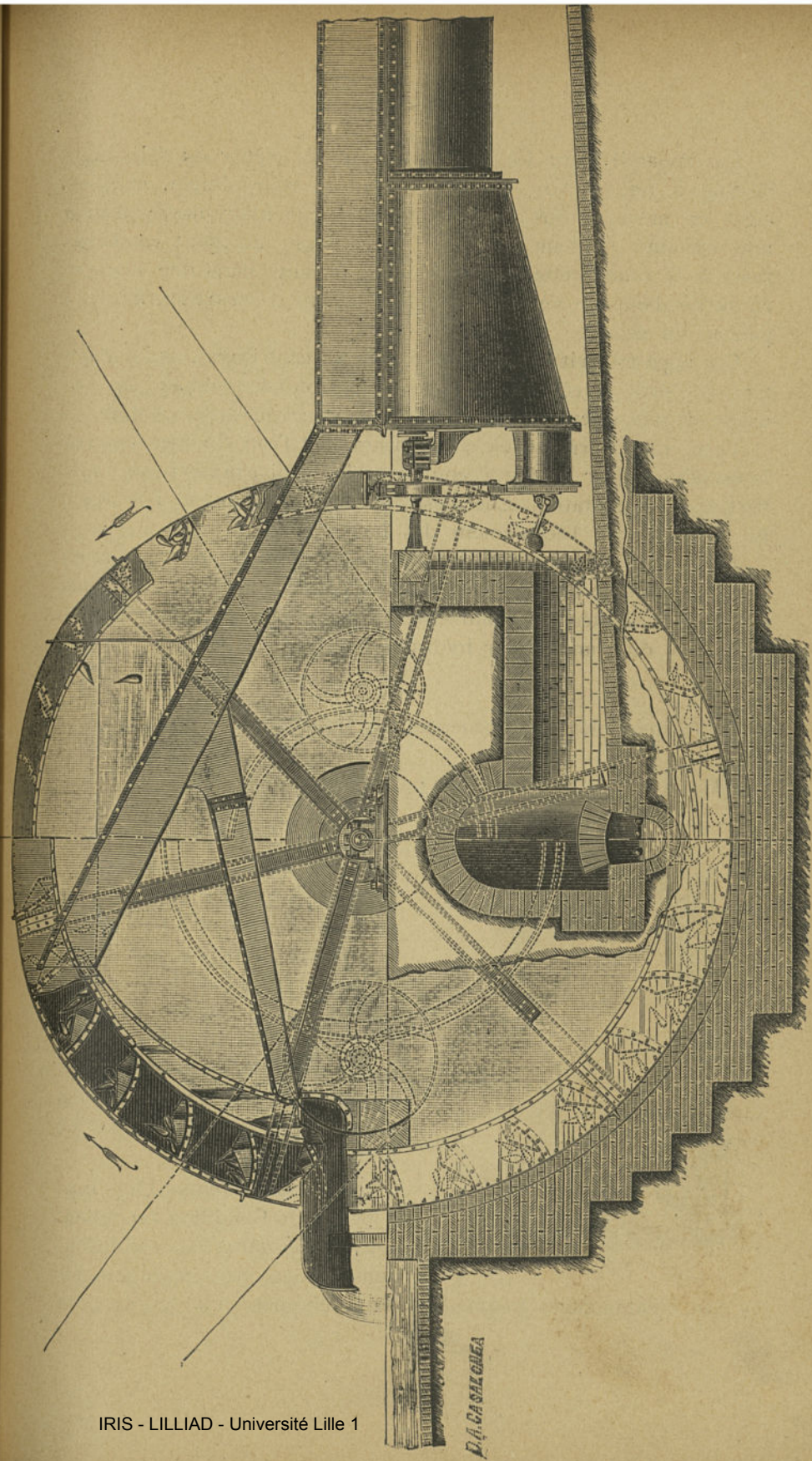


Fig. 16. — Roue élévatrice mixte avec ses deux nochères, à betteraves (droite) et à eau (gauche). La partie droite de la roue mixte a été enlevée et remplacée par celle de la roue simple.

Cet appareil élève les betteraves dans le laveur ou l'élevateur destiné à les recevoir, comme le fait la roue simple, et élève aussi en même temps l'eau du transporteur hydraulique jusqu'à une certaine hauteur au-dessus du caniveau amenant les betteraves à la roue; cette eau se déverse ensuite dans une nochière en pente d'où elle s'écoule dans le caniveau d'évacuation figuré à gauche du dessin.

Cet appareil évite l'emploi des pompes centrifuges, qui doivent toujours être placées à une certaine profondeur quand on fait usage de l'élevateur à hélice ou de la roue élévatrice simple.

Cette roue permet d'élever suffisamment l'eau du transporteur hydraulique, pour qu'elle s'écoule par les caniveaux existants aux bassins de décantation. Elle n'est applicable que quand il y a peu de hauteur pour l'écoulement des boues.

Dans certains cas, avec un plus grand diamètre de roue et en surélevant les banquettes des bassins de décantation, l'eau ainsi élevée et décantée peut alimenter directement les sommets des caniveaux du transporteur hydraulique.

Enlèvement des eaux boueuses du transporteur hydraulique

138. La grande quantité d'eau employée pour le service du trans-

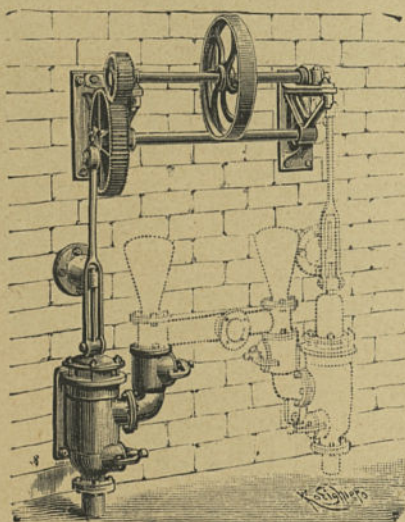


Fig. 17.

porteur hydraulique et la nature de ces eaux chargées de terre, sable, queues de betteraves, etc., ne permet guère d'employer les pompes à piston qui nécessitent des visites fréquentes aux clapets et donneraient lieu à une usure rapide. Aussi, emploie-t-on de préférence des appareils ayant moins de chances d'obstructions et permettant de grands débits, tels que les roues à godets et les pompes centrifuges.

Pompe Gandillon. — La pompe à piston de Gandillon pendant fonctionne dans ces conditions sans amener des engorgements ou des désamorçages fréquents. Elle se compose d'un ou de deux

corps verticaux, dans lesquels se meuvent des plongeurs placés directement au-dessus de boulets sphériques, formant clapets d'aspiration et clapets de refoulement (fig. 17).

Roues à godets

139. Elles se composent d'une roue à la surface extérieure de laquelle sont fixés des caisses ou godets en métal d'une forme spéciale. Ces godets s'emplissent par leur face ouverte et se vident par une tubulure latérale qui occupe la partie inférieure du godet quand celui-ci est en haut ; une nochère présentant une partie élargie à l'endroit de la roue, reçoit le liquide qui s'échappe des godets (fig. 18).

Quand le caniveau-collecteur d'un transporteur hydraulique arrive aux appareils de lavage à une faible profondeur du sol, on peut employer une roue à godets. Cet appareil est simple et robuste, mais ses applications sont beaucoup plus restreintes que celles de la pompe centrifuge, parce qu'il déverse l'eau dans des caniveaux à ciel ouvert, qui sont encombrants, tandis que la pompe centrifuge refoule dans une canalisation qui peut être souterraine jusqu'au point de déversement. Cette roue n'est réellement avantageuse que quand elle peut être placée près des bassins de décantation (fig. 18).

Comme pour les roues élévatrices à aubes, les pivots sont en dehors du liquide. Ces roues se font en fonte jusqu'à 5 m. de diamètre, et en fer avec godets en fonte pour de plus grands appareils.

Pour des usines travaillant une grande quantité de betteraves, on fait des godets à grand débit munis d'une ouverture latérale de chaque côté, déversant l'eau dans deux nochères placées de chaque côté de la roue et aboutissant à une nochère commune qui la conduit aux caniveaux existants ou aux bassins de décantation.

Lorsque ces roues marchent à une faible vitesse, de 0^m20 , par exemple, par seconde, les pertes de force vive à l'entrée et à la sortie sont assez faibles ; la hauteur d'élévation au-dessus de l'auge qui reçoit l'eau peut être réduite à 0^m50 ou 0^m60 , et comme c'est une quantité constante, elle a d'autant moins d'influence que le diamètre de la roue est plus grand ; celui-ci atteint 6, 8 et même 10 mètres.

Le rendement dynamique de cette roue, quand les godets sont

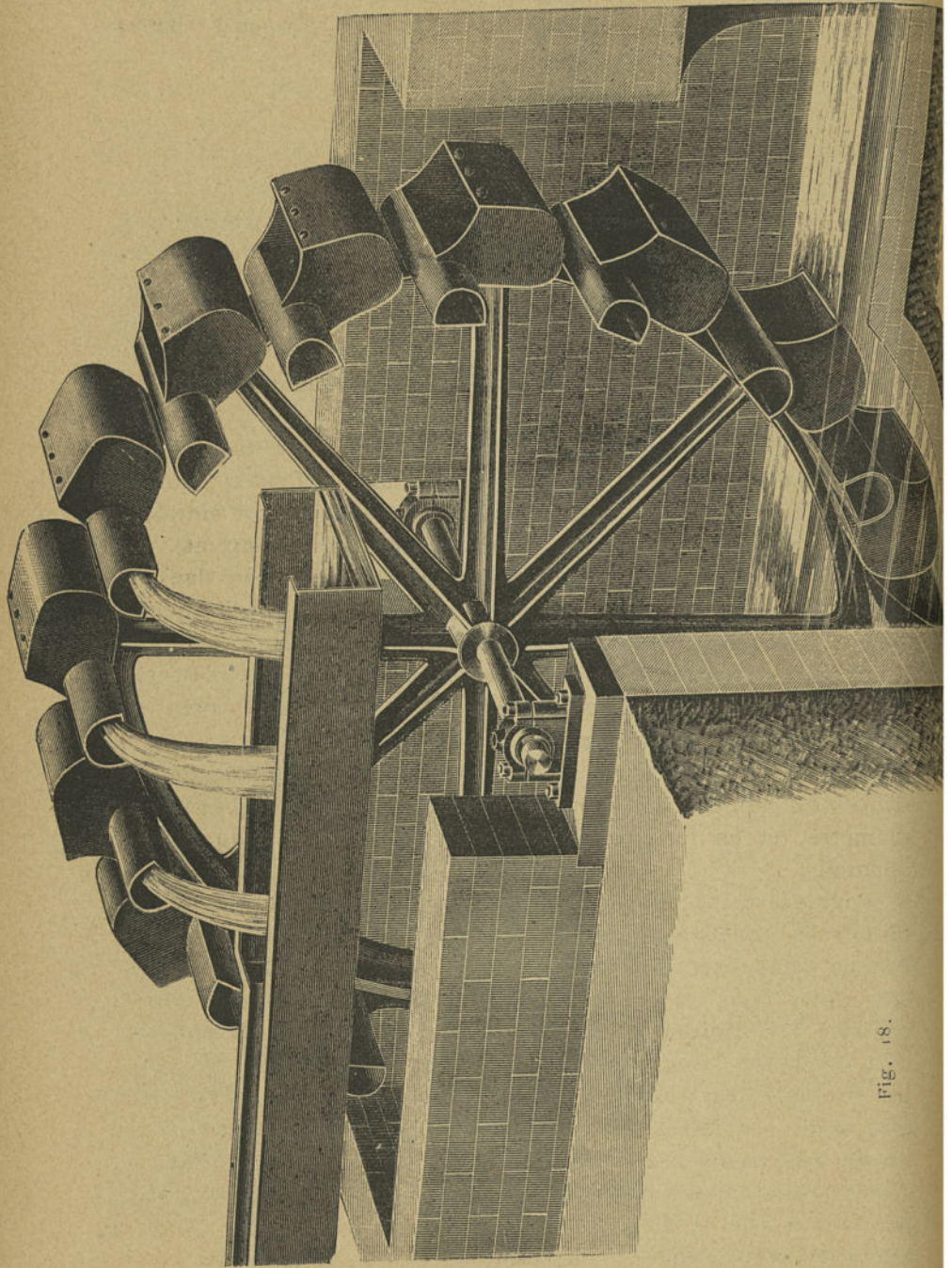


Fig. 18.

bien organisés et qu'elle ne présente aucun autre défaut, est donné par la formule

$$0,70 \times \frac{H}{H + h}$$

H étant la hauteur réelle d'élevation au-dessus du niveau du réservoir inférieur, h la hauteur du point de déversement au-dessus de l'auge.

Pompe centrifuge

140. Les pompes centrifuges sont fréquemment employées pour

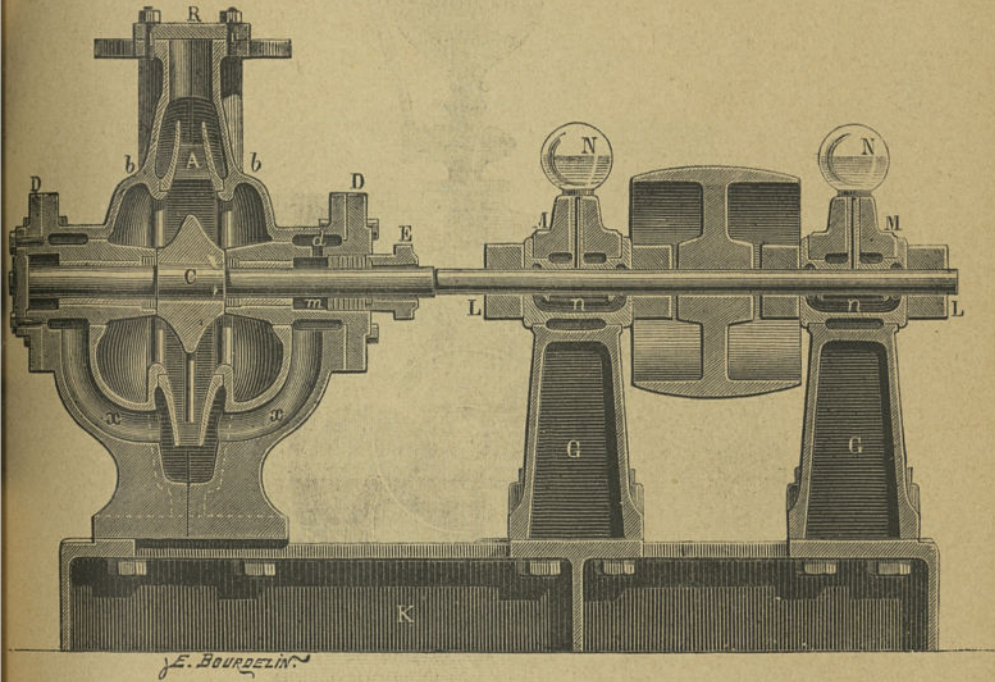


Fig. 19. — Pompe en coupe verticale par l'axe.

- A. Turbine ou roue à aubes tournant dans le corps de pompe B.
- B. Corps de pompe formé par la réunion des coquilles *b b*.
- C. Arbre en acier sur lequel sont calées la turbine et la poulie.
- D. Boîte de fond et D' boîte à calfat, garnies de bronze blanc à leurs parties frottantes. Ces parties non graissées reçoivent de l'eau sous pression, par les conduits *xx* et les conduits *dd*; cette eau baigne l'arbre et empêche l'échauffement.
- E. Presse-étoupes.
- F. Poulie.
- G G. Paliers.
- K. Bâti sur lequel est montée la pompe.
- L L. Bagues empêchant le mouvement latéral de l'arbre.

l'élevation des eaux boueuses venant des laveurs et pour envoyer

aux bassins de décantation l'eau venant du transporteur hydraulique.

D'une façon essentielle, la pompe centrifuge ordinaire se compose d'une petite roue à palettes, appelée turbine, tournant à une grande vitesse à l'intérieur d'une chambre formée par deux parties en fonte appelées coquilles.

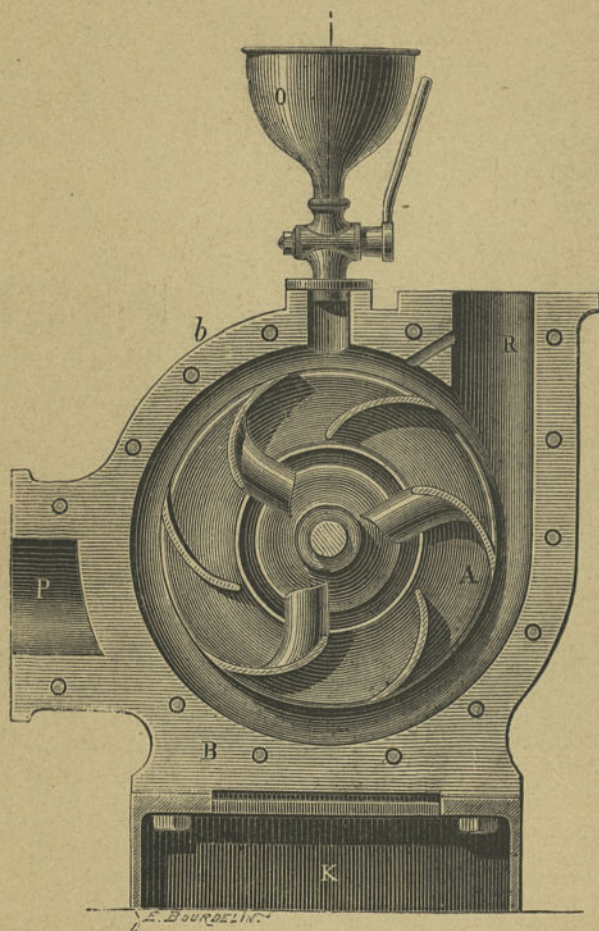


Fig. 20. — Coupe transversale du corps de pompe.
P. Conduit d'aspiration. — R. Tuyau de refoulement.

Par le mouvement de rotation rapide de la turbine, le liquide qui se trouve à l'intérieur des deux coquilles est projeté vers la périphérie où il ne trouve d'écoulement que par l'orifice de refoulement. Il se produit donc un déplacement du liquide

depuis l'axe jusqu'au pourtour, d'où une dépression au centre de la pompe déterminant l'afflux du liquide par le conduit d'aspiration, qui est disposé pour aboutir à l'axe des coquilles.

Dans les pompes à eaux boueuses, la turbine est faite en acier coulé pour avoir plus de solidité et les deux côtés sont dépourvus de joues, pour éviter les engorgements. Chaque coquille est garnie de plaques en acier de même diamètre que la turbine, qui peuvent être remplacées facilement quand elles sont usées.

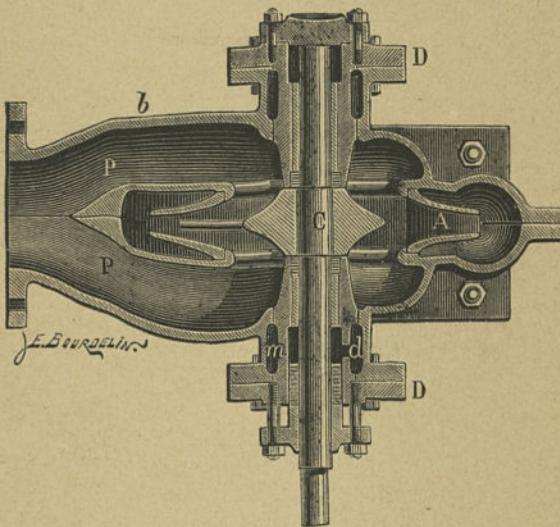


Fig. 21. — Coupe horizontale du corps de pompe.

Les boîtes supportant l'axe de rotation reçoivent de l'eau claire sous une pression supérieure à celle de refoulement de la pompe, afin de déterminer un léger courant d'eau vers la turbine et empêcher ainsi l'introduction des boues et sables qui produiraient une usure rapide de l'arbre; les conduits *x x* et *d d* sont donc supprimés.

Les figures 20, 21 et 22, représentent différentes vues en coupe de la pompe centrifuge et la fig. 18, une vue de la turbine montée sur son arbre avec les boîtes à calfat et les coussinets.

Capacité productive. — On emploie généralement les pompes centrifuges de 150^{mm} d'orifice, dans les usines travaillant jusqu'à 150,000 kil. de betteraves, celles de 175^{mm} dans les usines faisant 200,000 kil., et celles de 200^{mm} pour 300,000 kil.

Avec ces pompes centrifuges du type spécial pour eaux boueuses, le rendement dynamique est moins bon qu'avec les

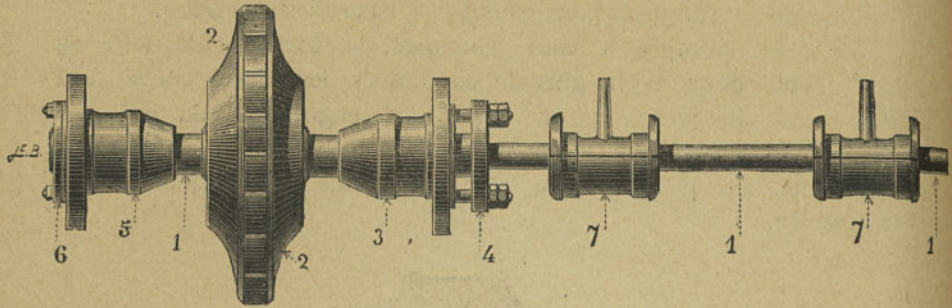


Fig. 22. — Turbine à joues montée sur son axe.

1, arbre; 2, 2, joues de la turbine; 3, boîte à calfat; 4, presse-étoupe;
5, boîte de fond; 6, fond; 7, coussinets.

pompes centrifuges ordinaires à eau claire; il ne faut pas compter utiliser en eau montée plus de 50 % de la force motrice transmise à l'axe.

Lavage des betteraves

141. Le lavage des betteraves est une opération qui a une importance considérable en distillerie; la terre qui reste adhérente occasionne les inconvénients suivants :

1° Elle abîme les appareils, notamment les coupe-racines, les rapes et les presses.

2° Elle est un véhicule de microorganismes qui produisent ensuite des troubles dans la fermentation. Le sol est le réceptacle de tous les germes. Toutes les plantes qui pourrissent, tous les cadavres en décomposition, tous les liquides qui fermentent, viennent en dernière analyse en contact avec le sol. La terre renferme beaucoup de schizomycètes, notamment des bactéries lactiques et des bacilles butyriques; mais elle contient surtout, d'après M. Martinand, des levures sauvages, notamment de la levure apiculée (*S. apiculatus*) et des spores et conidies de moisissures.

3° Elle neutralise une partie de l'acide sulfurique employé pour l'acidification, surtout quand elle provient d'une contrée calcaire.

4° Enfin, elle se retrouve en grande partie dans les pulpes, dont elle diminue naturellement la valeur intrinsèque et marchande.

Les conditions à remplir pour obtenir un bon lavage sont :

1^o D'enlever toute la terre adhérente ;

2^o De faire disparaître les radicelles et le chevelu qui viendraient ensuite boucher les couteaux des coupe-racines ;

3^o De rincer à fond les betteraves après les avoir lavées.

Pour remplir les deux premières conditions, il faut que les betteraves soient énergiquement frottées *l'une contre l'autre*, plutôt que contre un corps dur qui les abîmerait, et qu'elles soient en présence d'une grande quantité d'eau.

Pour obtenir ce résultat, il faut employer un laveur à bras, assez long, de 5 à 9 mètres, à bras en hélice et de disposition telle que toutes les betteraves qui y passent soient bien en contact avec l'eau.

Dans un laveur trop petit, une partie des racines est noyée convenablement, mais l'autre partie chemine par-dessus sans baigner un seul instant.

Dans un trop grand laveur, toutes les racines nagent bien dans l'eau, mais on n'obtient pas le frottement énergique qui doit

Epierrreur.

Caisson à boues.

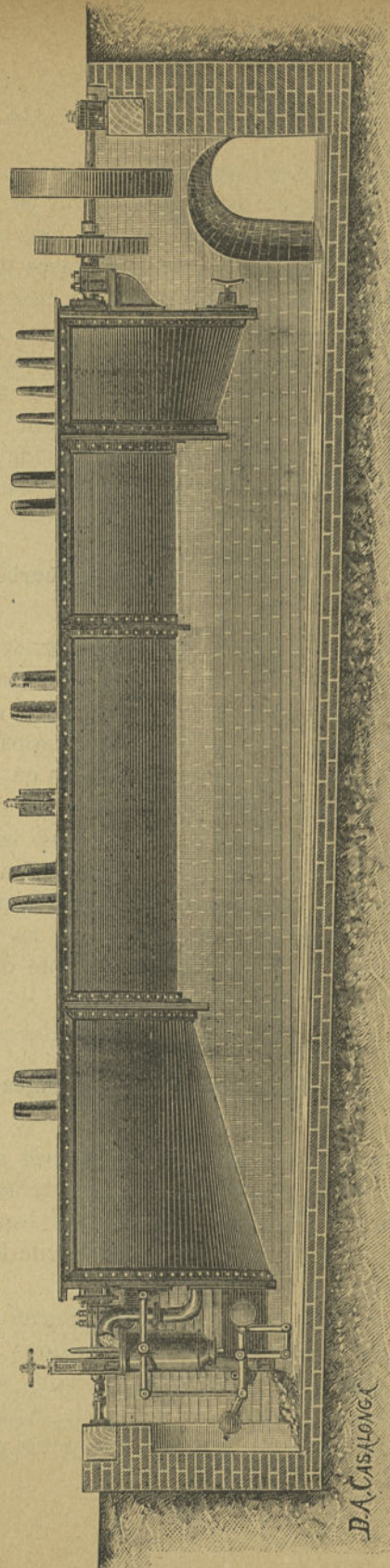


Fig. 23. — Laveur déboureur Maguin.

déterminer le départ de la terre, parfois très adhérente. On peut y remédier en divisant le laveur en trois ou quatre compartiments par des tôles pleines ou des bras en croix qui font obstacle au passage trop rapide des betteraves d'un bout à l'autre de l'appareil.

L'eau propre doit toujours être mise du côté de la sortie des betteraves.

On installe généralement un premier laveur qui a pour fonctions d'enlever la terre et les radicelles des betteraves, et qui porte le nom de *débourbeur*. Il est, autant que possible, placé au niveau du sol pour éviter les élévateurs de betteraves sales qui sont sujets à de fréquents arrêts et à une usure rapide.

Laveur débourbeur Maguin

142. Ce laveur débourbeur (fig. 23) est à vidange automatique, et l'eau est maintenue à un niveau constant, quelle que soit la plus ou moins grande quantité d'eau qui arrive au laveur et quelle que soit la position à laquelle s'arrête l'appareil. Ce résultat est atteint par le dispositif suivant. Le caisson où s'accumulent les boues porte à une certaine hauteur un tuyau qui remonte jusqu'au niveau auquel on veut maintenir l'eau dans le laveur. Quand ce niveau tend à s'élever dans le laveur, l'eau s'écoule dans un petit récipient cylindrique muni d'un flotteur; ce flotteur en montant ouvre une porte de vidange et les boues s'écoulent.

Ce laveur est muni, du côté de la sortie, d'un épierreur à bras de 1 m. de largeur.

Éboueur-épieur à auges multiples, A. Denis.

143. Ce débourbeur (fig. 24) très rustique, fait un premier lavage énergique, en divisant les betteraves et les faisant frotter l'une contre l'autre. Cette division des masses des racines, aidée par la déformation des auges, rend facile le départ des boues, des graviers et des cailloux.

Le fond de chaque auge, formé de barreaux en fonte, laisse un espace où les cailloux sont retenus et où ils ne peuvent être repris par les bras épierreurs. Ceux-ci sont à trois branches; ils sont calés sur un axe commun, de façon que, dans un tour de l'axe, les racines sont divisées par petits paquets et projetées d'une auge

à l'autre en plusieurs fois. Les betteraves ainsi divisées, frottées une à une, ont donc subi un premier lavage très énergique et ont été épierrées d'une façon certaine.

Cet appareil est bien agencé pour recevoir les betteraves sales, avant leur mise au 1^{er} laveur et au 2^e laveur. Ceux-ci évitent ainsi les surcharges de boues et de pierre et font un bon service de nettoyage.

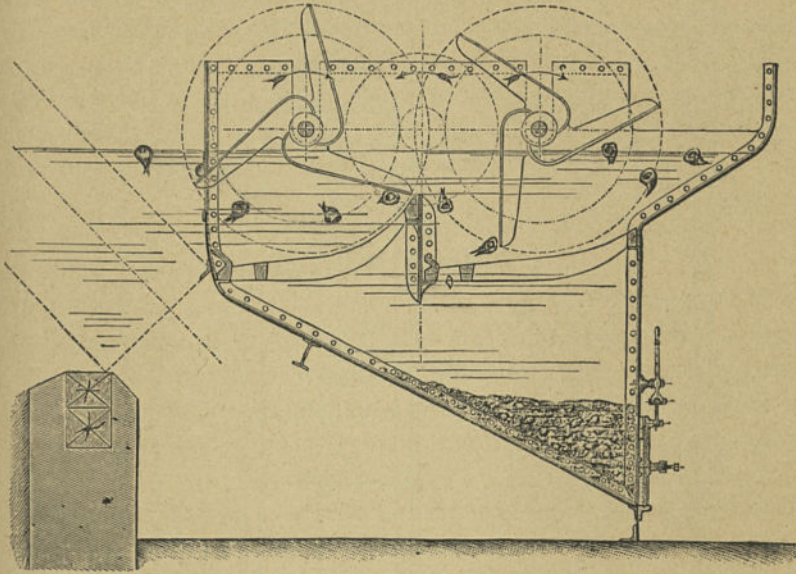


Fig. 24. — Éboueur-épierreur système A. Denis.

Laveur à compartiments système Wauquier.

144. La maison Wauquier installe des laveurs à 2 compartiments, le fond de chacun d'eux ayant la forme d'un entonnoir. Une tôle perforée constitue un faux-fond. La boue, passant à travers ce faux-fond, tombe dans les entonnoirs et est évacuée à de certains intervalles par des soupapes avec contre-poids (Fig. 25).

On peut nettoyer ce laveur pendant la marche, ce qui évite les arrêts dans le travail.

145. *Capacité productive des laveurs.* — Les difficultés du lavage varient énormément suivant la forme de la betterave, suivant la nature du terrain et d'autres circonstances, il est très difficile de donner des chiffres. En général, un laveur de 1 m. de diamètre et 6 m. de longueur suffira pour 150,000 kil. par 24 heures.

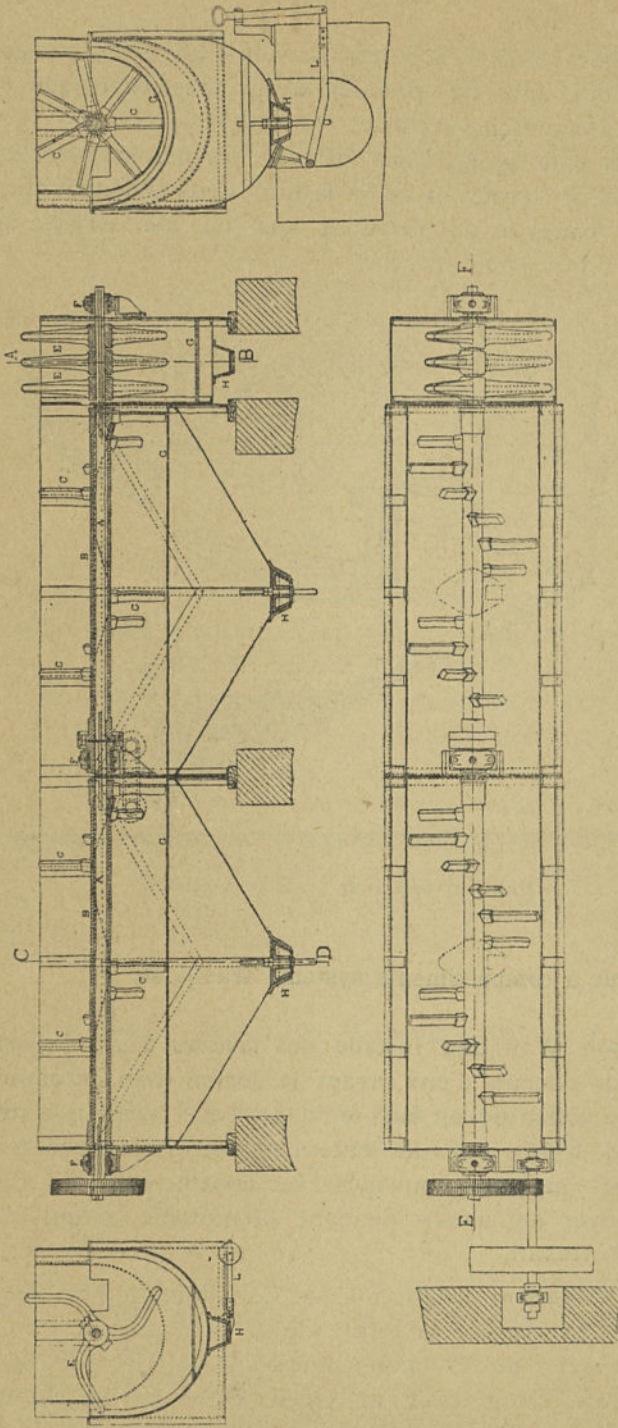


Fig. 25. — Lavcur à compartiments, système Wauquier. — A droite, coupe CD; à gauche, coupe AB par l'épierreur et la poche à cailloux. AA. 2 arbres pleins en fer sur lesquels sont calés 2 arbres creux en fonte BB. Ces derniers portent des alvéoles dans lesquels sont fixés des bras en bois d'orme C disposés en hélice. Les 2 arbres pleins sont réunis par des manchons en fonte, l'un des 2 manchons étant venu de fonte avec l'un des arbres creux et l'autre tournant dans un palier supportant l'assemblage

E. Bras épierreurs.
FF. Paliers.
G. Tôle perforée.
H. Tampon.
L. Leviers pour la manoeuvre des tampons.

L'arbre d'un laveur ne doit pas faire plus de 18 à 25 tours par minute.

Épierreur à bras

146. Chaque laveur est ordinairement complété par un épierreur à bras, formé d'une caisse en tôle dans laquelle tournent trois ou quatre bras en fonte disposés dans le même plan, convenablement espacés et calés sur le prolongement de l'arbre du laveur. Les betteraves flottent dans l'eau de la bache, tandis que les cailloux tombent au fond et échappent aux palettes épierreuses ; celles-ci enlèvent les racines et les jettent dans l'élévateur (Voir fig. 23 et 25).

Épierreur à hélice

147. Les betteraves sortant de cet épierreur sont souvent reprises par un épierreur-rinceur à hélice analogue à l'élévateur à hélice déjà décrit ; toutefois, la partie inférieure plonge dans un auget rempli d'eau et muni d'un faux-fond perforé et d'une poche à cailloux.

Pour éviter de relever les pierres qui sont tombées dans le fond de l'auget, les spires en tôle sont arrêtées à environ 50 cent. du fond et remplacées par quelques bras en fer disposés en hélice (Voir Fig. 15).

OBSERVATIONS

148. Nous avons dit qu'il faut rincer les betteraves à fond après les avoir lavées. Dans les distilleries qui travaillent des betteraves provenant de terrains sablonneux, un seul laveur suffit, surtout quand on emploie le transporteur hydraulique ; mais dans toutes les autres il faut, si l'on veut avoir un travail irréprochable, installer un deuxième laveur. On l'installe préférablement au-dessus du sol ; un siphon fixé du côté de l'entrée des betteraves prend le trop-plein d'eau par le fond et l'envoie dans le laveur-débourbeur, ou mieux, directement aux bassins de décantation.

Si les opérations de lavage, de rinçage et d'épierrage sont bien faites, on obtient une betterave absolument propre sans être abimée.

Une bonne recommandation à faire encore, c'est que les vitesses des différents appareils soient augmentées progressivement en passant de l'un à l'autre, de telle façon que chacun puisse débiter plus d'ouvrage que celui qui le précède immédiatement ; on évite ainsi les engorgements.

CHAPITRE IX

Extraction du jus de la betterave par macération

Il y a trois procédés d'extraction du jus de la betterave :

- 1^o Par découpage en cossettes et macération dans des vases ouverts ;
- 2^o Par découpage en cossettes et diffusion en vases fermés ;
- 3^o Par rapage et pression au moyen des presses continues.

Procédé de la macération

149. Historique. — Le procédé d'extraction du jus par macération est dû au célèbre agronome français Mathieu de Dombasle, qui, en 1831, essaya en grand d'extraire le *sucre* de la betterave en épuisant par l'eau bouillante les racines découpées en rondelles au moyen des appareils à couteaux qui *exigent bien moins de force motrice* et s'usent moins rapidement que les rapes. La force motrice coûtait cher à cette époque où l'on se servait encore de manèges. Même dans les usines où l'on avait un générateur, on n'osait pas installer des machines à vapeur. « Les industriels, dit M. Horsin-Déon, n'en voulaient pas sous prétexte qu'elles étaient sujettes à faire explosion. On ne savait pas alors que ce qui fait explosion dans une machine, ce n'est pas la machine elle-même, mais le générateur ».

On ne parvint d'abord pas à faire réussir ce procédé en *sucrierie*. Quant à la distillation des betteraves, elle n'existait pas encore à cette époque.

En 1852, Dubrunfaut rappela l'attention sur un essai qu'il avait fait dans son laboratoire, en 1824, sur l'influence de l'acide

sulfurique dans la fermentation du jus de betterave, et, se basant sur des essais en grand, il indiqua la manière d'employer rationnellement cet acide.

Ce procédé permit d'avoir une bonne fermentation en empêchant le développement des ferments secondaires. C'est vers cette époque (1852-1854) que la distillation de la betterave commença à prendre de l'extension par suite des mauvaises récoltes de vins, de grains et de pommes de terre, qui firent monter un moment le cours de l'alcool à 215 fr. l'hectolitre.

En 1853, Champonnois imagina de remplacer l'eau chaude de la macération par les vinasses sortant de l'appareil à distiller, ce qui constitue, avec l'emploi de l'acide sulfurique indiqué par Dubrunfaut, les deux plus grands perfectionnements introduits dans la distillerie.

Champonnois inventa également la fermentation continue, procédé qui est parfaitement rationnel, puisque, comme nous l'avons vu, le jus de betterave renferme tous les éléments nécessaires à la nutrition du ferment, et qui permet de travailler avec une très faible consommation de levure. Il introduisit en même temps dans son procédé tous les perfectionnements et toutes les modifications qui pouvaient rendre la distillerie complètement agricole, résolvant ainsi le problème posé en 1854 par la Société centrale d'agriculture : « Introduction dans la ferme d'une industrie simple et facile, favorisant énergiquement la production économique du blé, du bétail et des engrais, par la culture et le traitement des racines sucrées, notamment de la betterave ».

La distillerie agricole était donc créée, mais en même temps, dit M. P.-P. Dehérain (1), les grandes usines furent établies et empêchèrent l'extension de la distillerie agricole, qui aurait largement contribué à la prospérité générale, en permettant d'élever et d'engraisser un nombre d'animaux considérable. Il aurait fallu à ce moment-là encourager la création de la distillerie dans la ferme, en abandonnant aux distillateurs une part de l'énorme impôt qui pèse sur l'alcool ; il y aurait eu division du travail : les fermes auraient produit les flegmes que les grandes usines, les raffineries d'alcool, auraient rectifiés. Mais cela ne s'est pas passé ainsi, et il est malheureusement impossible de modifier l'état actuel des choses.

(1) Annales de l'Institut agronomique.

De l'emploi de la vinasse

150. Nous avons vu que la macération de Mathieu de Dombasle ne fit pas fortune en sucrerie, et que les deux perfectionnements qui firent son succès en distillerie, furent l'emploi rationnel de l'acide sulfurique et surtout celui de la vinasse. Pendant 40 ans on chercha à introduire la macération dans la fabrication du sucre, et c'est seulement 40 ans après les premières expériences de Mathieu de Dombasle, que l'on parvint, en sucrerie, à épuiser la betterave par un système perfectionné de macération, auquel on donna le nom de *diffusion*. Nous verrons par la suite que, quand on voulut faire profiter la distillerie des progrès réalisés dans l'épuisement en sucrerie, on éprouva des difficultés que l'on ne parvint à aplanir complètement, qu'en recourant à un emploi rationnel de l'acide sulfurique et de la vinasse, c'est-à-dire aux mêmes moyens qui avaient fait réussir la macération proprement dite en distillerie.

Construction et fonctionnement des batteries de macération

On peut distinguer deux systèmes de macération :

- 1^o Celui où l'on épuise isolément chaque macération ;
- 2^o Celui où le jus circule méthodiquement sur plusieurs macérateurs.

Épuisement par macérateurs isolés

151. Dans ce système, très répandu dans les petites distilleries agricoles, on fait couler le liquide épuisant, eau ou vinasse, sur les cossettes de betterave contenues dans de grandes cuves en bois avec faux fond perforé, appelées macérateurs. Ces cossettes ressemblent aux lanières minces et étroites de diverses racines découpées, d'une manière analogue, par un ustensile à main, pour confectionner les *juliennes* de légumes (Payen).

Le liquide arrive par le haut et s'écoule par une ouverture placée au-dessous du faux-fond ; il est envoyé directement à la fermentation, tant que sa densité est suffisante ; quand celle-ci

devient trop faible, on se sert de ce petit jus pour commencer l'épuisement des macérateurs chargés de cossettes fraîches.

Épuisement par circulation méthodique

152. Le deuxième système consiste à faire passer les jus, méthodiquement, d'un macérateur sur l'autre, de manière à toujours mettre en contact la cossette la plus épuisée, avec le jus le plus faible et inversement.

C'est ce système qui fut adopté par Champonnois, l'inventeur de la macération à la vinasse.

Champonnois opérait, au début, dans de petits macérateurs cylindriques de 550 litres, où l'on chargeait 275 kil. de cossettes, sur lesquelles on faisait des charges successives de 200 litres de vinasse.

Quand on voulut ensuite augmenter le chiffre du travail journalier, on augmenta la capacité des macérateurs ; on adopta des cuves en bois où l'on pouvait charger 1,000 kil. de cossettes à la fois, et on fit circuler le jus d'une cuve sur l'autre, *au moyen de tuyaux de communication.*

On remplaçait ainsi le système des charges successives par un travail continu. Mais comme les cossettes laissaient beaucoup à désirer et que les batteries étaient défectueuses, on éprouva des difficultés pour la circulation ; le macérateur de queue débordait souvent avant que celui de tête fût plein, et les cossettes étaient mal épuisées.

Alors, on augmenta encore la capacité des macérateurs, de façon à pouvoir y charger 1,500 à 2,000 kil. de cossettes, et au lieu de les laisser en communication, on les isola, chaque macérateur envoyant son jus à la fermentation pendant toute la durée de la macération, et la vinasse étant divisée sur tous les macérateurs en travail.

L'imperfection des coupe-racines et des batteries, faisait donc faire un retour à l'ancienne méthode d'épuisement.

L'introduction de la diffusion dans la sucrerie fit faire de grands progrès aux appareils à découper la betterave. Les constructeurs firent entrer ces perfectionnements en distillerie ; et l'application de ces coupe-racines perfectionnés, jointe aux améliorations des batteries de macération, atténua toutes les difficultés que l'on rencontrait avec la macération méthodique.

Le travail par macérateurs isolés n'a donc plus sa raison d'être. Néanmoins, comme ce système est encore fort répandu, notamment dans les environs de Paris, nous étudierons d'abord les appareils usités pour ce genre de travail. Mais, auparavant, nous devons dire quelques mots d'une condition nécessaire dans tous les cas de macération : c'est le bon découpage de la betterave.

Conditions que doit réunir la cossette

153. Pour tous les systèmes d'épuisement par voie osmotique, un bon découpage de la betterave présente une importance considérable. Il faut des cossettes régulièrement découpées et assez fermes pour éviter qu'elles ne se collent les unes aux autres ; elles doivent occuper tout le volume du macérateur et offrir chacune à peu près toute leur surface à l'action du liquide diffuseur.

Jusque dans ces dernières années, la plupart des distilleries agricoles se servaient encore des anciens coupe-racines à lames plates. Profitant de l'exemple de la sucrerie, on essaya d'employer pour la macération de petits coupe-racines à plateau horizontal armé de lames de diffusion. Mais les laveurs à betteraves étaient défectueux, insuffisants pour le travail et ne produisant qu'un épierrage fort incomplet. Or, avec le coupe-racines à plateau horizontal, pour que les betteraves se coupent convenablement, sans rouler, il est indispensable que la trémie soit assez haute et toujours pleine pour avoir une pression suffisante sur le plateau. Par suite de l'insuffisance du laveur, on était parfois obligé d'arrêter à plusieurs reprises le coupe-racines pendant le chargement d'un macérateur, ce qui exigeait la présence continuelle d'un ouvrier pour surveiller l'arrivée de la betterave. En outre, les pierres introduites dans le coupe-racines occasionnaient des ravages dans les couteaux ; pour les enlever, il fallait arrêter l'appareil et vider les 2 ou 300 kil. de betteraves en permanence dans la trémie.

Enfin, on donnait souvent au coupe-racines, en vue d'activer le travail, une vitesse exagérée qui avait l'inconvénient de produire des cossettes informes, mélangées de rapures ; et le tout tombait au hasard dans le macérateur où, forcément, un tassement inégal permettait à la vinasse de se frayer des passages dans les parties

les moins agglomérées, sans pénétrer également dans le reste de la masse. Tous ces ennuis firent hésiter longtemps les petits distillateurs à changer leur ancien coupe-racines.

Pour éviter les ennuis occasionnés par ces appareils, quelques constructeurs adoptèrent des coupe-racines centrifuges verticaux, auxquels ils appliquèrent les porte-couteaux employés en sucrerie. Tels sont les coupe-racines de Barbet, de Bédu frères, de Stephen David et de Rassmus.

Disons tout de suite que l'amélioration des laveurs et des épierreurs, et les perfectionnements apportés au coupe-racines à plateau horizontal, ont presque complètement fait disparaître les inconvénients dont nous parlons ci-dessus, et que dans toutes les installations soignées, c'est généralement à ce système que l'on donne maintenant la préférence. Les coupe-racines centrifuges font difficilement une cossette aussi nette que les appareils à plateau horizontal. Toutefois, dans les petites installations on préfère encore le coupe-racines centrifuge, parce qu'il coûte très peu.

Travail par macérateurs isolés

154. Nous décrirons ici les batteries de macération montées par M. Stephen David.

Ce constructeur emploie son coupe-racines centrifuge vertical roulant à lames de diffusion, qu'il fait fonctionner directement au-dessus de chaque macérateur ; les cossettes s'en échappent en rayonnant, et sont projetées tout autour contre la paroi du macérateur, où elles se superposent, donnant au chargement la disposition en entonnoir, la plus favorable pour éviter un trop grand tassement au centre, et assurer ainsi une circulation régulière de la vinasse dans toutes les parties de la masse, qui présente une égale perméabilité. Avec ce mode de chargement, les cossettes restent aussi très peu de temps à l'air, ce qui évite autant que possible les contaminations par les microorganismes de l'atmosphère.

BATTERIE EN LIGNE

155. On adopte ce montage quand on dispose de peu d'emplacement et de peu de hauteur.

Les betteraves lavées sont élevées par l'élevateur à godets A,

(fig. 26) tombent dans une nochière dont le fond est constitué par la courroie B, et de là descendant au coupe-racines C, par la nochière inclinée *b* installée dans l'une des ouvertures *a*, à celle qui correspond au macérateur à charger.

Les macérateurs GG sont installés l'un contre l'autre ; ils sont munis à leur partie inférieure d'un faux-fond perforé, au-dessus duquel se trouve un trou d'homme *h*. Ce trou d'homme est fermé par une porte carrée en fonte s'appliquant sur un châssis boulonné sur la cuve.

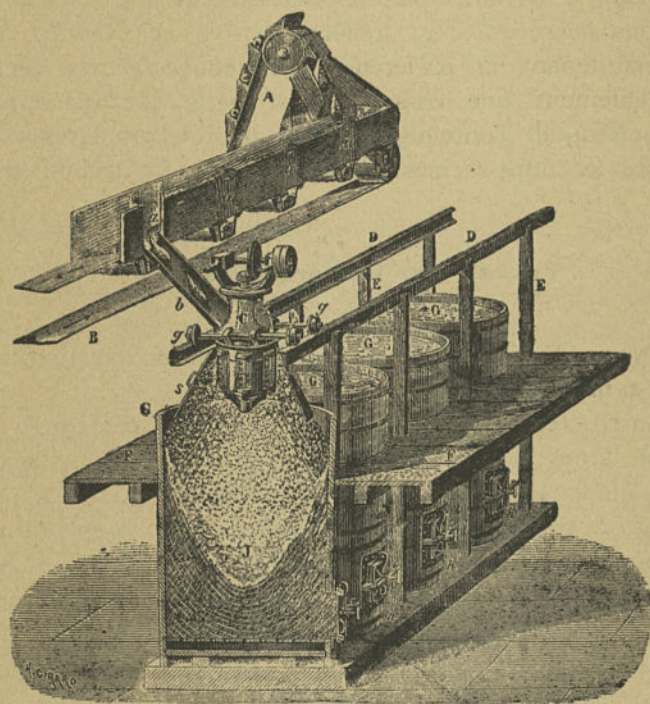


Fig. 26. — Batterie de macération en ligne, système David.

Les portes sont maintenues en place par un étrier à vis, et rendus étanches par une garniture en caoutchouc placée dans une rainure pratiquée dans le cadre. L'étrier est retenu à une extrémité par la tige même de la charnière de la porte autour de laquelle il tourne ; à l'autre, il se termine par une partie recourbée qui entre dans une charnière où on la fixe par une goupille.

Le coupe-racines est amené successivement au centre de chaque macérateur ; à cet effet, il est monté sur quatre galets à jouë *g*, et circule sur un petit chemin de fer DD supporté par des longrines en bois EE. Un plancher F rend toutes les parties de la batterie accessibles et la manœuvre très facile.

Pendant la marche, l'appareil est assujéti à l'aide de deux vis à poignée, ce qui, vu les faibles trépidations qu'il donne, suffit pour lui donner la stabilité nécessaire.

Pour la commande, il est établi une courroie horizontale sans fin, parallèlement et sur toute la longueur de la ligne des macérateurs, à la hauteur de la poulie du coupe-racines, avec laquelle deux galets permettent de mettre en contact un des brins de cette courroie.

Ces galets sont montés sur deux bras articulés à l'aide desquels on peut soit les rapprocher de la poulie en augmentant ainsi la surface enveloppée par la courroie, soit les éloigner au point de faire cesser toute adhérence de la courroie, ce qui arrête l'appareil.

BATTERIE SEMI-CIRCULAIRE

156. Cette disposition est toujours préférée quand on a la place nécessaire pour l'installer ; elle est notablement plus simple. Généralement, le coupe-racines est fixe au milieu de la batterie et les cossettes sont distribuées aux macérateurs par une nochère tournante. On supprime donc ainsi le distributeur à courroie qui est un organe mécanique assez coûteux d'entretien.

Dans la batterie semi-circulaire de Stephen David, le coupe-racines roule au-dessus des diffuseurs, et la nochère tournante sert à amener les betteraves à découper (fig. 27).

Marche de l'opération avec macérateurs isolés

157. A mesure que les cossettes arrivent dans le macérateur, on les arrose d'acide sulfurique étendu au 1/10.

Le chargement étant terminé et les cossettes recouvertes d'un couvercle en tôle perforée qui les maintient en place, on remplit le vase avec le jus faible provenant d'un macérateur précédemment épuisé, puis on y envoie la vinasse bouillante qui coule constamment par le trop plein de la colonne à distiller.

Les jus s'écoulant à la partie inférieure sont dirigés directement par des tuyaux dans les cuves de fermentation, dont l'alimentation ne doit jamais souffrir de retard.

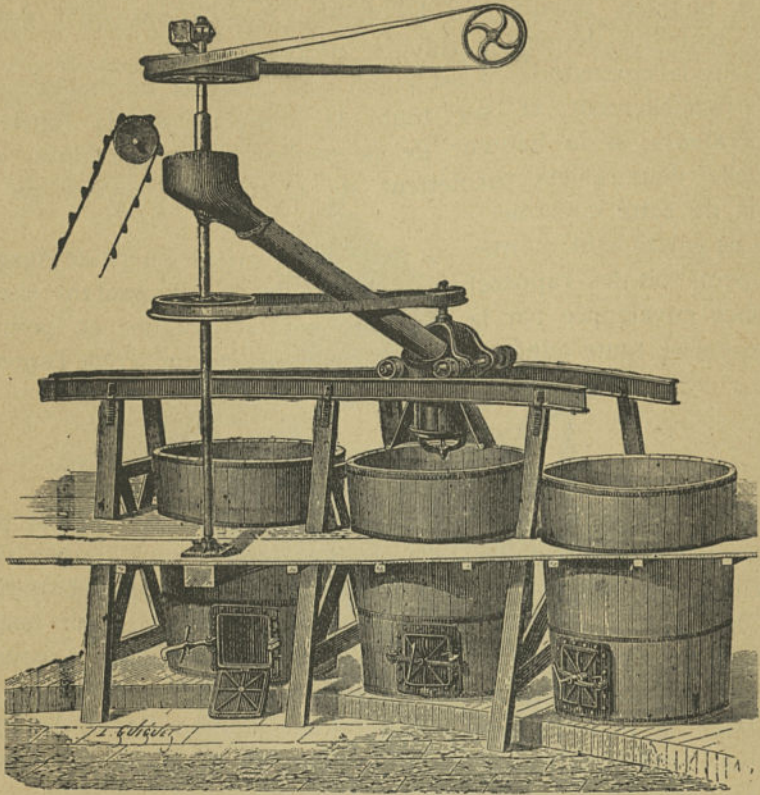


Fig. 27. — Batterie de macération semi-circulaire, système David.

Le premier jus, coulant d'un macérateur qui vient d'être chargé, est froid et très riche, puis il s'échauffe graduellement à mesure que sa densité diminue. On doit donc, pour obtenir constamment une moyenne de jus, présentant à peu près la même richesse et la même température, conditions essentielles pour la marche régulière de la fermentation, avoir simultanément en travail un certain nombre de macérateurs, dont le chargement a été convenablement espacé. Au fur et à mesure de l'épuisement d'un macérateur, on le vide et on le charge à nouveau de cossettes.

Pour pouvoir travailler dans de bonnes conditions, il faut naturellement disposer d'un nombre suffisant de macérateurs.

Pour un travail de 20,000 kil. par 24 heures, on emploie par exemple cinq macérateurs de 36 hectol. chargés chacun de 1,800 kil. de cossettes.

D'après M. Stephen David, il faut toujours avoir en travail un tiers au moins de la quantité de betteraves à travailler par 24 heures ; d'après Savalle, il suffirait de un quart. On peut encore en avoir moins.

La proportion du jus extrait doit atteindre 180 à 200 % et même au-delà, soit environ 20 hectol. de jus par 1,000 kil. de betteraves d'une densité de 5 à 6°.

D'après M. Durin, la méthode d'épuisement par macérateurs isolés est absolument mauvaise, et il faut employer dans la macération la même marche que dans la diffusion, c'est-à-dire l'épuisement méthodique.

Macération méthodique

158. Dans les batteries de macération méthodique, on emploie un nombre de vases qui varie de 4 à 8. Aux environs de Paris, on rencontre généralement cinq macérateurs, tandis que dans le Nord on en emploie de 6 à 8.

Ces macérateurs sont des cuves en bois cerclées de fer et munies d'un trou d'homme, comme nous l'avons vu précédemment. Ces cuves ont, en moyenne, 2 m. 20 de hauteur et 1 m. 30 de diamètre, soit une capacité de 30 à 40 hectol., ce qui, à raison de 50 kil. de betterave par hectol., correspond à un chargement de 1,500 à 2,000 kil. de cossettes.

Marche générale de la macération méthodique

159. La vinasse est amenée par le tuyau m , n (fig. 28), d'où on peut la déverser sur l'un quelconque des macérateurs, au moyen des robinets h_1 h_2 h_3 , etc. Les jus faibles circulent par une tuyauterie s , s placée parallèlement au-dessus de la précédente et sont distribués par les robinets f_1 f_2 f_3 , etc.

Supposons le régime normal de marche établi, et le macérateur 4 nouvellement rempli de cossettes fraîches. Dans le macérateur 5

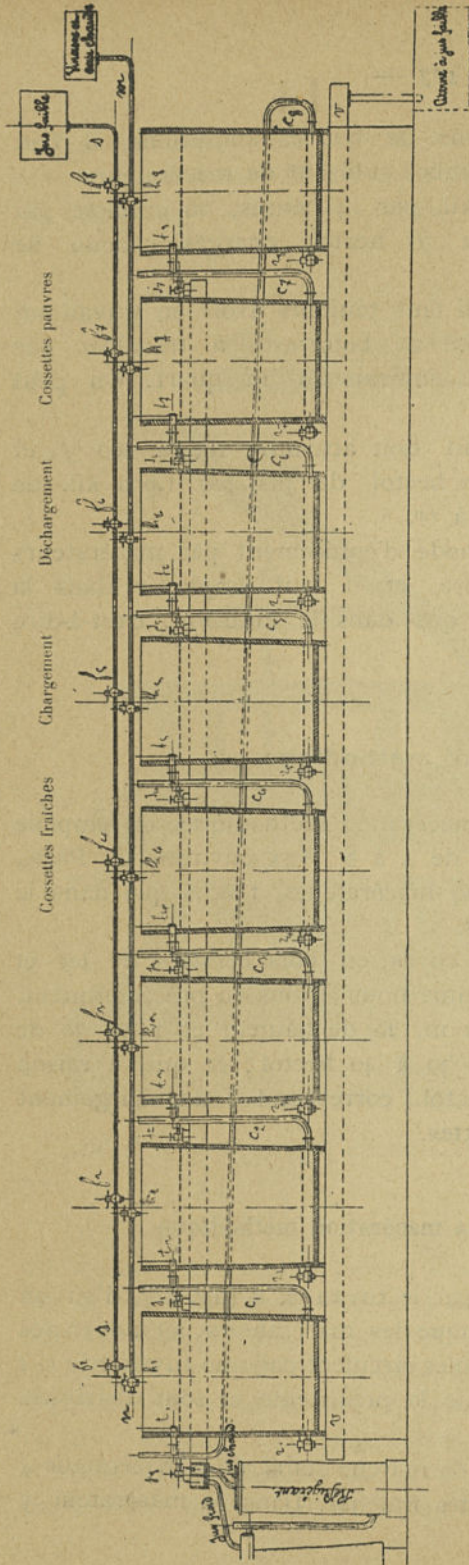


Fig. 28. — Schéma d'une batterie de macération méthodique.

on charge les cossètes tombant du coupe-racines, et du 6 on retire les pulpes ; les macérateurs en travail sont donc les Nos 7, 8, 1, 2, 3 et 4 : le 7 renfermant les cossètes les plus épuisées et les numéros suivants ayant des cossètes de plus en plus riches jusqu'au n° 4.

Sur le macérateur 7 on fait couler le liquide épuisant, la vinasse, qui déplace de haut en bas le liquide contenu dans ce macérateur. La circulation s'établit donc à travers ce macérateur, et le liquide qui en sort, passant par le tuyau de communication c_7 s'écoule par l'orifice t_8 en haut du macérateur 8, où il traverse une cossète moins épuisée et, par conséquent, il s'enrichit, puis, par le tuyau de communication c_8 , il s'écoule à travers l'orifice t_1 dans le macérateur 1, et successivement de la même façon au travers des macérateurs 2, 3 et 4.

A la sortie de ce dernier macérateur, le jus qui remonte par le tuyau c_4 ne peut pénétrer dans

le macérateur 5, l'orifice t_5 étant fermé par le tampon ou le robinet. Le robinet j_4 étant ouvert, ce jus s'écoule donc dans la rigole desservant tous les macérateurs pour être envoyé à la cuverie.

Lorsqu'on juge l'épuisement du macérateur 7 suffisant, on cesse d'y faire couler les vinasses et on isole ce macérateur en mettant le tampon t_8 . On ouvre le robinet inférieur r_7 et le liquide, appelé jus faible, contenu dans ce macérateur, s'écoule par une rigole ou tuyau vv dans une citerne où une pompe le reprend pour l'envoyer au bac supérieur des jus faibles.

Ces jus faibles sont alors distribués sur le macérateur 8 par le robinet f_8 et c'est seulement lorsqu'on les a employés complètement que l'on fait arriver la vinasse sur ce macérateur en ouvrant le robinet h_8 .

En même temps qu'on faisait arriver les jus faibles sur le macérateur 8, le macérateur 5 avait été rempli de cossettes, on ouvrait la communication c_5 et on fermait le robinet j_4 . Le jus sortant du macérateur 4 s'écoulait donc dans le 5 qui avait été chargé de cossettes fraîches.

La première partie de jus sortant de ce vase étant suffisamment froide est envoyée directement aux cuves à fermenter par la rigole extérieure, puis l'autre partie qui s'écoule, à une température plus élevée, passe par la rigole intérieure et traverse un réfrigérant pour être amenée à la température convenable pour la fermentation.

La marche méthodique que nous venons de décrire ne peut pas toujours être pratiquée dans les distilleries munies de 6 à 8 macérateurs, où on ne soigne pas d'une façon particulière le découpage des betteraves, car le peu de hauteur depuis la tôle perforée du dessus jusqu'en haut du macérateur ne donne pas une charge suffisante pour que la circulation se fasse rapidement à travers les 4, 5 ou 6 macérateurs qui sont en communication; aussi, dans un grand nombre d'usines, pour activer le travail, met-on les jus faibles sur le macérateur qui, dans la batterie, précède celui où on met la vinasse.

Ainsi, si nous reprenons la marche déjà indiquée, le 7 renfermant les cossettes les plus épuisées (fig. 29), les jus faibles sont distribués par le robinet f_8 sur le macérateur 8, tandis que les vinasses s'écoulent sur le macérateur 7; d'autre part, on soutire du macérateur 3 des jus chauds qu'on envoie au réfrigérant, tandis qu'on soutire du macérateur 4 des jus froids allant directement aux cuves à fermenter.

On se rend facilement compte que par cette façon de pro-

céder, on relève le niveau du liquide dans le macérateur 8, mais qu'en réalité, au lieu d'avoir 6 vases en pleine communication, il n'en reste plus que 4, les 2 autres n'étant traversés que par une partie du liquide de circulation.

Comme dans les distilleries des environs de Paris, on n'installe généralement que 5 ou 6 macérateurs, l'épuisement doit être forcément défectueux, puisqu'il reste à peine 3, 4 vases en communication.

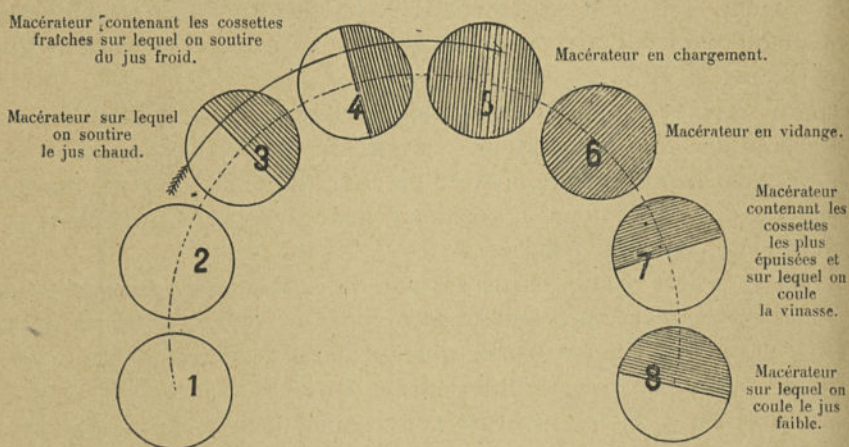


Fig. 29.

Pour éviter cet inconvénient, quelques distillateurs ont fait installer des pompes prenant les jus d'un macérateur pour les verser sur le suivant, soit à chaque macérateur, soit au milieu de la batterie; mais ce système est fort coûteux. Dans d'autres constructions, on cherche à éviter en partie cet inconvénient en laissant une très grande hauteur libre au-dessus du couvercle perforé, mais alors on est exposé à manquer de vinasse.

Nous préférons la solution adoptée dans plusieurs distilleries installées par la maison Wauquier, où chaque tuyau de communication est muni à la partie inférieure d'un petit injecteur de vapeur qui fait en même temps l'office d'élevateur de jus. De cette façon tous les macérateurs sont au même niveau et, la circulation étant plus rapide, on peut faire le même travail avec des vases plus petits. L'épuisement étant plus méthodique est

aussi plus complet, et on y arrive en faisant un volume de jus moins grand par tonne de betterave.

Enfin, on évite ainsi les températures critiques (30 à 50°) où se développent très facilement les ferments lactiques et butyriques et, par suite, les jus ne s'altèrent pas. La petite quantité de vapeur que l'on dépense pour le fonctionnement des injecteurs est compensée par l'économie que l'on réalise à la distillation, indépendamment de tous les autres avantages que nous avons énumérés. C'est d'ailleurs ce genre de macération qui se rapproche le plus de la diffusion, comme nous le verrons plus loin.

La vinasse doit être employée aussi chaude que possible, sans cependant dépasser, dans le dernier macérateur, une température supérieure à 80°, qui cuirait la pulpe et rendrait la circulation difficile; la pulpe trop cuite s'épuise et s'égoutte mal et est incommode à transporter.

Emplissage des macérateurs

160. Dans beaucoup de petites distilleries de betteraves, l'emplissage des macérateurs est encore fait par des ouvriers jetant les cossettes du dessous du coupe-racines dans les macérateurs. Ce pelletage réclame de la part des ouvriers un tour de main de façon à projeter les cossettes contre les parois des macérateurs plutôt que de les laisser tomber lourdement par endroits. Mais dans un grand nombre de distilleries on relève le coupe-racines, et les cossettes sont amenées aux macérateurs par une noyère tournante ainsi que nous l'avons déjà expliqué. La répartition des cossettes dans les macérateurs est alors faite soit par un cône fixe, soit par un disque légèrement conique. Mais le cône fixe ne divise pas toujours les paquets de cossettes qui tombent, non sur la pointe, mais en avant ou en arrière de celle-ci; quant au disque tournant, il ne distribue régulièrement la cossette qu'à la condition que le débit du coupe-racines soit lui-même fort régulier, ce qui est rarement le cas. Du reste, ces petits appareils ont perdu beaucoup de leur valeur depuis l'adoption des couteaux faitières qui, lorsque le découpage est soigné, permettent toujours un bon épuisement, en répartissant simplement la cossette avec un bâton, travail auquel il faut toujours recourir plus ou moins.

Vidange des macérateurs

161. Les grands macérateurs à porte latérale se vident lentement et difficilement. Quant à la décharge par le fond, il faut forcément que le bas du macérateur soit très conique, pour ne pas augmenter

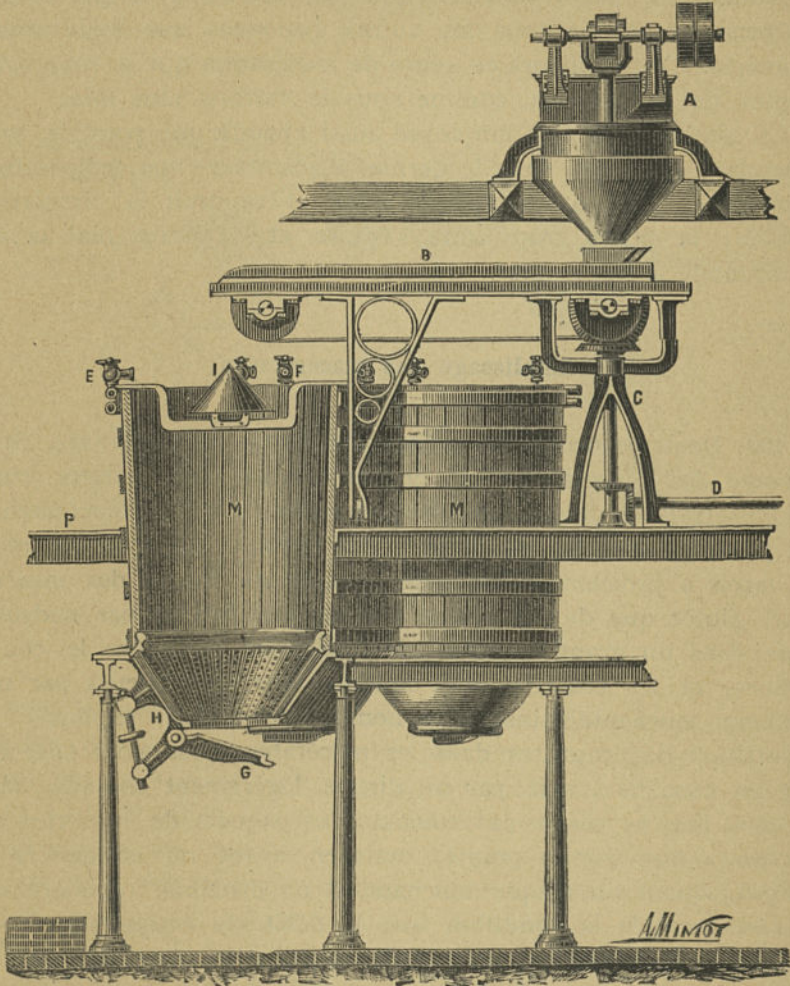


Fig. 30. — Macération méthodique, Paul Barbier.

par trop le diamètre des portes, qui deviendraient très lourdes, coûteuses et difficiles à manœuvrer. Or, comme les cossettes sont vidées seules après l'enlèvement du jus faible par la pompe, la vidange se fait encore mal et on est obligé de pousser la pulpe

par le haut avec un bâton (mouveron), pour la faire tomber.

Le procédé d'extraction des jus par macération laisse donc beaucoup à désirer au point de vue de la méthodicité de la circulation, de la rapidité et de la régularité du travail. Pour éviter tous ces inconvénients, on est conduit à employer un grand nombre de petits vases avec une circulation très rapide, ce qui oblige à fermer ces vases et à adopter des organes de chauffage. Un tel agencement n'est autre chose que la diffusion que nous allons étudier au chapitre suivant.

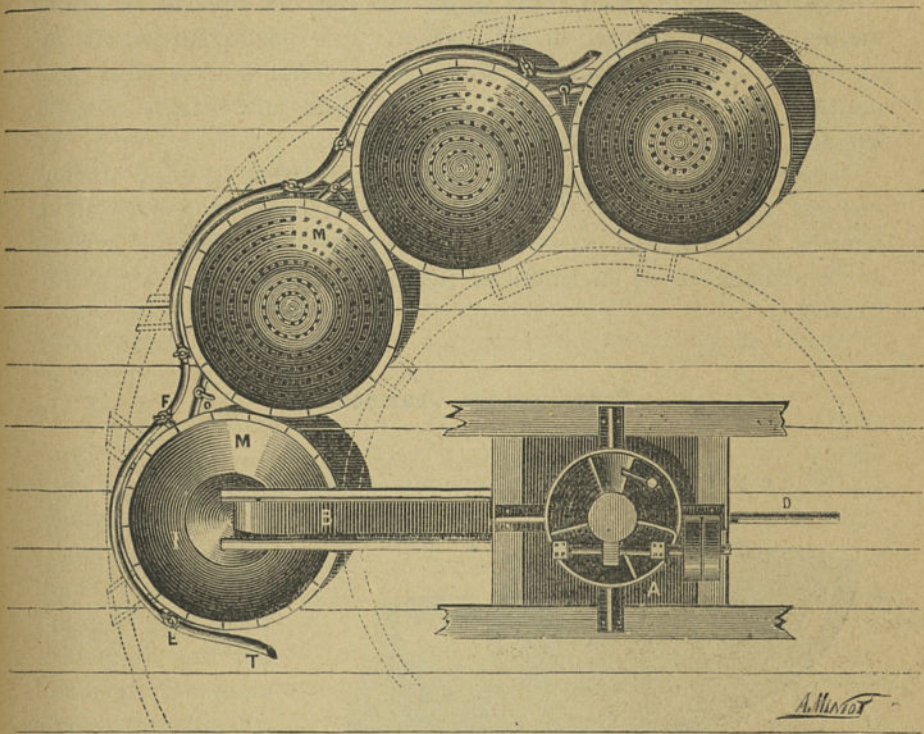


Fig. 31. — Macération méthodique, Paul Barbier.

Batteries de macération de M. Paul Barbier.

162. M. Barbier construit ses macérateurs en bois et fonte, ou, de préférence, entièrement en fonte, et les monte à une certaine hauteur pour faciliter la décharge des cossettes (Fig. 30 et 31). Le fond des macérateurs en fonte est muni d'une porte G

manœuvrée par une vis *H*. La partie conique du fond est garnie d'une tôle perforée permettant l'évacuation du liquide.

Au-dessus des macérateurs est placé le coupe-racines et au dessous, entre le coupe-racines et les macérateurs, se trouve un transporteur horizontal *B* qui distribue aux macérateurs la cossette tombant du coupe-racines.

Lorsque la hauteur des bâtiments le permet, on remplace le transporteur horizontal par une nochière inclinée. Au lieu du cône fixe *I*, c'est alors un cône mobile qu'on emploie pour la distribution des cossettes.

Les macérateurs sont reliés entre eux par des tuyaux de grand diamètre pour faciliter la circulation; à la partie supérieure de de chacun de ces tuyaux se trouve un robinet à trois eaux permettant la communication, à volonté, d'un macérateur avec le suivant ou avec le tuyau collecteur de jus.

Toute la vinasse est versée sur le macérateur le plus anciennement chargé. Le jus faible aspiré directement du macérateur épuisé et en vidange est versé sur le macérateur suivant l'arrivée de la vinasse et se mélange au jus coulant d'un macérateur sur l'autre.

Coupe-racines Champonnois

163. Le coupe-racines qui se répandit le plus en distillerie fut celui

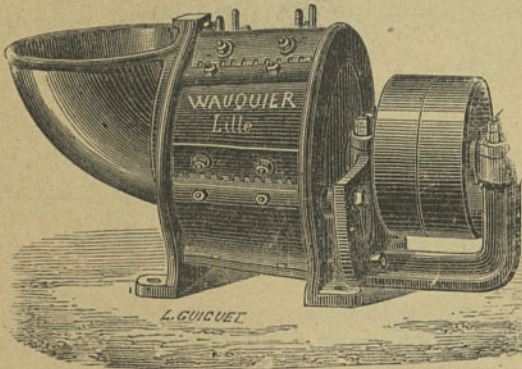


Fig. 32. — Coupe-racines centrifuge.

du type centrifuge de Champonnois, qu'on rencontre encore dans un grand nombre de petites distilleries agricoles travaillant par macération. Il se compose d'une caisse légèrement conique en fonte (fig. 32), fixée horizontalement, et percée de

six ouvertures dans lesquelles viennent se placer les couteaux. A l'intérieur de cette caisse, se trouve un pousseur en forme de fourche et fixé en porte à faux sur un arbre horizontal portant

poulie folle et poulie fixe et tournant à une vitesse d'environ 400 tours par minute. Ce poussoir entraîne les betteraves dans sa rotation et les applique contre les parois intérieures de la caisse. Ces betteraves sont découpées en lamelles à leur passage devant les couteaux. Comme on le voit sur la fig. 32, les couteaux sont fixés directement sur la caisse à l'aide de deux boulons.

MM. Barbet et Stephen David en France et Rasmus en Allemagne ont perfectionné, presque en même temps, ce coupe-racines, en y appliquant les boîtes à couteaux démontables usitées dans les coupe-racines à plateau; ils ont construit aussi l'un et l'autre ce coupe-racines avec axe vertical.

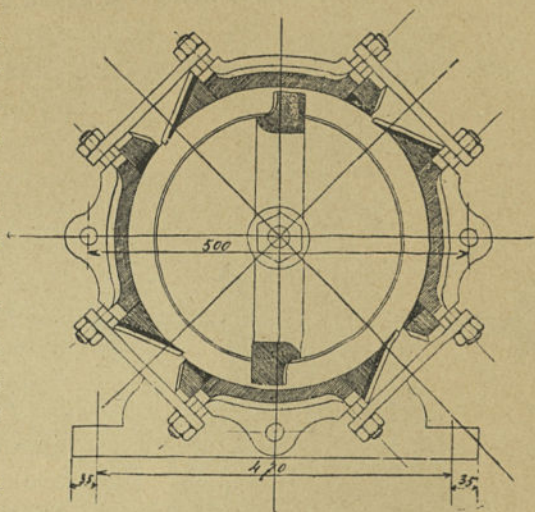


Fig. 33. — Coupe-racines Barbet.

Coupe-racines Barbet. — La figure 33 représente en coupe verticale le coupe-racines à axe horizontal, modifié par M. Barbet. Les boîtes à couteaux sont posées dans des cages pratiquées dans le tambour et sont maintenues en place par deux traverses fixées par des boulons. Il suffit de desserrer un écrou de chacune de ces traverses pour faire pivoter ces traverses et retirer ainsi la boîte à couteaux.

Coupe-racines Boullenger. — C'est encore un coupe-racines horizontal genre Champonnois, mais dont le tambour porte à l'intérieur des cannelures qui correspondent aux divisions des couteaux. En outre, ce tambour est divisé horizontalement en deux pièces réunies par des boulons, et est maintenu sur le bâti par des colliers analogues à des colliers d'excentrique. Cette disposition permet, en enlevant le demi-cylindre supérieur du tambour, d'effectuer facilement le réglage des couteaux.

Coupe-racines Stephen David

164. Ce coupe-racines se rencontre dans un assez grand nombre de distilleries agricoles travaillant par macération (fig. 34).

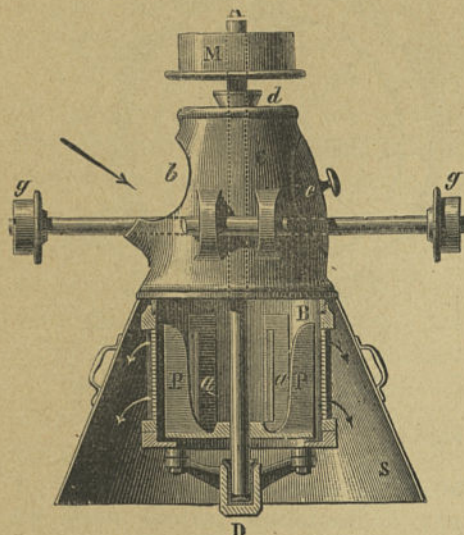


Fig. 34. — Coupe-racines David.

L'axe moteur AD et le tambour porte-lames B sont verticaux. Ce dernier est percé de 6 lumières, également verticales, recevant les lames de diffusion *a*, qui sont coupées chacune en deux demi-lames dans le sens de la hauteur.

Au-dessus du tambour et boulonnée avec lui, une trémie C, en forme de cloche, présente 2 ouvertures, dont l'une *b*, donne entrée aux betteraves, et l'autre *c*, fermée par une porte, sert à vider le tambour au besoin.

L'arbre vertical porte sa poulie de commande M, traverse tout l'appareil et tourne sur une crapaudine D, reliée par des boulons, au bord inférieur du tambour. Il est guidé, en haut, par une bague en bronze placée au sommet de la trémie. Une cuvette *d*, contient le suif servant au graissage.

Les pousseurs rotatifs, actionnés par l'arbre, entraînent les betteraves et les forcent à se couper contre le tranchant des lames, qui font légèrement saillie à l'intérieur.

Les porte-couteaux sont fixés dans les lumières au moyen de deux nervures glissant dans des coulisses. On les introduit par le bas et ils sont suspendus par des crochets en fer.

Cet appareil présente les avantages suivants : 1° Il marche aussi bien à vide qu'à charge ; 2° l'enlèvement des pierres se fait vite et facilement en raison du petit nombre de betteraves à retirer de l'appareil.

L'inconvénient inhérent à tous les systèmes de coupe-racines centrifuges est celui-ci : quand l'appareil marche à grande vitesse les cossettes sont courtes et en quelque sorte hachées. On n'obtient de belles cossettes qu'en réduisant la vitesse, mais alors la force

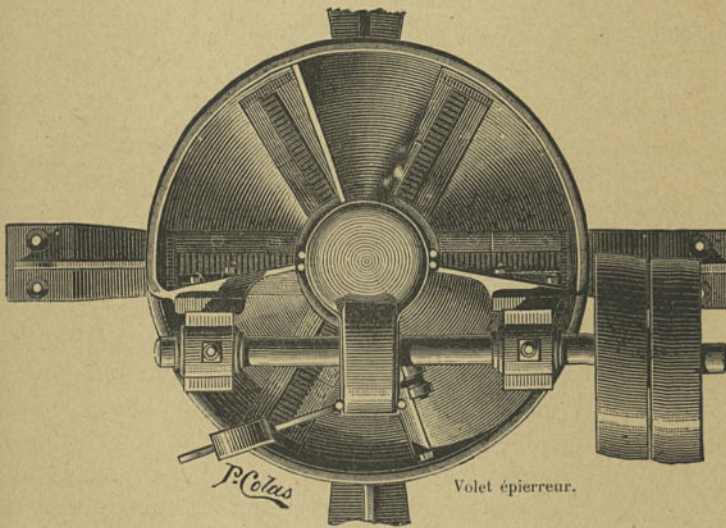
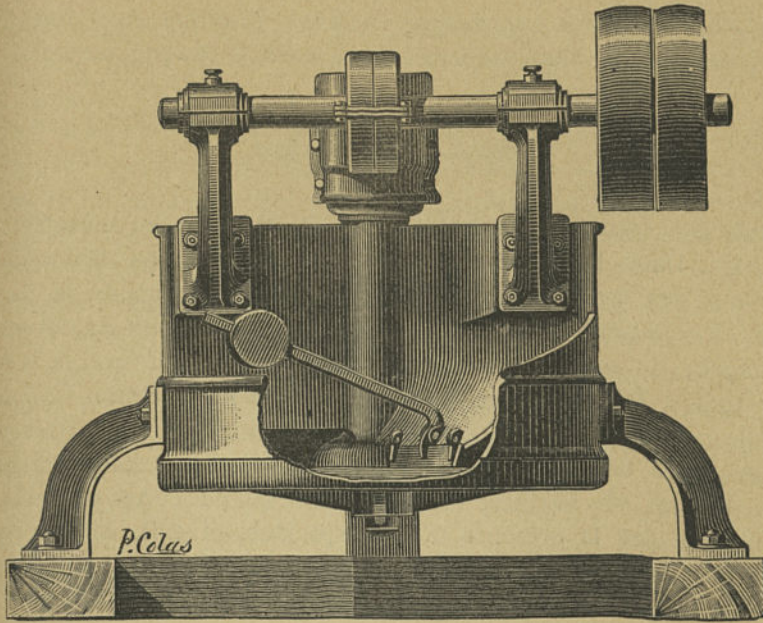


Fig. 35.

Coupe-racines Paul Barbier.

centrifuge devenant insuffisante, le débit diminue dans une forte proportion et le coupe-racines est bourré à chaque instant.

Coupe-racines Barbier

165. Les figures 35 représentent cet appareil en élévation et en plan. Dans la trémie sont placées des cloisons hélicoïdales, formant des espaces angulaires dans lesquels s'engage la betterave sans sauter ni rouler, jusqu'à ce qu'elle soit entièrement découpée; de cette façon il n'est pas indispensable que la trémie soit tout à fait pleine pour avoir une belle cossette. Un volet mobile maintenu par un contre-poids suffisant pour résister à la poussée des betteraves est adapté à la dernière cloison hélicoïdale. D'après M. Barbier, ce volet cède quand cette poussée est augmentée par la présence d'un corps dur, et évite la détérioration des couteaux. Les autres cloisons hélicoïdales sont à une légère distance du plateau suffisante pour laisser passer les pierres.

CHAPITRE X

Travail de la betterave par diffusion

166. *Avantages de la diffusion.* — Ce procédé d'extraction, qui présente de si grands avantages pour la sucrerie où il est devenu d'un emploi général, s'est, dans ces dernières années, répandu très rapidement en distillerie où un bel avenir lui semble réservé, Il présente les avantages suivants :

- 1° Matériel simple et rustique;
- 2° Peu de frais d'entretien;
- 3° Peu de force motrice;
- 4° Extraction aussi complète que possible du sucre contenu dans la betterave;
- 6° Coagulation dans les cossettes d'une forte proportion de matières azotées qui augmentent la valeur nutritive des pulpes. Ces matières sont, il est vrai, perdues pour la levure; mais elles ne sont pas directement assimilables par ce ferment, et on les rem-

place avantageusement par des matières directement assimilables en faisant usage de la vinasse qui augmente encore la valeur des pulpes.

6° Production de jus à haute densité, d'où résulte une économie de vapeur pour la distillation et un volume moins considérable et moins encombrant de vinasse à écouler. L'emploi d'une forte proportion de vinasse pour l'extraction diminue encore le volume à écouler en même temps qu'elle fournit une légère économie de combustible pour le chauffage et d'acide pour l'acidification.

7° Matériel très facile à maintenir en état de propreté, évitant des dépôts de matières organiques qui, en se formant en certains endroits, entrent en fermentation et produisent des contaminations dangereuses. Il y a aussi suppression des pulpes folles qui se déposent et salissent les colonnes.

8° Economie de main-d'œuvre.

9° Stérilisation partielle des jus par suite de la température relativement élevée qu'on maintient dans la batterie.

Historique de la diffusion en distillerie

167. La première application de la diffusion en distillerie fut faite en France, en 1880, chez M. A. Legrand, de Tilques. La batterie, montée pour la fabrication du sucre, comprenait dix diffuseurs. La diffusion se faisait à l'eau, mais les calorificateurs étaient remplacés par des injecteurs de vapeur.

D'après M. Barbet, alors directeur des ateliers de la maison Fontaine, on rencontra d'abord quelques difficultés dans le travail. Les pieds de fermentation ne partaient qu'avec la plus grande difficulté au début, même en forçant la dose de levure ; puis, quand on alimentait, la fermentation se ralentissait et tombait peu à peu. Sur le conseil de M. Méhay, on mit un litre d'acide sulfurique sur chaque diffuseur que l'on emplissait, et on alimenta les cuves à fermenter très lentement, de façon à y maintenir une densité ne dépassant pas 1,0. A partir de ce moment, les fermentations devinrent normales et donnèrent de bons rendements. (E. Barbet : *L'Alcool et le sucre*).

En parlant de la macération, nous avons exposé les avantages résultant de la substitution de la vinasse à l'eau ; du moment que l'on employait la diffusion en distillerie, il était tout indiqué de se servir de la vinasse comme liquide épuisant.

En 1882, MM. Nercan et Chaudré, constructeurs à Paris, installèrent la diffusion à la vinasse chez M. Gilles, à Thieux; mais leur inexpérience en distillerie les empêcha de surmonter les difficultés qu'ils rencontrèrent.

MM. Nercan et Chaudré se servaient de couteaux de diffusion analogues à ceux usités en sucrerie; ils employaient des diffuseurs simplifiés de petites dimensions, 8 hectos, au nombre de 8 à 12. Chaque diffuseur recevait 425 k. de cossettes, soit 53 k. par hecto. Ils n'employaient ni calorisateurs ni injecteurs; ils utilisaient la vinasse bouillante, en prenant des précautions pour ne pas cuire la cossette, ce qui aurait entravé la circulation (Pellet).

En 1883, la maison Fontaine installa chez MM. Herbaut, Galez et C^{ie}, à Bellaing, près Valenciennes, une batterie de diffusion à la vinasse dans laquelle on opérait comme en sucrerie. On employait 6 diffuseurs de 30 hectos et chaque tuyau de communication était muni d'un injecteur permettant de régulariser la température.

On refroidissait la vinasse sur un petit réfrigérant à fascines avant de l'employer à la batterie.

Le système de diffusion Fontaine n'avait de bon que l'emploi de l'injecteur pour le chauffage: on peut lui reprocher l'emploi de diffuseurs de trop grande capacité, d'une vinasse trop froide, et d'un réfrigérant à fascines. Ce réfrigérant devait forcément occasionner des contaminations.

Dans le système de MM. Nercan et Chaudré, l'adoption de petits vases était une idée fort juste: mais l'emploi d'une vinasse trop chaude rendait la circulation difficile. En outre, par suite de l'absence d'injecteurs, la température était forcément trop basse dans les diffuseurs fraîchement chargés; il s'y produisait un commencement de fermentations lactique et butyrique. Les jus arrivaient donc en partie contaminés à la fermentation, et les gaz produits pendant la diffusion, s'ajoutant à ceux amenés par les cossettes, augmentaient les difficultés de la circulation.

En présence de ces inconvénients, MM. Nercan et Chaudré se décidèrent alors à monter un tuyau de vapeur permettant de chauffer chaque diffuseur à une température moyenne de 75 à 80° et à employer une vinasse moins chaude, à 75, 80°, en la mélangeant avec une certaine proportion de jus faible. C'était tout à fait rationnel.

Ils faisaient d'abord l'acidification par une distribution d'acide étendu dans la nochère et directement sur les cossettes. On semble

avoir ensuite abandonné cette méthode pour acidifier au moyen d'un petit bac placé dans l'usine et fonctionnant en *même temps que le coulage des jus*. On croyait qu'il était inutile, pour la diffusion et la fermentation, d'avoir l'acidification directe sur la betterave. C'était une grave erreur.

Comme nous l'avons dit, le procédé Nercan et Chaudré dut être abandonné, et cet insuccès retarda de quelques années l'application de la diffusion à la vinasse. La distillerie Herbaut également ne travailla qu'une campagne.

En 1888, M. Foulon ayant transformé la sucrerie d'Houdain en distillerie, employa également la diffusion, mais par l'eau seule comme en sucrerie ; il dut tâtonner pendant deux ans pour arriver à faire fermenter ses jus. Il essaya de mettre à chaque diffuseur une certaine quantité de vinasse, mais sans arriver à un bon résultat. Il se décida alors à faire ce qu'il avait redouté jusque-là pour la tôle de ses diffuseurs : il mit l'acide dans le diffuseur au lieu de le mettre au bac jaugeur ; et à partir de ce moment tout alla bien.

En même temps que la diffusion à l'eau s'introduisait dans les distilleries françaises, des essais se poursuivaient en Autriche. La première diffusion de distillerie qui fonctionna dans ce pays fut celle d'Ignace Fiedler, à Chiesch, en Bohême ; c'était plutôt une macération en vases fermés qu'une batterie de diffusion proprement dite. Une telle batterie avait fonctionné en France chez M. Harry, à Oisy-le-Verger, dès 1863-1864, la même année où Robert commençait ses essais dans sa fabrique de sucre de Seelowitz, en Moravie (Autriche).

En 1887, la maison Wannieck, de Bruenn, installa, à la distillerie agricole de Budkau, une diffusion Pokorny sans calorificateurs, avec chauffage par une cloison à double paroi qui divisait les vases en deux compartiments. Cette diffusion a donné de bons résultats, d'après Briem ; mais on devait diffuser à l'eau et non à la vinasse ; c'est pourquoi l'on cherchait à travailler à basse température pour éviter la coagulation de l'albumine. Cette basse température (40 à 50°) a l'inconvénient très grave d'être favorable à la fermentation lactique et même à la fermentation butyrique. Si une température de 70° a l'inconvénient de coaguler une partie des matières albuminoïdes, la perte pour la levure n'est pas bien grande, car on sait que les matières azotées coagulables sont de mauvais aliments pour la levure ; par contre, elles se retrouvent dans les pulpes, dont elles augmentent réellement la

valeur nutritive. Les températures élevées, pourvu qu'elles ne dépassent guère 80°, n'ont aucun inconvénient au point de vue de la constitution des pulpes, et elles ont le grand avantage de paralyser en grande partie les microbes et les moisissures introduits dans les diffuseurs par l'eau et la terre adhérente à la betterave.

Nous ne partageons donc pas l'opinion de Briem à propos des basses températures, et nous passons sous silence les autres raisons spécieuses qu'il cite à l'avantage de la diffusion Pokorny (Voir Briem : Die Rübenbrennerei).

En France, c'est vers 1890-91 que la diffusion prit une grande importance en distillerie. On diffusait généralement à l'eau, absolument comme en sucrerie, sauf l'addition d'acide. On hésita longtemps à mettre l'acide dans les diffuseurs, craignant d'attaquer la tôle des appareils; mais on dut s'y résigner pour obtenir un bon travail. Quand on mettait l'acide aux bacs jaugeurs, la fermentation était absolument défectueuse. On attribua cette difficulté au manque d'air dans les jus. M. Fourcy monta chez M. Trannin, à Lambres, une pompe pour insuffler de l'air dans les bacs jaugeurs; mais cette opération ne donna aucun résultat, et l'acidification directe des cossettes resta le seul remède aux difficultés que nous avons signalées.

Nous avons vu l'insuccès de Nercan et Chaudré, insuccès qui paralysa pendant quelque temps le développement de la diffusion à la vinasse.

De 1882 à 1892, divers brevets furent pris pour l'application de la diffusion à la vinasse; nous ne les mentionnerons pas, ces brevets n'ayant reçu aucune sanction pratique.

En 1891, la maison Wauquier, de Lille, reprit les essais de diffusion à la vinasse chez MM. Destombes et C^{ie}, au Pont-Rouge, près Deùlémont (Nord). En deux années elle a fait adopter ce travail dans huit distilleries travaillant depuis 30 jusqu'à 200,000 kil. de betteraves par 24 heures. Quelques-unes de ces installations ayant été l'objet de rapports très élogieux dans divers journaux, nous en donnerons une description détaillée dans le chapitre suivant.

Marche générale d'une batterie de diffusion.

168. Dans la batterie de diffusion, comme dans la batterie de macération, le principe à suivre est de mettre toujours en contact le jus le plus dense avec les cossettes les plus riches, c'est-à-dire les plus fraîches, et le jus le plus pauvre avec la cossette la plus épuisée, c'est-à-dire la plus ancienne.

Par exemple, si nous supposons que le diffuseur n° 7 (fig. 36) vient d'être chargé de cossettes fraîches et qu'il a été meiché (opération que nous expliquerons plus loin), l'eau ou la vinasse arrivant dans le tuyau collecteur V sous la pression des bacs supérieurs, pénètre par la soupape E_1 à la partie supérieure du diffuseur n° 1, traverse ce diffuseur en enlevant ce qui reste de sucre dans les cossettes, passe par le tuyau A_1 , et, la soupape C_2 étant ouverte, tandis que les autres J_1 et E_2 sont fermées, pénètre à la partie supérieure du diffuseur n° 2. Le jus encore faiblement sucré s'enrichit au contact de la cossette moins épuisée contenue

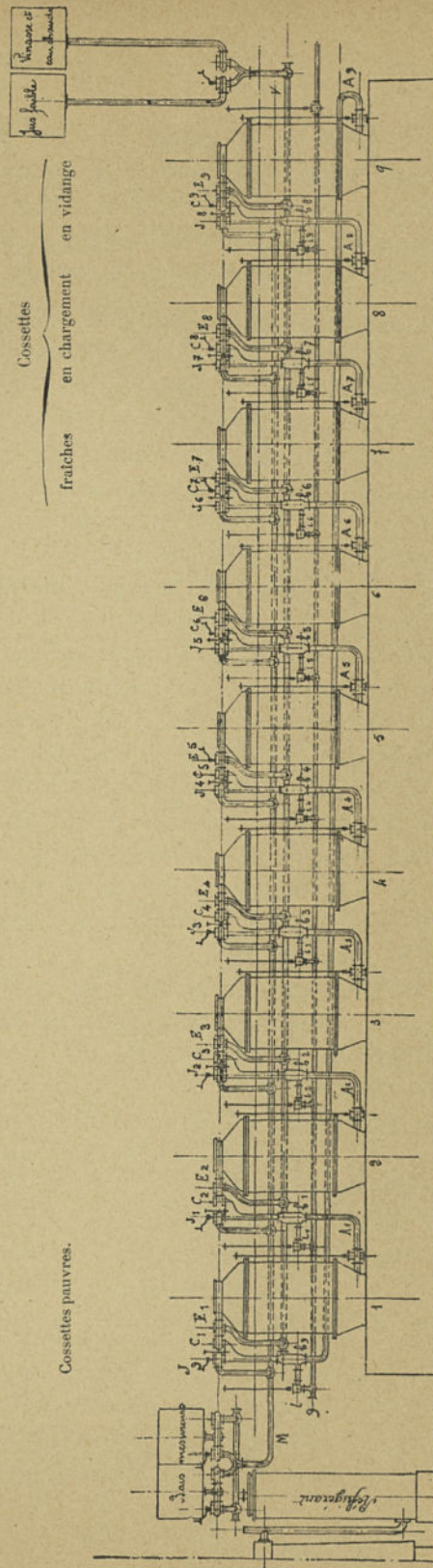


Fig 35. — Ensemble schématique d'une batterie de diffusion à la vinasse (à gauche la cuve à fermentation est coupée).

dans ce diffuseur et passe dans les diffuseurs 3, 4, 5, 6, 7, de la même façon. A ce moment, comme le jus a passé sur des cossettes fraîches, on le soutire par la soupape J_7 , tandis que les soupapes C_8 et E_8 sont fermées ; il se rend par le collecteur M dans celui des bacs mesureurs dont la soupape est ouverte.

Chauffage. — Dans le cours de la circulation entre les diffuseurs n^{os} 1 et 7, les jus sont chauffés au moyen d'une injection de vapeur se faisant par les soupapes i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 , etc., dans les boîtes b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 , etc., placées sur les tuyaux de communication A_1, A_2, A_3, A_4 , etc., reliant les diffuseurs entre eux.

Pendant qu'on tire du diffuseur n^o 7 la quantité de jus jugée nécessaire pour un bon épuisement, on remplit le diffuseur 8 de cossettes fraîches, puis on procède à son meichage, c'est-à-dire qu'on l'emplit de jus par la partie inférieure de façon à chasser tout l'air interposé entre les cossettes.

Cette opération se fait en fermant les soupapes de soutirage sur le bac mesureur et en ouvrant la soupape J_8 de façon que le jus sortant du diffuseur n^o 7, s'élève dans le tuyau de communication A_7 passe par la soupape J_7 dans le tuyau collecteur M , repasse par la soupape J_8 pour descendre dans le tuyau A_8 et pénètre par la partie inférieure dans le diffuseur n^o 8. Cette opération est terminée lorsque le jus commence à s'écouler par le robinet d'air placé à la partie supérieure de ce diffuseur.

On rétablit alors la circulation normale en fermant la soupape J_7 et en ouvrant C_8 .

C'est alors aussi le moment de procéder à la vidange du diffuseur n^o 1. Avant de faire cette opération, on a soin de fermer la soupape E_1 et d'ouvrir E_2 afin de mettre le liquide épuisant sur le diffuseur n^o 2.

La circulation est donc établie maintenant sur les diffuseurs n^{os} 2 à 8, et c'est de ce dernier qu'on procède à nouveau au soutirage du jus.

Le travail se continue, ainsi que nous venons de l'expliquer, en mettant successivement les cossettes fraîches sur les diffuseurs n^{os} 9, 1, 2, 3, etc., et en déplaçant progressivement l'entrée d'eau ou de vinasse sur les diffuseurs n^{os} 3, 4, 5, 6, etc.

Mise en marche de la batterie

169. Maintenant que nous connaissons la marche générale de la batterie, il nous reste à expliquer comment on met en route et comment on opère en marche normale.

Supposons donc que nous soyons au début du travail.

Si l'on veut commencer par le diffuseur n° 1, on fera chauffer de l'eau dans les 4 diffuseurs qui le précèdent en marche normale, c'est-à-dire dans les 4 derniers vases. Voici comment on procède :

En ouvrant la soupape E_6 , on fait arriver de l'eau dans le diffuseur 6 dont la porte supérieure est ouverte. Quand il est presque plein, on ferme cette porte en laissant ouvert le robinet d'air. Lorsque le diffuseur est plein, l'eau sort par le petit robinet que l'on ferme aussitôt. On procède ensuite à l'emplissage des autres diffuseurs.

Laissant la pression d'eau en E_6 , on ouvre J_6 et J_7 . L'eau du diffuseur 6 remonte dans le tuyau de communication A_6 , passe par la soupape J_6 , descend par le tuyau de jus dans le tuyautage collecteur, repasse par la soupape J_7 , descend dans le tuyau A_7 et entre au bas du diffuseur 7 qu'il emplit de bas en haut en chassant l'air devant lui.

On profite du passage de l'eau dans les tuyaux de communication A_6 et A_7 pour les chauffer. Pour cela on ouvre très doucement pour éviter les claquements, la prise de vapeur directe et les soupapes de vapeur des injecteurs i_6 et i_7 .

Quand le diffuseur 7 est presque plein, on ferme la porte et on continue comme pour le n° 6. Aussitôt le n° 7 plein, on renverse le sens du courant dans ce diffuseur, c'est-à-dire qu'on le remet dans le seul sens où la circulation continue soit possible. Pour faire ce renversement on ferme J_6 et on ouvre C_7 : le diffuseur plein est séparé du collecteur de jus et mis en communication avec le diffuseur précédent. L'eau qui remonte du tuyau de communication A_6 , au lieu de se rendre par J_6 dans la conduite de jus, entrera par C_7 dans le diffuseur 7 par le haut, et fera circuler l'eau de haut en bas pour la faire remonter dans le tuyau de communication A_7 et passer par J_7 dans la conduite des jus ; en ouvrant ensuite J_8 , elle viendra emplir le n° 8 de bas en haut, après avoir traversé le tuyau de communication A^8 de haut en bas. On continue d'emplir ainsi les diffuseurs jusqu'au n° 9.

Chaque fois qu'on commence l'emplissage d'un diffuseur, on ouvre légèrement la soupape de l'injecteur correspondant ; celles qui le sont déjà restent ouvertes naturellement, puisqu'il arrive toujours de nouvelles quantités d'eau froide dans les tuyaux de communication.

Si les emplissages et les chauffages ont été bien conduits, la température du N° 9 sera suffisante pour *meicher* le diffuseur N° 1, c'est-à-dire vers 85-90°.

On met le coupe-racines en mouvement, on fait tomber la cossette dans le diffuseur N° 1, on répartit celle-ci régulièrement au moyen d'un bâton, et, si les cossettes n'ont pas été déjà acidifiées en passant dans la nochière, on les arrose d'eau acidulée par l'acide sulfurique en quantité variable suivant la capacité des diffuseurs.

Aussitôt le diffuseur plein de cossettes, on procède au meichage, comme nous l'avons expliqué ; on renverse le courant et on meiche pareillement le n° 2.

A ce moment, il est temps de vider l'eau du diffuseur n° 6.

170. *Vidange.* — On isole ce diffuseur en fermant E₆ et C₆ et en ouvrant E₇, ce qui transporte la pression d'eau sur le diffuseur suivant ; on ferme également la vapeur de l'injecteur et on vide le diffuseur.

Chaque fois qu'on a meiché un nouveau diffuseur en tête, on en vide un autre en queue de la batterie en fermant les soupapes pour isoler le diffuseur et transportant la pression d'eau sur le vase suivant qui devient le premier de la batterie.

Quand il s'agit d'un diffuseur contenant des cossettes épuisées, on commence par évacuer une partie de l'eau en ouvrant le robinet de vidange ; il se forme à la partie supérieure du diffuseur un vide qui arrête bientôt l'écoulement.

A ce moment, on commence à desserrer la porte inférieure, puis, pendant qu'on continue de l'ouvrir complètement, on ouvre brusquement le robinet d'air placé sur la porte supérieure. La rentrée de l'air détermine un coup de bélier et toute la cossette est entraînée hors du diffuseur avec l'eau.

Etude des diffuseurs

171. *Nombre; Capacité; Forme; Métal employé.* — Le procédé de diffusion, inventé en France, se répandit rapidement en Autriche et en Allemagne, grâce à la législation sucrière de ces pays qui favorisait le travail de la betterave riche.

Les sucreries allemandes adoptèrent des batteries de 12 à 16 grands diffuseurs à fond plat se vidant par le côté, comme les anciens macérateurs. En Autriche, où les fabricants de sucre devaient payer l'impôt d'après la puissance une fois déterminée des appareils, on perfectionna les montages dans le but d'épuiser la betterave avec une très grande rapidité, et on installa des batteries de 9 diffuseurs de petites dimensions se vidant instantanément.

En France, aujourd'hui, on adopte généralement des batteries de 12 à 14 diffuseurs d'une capacité moyenne entre celles en usage dans les deux pays désignés ci-dessus, et de préférence avec vidange en dessous comme en Autriche.

Avec 14 diffuseurs, la résistance à la circulation devient assez grande, mais on peut adopter ce chiffre sans inconvénient avec des diffuseurs de 15 à 25 hectos. C'est surtout dans les batteries transformées que l'on trouve 14 diffuseurs; on en a généralement ajouté 2 pour en augmenter la capacité productive.

Avec les couteaux à doigts du coupe-racines Champonnois, on faisait des cossettes plates; de plus, avec l'emploi des vinasses bodillantes, la pulpe était fort cuite et, par suite, d'un glissement facile: le déchargement par le côté des macérateurs se faisait facilement, tandis qu'avec les coupe-racines modernes à lames faitières, les cossettes sont longues et s'enchevêtrent les unes dans les autres; en outre, la température ne dépassant pas 80°, les cossettes restent consistantes, et il est difficile de retirer ses pulpes. C'est une manutention très lente qui retarde le travail, et il vaut mieux adopter la vidange par le fond.

Le diffuseur ne doit pas être très conique; le liquide ayant une grande tendance à se mouvoir en ligne droite verticale, il y en a une partie qui s'accumulerait dans les angles et échapperait à la circulation; par suite, la cossette située en ces endroits ne serait pas bien épuisée. La meilleure forme est celle qui se rapproche le plus du cylindre.

D'après M. Bouchon, tous les avantages sont en faveur des diffuseurs à large section et à hauteur restreinte, ce que l'on peut justifier par le raisonnement suivant :

Une batterie est évidemment d'autant meilleure qu'elle produit dans un temps donné le plus de travail avec le moins de contenance totale, et qu'elle donne l'épuisement le plus bas avec le moins de jus tiré. On a donc, en divisant le tonnage journalier t , par la contenance c , par l'épuisement e et par le nombre n d'hectos tirés par 100 kil., un coefficient qui peut déterminer la valeur industrielle d'une batterie comparativement aux autres.

$$v = \frac{t}{c \times e \times n}$$

En calculant la valeur proportionnelle d'un grand nombre de batteries, on arrive à cette conclusion :

Le rendement industriel de la batterie est d'autant meilleur que le rapport de la hauteur au diamètre est plus petit, à la condition que l'on profite de la facilité de circulation que donne la faible hauteur, pour faire de la cossette plus fine, par suite plus rapidement épuisée et dont on peut avoir une plus grande proportion par hecto de contenance de la batterie.

Une batterie à large section donne un travail plus rapide, et moins de ces collages qui se produisent sous l'influence de la charge de cossettes dans chaque diffuseur, et sont d'autant plus à redouter que la hauteur est plus grande.

Mais quand on augmente trop le diamètre, d'autres inconvénients surgissent. Les cossettes s'accumulent au milieu, il se forme des creux tout à l'entour et le jus passe fort irrégulièrement, de préférence en longeant les parois où il trouve peu de résistance; l'épuisement est donc irrégulier. En outre, comme on ne peut, comme nous l'avons dit, faire le fond très conique, les portes deviennent lourdes, très coûteuses et d'un maniement très difficile.

Toutes ces explications prouvent qu'on était dans le vrai en France en n'exagérant pas les hauteurs comme en Allemagne et en adoptant simplement une hauteur légèrement supérieure au diamètre.

Nous avons vu que les diffuseurs se font en tôle et fonte et que la tôle est rapidement attaquée par le jus acide. C'est surtout à la partie inférieure que l'attaque se produit. Pour éviter cet inconvénient, M. Foulon avait garni ses diffuseurs de cuivre rouge sur une hauteur de 50 cm.; mais ce n'est évidemment qu'une demi-mesure, et il est à craindre que le cuivre ne forme

avec la tôle un élément galvanique qui accélère l'attaque de la tôle à l'endroit où elle n'est plus couverte par le cuivre.

M. Barbet recommande d'enduire les diffuseurs d'un vernis à la gomme laque qui, dit-il, protège parfaitement la tôle contre l'acidité des vinasses.

D'après M. Barbet, on trouve maintenant dans le commerce d'excellents vernis qui non seulement tiennent sur le bois, mais aussi sur les murs et les surfaces métalliques. Mais le meilleur vernis, quand il est mal appliqué, peut donner de mauvais résultats. Il peut se fendiller après peu de temps. Il faut d'abord bien laver la surface, la laisser sécher, chauffer légèrement le vernis et l'étendre d'une manière bien uniforme. Il est bon de chauffer aussi légèrement le métal à l'aide d'une lampe de plombier, avant d'appliquer le vernis.

La maison Wauquier, de Lille, fait ses diffuseurs pour distillerie, complètement en fonte, métal que les acides n'attaquent que très faiblement. Au bout d'un certain temps, il se forme à l'intérieur des diffuseurs une fine croûte blanchâtre qui arrête complètement l'attaque par l'acide. Nous attribuons ce fait à la formation de sulfate de calcium (plâtre), qui adhère facilement à la fonte, grâce à la rugosité du métal et à la lenteur de l'attaque. Ce sulfate de chaux provient de l'acide sulfurique employé à l'acidification.

M. Barbet déclare qu'il n'est nullement partisan des diffuseurs en fonte, auxquels il reproche d'emmagasiner une quantité de chaleur telle que le jus sort trop chaud pour la fermentation, ce qui nécessite un réfrigérant et, par conséquent, une plus grande dépense de calorique.

Nous pensons que ce reproche n'est pas fondé et que, à moins de circonstances spéciales, il faut toujours installer un réfrigérant et même s'en servir régulièrement. Au point de vue microbologique, il faut maintenir dans toute la batterie une température aussi élevée que possible; il faut donc chauffer très fortement le jus que l'on fait arriver sur les cossettes fraîches. La température qu'on obtiendra ainsi sera généralement insuffisante pour opérer une stérilisation énergétique: néanmoins on peut arriver dans les diffuseurs les plus chauds à une température de 70° qui affaiblit les ferments de mauvaise nature.

Il serait même bon de stériliser tous les jus en les portant à la température d'ébullition au sortir de la batterie, comme on le fait pour les mélasses; mais comme cette opération serait sou-

vent très dispendieuse, à cause de la grande dilution des jus, on est forcé d'y renoncer, ou du moins de limiter cette opération au volume de jus qui sert à la confection des levains.

L'emploi du réfrigérant présente le grand avantage de permettre un réglage très suivi de la température de mise en fermentation, ce qui a une très grande importance.

Les surfaces filtrantes des diffuseurs, en distillerie, sont généralement en tôle; mais, pour éviter une usure trop rapide, il est à conseiller d'adopter de préférence des tôles perforées en cuivre rouge. Les surfaces filtrantes en fonte, également essayées, sont trop fragiles.

On doit donner à la section totale des trous une surface égale à la moitié de la section du diffuseur.

Chauffage de la batterie

172. Dans les distilleries ayant des batteries provenant de la sucrerie, on chauffe généralement à l'aide de *calorisateurs* à serpentins ou à tubes. Les premiers utilisent mieux la vapeur, car, dans les caloriseurs à tubes, la vapeur chauffe inutilement la partie cylindrique du calorisateur lui-même.

Les caloriseurs à serpentins présentent un autre inconvénient: c'est que des fuites se déclarent fréquemment aux joints de ces serpentins.

Dans les batteries construites récemment pour distilleries, on a partout remplacé les caloriseurs par des injecteurs qui sont moins chers et qui utilisent mieux la chaleur. Outre l'économie de vapeur, ils facilitent le réglage de la température et ils accélèrent la circulation du jus par entraînement mécanique.

On reproche aux injecteurs de diluer les jus; mais ils donnent au contraire des jus plus denses. En effet, en supprimant les caloriseurs, on supprime un volume important qu'on peut appeler *l'espace nuisible* de la batterie, puisqu'il est rempli d'un jus qui ne dialyse pas et qui constitue, par suite, une dilution inutile bien plus considérable que celle qu'amène l'introduction de la vapeur condensée dans le jus (M. Bouchon).

Meichage des diffuseurs

173. Nous avons vu qu'à chaque emplissage de diffuseur au moyen de jus, on renverse le courant de façon à emplir le diffuseur de bas en haut au lieu de l'emplir de haut en bas. Il est temps d'expliquer l'importance de ce tour de main.

Quand il s'agit d'un diffuseur plein de cossettes, l'emplissage par le haut aurait des inconvénients graves. La chute du jus dans cette masse pleine d'air produirait une forte émulsion et il serait impossible de se débarrasser de cet air, qui serait d'abord emprisonné dans la masse, puis viendrait ensuite former à la partie supérieure du diffuseur un matelas contrariant la circulation. D'après Von Lippmann, 100 kilos de betteraves contiennent jusqu'à 15 litres d'air emprisonné dans les cellules. Le mode d'emplissage par le bas porte le nom de meichage (en allemand *meischen* = mêler (1); il a été inventé par Schulz et a constitué un progrès sérieux dans le travail de la diffusion. Le meichage à renversement est d'un emploi presque général, malgré les nombreuses tentatives que l'on a faites pour supprimer cette opération en apparence compliquée, mais qui ne donne lieu dans la pratique à aucune difficulté.

Pokorny en Autriche et M. Boullenger en France, ont cherché à supprimer cette manœuvre qu'ils jugeaient trop compliquée pour des distilleries. Dans la batterie de M. Boullenger, le jus arrive sur le diffuseur par le haut en se répandant dans un petit bassin percé de trous à sa circonférence. Ce mode d'emplissage direct ne s'est pas répandu même pour les petits diffuseurs; celui de M. Boullenger paraît d'autant moins recommandable que dans son système on emploie de grands diffuseurs de 57 hectos.

Il est préférable de meicher en laissant la porte ouverte pour faciliter le départ de l'air; on ferme seulement quand le jus arrive en haut du diffuseur.

(1) Comparez le néologisme *meicher* avec le mot *maische* (moût) usité en brasserie (anglais *mash*).

INSTALLATION DE DEUSION A LA VINASSE

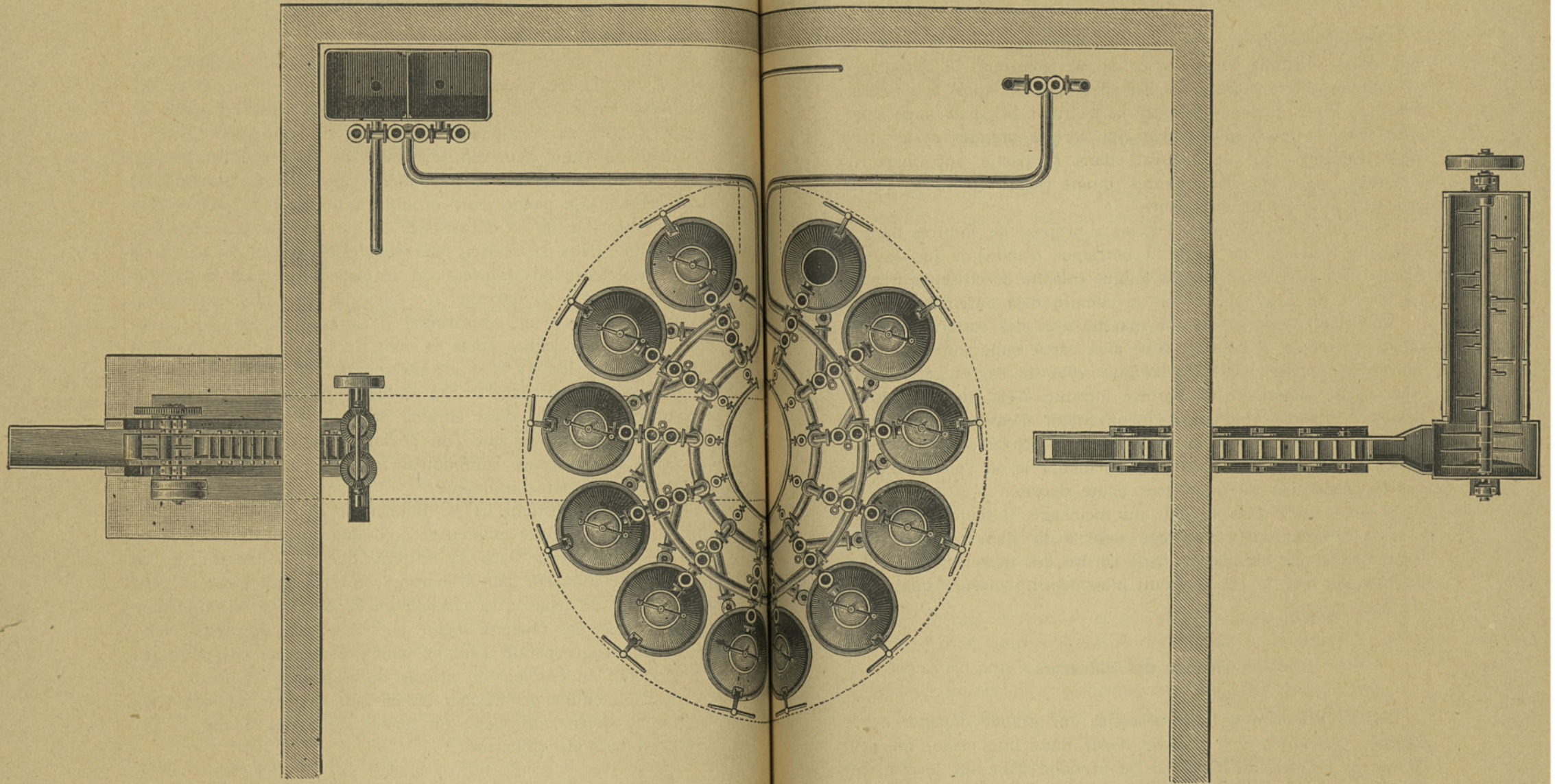


Planche II. — *Yan* plan (Voir p. 176).

Soutirage du jus

174. Généralement, après le meichage de bas en haut, on redresse le courant pour *pousser au bac* (soutirer). On reproche à ce système d'être défectueux. En effet, aussitôt après le meichage terminé, le jus le plus concentré se trouve à la partie supérieure; c'est donc le jus le plus faible qui sort le premier et le jus le plus concentré qui se trouvait dans la partie supérieure du diffuseur passe sur les cossettes moins riches en sucre qui se trouvent à sa partie supérieure.

Pour éviter cet inconvénient, on a proposé de soutirer dans le sens du meichage de façon à entraîner d'abord le jus le plus lourd ayant circulé sur la plus longue colonne de cossettes fraîches au lieu de le faire revenir sur le chemin déjà parcouru.

Mais pour avoir une bonne marche avec des batteries à circulation renversée, il faudrait faire à la partie supérieure des diffuseurs, des portes aussi grandes que celles du bas et garnir toute cette partie supérieure de surface filtrante. Cela augmenterait le prix des appareils; de plus, l'inconvénient d'envoyer un peu de jus moins dense au commencement du renversement après le meichage n'a guère d'importance en distillerie où l'on ne cherche pas la production de jus à très haute densité.

Si on soutire dans le sens du meichage, il faut renverser le courant aussitôt après soutirage pour avoir dans tous les diffuseurs pleins une circulation dans l'ordre des densités, c'est-à-dire de haut en bas, le jus devenant plus dense à mesure qu'il passe sur les cossettes.

Vidange des diffuseurs

175. La diffusion à l'eau nécessite une grande dépense de ce liquide. Quand il y a pénurie d'eau dans une usine, on peut remplacer la pression d'eau par la pression d'air sur le diffuseur à vider, ou encore se servir des petites eaux qu'on a élevées dans un bac placé à côté du bac à eau.

On ne se sert d'air ou de petites eaux que pendant une partie du soutirage ou du meichage.

Dans la diffusion à l'eau en distillerie, on ne se sert des petites eaux que pour déplacer l'eau propre introduite dans le

dernier diffuseur, en sorte qu'elles ne rentrent pas dans le travail.

On se sert plutôt des petites eaux pendant le soutirage du jus, parce qu'on a la facilité, par la lecture au bac jaugeur, de régler la quantité de petites eaux introduites dans le diffuseur, et d'éviter leur rentrée dans le diffuseur suivant, et, par suite, dans la circulation de la batterie.

Méthodes diverses de diffusion à la vinasse

176. Quand on travaille par diffusion à la vinasse, il y a différentes manières d'opérer, suivant les cas et suivant les idées du distillateur. Nous allons examiner les différents modes employés.

- | | | |
|-------------------------------------|---|---|
| A. Sans emploi
des petites eaux. | } | 1° On marche alternativement à l'eau et à la vinasse. |
| | | 2° On emploie toute la vinasse à laquelle on ajoute de l'eau tiède. |
| B. Avec emploi
des petites eaux. | } | 3° On emploie séparément la vinasse et les jus faibles. |
| | | 4° On mélange la vinasse et les jus faibles dans le même bac. |

MÉTHODES A

Le travail sans utilisation des jus faibles convient surtout dans les distilleries où on rectifie, et où par conséquent on a beaucoup d'eau chaude à sa disposition.

1° *Marche alternée à l'eau et à la vinasse.* Cette marche est recommandée par M. Barbet. Voici la description qu'il en donne :

« La colonne est munie d'un récupérateur de chaleur, de sorte que les vinasses en sortent à 50 degrés environ. Ces vinasses sont remontées par une pompe dans un bac placé à côté du bac de diffusion.

Supposons qu'on vienne de remplir de cossettes fraîches le diffuseur n° 1. Le n° 2 est vide, et l'on va y couper de la betterave. Pendant cette opération, il faut que l'on meiche le diffuseur 1, puis que l'on pousse au bac le volume de jus que l'on extrait de chaque diffuseur.

Pendant le meichage 1, nous mettons l'eau tiède sur le diffuseur N° 3. Après le meichage, nous mettons le diffuseur 3 hors

de circulation, pour le vider, et nous ouvrons la vinasse sur le diffuseur 4 pendant la poussée de jus au bac. Il n'y a qu'une seule conduite pour l'eau et la vinasse; il suffit de disposer à l'entrée de la conduite une soupape à double siège. En fermant du côté de l'eau, on ouvre la vinasse et réciproquement.

On voit que l'eau arrive en dernier lieu sur la pulpe pour déplacer la vinasse, formant petit jus et la pousser dans la circulation. Cette eau rafraîchit la pulpe et lui enlève l'acidité extérieure. La vidange du diffuseur se fait comme en sucrerie; la masse étant mélangée d'eau tombe aisément. La pulpe se trouve lavée, et n'ayant pas subi une température exagérée, elle est dans les meilleures conditions pour être pressée dans une presse Klusemann. Quant à l'eau, elle est reprise pour aller au lavoir. »

2° *On mélange l'eau tiède à la vinasse.* Les distillateurs qui n'emploient pas leurs jus faibles à la batterie, préfèrent généralement mélanger directement l'eau chaude et la vinasse dans le bac à vinasse: de cette façon on conserve à la pulpe le goût de vinasse qui plaît au bétail. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire d'avoir 2 bacs spéciaux ainsi que l'indique notre schéma.

MÉTHODES B.

Dans les flegmeries, c'est-à-dire dans les distilleries où l'on ne rectifie pas, on n'a que très peu d'eau chaude à sa disposition; dans ce cas, on utilise les jus faibles. Quand on opère ainsi, il est bon de soutirer séparément les jus faibles pour ne pas les laisser se refroidir et se contaminer dans la fosse à pulpes.

3° *On emploie séparément la vinasse et les jus faibles.* Certains distillateurs mettent d'abord des jus faibles et ensuite de la vinasse; les autres, d'abord de la vinasse et ensuite des jus faibles. Cette dernière méthode est préférable, le liquide venant de la colonne devant être le moins contaminé. Dans chaque cas on ajoute un peu d'eau tiède à la vinasse.

4° *On mélange les vinasses avec les jus faibles* dans le même réservoir dans lequel on fait couler encore un peu d'eau tiède. Les distillateurs qui opèrent ainsi prétendent que leurs pulpes se conservent mieux.

Quantité de betteraves à charger par diffuseur Capacité productive de la batterie

177. Il est bon d'emplir aussi complètement que possible les diffuseurs sans aucun vide et de bien répartir la cossette.

Avec des cossettes faitières de 2 1/2 à 3 mm. bien faites, on peut très bien charger 55 k. de betterave par hecto de capacité utile. Toutefois, en distillerie on a une tendance à faire des cossettes plus grosses, car on diminue ainsi les frais d'entretien des couteaux et l'épuisement reste suffisamment bon, la présence de l'acide favorisant l'extraction.

Avec 12 diffuseurs de 15, c'est-à-dire une capacité totale de 180 h., on peut faire 90.000 k. de betterave par 24 h., soit 500 k. par 24 h. et par hecto de capacité utile du diffuseur.

Pression de l'eau ou du liquide diffuseur

178. La pression du liquide qui alimente la conduite des diffuseurs ne doit pas être trop forte, sinon, à chaque ouverture assez brusque de la soupape, il se produit un coup de bélier qui peut déterminer un collage ou des voies d'eau dans la masse des cossettes.

Une hauteur de 6 à 8 m. est bien suffisante. Dans les cas de pressions de 10 m. on est souvent obligé de diminuer à l'aide d'un diaphragme (disque) le diamètre du tuyau d'arrivée d'eau.

Volume du jus de diffusion à l'eau

179. Soit D la densité du jus naturel de la betterave, d , la densité du jus produit par la diffusion à l'eau, le tout rapporté à l'eau = 100.

Admettons que la betterave renferme 95 p. 100 en poids de jus. Les 95 kil. de jus occupent un volume de

$$\frac{95 \times 100}{D}$$

Calculons la quantité d'eau qu'il faut ajouter à 100 unités de

volume à D pour l'amener à la densité d . On a, en négligeant la concentration et en admettant pour l'eau la densité de 100

$$D + v = (100 + v) \frac{d}{100}$$

$$100 D + 100 v = 100 d + v d$$

$$v = \frac{100 (D-d)}{d - 100}$$

Tel est le volume qu'il faut ajouter à 100 unités. On aura fait avec ces 100 unités un volume de

$$100 + v = 100 + \frac{100 (D-d)}{d - 100}$$

Les 95 kil. de jus à D occupent donc, à la densité d , un volume

$$V = \frac{95}{D} \left[100 + \frac{100 (D-d)}{d - 100} \right]$$

$$V = \frac{95 \times 100}{D} \left(\frac{D - d}{d - 100} \right)$$

Exemple. — Supposons une betterave à 106. Le volume qu'il faut soutirer pour avoir du jus à 104 est

$$V = \frac{95 \times 100}{106} \left(\frac{106 - 100}{104 - 100} \right) = 134 \text{ l. } 50$$

La diffusion se faisant en milieu acide et les racines étant relativement pauvres, l'épuisement est plus facile en distillerie qu'en sucrerie et on épuise très bien dans une batterie de 10 diffuseurs en soutirent 140 litres par 100 kil. de betteraves.

Le jus soutiré est envoyé dans les bacs jaugeurs où l'on règle exactement leur acidité avant de les envoyer à la fermentation.

Emploi de l'acide à la diffusion

180. Nous avons vu qu'il était indispensable de mettre l'acide dans le diffuseur de tête. Cet acide doit être réparti régulièrement sur les cossettes. On peut se servir à cet effet d'un tuyau en caoutchouc terminé par une pomme d'arrosoir ; ce tuyau amène l'acide d'un petit bac en plomb où on l'étend d'une certaine quantité d'eau, 10 fois son volume d'eau par exemple, en versant peu à peu l'acide

dans l'eau pour éviter les accidents. Dans d'autres installations, on distribue l'acide sous le coupe-racines à un endroit plus ou moins élevé de la nochère ; il se produit moins d'éclaboussures.

La quantité d'acide à mettre dépend évidemment de l'acidité que l'on veut avoir dans son moût et du volume du jus que l'on soutire par 100 kil. de betteraves.

Soit a l'acidité libre et S le soutirage, le poids d'acide à mettre est $A = S. a$.

Si $a = 2$ gr. 5 et $S = 140$ lit.

on a $A = 140 \times 2,5 = 350$ gr.

d'acide sulfurique à 66, soit environ 2 lit. par 100 kil.

Il est préférable de mettre tout l'acide directement sur les cossettes, et cela pour deux raisons. D'abord elles offrent un excellent terrain pour le développement des ferments nuisibles, et ensuite, c'est dans les diffuseurs nouvellement chargés que la production de fermentations vicieuses est le plus à craindre. A cet endroit on modère généralement le chauffage pour que le jus ne sorte pas trop chaud de la batterie, en sorte que la température qui y règne est favorable aux ferments lactiques et butyriques, etc.... En outre, il faut que l'acide des diffuseurs diminue à mesure qu'on se rapproche de la queue de la batterie, pour que les pulpes et les petites-eaux ne soient pas trop acides.

Les considérations que nous venons de développer font ressortir une fois de plus la nécessité d'un lavage soigné des racines. Dans les fabriques de sucre, au début du travail à la diffusion, on a souvent constaté la production d'une grande quantité de gaz inflammable dans les diffuseurs. Ce gaz était de l'hydrogène provenant d'une fermentation butyrique produite par les bacilles contenus dans la terre adhérente à la betterave.

En distillerie, ce fait aurait des conséquences fort graves, car les jus ne sont pas chauffés suffisamment pour tuer ce ferment et ses spores, et on sait que celui-ci est un ennemi redoutable pour la levure. Le gaz inflammable qui se dégage est de l'hydrogène ; celui-ci étant à l'état naissant occasionne un accident très grave désigné sous le nom de fermentation nitreuse. On évite tout cela par un bon lavage, mais malgré cela il faut acidifier immédiatement, car si la contamination par la betterave elle-même est éliminée, il reste toujours celle qui peut provenir de l'air et des appareils diffuseurs, etc.

181. *Composition du jus de diffusion à l'eau.* — Voici la composition du jus de diffusion de sucrerie, d'après Strohmmer et Stift :

Sucre	10,55
Eau	87,00
Cendres	0,55
Non sucre organique.	1,88
Pureté réelle.	81,50
Azote protéique.	0,096
— amide et ammoniacal.	0,076
— acido-amide	0,030

Coupe-racines de diffusion

182. Pour découper la betterave en cossettes, on se sert des coupe-racines usités en sucrerie. Nous avons déjà fait ressortir l'importance du lavage au point de vue du découpage, nous n'y reviendrons donc pas.

Le coupe-racines ordinaire de sucrerie se compose d'un plateau *pp* en fonte (Fig. 36) de 1 mètre à 1 m. 75 environ de diamètre, calé sur un arbre vertical tournant avec une vitesse de 100 à 150 tours par minute. Cette vitesse est en raison inverse du diamètre du plateau. Ce plateau présente un certain nombre d'ouvertures ou lumières (8-10-12), variable suivant son diamètre, et disposées suivant des rayons, dans lesquelles on fixe des porte-couteaux dont la surface affleure avec celle du plateau. Les couteaux fixés sur les porte-couteaux se présentent comme des lames de rabots; on règle la grosseur des cossettes en modifiant la position des plaques mobiles placées en face des couteaux et qu'on appelle contre-plaques.

Au-dessus du plateau se trouve une trémie T portant quelques traverses (arrêteoirs) qui empêchent la betterave d'être entraînée dans le mouvement de rotation du plateau.

Pour empêcher les betteraves de rouler et les forcer ainsi à se faire découper régulièrement, cette trémie doit toujours être pleine. Pour assurer davantage la régularité des cossettes, on incline les arrêteoirs à 45°, ce qui donne de la fixité aux betteraves et les empêche de tourner sur elles-mêmes.

Voici les capacités productives des coupe-racines usuels, suivant leur diamètre et le nombre des boîtes à couteaux.

DIAMÈTRE	NOMBRE DE TOURS	NOMBRE DE BOÎTES A COUTEAUX	POIDS DE BETTERAVES DÉCOUPÉES
1 m.	150	5 boîtes	100.000
1 m. 30	120	8 boîtes	150.000
1 m. 50	100	10 boîtes	250.000
1 m. 75	100	12 boîtes	400.000

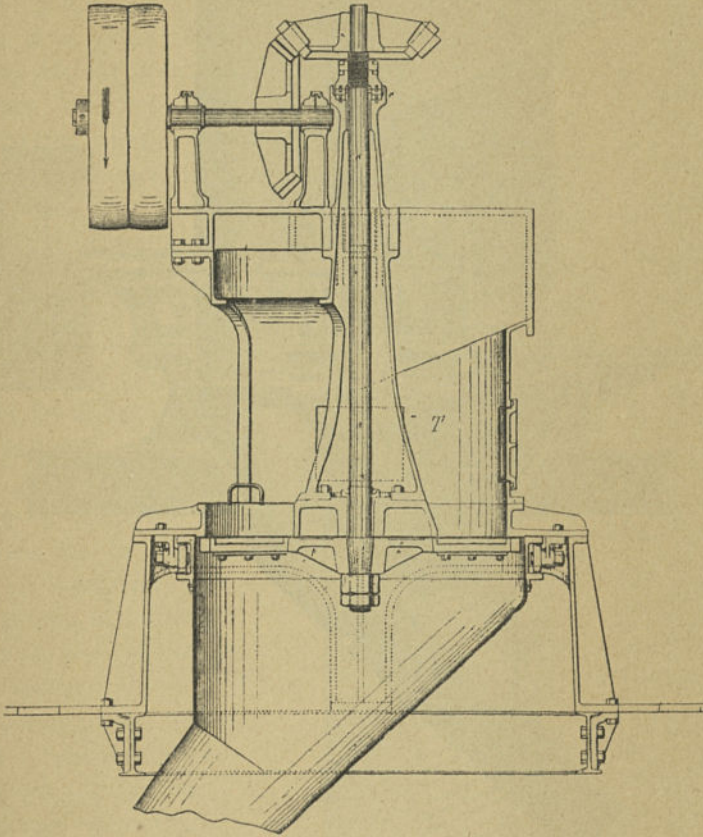


Fig. 36. — Coupe-racines à arbre suspendu, système Wauquier.

Pour 500,000 kil. il est préférable d'adopter deux coupe-racines de 1 m. 50.

L'arbre vertical repose généralement à sa partie inférieure sur une crapaudine ; à sa partie supérieure il est maintenu par des coussinets (Coupe-racines Maguin, Fig. 37). Quand on veut laisser le dessous du plateau entièrement libre, on supprime la crapau-

dine et la traverse qui la porte, et on soutient l'arbre par un support en forme de fourreau, terminé par un godet constituant un réservoir d'huile. Au fond de ce godet est fixée, par des goujons, une embase en fonte, sur laquelle repose et tourne une autre

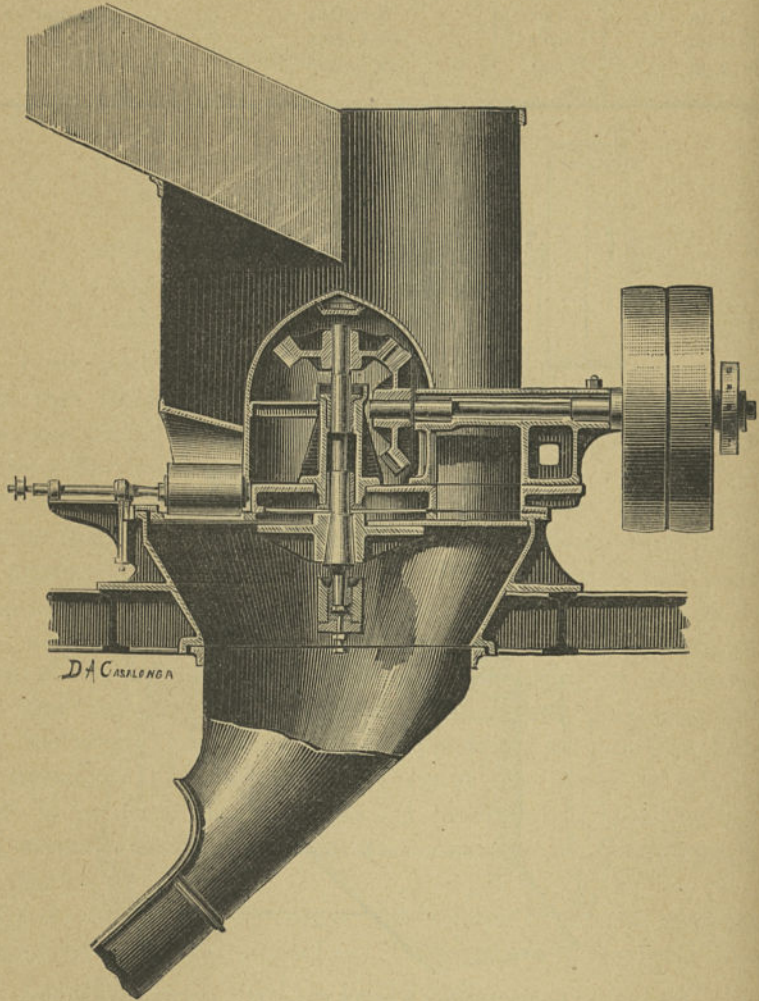


Fig. 37. — Coupe-racines, système Maguin.

pièce également en fonte et fixée de la même façon à un écrou fileté sur l'arbre vertical. Le déserrage de cet écrou est empêché par un contre-écrou. Les parties frottantes en fonte tournent complètement noyées dans l'huile dont on a rempli le godet. (Fig. 36).

Couteaux et porte-couteaux de diffusion

183. Les premiers couteaux employés pour le découpage des betteraves étaient des lames plates comme le fer d'un rabot ; les racines étaient préalablement divisées en bandelettes par de petites lames perpendiculaires aux premières et placées en avant d'elles.

On employa ensuite des lames à dents de bouvet, dites lames à doigts, les dents ayant une largeur égale à celle que doivent présenter les cossettes. A l'origine de la diffusion en sucrerie, on vit paraître le couteau Napravail, puis le couteau Goller : le premier donnait des cossettes rectangulaires de 6 mm. de largeur, le second des tranches en forme de losange.

Aujourd'hui on n'emploie plus guère, en sucrerie comme en distillerie, que des couteaux faitières

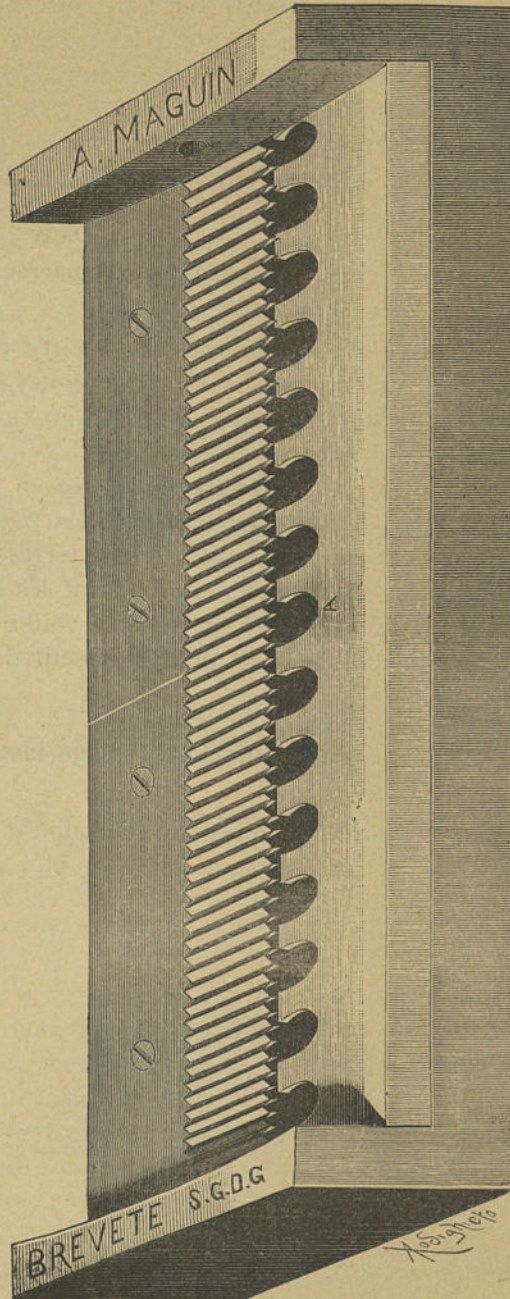
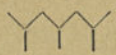



Fig. 38. — Porte-couteau à contre-lame épierreuse (ancien modèle).

 produisant des cossettes analogues aux tuiles dites faitières  ; cette cossette offre au liquide une grande surface de contact et ne se tasse pas dans les macérateurs ou les diffuseurs.

Autrefois les couteaux et les contre-lames se fixaient directement sur le plateau du coupe-racines ; maintenant on les fixe et les règle d'avance sur des cadres appelés porte-couteaux que l'on pose dans les lumières du plateau.

Porte-couteaux épierreurs.

184. Malgré tous les lavages, de petites pierres parviennent toujours jusqu'au coupe-racines ; pour éviter l'action funeste de ces pierres sur les couteaux, M. Maguin a construit des porte-couteaux épierreurs.

Le bord de la contre-plaque placée en regard de la lame est taillé de façon à constituer des alvéoles A (Fig. 38) qui permettent le dégagement des pierrailles et des terres au-dessous de la lame, tandis que les parties pleines, séparant les échancrures, continuent de soutenir la betterave au niveau voulu par rapport à la lame pour que la cossette n'ait que l'épaisseur désirable.

Porte-couteau à réglage instantané.

185. La figure 39 représente la coupe d'un porte-couteau ordinaire avec sa contre-plaque serrée à bloc au moyen d'un boulon et d'une vis de réglage.

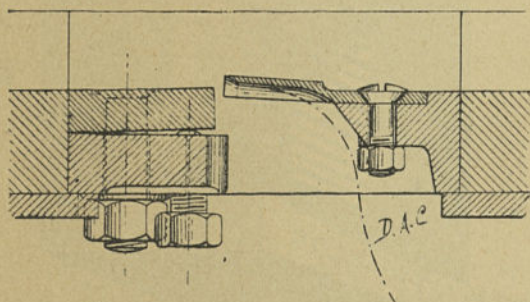


Fig. 39. — Porte-couteau ordinaire.

M. Maguin a successivement perfectionné ce porte-couteau. La ligne pointillée indique le départ de la cossette ; on voit qu'elle rencontre des surfaces de résistance contre lesquelles elle se brise. Pour éviter cela, ce constructeur donne

aux couteaux une plus grande largeur, il diminue leur épaisseur et les fait en fonte d'acier incassable ; il obtient ainsi des porte-

couteaux à grand dégagement qui favorisent la production d'une cossette longue.

Le porte-couteau ordinaire présente un autre inconvénient. La plaque de réglage est supportée en quelques points seulement de sa surface par des vis, des goujons, des coins, etc... ; il en résulte que sous l'action d'efforts divers produits, soit par l'ouvrier quand il opère le réglage du porte-couteau, soit par des chocs de corps durs dans le coupe-racines, ces plaques se déforment et empêchent un réglage exact de l'épaisseur des cossettes. En outre, le réglage de ces plaques est rendu long et difficile par les actions successives à produire sur les organes plus ou moins nombreux qui les fixent sur le porte-couteaux.

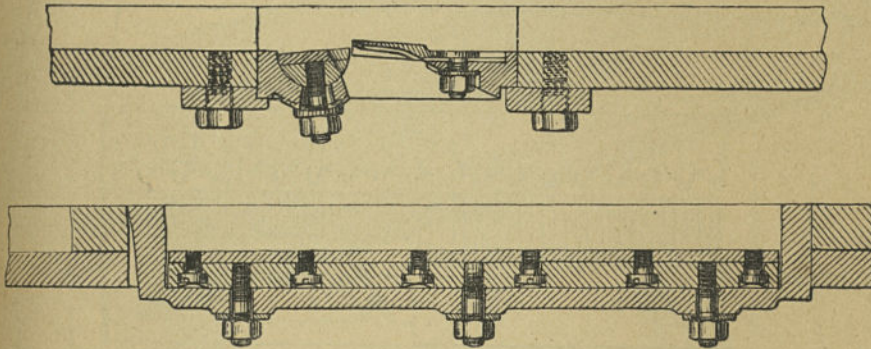


Fig. 40 et 41. — Coupes du porte-couteaux à réglage instantané.

Dans la boîte à couteaux représentée par la figure 40, la plaque de réglage présente la forme d'une portion de cylindre dont l'axe est parallèle à l'axe longitudinal du porte-couteaux. Sa surface plane est à la partie supérieure ; sa surface cylindrique et convexe est en contact parfait en tous ses points avec ceux d'une surface concave de même rayon de courbure ménagée dans le corps du porte-couteaux. La figure 41 montre une coupe longitudinale passant par l'axe de la plaque de réglage. Trois goujons taraudés, vissés dans cette plaque, assurent et rendent fixe la position donnée à cette plaque dans son logement. Pour régler la coupe des couteaux, il suffit de desserrer légèrement les écrous des goujons et de faire tourner la plaque sur elle-même dans son logement, jusqu'à ce que son arête qui regarde les couteaux se trouve à la hauteur voulue, puis on resserre les écrous. Il ne reste alors, pour obtenir le réglage, qu'à avancer ou

à reculer les couteaux, de façon à amener leur tranchant parallèlement à la plaque de réglage et à l'écartement nécessaire.

On voit sur les figures que la plaque de réglage est composée de deux parties, l'une inférieure, dans laquelle sont fixés les goujons, l'autre, supérieure, est fixée à la première par des vis. Cette deuxième partie est en acier trempé et peut être remplacée à peu de frais dès qu'une usure ou une déformation un peu accentuée a détruit la ligne droite nécessaire à un bon réglage.

La figure 42 montre une vue en plan de ce nouveau porte-couteaux monté en épierreur. La contre-plaque étant symétrique, par rapport aux axes, il suffit de la retourner bout par bout pour avoir un porte-couteaux non épierreur.

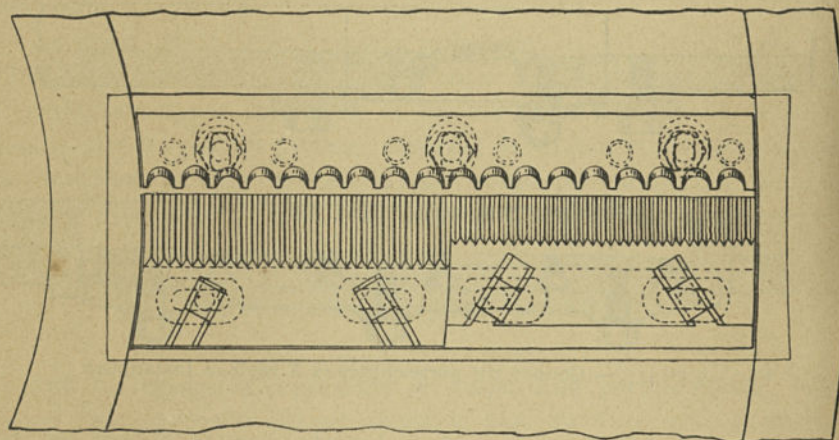


Fig. 42. — Porte-couteaux épierreur à réglage instantané.

Dans les anciens porte-couteaux, la ligne de coupe recule au fur et à mesure que les couteaux s'usent. Pour éviter cela et pour pouvoir utiliser, sur le même porte-couteaux, deux couteaux inégalement usés, on remplace les trous ronds par des trous oblongs. En outre, comme les couteaux ont une tendance à reculer pendant la marche en glissant sur le porte-couteaux, la maison Maguin remplace les trous oblongs des porte-couteaux par des entailles biaisées qui empêchent ce recul.

Porte-couteaux système Putsch.

186. Dans le porte-couteaux système Putsch (Fig. 43), la contre-lame mobile est remplacée par une contre-lame fixe. Les couteaux sont montés sur un siège mobile, tournant autour de 2 goujons. Cette disposition permet de faire des porte-couteaux très étroits et de conserver, malgré cela, un dégagement facile pour les cossettes.

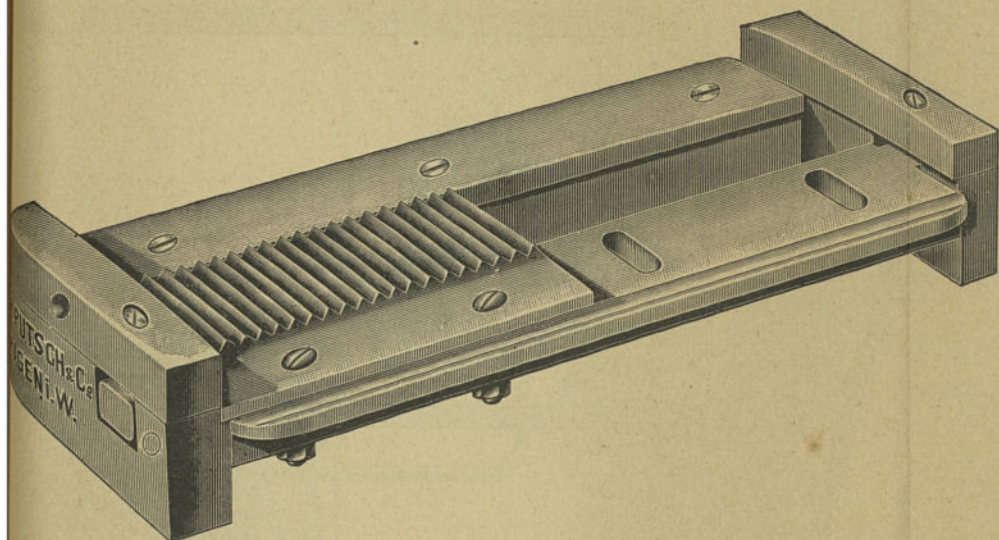


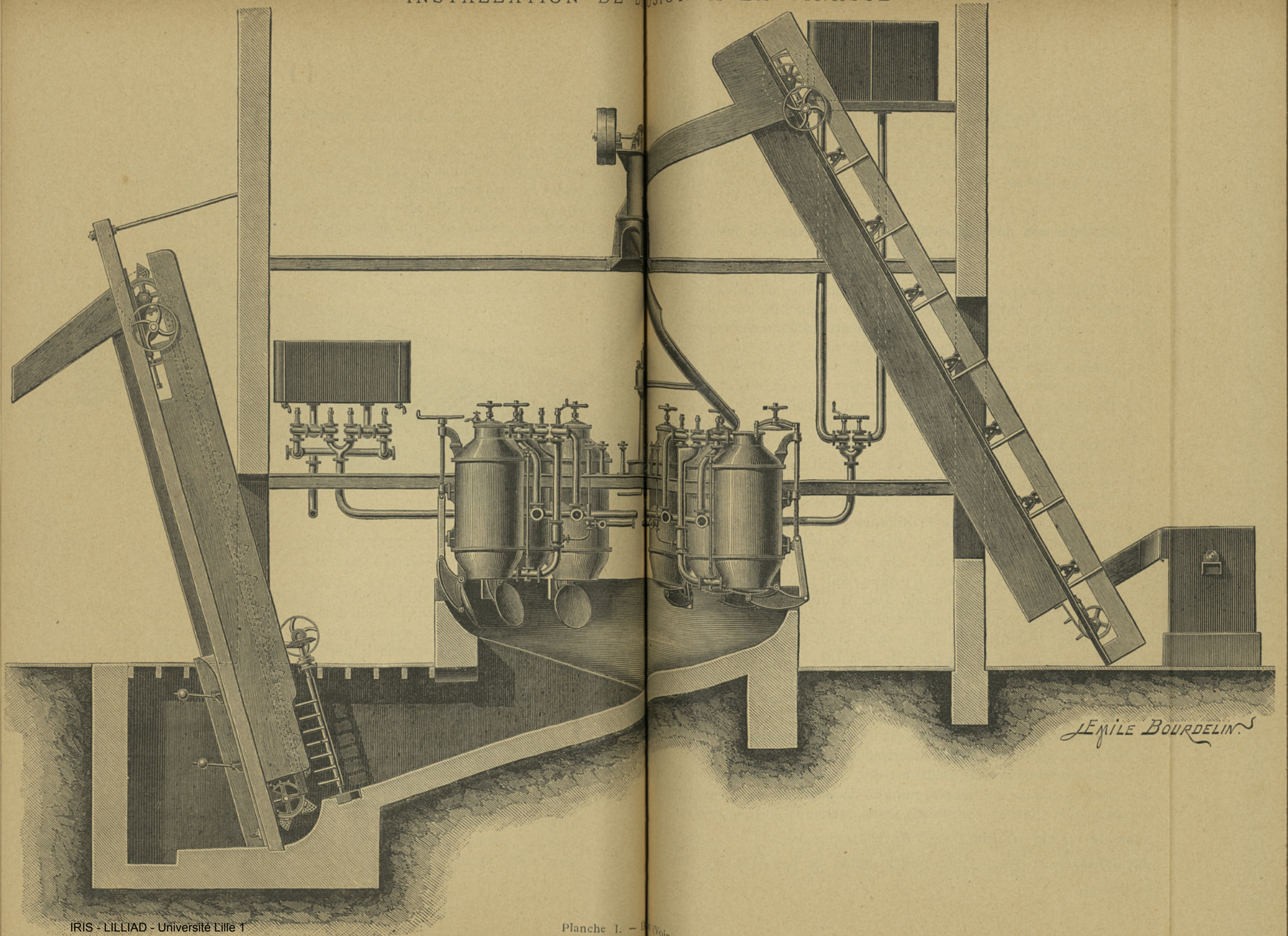
Fig. 43. — Porte-couteau à siège basculant, système Putsch.

On règle exactement la position du siège mobile et par suite des couteaux, au moyen de goujons filetés (2 à chaque extrémité du porte-couteaux), qui agissent sur deux ergots pénétrant dans deux logements que présente le porte-couteaux. Sur la figure on aperçoit très nettement l'un des ergots, à côté l'un des goujons autour desquels se fait la rotation et, au-dessus, l'un des goujons taraudés de réglage.

Broches pour suspension des betteraves dans le coupe-racines.

187. Pour assurer un découpage régulier de la betterave, on a été amené à faire des trémies fort hautes, ce qui assure une forte charge de betteraves sur les plateaux. Mais ceci présente un inconvénient : quand, pour une cause quelconque, on est conduit à visiter toute la surface du plateau, on est obligé d'enlever à la

INSTALLATION DE DIGESTION A LA VINASSE



main une énorme quantité de betteraves. Pour éviter cela, on dispose sur le pourtour de la trémie du coupe-racines des hersees dont les dents traversent tout l'espace occupé par les betteraves, quand les hersees sont poussées à fond par la vis et le volant servant à la manoeuvrer.

Consommation de combustibles pour l'extraction du jus par diffusion

188. Pour calculer la consommation de combustible d'une batterie de diffusion, nous ferons la différence entre la quantité de chaleur qui sort et celle qui entre; cette différence est évidemment fournie par la vapeur employée au chauffage.

La chaleur sort emportée par :

- 1° Le jus que l'on soutire ;
- 2° La pulpe et l'eau que l'on enlève du diffuseur ;
- 3° Le rayonnement et le contact de l'air.

La chaleur entre par :

- 1° La betterave introduite ;
- 2° La vinasse ;
- 3° L'eau.

Supposons une batterie de 12 diffuseurs de 20 hectos chacun, soit une capacité totale de 240 hectos. En sucrerie ou dans le travail à l'eau en distillerie, une telle batterie pourrait travailler 240 tonnes de betteraves par 24 heures, soit 1000 kil. par hecto de capacité utile et par 24 heures. Avec la diffusion à la vinasse on trouve plus avantageux, comme nous le verrons plus loin, de travailler plus lentement et de ne faire, avec la même batterie, que les $\frac{2}{3}$ et même la $\frac{1}{2}$ de cette quantité.

Nous compterons donc sur un travail de 120 tonnes seulement par 24 heures, soit 500 kil. par hecto de capacité utile ou 5 tonnes par heure.

Admettons que les diffuseurs aient 1^m,30 de diamètre, 1^m,60 de hauteur et soient réunis par des calorisateurs de 0^m,35 de diamètre.

La surface totale des diffuseurs est de $9,2 \times 12 = 110$ mq. et celle des calorisateurs de $2 \times 12 = 24$ mq. En ajoutant 10 mq. pour les tuyautages et autres accessoires, nous arrivons à une surface totale de 144 mq. pour un travail de 120 tonnes, soit $\frac{144}{12} = 12$ mq. par diffuseur et $\frac{144}{120} = 1$ m. 20 par tonne de betteraves et par 24 heures.

Calcul du rayonnement et de la perte de chaleur par le contact de l'air

189. Les formules de Dulong, vérifiées par les expériences de Pécelet, donnent pour la chaleur rayonnée par un mq. et par heure

$$R = m. a^{\theta} (a^t - 1)$$

et pour la chaleur perdue au contact de l'air

$$A = m'. t^{1,233}$$

La perte totale est donc

$$M = R + A = m. a^{\theta} (a^t - 1) + m' t^{1,233}$$

a, nombre nombre constant = 1,0077,

θ , température de l'enceinte ;

t, excès de la température du corps sur celle de l'enceinte, m, nombre constant qui dépend de la nature de la surface du corps et que, d'après Pécelet, il convient de faire égal à 124,72 K, quand l'enceinte est à surface terne, ce que pouvons admettre ;

K, nombre constant qui dépend de la nature de la surface rayonnante et qui est égal à 3,70 pour la peinture à l'huile ;

m', nombre que Pécelet conseille de faire égal 0,552 K', K' étant un nombre qui varie avec la dimension du corps et qui est égal à

$$K' = \left(0,726 + \frac{0,0345}{\sqrt{r}} \right) \left(2,43 + \frac{0,875}{\sqrt{H}} \right)$$

pour les cylindres verticaux de rayon R et de hauteur H.

En faisant les calculs nous trouvons pour les diffuseurs $K' = 2,40$ et pour les calorisateurs $K' = 2,52$. Nous adopterons donc en moyenne 2,42 pour toute la surface.

Par suite $m' = 0,552 + 2,42 = 1,336$.

Tout étant peint à l'huile on a

$$m' = 124,72 \times 3,70 = 461,46.$$

Comme on ne dépasse guère 80° dans le liquide du diffuseur, nous pouvons admettre, sans crainte d'être en dessous de la vérité, que la température de la tôle ou de la fonte est de 70°. Pour la température de la salle nous prendrons 20°.

En faisant $\theta = 20$ et $t = 70$, on a

$$M = R + A = 461,5 + \frac{20}{1,0077} \left(\frac{70}{1,077} - 1 \right) + 1,336 + 70^{1,233}$$

$$M = R + A = 384,1 + 251,6 = 635,7 \text{ cal. par mq. et par heure.}$$

Comme nous sommes partisan de chauffer fort, admettons que tous les diffuseurs aient une température extérieure de 70°; le rayonnement sera alors par tonne $\frac{635 \times 144}{5} = 18.300$ cal.

Le rayonnement est donc de 18.300 calories par tonne.

Faisons maintenant la balance de la chaleur sortie et de la chaleur entrée. Admettons que la betterave entre à 12° C, la vinasse à 60° C et l'eau à 25°, et que, pour économiser l'eau du réfrigérant qui manque assez souvent, on fasse sortir le jus à 30° C, la pulpe et les petites eaux à 50° C.

On peut, dans ce cas, compter que 9 diffuseurs sur 12 rayonnent sérieusement et que la perte qui en résulte est de $18\ 300 \times \frac{9}{12} = 15.000$ cal.

Le bilan est alors le suivant :

SORTIES :			
1400 kilos jus à 30° C	52.000	à 40	56.000
2300 kilos pulpe et eau à 50° C	115.000	à 75	172.500
Rayonnement	15.000		15.000
Total des sorties	182.000		243.500
ENTRÉES :			
1000 kilos betteraves à 12° C	12.000		12.000
1400 kilos vinasses à 60° C	84.000	à 80	112.000
1300 kilos eau à 25° C	32.500	à 60	78.000
Total des entrées.	128.500		202.000
Balance	53.500		41.500
	182.000		243.500

Il faut donc fournir à la batterie 53.500 calories par tonne de betterave travaillée ou $\frac{53.500}{532} = 100$ de vapeur.

En admettant une production de vapeur de 8 kilos par kilo de houille, la dépense de charbon pour le chauffage de la batterie sera de 12 kil. 55 par tonne de betteraves. Chacun peut refaire ces calculs pour un cas particulier. En travaillant plus chaud dans les conditions indiquées par la seconde colonne, on arrive à 41.500 calories. Dans ce cas, la colonne à distiller a consommé en plus 28.000 calories.

Comme le font observer MM. Barbet et Arachequesne, on s'inclinerait en erreur si on calculait la dépense de combustible d'une batterie de diffusion sans faire intervenir en même temps la dépense de la colonne à distiller qui fournit les vinasses chaudes, et c'est la dépense totale de la colonne et de la batterie de macération qui indique l'usine travaillant le plus économiquement dans son ensemble. Mais ces auteurs ont eu tort de faire intervenir la question de récupération de chaleur des vinasses dans les calculs destinés à *comparer* les divers procédés d'extraction entre eux, car il est évident qu'au point de vue de la récupération de la chaleur, on peut se mettre dans les mêmes conditions aussi bien dans la macération que dans la diffusion. A notre avis, la quantité de moût à distiller dans l'un et l'autre système doit seule entrer en ligne de compte. Or, pour bien épuiser en macération, il faut faire 20 hectolitres de jus par tonne de betteraves à 5° de densité, tandis qu'avec la diffusion, on épuise très facilement en faisant seulement 14 hectolitres de jus. La dépense de vapeur est donc plus forte avec la macération qu'avec la diffusion.

Nous ne voulons pas trop insister sur la dépense de vapeur des batteries de diffusion et nous nous abstenons également de faire des comparaisons, sous ce rapport, avec les autres procédés d'extraction : les presses et la macération. Nous estimons que les calculs méticuleux auxquels certains auteurs se sont livrés n'ont pas l'importance qu'on pourrait y attacher, parce qu'on a perdu de vue le côté microbiologique, qui présente une très grande importance. La dépense en charbon pour le chauffage de la batterie ne sera jamais onéreuse tant que l'excédent de calorique dépensé sera utilisé à donner un jus permettant une fermentation plus pure ; et c'est le cas pour la dépense de vapeur à la diffusion.

Diffusion Egrot

190. Les figures 44 et 45 représentent une batterie de diffusion du type Egrot. Les diffuseurs sont entièrement en fonte et leur fond cylindrique repose directement sur un massif en maçonnerie ; ils sont munis de portes latérales. Après avoir enlevé les jus faibles du diffuseur épuisé, on ouvre la porte et on retire la pulpe qu'on fait tomber dans des wagonnets roulant sur des rails circulaires. Le tuyautage circulaire le plus voisin des diffuseurs est celui d'arrivée d'eau ou de vinasse ; le plus éloigné est celui de soutirage du jus.

ENSEMBLE D'UNE BATTERIE DE DIFFUSION

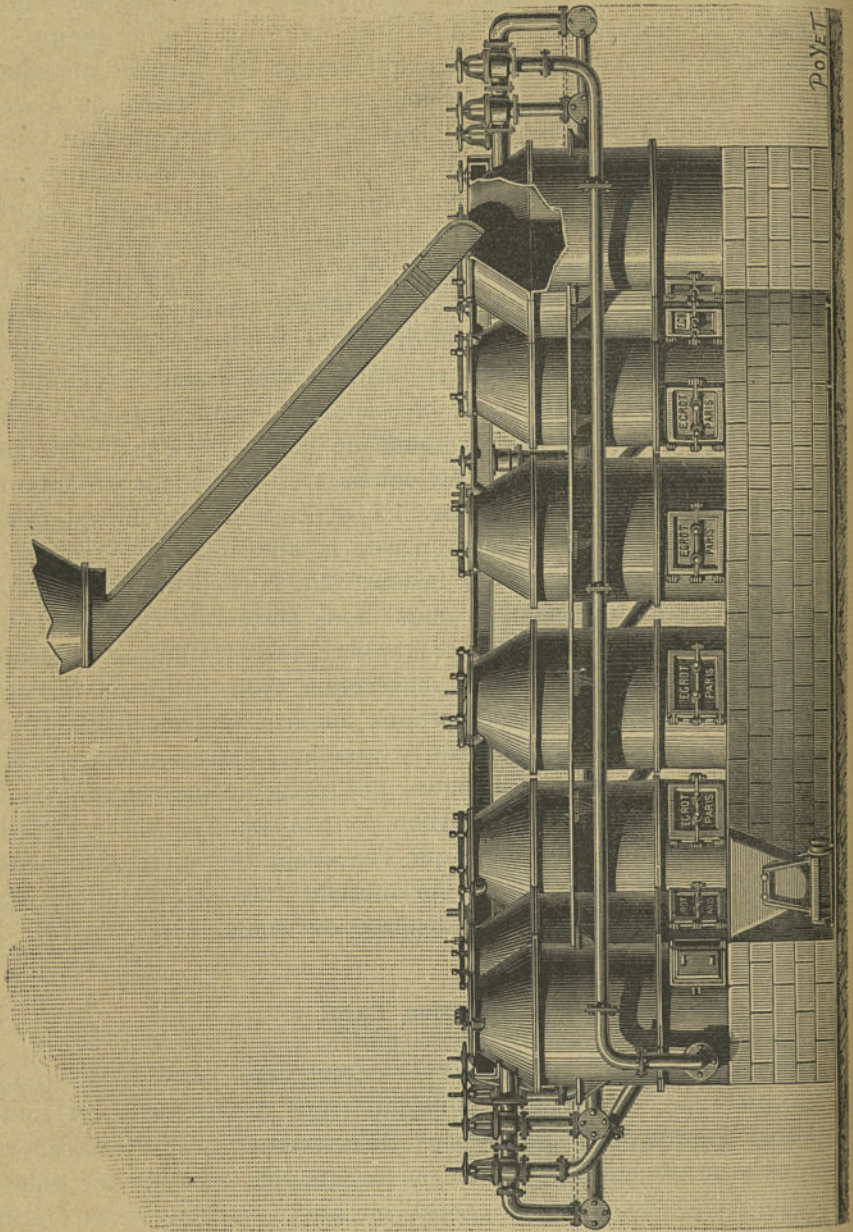


FIG. 11. — DIFFUSION & LA VITRIFICATION (ÉLEVATION).

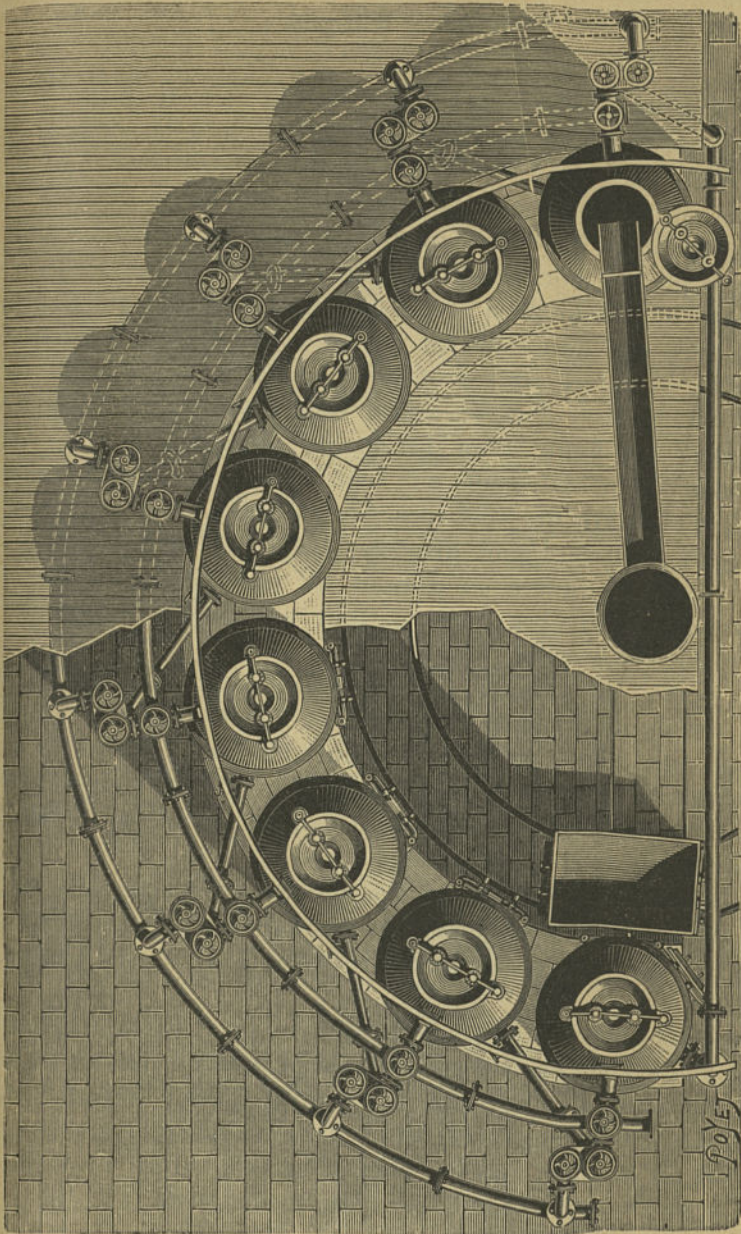


Fig. 45. — Diffusion à la vinasse, système Egot (plan).

Diffusion Wauquier

191. Les deux planches I (pages 152 et 153) et II (pages 168 et 169) représentent une installation de diffusion à la vinasse, système Wauquier, de Lille. Voici les renseignements que nous trouvons sur ce système dans deux revues techniques.

« Un élévateur à palettes monte les betteraves dans un coupe-racines à plateau horizontal, coupant sur toute la surface avec un système de suspension bien étudié (fig. 36). La nochère qui distribue les cossettes aux diffuseurs est garnie à son extrémité inférieure d'un bout en cuivre pour protéger le métal à l'endroit où coule l'acide. La batterie compte douze diffuseurs de 20 hectolitres, entièrement en fonte, dont l'ensemble présente un coup d'œil qui dénote immédiatement au visiteur une grande commodité pour la manœuvre des soupapes, portes, etc... Les soupapes de chacun des diffuseurs sont disposées selon des rayons, toutes les tuyauteries sont situées en dessous du plancher de la batterie, ce qui permet un libre accès partout autour des diffuseurs, et faciliter ainsi le service.

Les portes de vidange des diffuseurs sont manœuvrées du dessus du plancher, et la fermeture et l'ouverture sont assurées par une tige filetée agissant à l'extrémité d'un balancier dont l'autre extrémité est reliée à la porte. Les jus sont chauffés par des injecteurs de vapeur qui agissent dans le sens de la circulation et contribuent ainsi à sa marche.

Les diffuseurs reposent sur des alvéoles en maçonnerie faisant partie de la fosse de vidange; les nombreuses colonnes et charpentes métalliques des anciennes batteries sont ainsi absolument évitées.

Sur le plancher, au centre de la batterie, se trouve la distribution d'acide sulfurique: un réservoir de jauge gradué permet au chef de la diffusion de contrôler la quantité d'acide introduit dans chacun des diffuseurs; l'acide dilué dans un autre réservoir, placé au-dessus du premier, pénètre dans la batterie au fur et à mesure de la descente des cossettes par l'intermédiaire de la nochère, les cossettes sont donc de cette façon très régulièrement imprégnées d'acide.

L'évacuation des cossettes épuisées se fait naturellement vers un élévateur par le moyen d'un plan incliné et il n'est aucunement

nécessaire du secours de la main-d'œuvre dans la fosse à cossettes. Au pied de l'élévateur, un système de bras jeteurs rotatifs mus mécaniquement assurent la prise régulière de chacun des godets de l'élévateur de pulpes. Les godets de cet élévateur sont en cuivre rouge et la majeure partie de ses organes sont en bronze afin d'éviter l'usure par suite de l'action de la vinasse des pulpes sur le fer et la tôle.

Les pulpes non pressées sont très recherchées par la culture de la région, à cause de cet espèce d'arome que leur communique la vinasse : le bétail manifeste, en effet, pour cette nourriture, une préférence très marquée. Le rendement en pulpes est de 50 pour 100 du poids de la betterave. Le réservoir de vinasse faisant pression sur la batterie est à une hauteur de 4 à 5 mètres. Cette faible hauteur donne, il est vrai, une circulation lente, mais elle assure cependant un bon épuisement et aucun arrêt dans la circulation, car il est bon de faire remarquer que les arrêts dans la circulation provoquent un abaissement de température et par suite des fermentations butyriques dans la batterie au détriment du rendement en alcool.

Le soutirage s'opère en partie avec les jus faibles, et les vinasses employées sont suffisamment étendues d'eau pour obtenir des jus relativement peu chargés de sels. L'alimentation régulière des jus à la fermentation est assurée par l'emploi de deux bacs jaugeurs, l'un se vidant à la cuverie, pendant que l'autre se remplit du jus provenant de la batterie (G. Gras, *Journal de la Betterave*, 1896).

Au point de vue de l'extraction du sucre, les résultats de ce système sont fort bons. Dans un article paru dans l'*Alcool et le Sucre*, sous le titre *La Distillerie agricole*, M. Arachequesne dit : « Les épuisements de cossettes que M. Lahaye, distillateur à Lieusaint (S.-et-M.), nous a permis de relever sur son livre portent comme points extrêmes 0,18 et 0,22 et donnent pour la campagne une moyenne de 0 gr. 2 de sucre par 100 gr. de cossettes ; pour les jus faibles la teneur en sucre varie de 0,12 à 0,19, avec une moyenne de 0,16 p. 100 cc. Ces jus faibles ne rentrent pas en circulation, ils servent seulement à chasser les jus du dernier diffuseur épuisé avant sa vidange. » (Janvier 1895).

Comme les cultivateurs tiennent beaucoup à l'aspect particulier de la pulpe gorgée de vinasse, la maison Wauquier adopte, pour ses diffusions à la vinasse, une durée sensiblement double de celle de la diffusion à l'eau. Une autre raison qui a déterminé ce

constructeur à prendre cette décision, c'est que, le travail étant moins rapide, un seul homme peut suffire dans les petites batteries pour le remplissage, la vidange et la conduite de la batterie.

Il faut, autant que possible, supprimer tout travail de l'ouvrier en dessous de la batterie, pour ne pas avoir d'accidents graves.

Il est très important, en effet, que toute la manœuvre puisse se faire du plancher de la batterie, car on ne peut guère songer, comme en sucrerie, à faire travailler les hommes dans la fosse à pulpes : les ouvriers s'y refusent et l'on s'exposerait en outre à tout moment à ce qu'ils soient grièvement brûlés par la vinasse.

Diffusion continue, système Perret

192. Le diffuseur Perret (Fig. 46) se compose d'un cylindre horizontal en tôle perforée, fixé à un arbre qui le fait tourner à raison de 50 tours par minute ; cet arbre porte à l'intérieur du cylindre une hélice en tôle. Le cylindre perforé est placé dans un récipient qui est divisé en 16 chambres par des caoutchoucs fixés au cylindre.

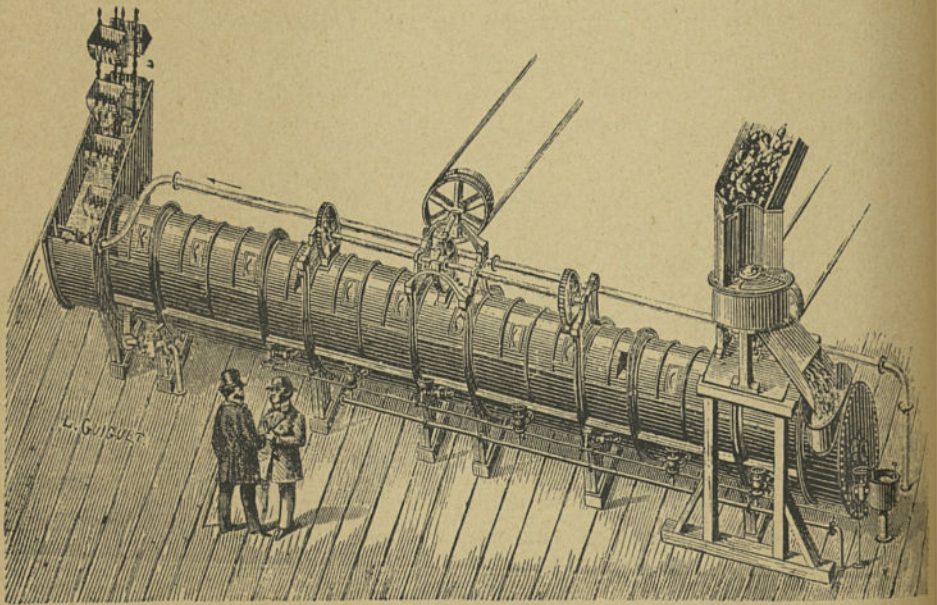


Fig. 47. — Diffusion continue, système Perret.

A droite du dessin, on aperçoit le coupe-racines, qui est à commande en-dessous. Les cossettes sortant de ce coupe-racines entrent à cette extrémité du cylindre et sont entraînées par l'hélice ; à l'extrémité opposée, on fait entrer de l'eau à 50° jusqu'à un certain niveau, dans le récipient. L'eau traverse la tôle perforée, se met en contact avec les cossettes et suit un courant inverse de celles-ci ; elle s'enrichit en sucre et s'écoule de l'appareil, après avoir été en contact avec la cossette fraîche qui entre constamment dans l'appareil.

Le récipient est entouré d'une double enveloppe, dans laquelle se trouvent des serpentins destinés à chauffer le jus.

Ce système a été monté dans 2 distilleries, mais on a dû le démonter. La réalisation vraiment pratique de la diffusion continue est encore un problème à résoudre, tant en distillerie qu'en sucrerie. Dans la diffusion Perret, on n'opère pas comme avec la diffusion discontinue, dans des vases nettement isolés ; malgré tous les artifices, on ne peut empêcher les liquides de se brouiller, ce qui gâte la méthodicité du travail.

Le diffuseur continu Perret est par rapport à la diffusion discontinue, ce que sont les colonnes distillatoires pleines, genre Ilges, par rapport aux colonnes à plateaux ; dans ces dernières la répartition du liquide en différents étages est très nette, tandis qu'elle n'est pas nette dans les colonnes pleines.

Pressages des cossettes épuisées

193. Les cossettes *épuisées à l'eau* sont trop aqueuses pour pouvoir être livrées au cultivateur ; on leur fait perdre une partie de leur eau en les faisant passer dans des presses spéciales, dont la plus répandue est celle de Klusemann.

194. *Presse Klusemann.* — Elle se compose d'un cylindre vertical en tôle perforée au centre duquel tourne lentement, au moyen d'une transmission à engrenage, un arbre conique creux en fonte B muni de palettes disposées en hélice (Fig. 47).

La cossette tombant dans la trémie, s'engage dans l'espace laissé libre entre le cône et l'enveloppe, est poussée par les palettes dans un espace de plus en plus restreint, et sort par une partie annulaire étroite entre le cylindre et la base de l'arbre tournant. On règle l'ouverture de cet espace annulaire en faisant monter

ou descendre, au moyen de vis de rappel, une pièce conique mobile C.

L'eau exprimée de la cossette s'écoule à travers la tôle perforée du cylindre et sort par deux tuyaux munis de regards qui se réunissent en dessous de l'appareil et supportent la crapaudine de l'arbre et le cône de réglage de la sortie des pulpes.

Le cylindre perforé est entouré d'une enveloppe en tôle légère.

Kuntz a perfectionné la presse Klusemann en pratiquant sur la plus grande partie de l'arbre conique des ouvertures recouvertes de tôle perforée, qui permettent au liquide de s'écouler également par le centre de l'arbre, ce qui augmente la surface filtrante.

Capacité productive. — Une presse Klusemann du type ordinaire, marchant à la vitesse de 3 tours $1/2$ par minute à l'axe vertical, prend 1 $1/2$ à 2 chevaux de force ; elle peut presser 50.000 k. de cossettes par 24 heures et les réduire à un poids équivalent à 33 p. 100 des betteraves travaillées. Ces cossettes pressées renferment 14 p. 100 de substance sèche.

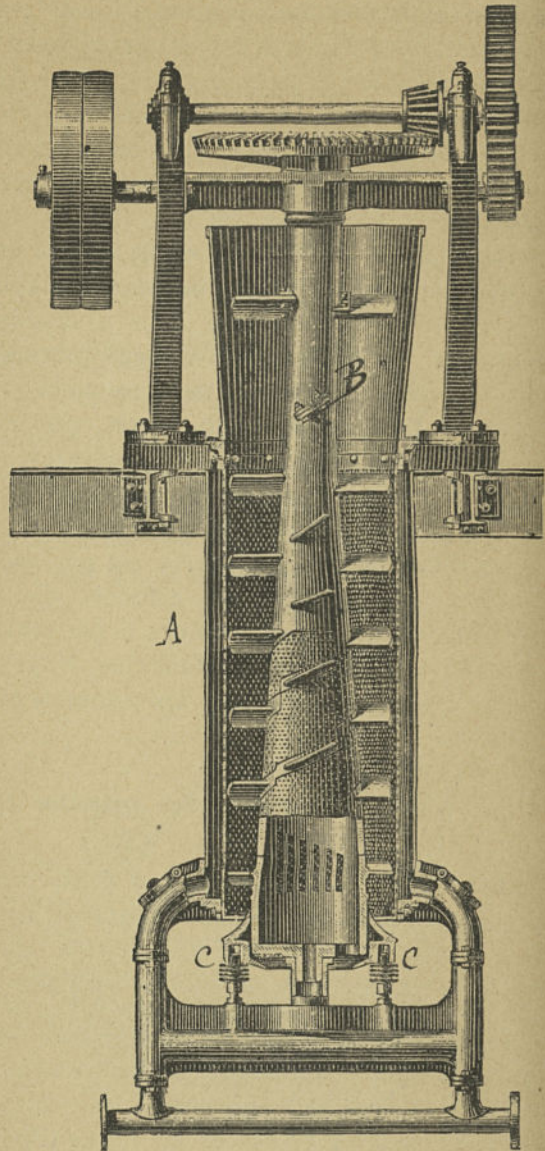


Fig. 47. — Presse à cossettes, système Klusemann.

195. *Presse Bergreen*. — Dans cette presse, la pulpe qui a parcouru les $\frac{2}{3}$ de la hauteur du cylindre, se trouve saisie par un second cône muni d'une hélice continue et tournant en sens inverse du premier cône. Ce cône inférieur reçoit son mouvement d'un arbre plein tournant à l'intérieur de l'arbre creux et commandé également par un engrenage conique dont le petit pignon est calé sur le même arbre horizontal. Une pièce conique placée à la partie inférieure règle l'ouverture de sortie comme pour la presse Klusemann.

Cette presse coûte plus cher, prend beaucoup plus de force, mais elle produit aussi une pression plus énergique. *

CHAPITRE XI

Extraction du jus par râpage et pression

Historique

196. Ce procédé, aussi ancien que la distillation des betteraves, a été emprunté à la sucrerie. La betterave était réduite en pulpe par une râpe à tambour, puis pressée aux presses hydrauliques.

En 1853-54, par suite de la hausse considérable des alcools, un grand nombre de fabriques de sucre se transformèrent en distilleries. « Il y a, en ce moment, écrivait Payen en 1854, 30 sucreries transformées en distilleries, et plus de 100 manufacturiers se préparent à effectuer une transformation semblable de leurs établissements du même genre. »

Les presses continues furent introduites en distillerie en même temps qu'en sucrerie ; elles s'y répandirent rapidement, et longtemps ce procédé d'extraction fut le seul employé par la grande et la moyenne industrie.

La première presse continue fut inventée en 1836, par Pecqueur, contremaître du *Conservatoire des arts et métiers*. En 1868, cette presse fut perfectionnée par Champonnois et Lachaume, puis vinrent les presses de M. A. Collette père, de Seclin ; de Flament et Douffet, de Béthune ; et de M. A. Dujardin, de Lille. La loi

de 1884, établissant *en sucrerie* l'impôt sur la betterave, détermina un grand nombre de fabricants de sucre qui, jusque-là, s'étaient refusés à adopter la diffusion et avaient remplacé leurs presses hydrauliques par des presses continues, ou s'étaient installés avec ce dernier système, à introduire la diffusion dans leurs usines.

Cette transformation jeta dans le commerce une grande quantité de matériel : râpes, presses continues, pompes à pulpe, macérateurs-extracteurs, malaxeurs, etc., qui servirent à renouveler le matériel de nombreuses distilleries et même à en installer quelques-unes. Une partie de ce matériel était presque neuf, car des fabricants de sucre n'hésitèrent pas à démonter des râpes, presses, etc., n'ayant servi qu'une campagne, pour les remplacer par la diffusion.

L'abondance de ce matériel d'occasion, les résistances que les cultivateurs opposaient à employer la pulpe plus aqueuse fournie par la diffusion, et les difficultés que l'on rencontra d'abord dans l'application de ce nouveau procédé en distillerie, en ont longtemps retardé l'extension : mais, depuis que l'on est parvenu à éviter tous les petits écueils et à employer la vinasse d'une façon rationnelle, la diffusion est devenue tout à fait pratique, et il est fort probable que ce procédé se répandra rapidement dès que la distillerie de betteraves reprendra un nouvel essor.

197. *Inconvénients reprochés aux presses.* — Les inconvénients que l'on reproche au travail par les presses sont les suivants :

1° Matériel compliqué, coûteux de réparations et d'entretien.

2° Grande dépense de force motrice qui oblige à installer un moteur puissant.

3° Appareils difficiles à tenir en bon état de propreté : la pulpe parcourt un très grand circuit où il n'est pas commode de pénétrer partout pour faire les nettoyages. Il s'y établit par suite des fermentations vicieuses qu'il est difficile d'éviter complètement.

4° Production d'un jus renfermant beaucoup de pulpe folle qui se dépose ensuite par endroits, salit les appareils et les colonnes.

5° Épuisement moins complet de la betterave, à moins qu'on n'ait recours à une triple pression, qui exige un matériel encore plus compliqué. Toutefois, cet inconvénient ne se fait guère sentir que quand la richesse de betteraves dépasse 5°.

On reproche encore aux pulpes de presses d'être relativement fort acides ; mais ce reproche n'est fondé que pour les pulpes provenant d'un travail incomplet, où le mélange est mal fait. Ces pulpes ne produisent jamais d'accident, quand elles sont judicieusement employées, et une légère acidité contribue à leur conservation en silo.

On ne conseille plus aujourd'hui le procédé des presses que pour certaines contrées où la pulpe de presses est très recherchée et où il y a de ce chef un grand bénéfice à réaliser sur le prix de vente de ce résidu.

Dans ces dernières années, beaucoup de distillateurs possédant les presses ont monté une 3^e pression et s'en montrent très satisfaits.

Division des betteraves par râpage

On emploie deux sortes de râpes :

- 1^o Les râpes à tambour ou à denture externe ;
- 2^o Les râpes centrifuges ou à denture interne.

Râpe à tambour ou à denture externe

RAPE A POUSSEURS OU A SABOTS

198. La râpe à tambour la plus employée est la râpe à pousseurs ou à sabots (Fig. 48).

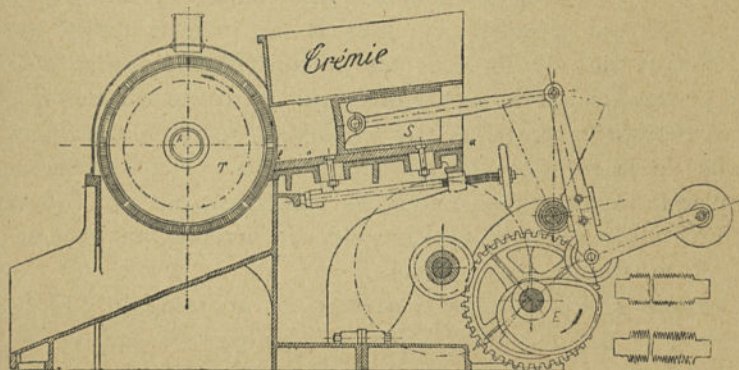


Fig. 48. — Vue en coupe verticale d'une râpe à sabots.

La carcasse du tambour se compose d'une série de disques réunis par un moyeu venu de fonte avec eux. La distance entre deux disques consécutifs est d'environ 32 cm., et la longueur totale du tambour varie généralement de 0,65 à 1^m30 suivant le nombre de sabots : 2, 3 ou 4.

Ces disques portent, à leur périphérie, des rainures circulaires de 2 cm. de largeur, dans lesquelles viennent se poser les extrémités de lames de scies de 32 cm. de longueur. Ces lames sont séparées par des latteaux en bois de 1 cm. environ d'épaisseur, et le tout réuni forme un tambour cylindrique hérissé de dents de scie.

Dans l'axe du tambour se trouve enchâssé un arbre A muni à chaque extrémité d'un tourillon et d'une poulie.

Le tambour tourne dans un bâti en fonte très résistant, et la betterave est appliquée contre la surface râpante de chaque zone du tambour par un pousseur ou sabot S mû par une came excentrique E qui lui fait donner 8 à 9 coups par minute.

Comme le tambour tourne avec une très grande vitesse (600 à 800 tours par minute) et que la betterave oppose une grande résistance, on communique le mouvement par deux courroies agissant à chaque extrémité de l'arbre, ce qui évite une trop grande torsion de celui-ci, et on donne aux courroies une direction parallèle à la résultante des forces des poussoirs pour annuler l'effort transversal sur l'arbre et sur les coussinets.

Les lames de scie sont en acier.

La forme des dents a une grande importance. Avec des dents longues et écartées, on a un râpage facile, mais la pulpe est grosse et on court le risque de laisser beaucoup de jus dans la pulpe; si, au contraire, les dents sont courtes et serrées, l'extraction du jus par pression est plus facile, mais le travail est plus lent, il faut plus de force et on produit plus de *pulpe folle*. (Ces deux genres de lames sont figurés sur la droite du dessin).

Les betteraves poussées par les sabots seraient entraînées dans le sens de la rotation du tambour si elles n'étaient retenues par une plaque réglable placée sous les sabots, plaque que l'on nomme *arrêteoir aa*. On règle la position de cet arrêteoir au moyen d'une tige filetée, munie d'un volant.

L'espace compris entre l'arrêteoir et le tambour T s'appelle *lumière l*, et on doit s'appliquer à maintenir la largeur de cette lumière aussi petite que possible pour éviter de faire des semelles.

La position et la direction du pousseur, par rapport au tambour, doivent être bien étudiées. La génératrice moyenne de la partie des pousseurs en contact avec le tambour, doit être située un peu au-dessus du plan horizontal mené par l'axe. Quant à la direction du pousseur, il faut absolument que le plan de sa surface inférieure coupe le plan vertical mené par l'axe du tambour un peu au-dessous de cet axe. Pour les râpes à pommes de terre, on fait passer le plan de la surface supérieure du pousseur par l'axe.

Le tambour doit avoir un assez grand diamètre; plus le tambour est grand, moins les lames s'usent et plus il est facile de régler la lumière.

Capacité productive. — Une râpe à pousseurs ayant un diamètre de tambour de 700^{mm}, peut râper environ 60,000 kil. de betteraves par 24 heures et par sabot, et prend une force de 3 à 4 chevaux par sabot ou pousseur.

Râpe à denture interne ou Râpe centrifuge

199. Cette râpe, inventée en 1866 par Champonnois, se compose d'un tambour creux, fixe, à surface intérieure dentée, dans l'intérieur duquel tourne, avec une vitesse de 800 à 1000 tours, un disque en fonte à deux ou trois branches, dont les bras rasant la surface cylindrique (Fig. 49 et 50).

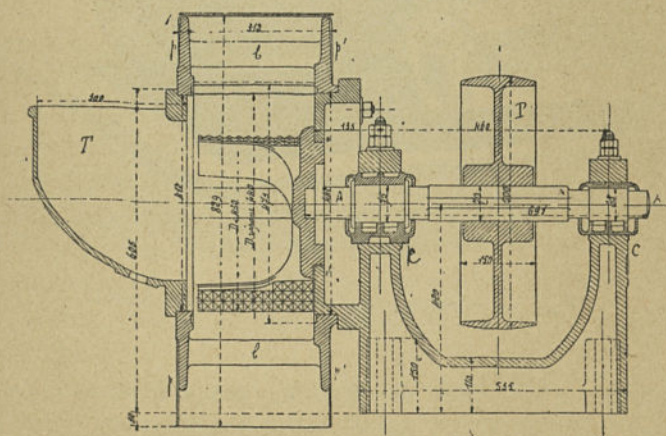


Fig. 49. — Vue en coupe verticale d'une râpe centrifuge.

Les betteraves, introduites dans le tambour par une trémie latérale, sont entraînées par le mouvement de rotation des palettes; en vertu de la force centrifuge, elles s'appliquent fortement contre la surface interne qui les râpe, et la pulpe détachée sort avec force par des lumières ménagées à cet effet dans le tambour. Le tambour est formé de deux plateaux *pp'* réunis en une seule pièce par des bras *bb*, venus de fonte avec eux. Ces plateaux portent, comme dans la râpe à pousseurs, des rainures circulaires qui reçoivent des lames de scie séparées par des latteaux en acier de deux sortes. Un des latteaux est simple et l'autre porte quelques talons ou mentonnets, de sorte qu'une lame est maintenue entre deux latteaux et qu'une succession de lames et latteaux laisse une ouverture de la largeur du talon, par laquelle sort la pulpe.

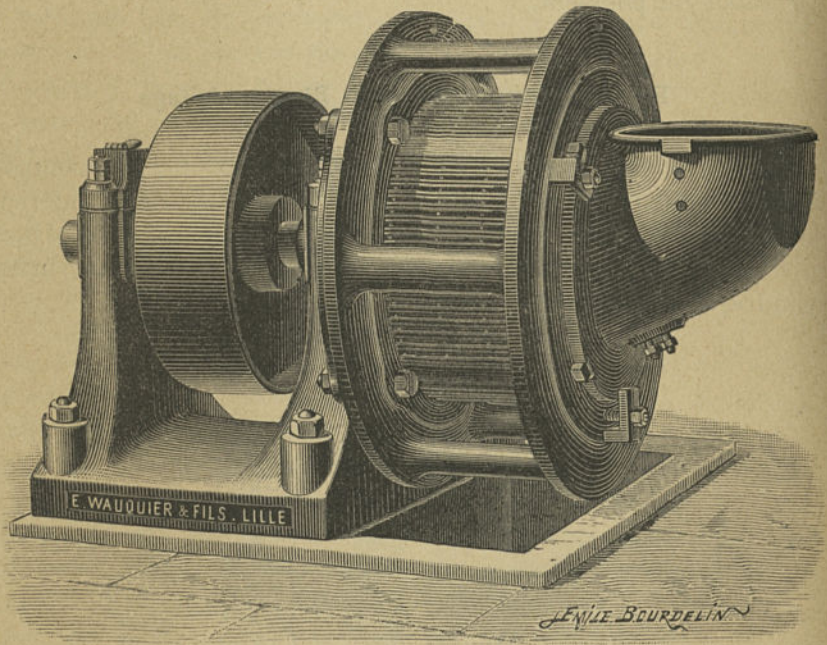


Fig. 50. — Râpe centrifuge, type Champonnois.

Le disque à branches est fixé en porte à faux à l'extrémité d'un arbre horizontal *AA* monté dans deux paliers *CC*; cet arbre porte une poulie *P* par laquelle il reçoit son mouvement de rotation.

Le moyeu du disque porte, du côté de la poulie, un plateau circulaire pénétrant dans une ouverture OO' correspondante du bâti de la râpe, afin d'éviter toute projection de jus de ce côté. Du côté opposé, le tambour porte une trémie T par laquelle les betteraves sont introduites dans la râpe.

La râpe est boulonnée sur une bache en fonte dite *bac de râpe*, dans laquelle tombe la râpure en sortant du tambour.

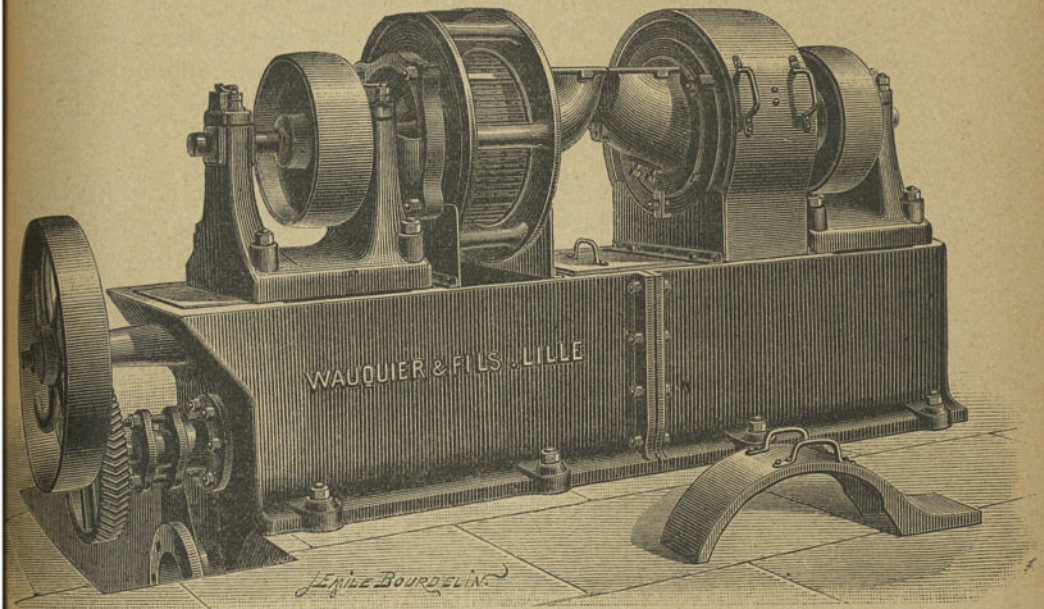


Fig. 51. — Ensemble de 2 râpes centrifuges montées sur un bac de râpe.

Un couvercle en tôle en deux pièces, posé sur la râpe, empêche la pulpe d'être projetée au dehors.

Quand une râpe ne suffit pas, on en place deux symétriquement, les trémies l'une contre l'autre.

A l'intérieur du bac de la râpe se trouve un délayeur tournant à une faible vitesse et qui mélange intimement la râpure avec l'eau acidulée.

La figure 51 représente un ensemble de deux râpes centrifuges dont l'une est munie de son couvercle et l'autre est à nu pour faire voir le tambour.

On distingue très bien à gauche le délayeur mis en mouve-

ment par une poulie commandant un engrenage à chevrons. En dessous, on voit la tubulure à bride sur laquelle vient se boulonner le tuyau d'aspiration de la pompe à pulpe.

On change généralement les tambours de râpe toutes les six heures, et lorsqu'on dispose de deux râpes, le tambour venant de la râpe de droite est monté à gauche, et réciproquement, de façon à user les lames à dents de scie dans les deux sens. Quand on ne dispose que d'une seule râpe, il faut démonter les lames du tambour pour les remonter dans l'autre sens.

Il se forme souvent sur les latteaux des incrustations composées en grande partie de sulfate de chaux et de matières organiques. On les fait disparaître en chauffant les latteaux et en les battant au marteau.

Capacité productive de la râpe centrifuge. — Une râpe centrifuge du type ordinaire de 440^{mm} de diamètre à la surface râpante, peut réduire en pulpe 100.000 kilos de betteraves avec une force de 10 à 12 chevaux.

200. *Comparaison entre la râpe à pousseurs et la râpe centrifuge.* La râpe à pousseurs est la plus ancienne et la plus rustique; une fois garnie, elle résiste mieux que la râpe centrifuge aux corps étrangers qui ébrèchent simplement les dents des lames.

Elle s'use moins vite que la râpe centrifuge, mais elle a le grave inconvénient de donner souvent des semelles ou morceaux de betterave incomplètement râpés; cela arrive surtout quand l'arrêteoir est mal réglé et n'approche pas assez près de la surface râpante. Pour cette raison, on lui préfère dans les grandes usines la râpe centrifuge. Celle-ci, en effet, donne peu ou presque pas de semelles, puisque toute la râpure doit passer entre les latteaux; par contre, la râpure produite est plus grenue, mais ceci ne présente aucun inconvénient quand on malaxe et macère soigneusement sa pulpe. La râpe centrifuge prend plus de force que la râpe à tambour.

Certaines râpes centrifuges foncent facilement par la trop grande arrivée de betteraves, un caillou, un morceau de bois, etc., ce qui oblige à de fréquents arrêts pour changer de tambour; mais cet inconvénient a complètement disparu avec les nouveaux perfectionnements. Le temps nécessaire pour garnir un tambour n'est pas bien long, puisque une heure suffit; néanmoins, il est bon d'avoir toujours des tambours de rechange sous la main, car on doit éviter avec grand soin, même les petits arrêts.

La râpe centrifuge donne une râpure uniforme, avec moins de pulpe folle ; par suite, le rendement en pulpe est plus grand. La râpe centrifuge donne aussi des jus plus chargés d'air, mais cela ne présente pas d'inconvénient.

Addition d'eau ou de petit jus à la râpe

201. On fait généralement arriver sur la râpe du jus acidulé provenant d'un bac spécial où l'on fait couler de l'acide et du petit jus ; la râpure tombe donc déjà acidulée dans le bac de râpe. Ce système est fort bon, mais il présente l'inconvénient que les lames et les latteaux sont attaqués par l'acide. Pour éviter cela, on fait arriver sur la râpe du petit jus seulement et on fait couler l'eau acidulée dans le bac de râpe. On ne doit jamais mettre d'eau sur la râpe ; il vaut mieux mettre le plus d'eau ou de vinasse possible au délayeur de seconde pression.

Bac de râpe

202. Les râpes centrifuges occupant très peu de place, on les installe souvent sur des bacs de râpes trop petits. On devrait toujours produire dans ces bacs une macération énergique à une température assez élevée obtenue par une injection de vapeur. Il est vrai qu'on obtient dans le bac de la râpe une bouillie un peu chaude en ayant soin d'employer dans le malaxeur de deuxième pression un liquide bien chaud et d'envoyer dans le bac de râpe tous les petits jus de deuxième pression, mais c'est insuffisant.

Les bacs des râpes à pousseurs sont généralement plus grands ; dans quelques installations, on les a divisés par une cloison en deux compartiments constituant deux malaxeurs dont les bras en hélice tournent en sens inverse.

L'inconvénient qui fait souvent renoncer au chauffage dans le bac de râpe, c'est que les presses crachent. Cet accident se produit parfois dès que la température dépasse 35-40° C, mais c'est parce que les côtés de presse sont rongés par le jus acidulé ou que les garnitures se rétrécissent sous l'action de la chaleur.

Il faut donc avoir soin d'entretenir les côtés de presse en bon

état, et pour cela le mieux consiste à garnir ces côtés de cercles en bronze sur toute la surface en contact avec la pulpe.

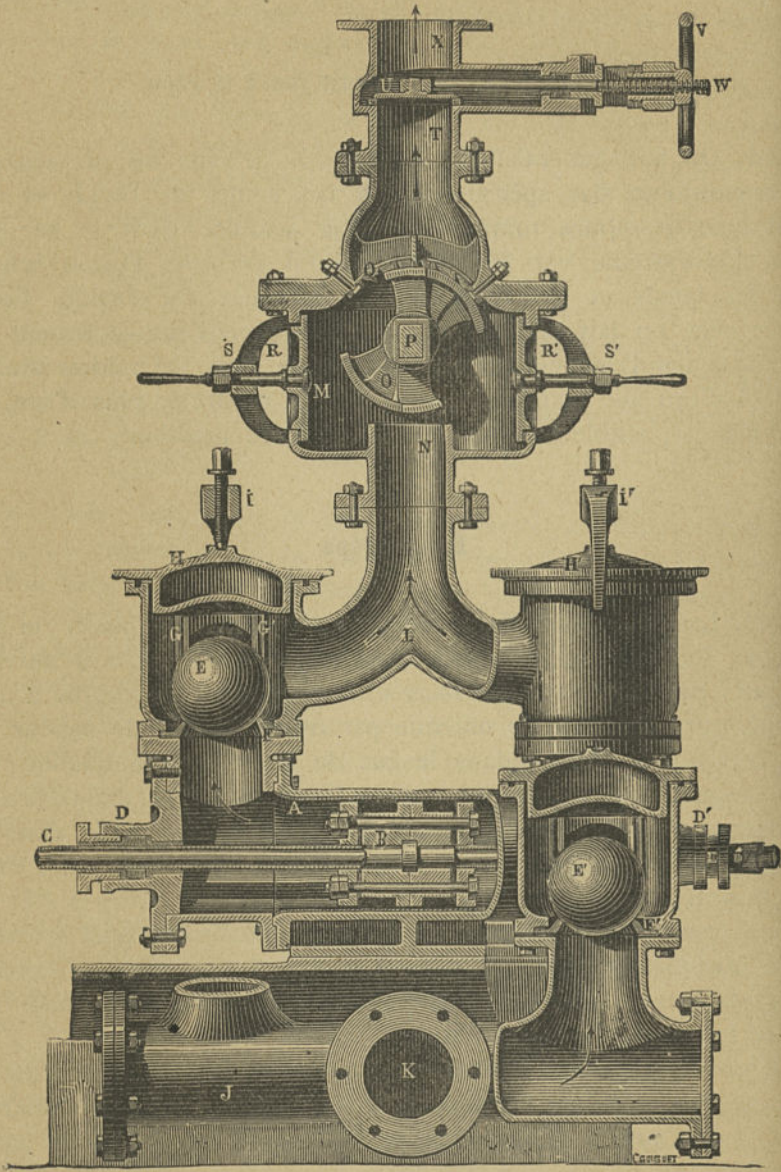


Fig. 52. — Pompe à pulpe. Coupé.

Pompe à pulpe

203. La pompe à pulpe aspire la râpure dans le bac de la râpe et la refoule dans les presses.

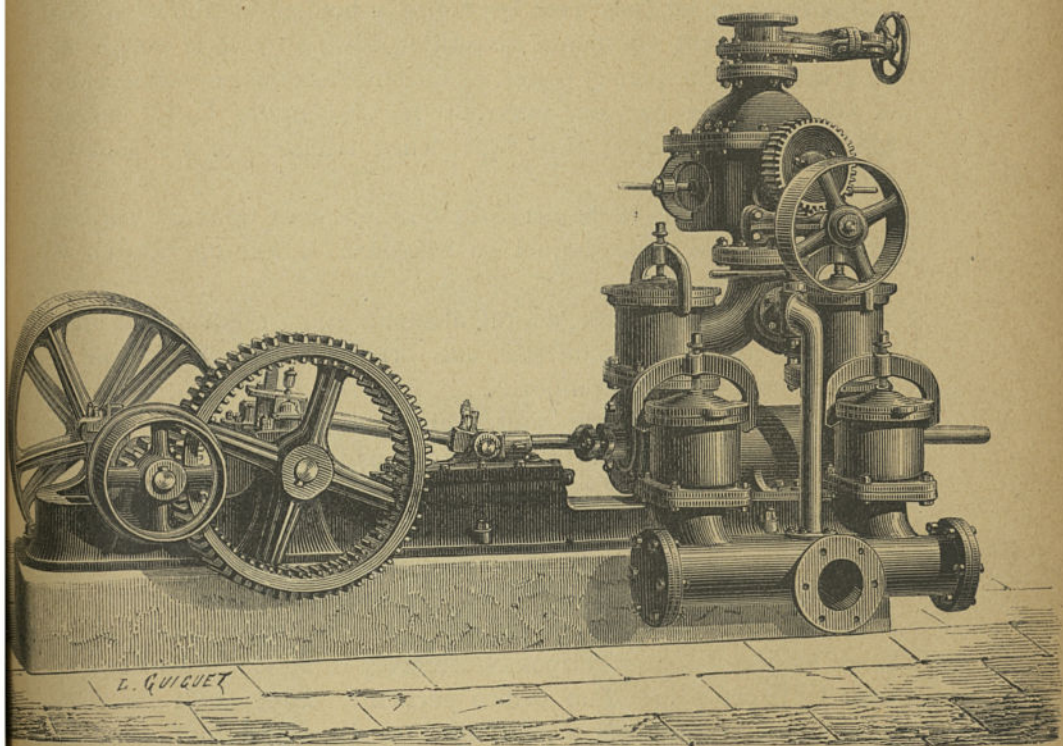


Fig. 53. — Pompe à pulpe. Vue d'ensemble.

Nous décrirons ici la pompe de M. A. Dujardin, de Lille.

Elle se compose d'un cylindre ou corps de pompe A en fonte, (Fig. 52 et 53) doublé d'un tube de cuivre rouge et dans lequel se meut le piston B. Celui-ci est en bronze, il est formé de deux pièces semblables réunies par des boulons, de façon à emprisonner entre elles un collet ou portée appartenant à la tige en fer C. Cette tige et ses calffats sont revêtus de bronze en vue d'éviter les usures rapides dues à l'oxydation par contact des jus.

Le mouvement du piston est produit par un arbre coudé en acier commandé par une paire d'engrenages à denture de bois et fonte ; l'arbre sur lequel est calé le pignon porte deux poulies, l'une fixe et l'autre folle, comme on le voit sur la figure d'ensemble.

Aux deux extrémités du cylindre sont rapportées des tubulures qui reçoivent les fonds D et D' et sur lesquelles se boulonnent les boîtes à boulets de refoulement qui les surmontent. Ces mêmes tubulures sont fondues avec les boîtes à boulets d'aspiration placées latéralement au même niveau, et dont on voit la coupe sur la gravure. Ces quatre boîtes à boulets ont mêmes dimensions et sont fermées par un couvercle H. Les boulets E, E', faisant fonction de soupapes, ainsi que leurs sièges F et F', sont en bronze.

Les deux boîtes à boulets d'aspiration sont réunies par un tuyau J, sur la bride duquel on boulonne la communication K avec le bac de la râpe.

Les boîtes à boulets de refoulement sont réunies par une culotte L, qui se termine par une bride destinée à recevoir la boîte de tamisage des pulpes N.

Les sièges en bronze sont tranchants, de manière à couper les semelles et à diviser la pulpe pour assurer le fonctionnement des clapets. Les boulets sont maintenus dans leur mouvement ascensionnel par trois guides en bois G, G', emmanchés dans des logements venus de fonte avec les boîtes à clapet.

La boîte de tamisage des pulpes se compose d'une enveloppe dans deux faces latérales de laquelle ont été ménagées des ouvertures fermées par des tampons autoclaves M ; le fond supérieur de cette boîte est percé d'un orifice surmonté d'une grille de tamisage O, en bronze, qui a pour fonction de retenir tout corps de quelque volume pouvant être aspiré par la pompe, et dont le passage dans les presses en détériorerait les organes. Un couteau spécial O en bronze, ayant la forme d'une double palette hélicoïdale, est emmanchée sur un axe P ; il racle lentement et constamment la grille, cisaille les semelles qui pourraient l'obstruer, et conduit les corps durs vers une des extrémités de la boîte de tamisage. De temps en temps on ouvre les regards ou portes RR', ce qui se fait très commodément, et on enlève les corps durs.

Au sortir de cette boîte, la pulpe passe par la vanne U, arrive dans un récipient d'air de grande dimension et, enfin, entre dans les presses.

Sur la conduite de refoulement se place une soupape de sûreté dont on règle le contre-poids suivant la pression que l'on veut avoir dans les presses continues.

Lorsque la pression devient trop forte, la soupape se soulève, et l'excès de pulpe retourne à l'aspiration.

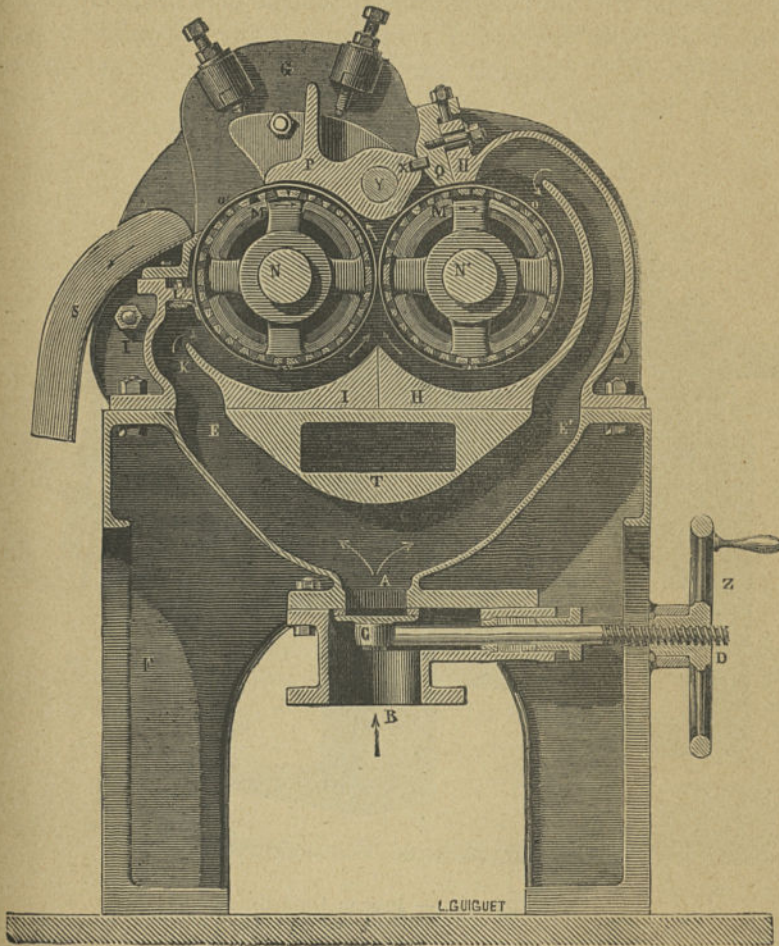


Fig. 54. — Coupe verticale d'une presse Dujardin (nouveau modèle).

Presse continue Dujardin

204. Cette presse (Fig. 54 et 55) se compose de 2 cylindres filtrants MM', de 30 cm. de diamètre et de 60 cm. de longueur, dont les axes parallèles NN' sont situés dans un même plan horizontal, et qui tournent en sens inverse à l'intérieur d'une chambre à parois excentriques dans laquelle on refoule la pulpe dont on veut extraire le jus sucré.

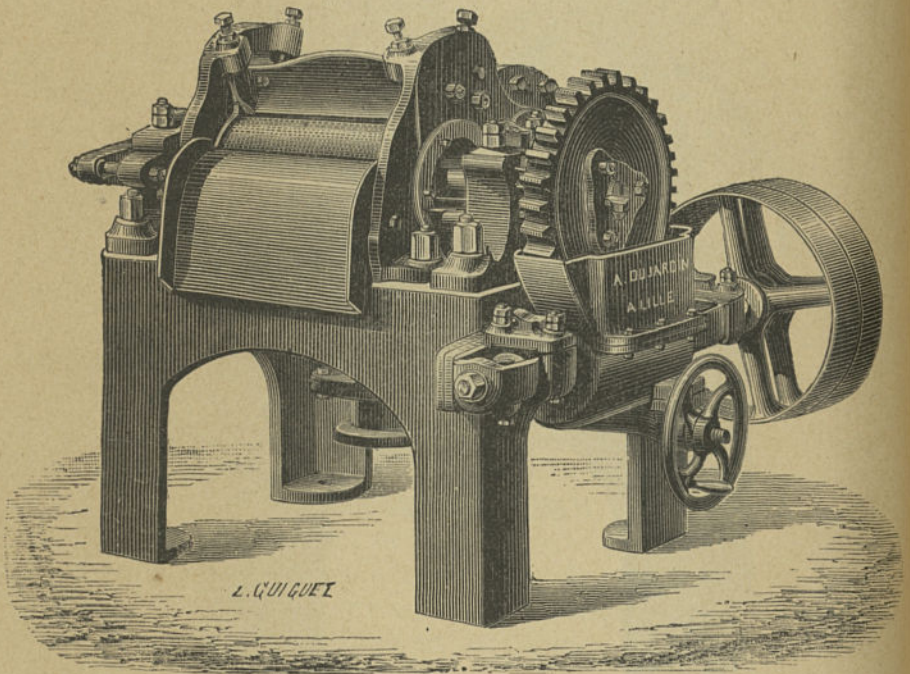


Fig. 55. — Presse Dujardin.

L'un des axes reçoit son mouvement par une roue à vis sans fin et commande l'autre axe par une paire d'engrenages. L'arbre sur lequel est calée la vis sans fin porte une poulie folle et une poulie fixe.

La chambre dans laquelle tournent les cylindres est formée comme suit :

Sur une table en fonte constituant un bâti très solide, se trouvent fixées 2 flasques G, placées symétriquement en bout des cylindres et formant deux côtés de la chambre ; elles sont réunies par deux panneaux II, HH, qui complètent la chambre.

Dans l'épaisseur de ces panneaux se trouvent des conduits K J, faisant suite à des conduits EE', venus de fonte avec le bâti et aboutissant tous deux à la tubulure A. Sur cette tubulure est boulonnée une vanne dont le tiroir C est manœuvré par une vis D munie d'un volant Z.

La pulpe, refoulée par une pompe sous une pression de 2 à 3 kilos, entre en B et se rend dans la chambre de pression par les conduits EK et E'J, où elle est d'abord en contact avec la surface filtrante des deux rouleaux, puis passe entre les rouleaux, et enfin entre le rouleau M et le volet P pour sortir en S.

Le jus exprimé traverse la surface filtrante, pénètre à l'intérieur des rouleaux, d'où il s'écoule par des orifices ménagés dans les flasques G ; il est recueilli dans une rigole T qui le déverse hors de la presse.

Les deux surfaces filtrantes des rouleaux tournent à quelques millimètres d'écartement. C'est pour compléter la pression que M. Dujardin applique sur la partie supérieure des cylindres le volet de compression P, qui recouvre en partie le cylindre M, et est attaché par chacune de ses extrémités aux flasques G.

La pulpe, après avoir été laminée entre les deux cylindres, vient se comprimer dans la chambre formée par ce volet et les cylindres : elle est resserrée et en contact avec la surface filtrante, puis, la pression augmentant par l'accumulation de la râpure, elle sort en couche mince par l'espace progressivement rétréci qui existe entre le cylindre M et le volet P.

Au moyen des vis R et R', on règle l'écartement entre le volet et le cylindre et, par suite, l'orifice de sortie de la pulpe. La lame de fer Q placée de l'autre côté du volet, empêche la pulpe de sortir de ce côté, et une bande de caoutchouc assure l'étanchéité.

C'est surtout par l'application de ce volet que les presses Dujardin diffèrent des appareils similaires ; la chambre de compression qu'il forme permet une pression très énergique.

Pour éviter les fuites entre la chambre à pulpe et les bouts des cylindres, ceux-ci portent à chaque bout des rainures circulaires.

Dans les flasques, en regard de ces rainures, s'en trouvent d'autres où sont encastrées des rondelles à saillies annulaires qui viennent se loger dans les rainures des rouleaux. On obtient ainsi l'étanchéité, sans frottement et sans usure appréciable.

Les fuites de la chambre à pulpe dans le sens longitudinal des rouleaux sont évitées en L' par une bande de coton fixée d'un côté sur le panneau de la presse et rabattue de l'autre sur le rouleau, de façon à former une sorte de joint de Bramah, et en Q par une bande de caoutchouc x fermant l'ouverture qui pourrait exister entre le panneau Q et le volet P.

Les rouleaux MM' sont en bronze et creux ; ils portent à leur surface de fines rainures circulaires au fond desquelles sont des ouvertures débouchant à l'intérieur.

La surface filtrante n'est pas d'une seule pièce ; elle est formée de quatre plaques ayant comme développement la moitié de la circonférence : deux de ces plaques ont un peu plus de la moitié de la longueur du cylindre et les deux autres complètent cette longueur.

Pour fixer ces plaques sur les rouleaux, une de leurs extrémités porte, suivant la longueur du cylindre, une tringle rectangulaire qui s'engage dans une rainure pratiquée en longueur dans le rouleau.

En cas d'accident, il suffit de remplacer la plaque avariée.

Les tôles filtrantes sont en laiton et percées de trous cylindriques du côté convexe (extérieur) sur une hauteur de $\frac{2}{3}$ de mm. et évasés à l'intérieur en forme d'entonnoir. Ces trous ont à peine 0,4 mm. à la partie cylindrique ; ils sont placés en quinconce et distants de 1 mm. $\frac{1}{2}$ les uns des autres.

Capacité productive. — Une presse Dujardin dont les rouleaux tournent à raison de 7 tours $\frac{1}{2}$ par minute, peut presser 50.000 kilogr. de betteraves par 24 heures et nécessite une force d'environ 4 chevaux.

En 2^e pression, on peut faire $\frac{1}{5}$ en plus avec la même presse.

Tamissage des jus de première pression

205. Les jus provenant des presses continues, contiennent toujours en suspension beaucoup de pulpe très fine que l'on nomme

pulpe folle. Cette matière a l'inconvénient de se déposer par endroits dans les appareils, et de produire des jus mousseux et des vins qui salissent beaucoup les colonnes à distiller.

Pour débarrasser le jus de sa pulpe folle, on le fait passer par un appareil dit *tamiseur* ou *épulpeur* (Fig. 56).

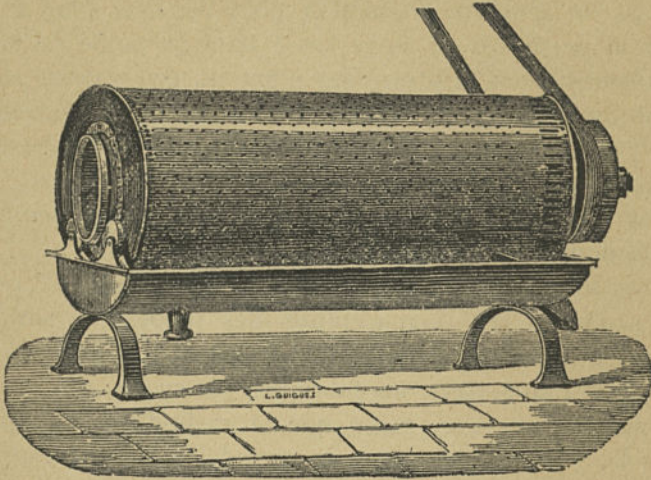


Fig. 56. — Tamiseur ou épulpeur.

L'appareil généralement employé se compose d'un cylindre en tôle de cuivre rouge perforée monté sur un arbre horizontal mis en mouvement par une poulie. Les deux bouts du tamis sont ouverts.

Le jus entre à une extrémité et sort par la tôle perforée; la pulpe folle séparée s'écoule à l'autre extrémité, et tombe dans le bac de la râpe, où elle se mélange à la pulpe.

Quant au jus qui traverse le tamiseur, il est reçu dans une bêche et de là il se rend aux cuves à fermenter ou aux cuves préparatoires quand l'usine en possède.

Les petits morceaux de pulpe qui s'engagent dans les trous de la tôle et y sont retenus ne tarderaient pas à diminuer considérablement la puissance de la surface filtrante, si on ne les enlevait pas. Pour cette raison, cette tôle perforée doit être fréquemment nettoyée.

Macération et repression des pulpes

206. La pulpe qui sort des presses de première pression renferme encore 4 à 5 % de sucre ; aussi a-t-on cherché à faire subir à cette pulpe un nouveau traitement pour l'épuiser plus à fond et diminuer la perte, car le sucre laissé dans la pulpe ne tarde pas à s'y transformer en produits qui n'ont aucune valeur pour l'alimentation du bétail, et par conséquent il est complètement perdu.

Pour y arriver, on fait subir à la pulpe de première pression une macération avec un liquide chaud, eau ou vinasse, puis on la soumet à une nouvelle pression dans des presses semblables à celles que nous avons décrites.

C'est en 1844 que, sur les conseils de Louis Walkhoff, on essaya pour la première fois la macération des pulpes. Comme on travaillait alors avec les presses hydrauliques, ce procédé ne fut guère employé que dans les fabriques de sucre, où l'on payait l'impôt sur la betterave, parce que la main-d'œuvre était considérable. Ce travail ne prit une grande extension, surtout en France, qu'après l'invention des presses continues, qui donnaient des pulpes moins sèches, retenant plus de jus (18 à 20 %), et qui rendaient cette opération très facile et très pratique.

Généralement, dans les distilleries, voici comment on opère :

La pulpe de première pression tombe à l'une des extrémités d'un bac demi-cylindrique en forme de pétrin. Dans ce bac tourne un arbre garni de palettes disposées en hélice qui font avancer lentement la pulpe vers l'autre extrémité du malaxeur. A l'endroit où la pulpe tombe dans le pétrin se fait un écoulement d'eau ou de vinasse.

Le trop plein de la pompe à pulpe de seconde pression arrive également dans ce malaxeur.

On règle le coulage des robinets de façon à avoir un pressin qui soit assez liquide pour qu'il puisse être aspiré par la pompe et aussi de façon à entretenir vers le milieu du malaxeur une température de 60 à 70 degrés centigrades.

Il est bon d'avoir un malaxeur d'assez grande capacité pour que la pulpe soit bien macérée dans son parcours d'une extrémité à l'autre. On fait souvent ces malaxeurs trop petits en diamètre et on ne leur donne qu'une longueur de 4 à 5 cm., et une largeur

de 400 mm., tandis qu'ils devraient avoir de 8 à 10 mètres de longueur et une largeur de 6 à 700 mm.

Avec un long malaxeur, on peut faire arriver sur la pulpe un liquide très chaud, ce qui présente les avantages suivants :

1° Un grand nombre de cellules éclatent et abandonnent ainsi leur jus; les autres sont épuisées par une diffusion très énergique qui se produit, grâce à cette température élevée et à l'acidité de la vinasse employée.

2° On coagule les matières albuminoïdes qui auraient échappé au chauffage précédent; ces matières restent dans la pulpe, et, ainsi que les sels qui pénètrent dans les cellules par voie d'endosmose, elles augmentent la valeur alimentaire de la pulpe.

3° Enfin, une température élevée contrarie ou arrête même complètement le développement des ferments secondaires. Ceci est un point qui doit être particulièrement surveillé, car un malaxeur qui n'est pas tenu dans le plus grand état de propreté et où la température n'est pas maintenue aussi élevée que le permettent les presses, peut être une source de fermentations vicieuses qui occasionnent de grandes pertes.

La pulpe en arrivant à l'extrémité du malaxeur est aspirée par la pompe à pulpe de 2^e pression, identique à celle de 1^{re}, qui la refoule aux presses de 2^e pression.

La pulpe repressée, tombe dans une nochière garnie d'une hélice qui la transporte dans la cour, où les tombereaux des cultivateurs viennent se charger directement, sans aucune main-d'œuvre, en se plaçant simplement en dessous de la nochière.

Le jus de 2^e pression ou petit jus est envoyé en grande partie sur la râpe pour diluer la râpure de 1^{re} pression; l'excédent se rend à la cuverie avec le jus de 1^{re} pression.

Dans les distilleries qui possèdent un extracteur de jus, comme nous le verrons ci-après, il est possible d'envoyer tous ces petits jus à la râpe.

On règle les coulages pour arriver à la cuverie à une densité de 102,5 à 103 et même 103,5 et à une température de 25° C.

Nous avons vu que la pulpe subit également une macération dans le bac de la râpe avant d'être envoyée aux presses de première pression; c'est donc un système d'épuisement à double pression et à double macération. L'effet de la première pression est beaucoup augmenté par l'extracteur macérateur, parce que

cet appareil permet de mettre plus de liquide dans le bac de la râpe.

Macérateur-extracteur de jus

207. L'emploi de ce macérateur extracteur, installé avant la

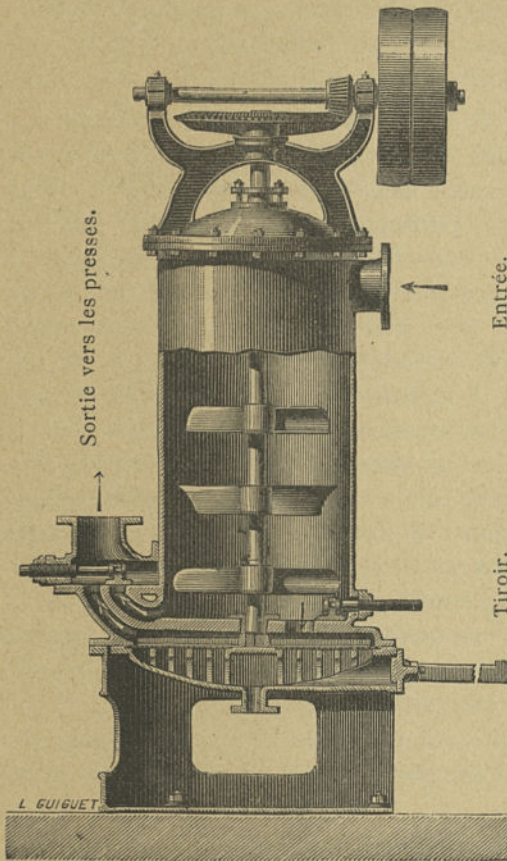


Fig. 58. — Macérateur-extracteur Dujardin.

première pression, entre la pompe et les presses, permet de mettre au bas de la râpe la totalité des petits jus produits par les presses de deuxième pression, et de n'employer que de la vinasse ou de l'eau chaude au malaxeur ordinaire, placé entre les deux pressions; il donne un supplément d'épuisement en facilitant grandement le travail des presses de première pression dont il évite les craquements.

La figure 57 représente le type primitif du macérateur - extracteur Dujardin.

La râpuration aspirée au bac de la râpe par la pompe de première pression, est refoulée dans l'appareil par la tubulure du haut. Elle est d'abord malaxée sous

pression par des palettes d'une forme particulière, dont les unes la ramènent de l'intérieur vers l'axe, et les autres la repoussent de l'axe vers l'extérieur, tout en la dirigeant vers le bas de l'appareil. Ce mélange, ainsi préparé, passe par l'ouverture ménagée dans la cloison inférieure (voir à droite) et rencontre une surface

filtrante qui forme le fond d'un deuxième compartiment très aplati; là, il abandonne son jus qui passe au travers des trous du filtre. La surface filtrante est constamment raclée par un croisillon en bronze qui est placé à l'extrémité inférieure de l'arbre à palettes.

La râpüre sort par le conduit latéral du bas, dont la tubulure est raccordée avec le tuyautage allant aux presses.

Le jus, qui passe dans le troisième compartiment, compris entre la surface filtrante et le fond, s'écoule par la petite tubulure inférieure avec une pression suffisante pour qu'au besoin on puisse l'envoyer à 3 ou 4 m. de hauteur dans le tamiseur des presses de première pression.

Le tiroir de droite permet d'isoler la partie inférieure de l'appareil de la partie supérieure, afin de pouvoir nettoyer la surface filtrante sans arrêter les presses. Ce tiroir étant poussé par la vis de façon à recouvrir l'ouverture qui forme communication entre la partie supérieure et la partie inférieure de l'appareil, on déplace le tiroir de gauche situé sous la tubulure de sortie au moyen de la vis de manœuvre, de façon à lui faire recouvrir l'orifice de gauche en découvrant celui de droite; la râpüre s'en va alors directement aux presses sans passer par la partie inférieure de l'appareil et l'on peut, sans arrêter la marche des presses, démonter le fond qui dépasse la surface filtrante.

Deux rails permettent de retirer ce fond de dessous l'appareil et de le replacer sans effort.

Le macérateur n'exige que très peu de force; son arbre vertical doit tourner à 10 ou 15 tours seulement par minute.

Extracteur-macérateur Dujardin-Cuvelier

208. Dans le macérateur que nous venons de décrire, la surface filtrante était insuffisante pour les débits importants; aussi M. Dujardin a-t-il perfectionné ce premier appareil dans le but d'augmenter l'effet utile.

La figure 58 représente l'extracteur-macérateur tel qu'il est construit actuellement par la maison Wauquier et fils, de Lille.

La surface filtrante est placée latéralement et elle est double.

La râpüre refoulée par la pompe de première pression entre dans l'appareil par la tubulure A. La vanne C étant fermée et la vanne B étant ouverte, cette râpüre pénètre dans l'extracteur E.

formé par l'assemblage de deux pièces de fonte symétriques en forme de coquille et boulonnées l'une sur l'autre. Sur leur face

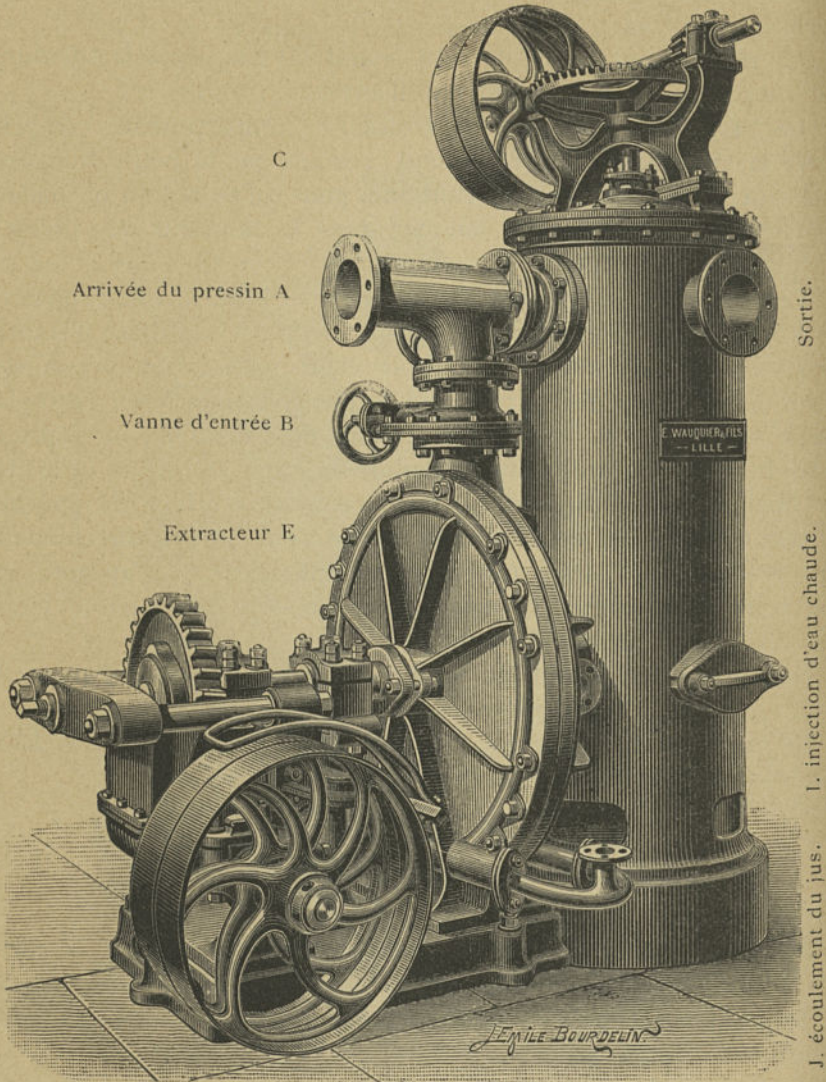


Fig. 58. — Extracteur-macérateur Dujardin-Cuvelier.

intérieure, ces coquilles portent des nervures sur lesquelles s'appuient les surfaces filtrantes en laiton analogues à celles des

presses. Entre les deux surfaces filtrantes se meut un disque en bronze à ailettes courbes amenant cette râpuration de l'extérieur vers le centre et en même temps frottant par ses côtés sur les deux surfaces filtrantes.

Sous l'action de la pompe à pulpe, le jus s'écoule au travers des plaques perforées et sort sur les deux faces extérieures par deux conduits reliés par un tuyau J, d'où il est envoyé au tamiseur.

La pulpe, débarrassée de cette partie de son jus, passe par l'orifice central de l'extracteur dans le cylindre vertical de droite après avoir reçu sur son passage une addition d'eau chaude ou de petit jus refoulé par une pompe dont le tuyautage est boulonné sur la tubulure I.

Dans le cylindre vertical se trouvent des palettes analogues à celles du macérateur déjà décrit, qui mélangent intimement la pulpe sortant de l'extracteur avec le liquide injecté, et ce mélange sort par la tubulure supérieure de droite pour aller aux presses de première pression.

Un jeu de vannes permet d'isoler l'extracteur macérateur et d'envoyer directement la râpuration aux presses de première pression.

Le robinet placé sur le prolongement de la conduite de jus J permet d'extraire une plus ou moins grande quantité du liquide contenu dans la râpuration, et l'ouvrier règle l'injection d'eau par la tubulure I en raison de l'extraction opérée en J.

Cet appareil s'installe généralement au rez-de-chaussée, non loin de la pompe à pulpe et sous les presses de première pression.

Résultats du travail par double pression.

209. — Dans les usines travaillant avec les appareils décrits ci-dessus et ayant un bac de râpe et un malaxeur de dimensions suffisantes, on peut arriver à ne pas laisser plus de 1,5 à 2 p. 100 de sucre dans la pulpe ; mais dans celles où les appareils sont insuffisants, on en laisse souvent 2 à 3 p. 100. Comme on produit en seconde pression 20 à 25 p. 100 de pulpe du poids de la betterave mis en œuvre, on voit que la perte pour 100 k. de racines monte de 0,30 à 0,50 et 0,75 p. 100.

Avec un bon bac de râpe et un bon malaxage entre les deux pressions, on laisse généralement 1,8 à 2 p. 100 de sucre, soit en moyenne 1,90 p. 100.

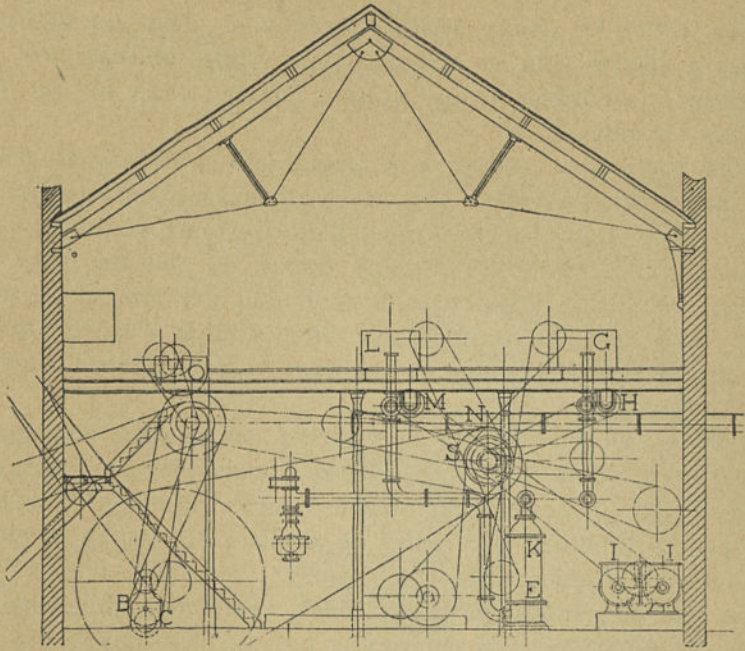


Fig. 59. — Vue en élévation.

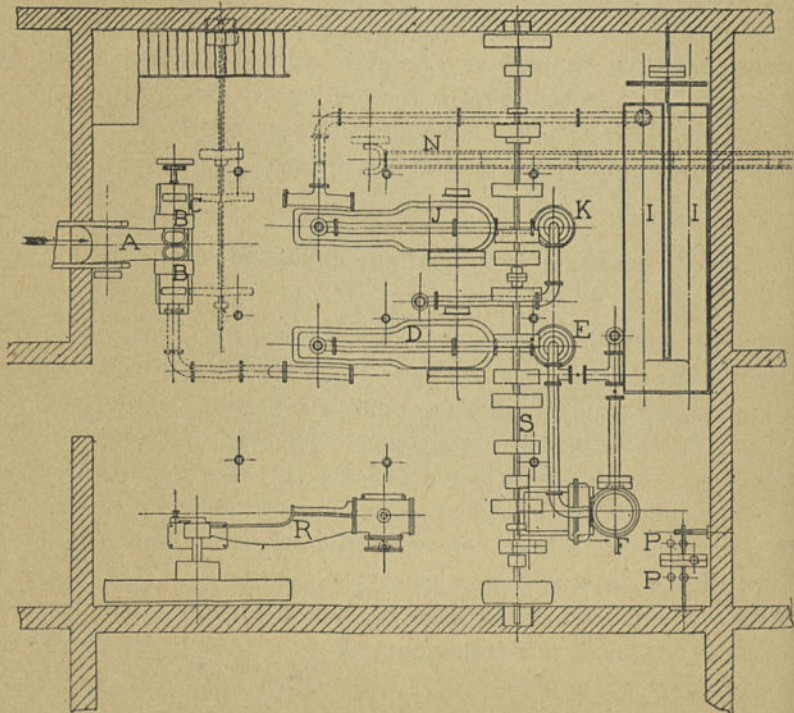


Fig. 60. — Vue en plan du rez-de-chaussée.

Atelier d'extraction du jus de betteraves par presses continues en double pression, pouvant travailler 200.000 k. de betteraves en 24 heures. (Fig. 59, 60 et 61).

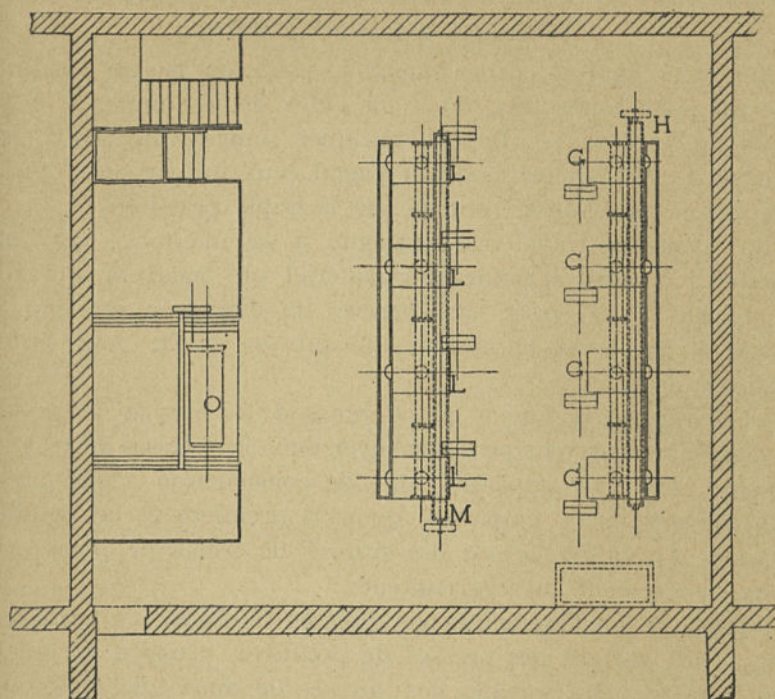


Fig. 61. — Vue en plan de l'étage.

LÉGENDE EXPLICATIVE

- A. Trémie de descente des betteraves aux râpes.
- B. B. Râpes centrifuges.
- C. Bac de râpe avec malaxeur.
- D. Pompe à pulpe de 1^{re} pression.
- E. Récipient d'air de la pompe à pulpe de 1^{re} pression.
- F. Extracteur-macérateur Dujardin et Cuvelier.
- G. G. Presses continues de 1^{re} pression.
- H. Hélice récoltant les pulpes de 1^{re} pression.
- I. I. Malaxeur double entre les 2 pressions.
- J. J. Pompe à pulpe de 2^e pression.
- K. K. Récipient d'air de la pompe à pulpe de 2^e pression.
- L. L. Presses de 2^e pression.
- M. M. N. Hélices conduisant les pulpes au magasin.
- O. O. Tamiseur de jus.
- P. P. Pompe d'injection d'eau dans l'extracteur-macérateur.
- R. R. Moteur de 100 chevaux actionnant toute l'installation.
- S. S. Transmissions.

Par l'emploi de l'extracteur-macérateur, on arrive à ne laisser que 1,5 à 1,7 p. 100, soit en moyenne 1,60.

En comptant une production de 25 p. 100 de pulpe, la perte par 100 de betterave ressort à 0,475 sans et à 0,40 avec extracteur-macérateur.

Extraction par triple pression

210. Pour épuiser encore mieux la pulpe en faisant néanmoins des jus assez concentrés, on a eu l'idée de la soumettre à trois pressions successives. Depuis quelques années un assez grand nombre de distillateurs, surtout parmi ceux qui ne possèdent pas d'extracteur-macérateur, ont adopté la triple pression.

Le mode de travail est analogue à la méthode par double pression ; il suffit d'ajouter au matériel un malaxeur qui reçoit les pulpes à leur sortie des presses de deuxième pression, une pompe à pulpe, et le nombre de presses voulu pour faire la troisième pression.

La troisième pompe à pulpe reprend le pressin à la sortie du deuxième malaxeur pour l'envoyer dans les presses de troisième pression. Tous ces appareils sont de construction identique aux appareils similaires employés pour la première et la deuxième pression. La pulpe sortant des presses de troisième pression est livrée directement aux agriculteurs.

Lorsqu'on fait l'extraction par presses continues en triple pression, le jus sortant des presses de première pression est envoyée à la cuverie, celui sortant des presses de deuxième pression va à la râpe, et le jus sortant des presses de troisième pression s'écoule dans le bac malaxeur placé entre la première et la deuxième pression. On met donc l'eau ou la vinasse dans le malaxeur placé entre la deuxième et la troisième pression.

Dans les malaxeurs, on chauffe généralement jusqu'à 80° ; mais certains distillateurs vont jusqu'à 90, tandis que d'autres préfèrent ne pas dépasser 70°. La température de 80° a le double avantage de ne pas cuire la pulpe, de produire une diffusion très énergique et de tuer la plupart des mauvais ferments.

On arrive avec ce système à de très bons épuisements, se rapprochant de ceux de la diffusion, comme on l'a constaté en sucrerie, où ce procédé a d'abord été appliqué (vers 1883-1884).

Si on fait 22 p. 100 de pulpe et qu'on épuisse à 1,20, la perte par 100 kil. de betteraves est $1,20 \times 0,22 = 0,264$; avec des épuisements de 0,80 ou 0,60 que l'on prétend atteindre dans certaines usines, la perte serait de $0,80 \times 0,22 = 0,176$ ou $0,132$.

Mais il faut bien avouer que le matériel est compliqué, que les dangers de contamination sont grands, et que la diffusion présente sur ce procédé de nombreux avantages sur lesquels nous avons suffisamment insisté pour ne plus avoir à y revenir.

Procédés divers pour la préparation des moûts de betteraves.

Un grand nombre d'autres procédés ont été proposés pour le travail de la betterave ; mais, en dehors de ceux que nous avons décrits, aucun ne s'est conservé dans la pratique. On a proposé :

1° De cuire les racines et de les écraser ensuite entre des cylindres, comme on le faisait anciennement pour la pomme de terre. La masse était additionnée d'eau et acidifiée par de l'acide sulfurique, puis mise en fermentation avec de la levûre de bière ; la matière pâteuse était distillée après fermentation.

2° De réduire les racines en pulpe, d'étendre celle-ci d'un égal volume d'eau ou de vinasse, de mettre en fermentation avec de la levûre et de distiller la matière pâteuse après fermentation.

3° De découper les betteraves en cossettes, d'immerger ces cossettes dans du jus en fermentation provenant d'opérations précédentes, avec addition d'acide sulfurique et de levûre de bière pour produire la fermentation. C'était le procédé Leplay. Après fermentation, les cossettes seules étaient distillées dans un appareil spécial.

4° De cuire les racines dans un cuiseur fermé du système Henze à faible pression, et de réduire le produit en bouillie en le pressant passer, lors de la vidange du cuiseur, par une grille dont les barreaux étaient espacés d'environ 4 ^{mm}. Ce procédé a été surtout préconisé en Allemagne par Gontard de Mockau. Comme il s'agissait de produire des moûts très concentrés, on opérait comme nous l'expliquerons plus tard pour la pomme de terre et surtout pour la patate douce. Le cuiseur était chargé d'une quantité de betteraves aussi grande que possible, puis on faisait arriver la vapeur par le haut en laissant ouvert, à la partie inférieure, le robinet d'évacuation de l'eau condensée. On laissait se perdre la première partie de cette eau, parce qu'elle était sale et avait une odeur et une saveur désagréables ; la partie qui s'écoulait ensuite était recueillie et servait à étendre la matière cuite en vue de la fermentation.

Gontard faisait la vidange du cuiseur dans le macérateur réfrigérant de son système. Cet appareil se compose d'un récipient en forme de pétrin hémicylindrique, traversé par un arbre hori-

zontal armé de disques en tôle de 2 mètres 30 de diamètre, de 4^m d'épaisseur et fixés obliquement sur cet arbre. Le récipient porte un couvercle surmonté d'une cheminée dans laquelle se trouve un exhausteur d'une grande puissance. Le moût en tombant dans le récipient par le tube recourbé figuré à droite, est déjà fortement refroidi par le courant d'air que produit l'exhausteur. L'arbre à palettes achève le refroidissement. Il tourne à une vitesse d'environ 16 tours par minute. Les disques se recouvrent d'une couche mince de moût qui s'évapore rapidement. Cet appareil agit donc surtout par évaporation; il produit, par suite, une concentration qui répond au but que l'on veut atteindre.

Au point de vue microbiologique, le procédé de Leplay est irrationnel et ne saurait fournir de bons résultats, tandis que les procédés consistant à cuire les betteraves sont parfaitement logiques,

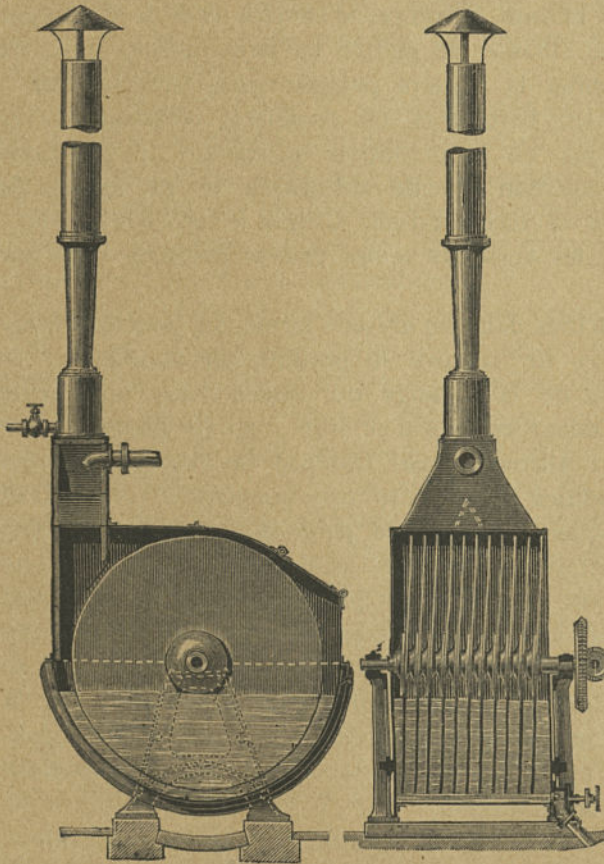


Fig. 62.

la cuisson produisant la stérilisation de toute la matière première. Mais en pratique, aucun de ces procédés par cuisson ne peut donner de résultats satisfaisants, parce que la betterave renferme des matières pectiques, qui donnent des moûts très visqueux, et que les pulpes cuites sont d'un maniement et d'une conservation difficiles. C'est donc avec raison que Briem conseille de ne jamais travailler la betterave entière, mais de toujours séparer d'abord le jus, même quand

on veut alcooliser la betterave en même temps que des pommes de terre. (Briem. Die Rübenbrennerei).

CHAPITRE XI

Travail de la mélasse

Origine et composition de la mélasse

211. La mélasse est un résidu de la fabrication du sucre. Elle renferme une forte proportion de saccharose, dit sucre cristallisable ; mais ce sucre ne peut cristalliser à cause des matières qui l'accompagnent. Ces matières, qui constituent ce qu'on appelle le *non sucre*, se composent d'une partie minérale et d'une partie organique.

La première comprend : la potasse, la soude, le chlore, l'acide sulfurique et de petites quantités d'acide phosphorique ;

La seconde comprend :

a) Des matières non azotées : acides tartrique, lactique, citrique, et des substances gommeuses et pectiques ;

b) Des matières azotées : acides aspartique et glutamique, bêtaïne, asparagine, glutamine, etc.

On distingue dans la fabrication de l'alcool les mélasses de betterave et les mélasses de canne ; on peut y ajouter les mélasses de raffinerie, qui proviennent du raffinage des sucres de betterave et de canne et dont la composition se rapproche plutôt de celle de la mélasse de canne.

Dans cet ouvrage, nous nous occuperons surtout de la mélasse de betterave, dite mélasse de sucrerie, la mélasse de canne étant plutôt employée à la fabrication du rhum qu'à celle de l'alcool d'industrie.

En parlant de la betterave, nous avons longuement étudié la composition des matières azotées qu'on rencontre dans cette racine, d'après Von Lippmann ; nous y renvoyons le lecteur.

Malgré la forte teneur de la mélasse de sucrerie en matières minérales (environ 10 p. 100) et en matières azotées (1 à 2 p. 100 d'azote, soit également environ 10 p. 100), ce produit est loin

(1) Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage, est formellement interdite.

d'être aussi favorable à la nutrition de la levure que le jus de betterave. Le traitement à la chaux a éliminé la majeure partie de l'acide phosphorique, des matières albuminoïdes et des acides organiques, matières qui sont toutes utiles à la fermentation ; de plus, l'alcalinité et la température élevée à laquelle elle a été soumise, ont attaqué un grand nombre de substances azotées en chassant l'ammoniaque et les transformant en d'autres substances ayant une valeur nutritive moindre pour la levure. Nous avons vu que la chaux transforme ainsi l'asparagine et la glutamine en acides aspartique et glutamique, et que l'allantoïne se décompose déjà à la température ordinaire par l'action des alcalis. Ces réactions montrent pourquoi les mélasses qui ont subi beaucoup d'ébullitions et de concentrations sont, malgré leur teneur encore assez respectable en azote, peu propres à la nutrition de la levure.

Pendant le travail calco-carbonique de la fabrication du sucre, la chaux met en liberté les alcalis, potasse et soude, par la précipitation des acides qui leur étaient combinés ; l'action de l'acide carbonique transforme ensuite ces bases en bi-carbonates que l'ébullition décompose finalement en carbonates.

Ces carbonates alcalins contribuent à la conservation des sirops et masses cuites pendant la fabrication du sucre, et plus tard à celle de la mélasse où ils s'accumulent. Ce sont eux qui donnent à la mélasse de betterave sa réaction alcaline, et non pas la chaux comme on le répète encore trop souvent.

Les mélasses provenant d'un bon travail ne renferment que des traces de chaux ; ce n'est que dans le cas où l'on travaille des betteraves altérées, en fin de campagne, qu'on en rencontre des quantités un peu notables, auquel cas elle provient des sels qui se sont formés par la décomposition du sucre inverti, des matières azotées et des matières pectiques. Quoique la présence de la chaux dans la mélasse ne présente pas grand inconvénient, nous verrons qu'il est préférable qu'il n'y en ait pas dans les moûts.

212. *Sucres qu'on rencontre en petite quantité dans la mélasse.* — A côté du saccharose ($C^{12} H^{22} O^{11}$), on rencontre rarement dans les mélasses de betteraves, mais toujours dans les mélasses de canne et les mélasses de raffinerie, du sucre inverti, dit incristallisable, mélange de dextrose ($C^6 H^{12} O$) et de lévulose ($C^6 H^{12} O^6$) (65).

Le sucre inverti est souvent plus ou moins altéré par l'action des alcalis et de la chaleur, en sorte qu'une notable partie est parfois infermentescible. Quand l'acheteur est obligé de payer ce

sucre incristallisable, il est indispensable de s'assurer, par un essai de fermentation, que tout le sucre payé est bien fermentescible.

Certaines mélasses de betteraves renferment en outre du raffinose ou mélitriose ($C^{18} H^{32} O^{16}$). Par une faible action inversive produite par les acides ou la sucrase de la levure, le raffinose se transforme en lévulose et mélibiose ou eucalyne (73).

Par une inversion plus énergique ou par l'action d'une diastase spéciale, la *mélibiase*, le mélibiose se dédouble en dextrose et galactose.

La levure basse ordinaire des brasseries allemandes, renfermant cette mélibiase, produit l'inversion et la fermentation complètes du raffinose: la levure haute, au contraire, ne sécrétant pas de mélibiase, ne peut pas pousser l'inversion au-delà du terme mélibiose, en sorte qu'elle ne fait fermenter qu'un tiers du raffinose.

D'après les expériences de A. Bau, le mélibiose est le résidu constant de la fermentation du raffinose par les levures hautes. Donc, pour transformer tout le raffinose en alcool, il faudrait lui faire subir l'inversion, ou employer pour la fermentation un mélange de levures haute et basse; nous verrons au chapitre de la fermentation si la chose est possible et pratique.

Le raffinose doit être considéré comme une partie intégrante des mélasses. Il n'est pas exact d'admettre que les mélasses de la fabrication ordinaire ne peuvent pas contenir de raffinose, car la présence de ce corps a été constatée dans la betterave, et nous ne savons pas encore s'il ne s'en forme pas une certaine quantité dans les jus aux dépens du sucre inverti qui y préexiste ou qui s'y développe pendant la fabrication: cette hypothèse suppose simplement une polymérisation des éléments du sucre inverti, avec élimination d'eau. Ce sont surtout les mélasses issues d'un travail d'épuisement par les alcalis, chaux, baryte ou strontiane, qui sont riches en raffinose.

Transport et emmagasinage de la mélasse.

213. Le transport des mélasses se fait généralement encore dans des petits fûts ayant servi à l'importation du pétrole brut. Ces fûts, en arrivant à l'usine, sont vidés dans une citerne fermée par un plancher muni d'une tôle perforée pour le passage de la mélasse; cette tôle retient les bondes et débris de toile qui viendraient plus tard empêcher le fonctionnement des pompes. Cette *citerne*

de vidange doit être couverte par une toiture pour la garantir contre la pluie et la poussière qui sont une source de ferments nuisibles.

Après vidange, les fûts doivent être soigneusement rincés à la vapeur pour enlever toute la mélasse ; celle qui resterait adhérente subirait ensuite la fermentation butyrique, et contaminerait la nouvelle mélasse qu'on va loger dans les mêmes pétroliers. Ce rinçage, pour être efficace, doit se faire de suite après la vidange. Quand on a négligé cette précaution, il faut procéder à une désinfection très pénible au moyen du chlorure de chaux ou du bisulfite de chaux ; on pourrait encore revêtir intérieurement le fût d'une couche de poix à laquelle on met le feu. Si l'on ne veut pas employer ces moyens, il vaut mieux se débarrasser de ses fûts en les vendant ; ce sera encore plus avantageux que de contaminer toute sa provision de mélasse.

De la citerne de vidange, la mélasse est élevée dans de grands réservoirs en tôle ayant jusqu'à 20,000 hectol. de contenance. On se sert généralement, pour élever la mélasse dans les réservoirs, d'une chaîne à godets ou d'une pompe à chaînes.

214. *Pompe à chaîne, système Tesse.* — Elle consiste en une série de chaînes enroulées sur un tambour placé à un niveau un peu supérieur à celui auquel il faut élever la mélasse. La partie inférieure de chaque chaîne plonge dans la mélasse et la partie qui monte entraîne le liquide par viscosité. Des brosses placées près du tambour arrêtent la mélasse qui tombe alors dans une rigole d'où elle s'écoule aux bacs.

Conservation de la mélasse

215. On ne saurait apporter trop de soins à la propreté de tous les vaisseaux servant au transport et au logement de la mélasse. Concentrée et alcaline, celle-ci ne présente pas un terrain favorable à l'éclosion des bactéries ; mais, plus tard, au moment de la mise en fermentation, ces microbes se mettent à proliférer. On ne doit donc jamais mettre de la mélasse dans un de ces réservoirs avant de s'être assuré qu'il ne reste au fond aucune trace de liquide contaminé. Pour la même raison, on doit éviter d'emmagasiner les mélasses dans des citernes, qui pèchent souvent par manque d'étanchéité, et dans lesquelles règne toujours une atmosphère humide et chargée de moisissures.

On comprend aussi, d'après ce que nous venons de dire, que le transport en cylindres, en wagons-réservoirs et en wagons-citernes est de beaucoup plus propre que le transport en pétroliers.

Traitement préliminaire de la mélasse. — Acidification et stérilisation

216. La mélasse étant, comme nous l'avons vu, généralement alcaline, et la fermentation ne pouvant se faire qu'en milieu acide, on commence par acidifier.

L'acide qu'on emploie est l'acide sulfurique du commerce à 60 ou 66° ; le premier est le plus avantageux quand les frais de transport ne sont pas fort élevés.

L'acide est emmagasiné dans un grand réservoir en plomb en communication avec un monte-jus également en plomb et situé en contre-bas. De ce monte-jus, on refoule l'acide dans un réservoir placé à la partie supérieure du bâtiment, au moyen de l'air comprimé fourni par une pompe à transmission ou à bras.

La mélasse est pompée, au moyen d'un pulsomètre, d'une pompe rotative ou à piston, dans de grandes chaudières en cuivre, en fonte ou en bois, d'une contenance de 100 à 200 hectol. dans les usines d'une certaine importance. C'est dans ces chaudières que se font l'acidification et la stérilisation. On les installe à la partie inférieure du bâtiment quand on reprend la mélasse chaude par une pompe pour la refouler au réfrigérant ; on les monte à la partie supérieure quand on veut avoir un travail avec cascade complète. Cette dernière disposition est certainement fort commode, en ce qu'elle évite l'emploi de pompes pour élever la mélasse acidifiée : mais elle a l'inconvénient d'occasionner de fortes trépidations, ce qui nécessite la construction de bâtiments très solides.

Ces chaudières sont munies d'un barboteur de vapeur pour le chauffage, d'un tuyau perforé enroulé en hélice pour l'injection de l'air au moyen d'un souffleur du genre Koerting, d'un tube circulaire percé de trous pour l'arrivée de l'acide dans la mélasse, et enfin d'une hotte pour le dégagement des vapeurs.

On commence par mettre au fond du cuvier la quantité d'eau nécessaire pour ramener le poids de mélasse que l'on veut traiter, à 25° Baumé, puis on y pompe la mélasse venant d'une petite *citerne de distribution*. On injecte de l'air pendant quelques minutes pour faire un mélange parfaitement homogène.

On mesure ensuite exactement la hauteur du liquide dans le

N° DE L'OPÉRATION	
N° DU CUVIER	
DEGRÉ BAUMÉ APPARENT	B
TEMPÉRA-TURE	T
POIDS DE L'HECTOL.	P
VOLUME CONSTATÉ	V
POIDS DE MÉLASSE	$P = VD$
DEGRÉ BAUMÉ RÉEL B'	$B + \frac{T - 15}{3} \times \frac{10}{10}$
COEFFICIENT DE CORRECTION	$\frac{B'}{40}$
POIDS DE MÉLASSE A 40° B'	$P \times \frac{B'}{40}$
PROPORTION	
POIDS D'ACIDE A AJOUTER	

cuvier, et on prélève par un robinet *ad hoc* un échantillon dont on constate le degré Baumé B et la température (1).

Au moyen de ces données, on connaît le poids de l'hectolitre et on calcule le poids de mélasse qu'on a à traiter; multipliant ce chiffre par le coefficient de correction $\frac{B'}{40}$ (B' étant le degré ramené à la température de 15° C), on ramène ce poids à 40° Baumé (2).

Connaissant l'alcalinité de cette mélasse et la quantité d'acide libre qu'on veut avoir par litre de moût, il est facile de calculer la proportion et, par suite, la quantité d'acide à ajouter.

Le tableau ci-contre résume ces calculs.

(1) Il vaudrait évidemment mieux se servir d'un densimètre au lieu d'un aréomètre Baumé, mais on emploie généralement ce dernier instrument dont on se sert beaucoup dans le commerce.

On connaît le degré Baumé réel, B', en admettant que trois degrés de température en plus ou en moins de 15° font monter ou baisser de 1/10 de degré l'indication de l'aréomètre.

(2) La valeur exacte du coefficient de correction est donnée par la formule $K = \frac{1000 D \cdot (d - 1000)}{d (D - 1000)}$ D = densité correspondant à 40° Baumé = 1380, d = densité après addition d'eau. Pour 25° Baumé on trouve 0,63 au lieu de 0,625 que donne le simple rapport des degrés Baumé $\frac{25}{40}$

L'addition de l'acide se fait de la manière suivante :

Au-dessus des cuiviers se trouve, fixée à une muraille, un petit bac en plomb jaugé, de 50 à 100 l. environ, muni d'un trop-plein et de 2 robinets, l'un pour l'emplissage et l'autre pour la vidange. Ces deux robinets sont rendus solidaires par une armature qui les relie, en sorte qu'on ne peut pas introduire d'acide dans le jaugeur pendant la vidange.

Un tuyau en plomb conduit l'acide aux différents cuiviers; un robinet correspond à chacun d'eux.

On met dans le bac le nombre de centimètres d'acide calculé comme ci-dessus. On ouvre la valve de l'injecteur d'air, puis le robinet d'acide correspondant au cuvier à traiter, on fait arriver un courant d'eau dans le tuyau en plomb et on vide le bac jaugeur. Le tuyau se termine dans chaque cuvier par une couronne perforée, en sorte que l'acide ainsi dilué est bien réparti dans la mélasse constamment en mouvement.

Aussitôt l'acide ajouté, on porte la mélasse à l'ébullition qu'on maintient pendant le temps nécessaire à la stérilisation, en prenant garde toutefois de ne pas produire de destruction du sucre. On doit s'assurer fréquemment que le moût est réellement stérile après ébullition. Avec certaines mélasses, il suffira de porter simplement la température à 100°, tandis que, pour d'autres, il faudra prolonger l'ébullition pendant une demi-heure et peut-être davantage.

Quand, par suite du manque d'eau, on ne peut pas ramener à un degré Baumé assez bas pour faire l'ébullition sans risque de caraméliser une notable proportion de sucre, il faut réduire la dose d'acide ajouté avant l'ébullition.

Pendant toute la durée du chauffage, on continue d'injecter de l'air dans le liquide pour faciliter l'expulsion des acides gras. Aussitôt la stérilisation achevée, on procède au refroidissement.

Monte-acide Paul Kestner. — Cet appareil remplace avantageusement le monte-jus. Il fonctionne par pulsations en deux périodes, l'une dite d'alimentation, pendant laquelle il se remplit par l'acide arrivant par T_2 , l'autre dite de refoulement pendant laquelle il se vide par T_1 . Pendant la période d'alimentation, le poids XY, agissant sur la soupape S, ferme l'arrivée d'air a et découvre l'échappement b . Aussitôt l'appareil plein jusqu'à la tubulure, le poids XY devenant nul, la soupape quitte son siège a pour fermer le siège b . L'air comprimé pénètre aussitôt, ferme la sou-

pape d'alimentation de l'acide M, et l'acide, ne trouvant pas

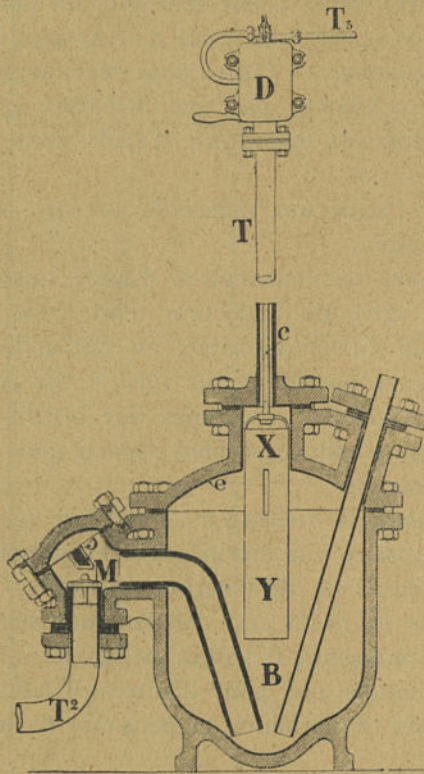


Fig. 63. — Monte-acide Kestner.

B, corps en fonte avec chemise *e*. — T, tuyau en fonte revêtu de plomb. — D, boîte à distribution contenant une soupape S. — XY, flotteur en plomb. — *c*, tige en acier entourée d'un tuyau en plomb. — T², tuyau d'alimentation de l'acide. — M, clapet de retenue, en plomb durci, avec butoir *s*. — T³, tuyau d'arrivée de l'air comprimé.

Au-dessus des clapets d'aspiration se trouve la partie du pulsomètre contenant les clapets de refoulement et conduisant au tuyau de refoulement commun D.

Chacune des deux chambres possède en outre, à sa partie supérieure, un petit clapet de retenue *d* pour l'introduction de l'air, et, à sa partie inférieure, un tuyau d'injection d'eau froide.

La vapeur entre par la valve R, passe dans l'une des chambres en pressant sur l'une des faces de la languette *c* qui ferme ainsi l'entrée de l'autre chambre, exerce une pression sur le

d'autre issue, est refoulé par T₁. La pression intérieure maintient la soupape S contre son siège *b* (dont le diamètre est plus grand que celui du siège *a*) jusqu'au moment où l'appareil s'étant complètement vidé, l'air s'échappe à son tour par T₁. A ce moment, S n'étant plus maintenu, tombe sur *a* et découvre de nouveau *b*, ce qui provoque une nouvelle pulsation.

Pulsomètre Kœrting. —

Ce pulsomètre, fréquemment employé pour pomper la mélasse de la *citerne à distribution*, se compose de deux chambres en fonte en forme de poires (fig. 64) qui se rétrécissent dans le haut, et dont l'entrée est ouverte ou fermée par une languette commune *c*. La partie inférieure de chaque chambre est munie d'un clapet d'aspiration et aboutit au tuyau commun S.

liquide contenu dans cette première chambre et le chasse par des clapets de refoulement dans le tuyau de refoulement D.

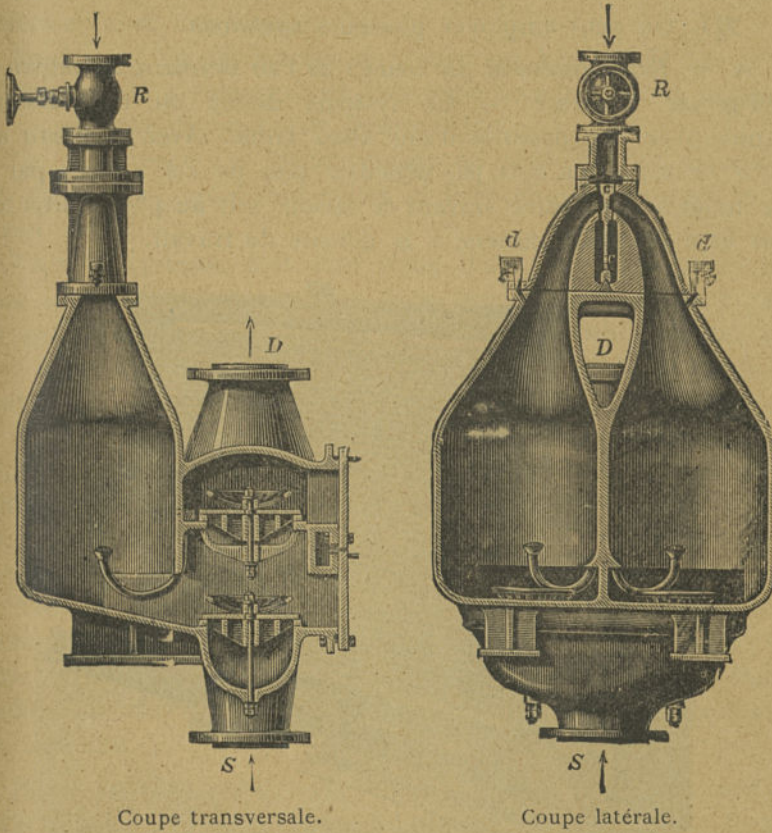


Fig. 64. — Pulsomètre Keerting.

Le liquide étant arrivé à l'arête inférieure de la chambre, la vapeur se mélange avec lui et, par suite de la condensation, perd immédiatement un peu de sa pression. En même temps l'eau rejaille par le tuyau recourbé dans la chambre et produit une condensation rapide; le vide ainsi produit aspire, par le tuyau d'aspiration S, le liquide qui remplit à nouveau la chambre.

Quand la vapeur, dans l'opération décrite ci-dessus, a atteint l'arête inférieure de la chambre, et dès que la pression a diminué un peu dans celle-ci, la languette s'incline immédiatement de l'autre côté et le même jeu se répète pour l'autre compartiment.

Refroidissement du moût stérilisé

217. On peut employer plusieurs systèmes :

A. — *Refroidissement au contact de l'air ordinaire au moyen d'un réfrigérant Lawrence.* — Ce système donne un refroidissement rapide avec une dépense d'eau assez faible. Avec une eau ayant 10 à 12° c., on ne doit pas dépenser plus de 1 à 2 litres par litre de moût à 25° Baumé suivant la saison, soit au plus 1 litre d'eau par litre de moût ramené à la densité du travail.

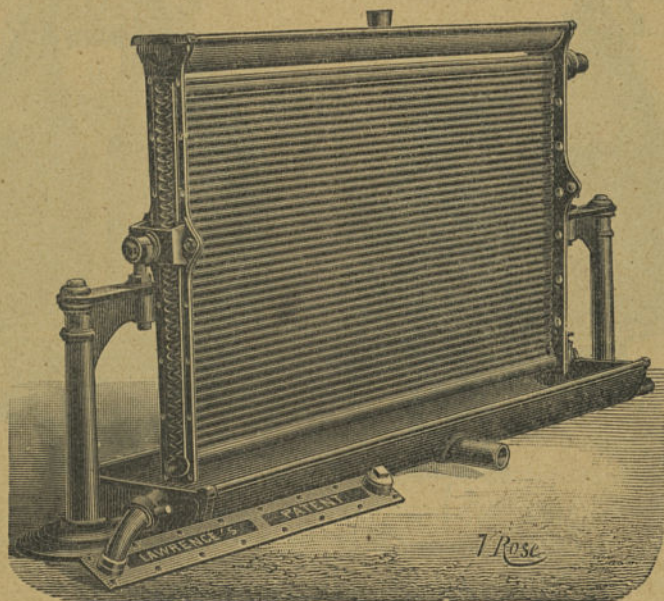


Fig. 65. — Réfrigérant Lawrence.

Ce réfrigérant se compose de deux lames de cuivre ondulées, (fig. 65), placées verticalement à très petite distance l'une de l'autre et reliées sur les côtés par des plaques de bronze. A la partie supérieure se trouve une gouttière distributrice qui reçoit le moût chaud, et à la partie inférieure une gouttière collectrice où se rassemble le moût refroidi.

La distribution du moût dans la gouttière supérieure doit se faire très régulièrement au moyen d'un tuyau à deux branches dont chacune finit près d'une des extrémités de cette gouttière; le moût s'écoule ensuite par des ouvertures et se répartit uniformément sur la surface réfrigérante.

Ce réfrigérant a l'avantage de se nettoyer très facilement à l'extérieur et même à l'intérieur, car les plaques de côté étant mobiles, on peut le démonter en très peu de temps et nettoyer l'intérieur avec une brosse.

Au-dessous du réfrigérant se trouve un bac appelé bac préparatoire ou bac à ramener, où l'on règle exactement la densité et la température du moût en fermentation.

Le « Lawrence » a l'inconvénient de produire des mousses et des projections, qu'il faut éviter et faire disparaître avec le plus grand soin.

Tout le système doit être placé dans une atmosphère aussi pure que possible et non pas dans l'air confiné d'une cuverie. La salle doit être parfaitement aérée et cimentée partout, et le tout doit être maintenu dans le plus grand état de propreté. On peut encore recouvrir les murs de vernis émail et injecter dans la salle de l'air filtré à l'aide de tuyaux arrivant en face de la nappe ruisselante de moût. On règle l'ouverture du tuyau de ventilation de manière qu'il reste un excès de pression d'air à l'intérieur du local; de cette façon l'air impur de l'extérieur ne peut pas pénétrer dans le local.

Avec un tel dispositif on peut garder longtemps des moûts dans la salle sans qu'ils entrent en fermentation spontanée; et si cette fermentation se produit, on ne rencontre guère dans le liquide que des cellules de la levure employée dans l'usine et pas de bactéries.

B. — *Refroidissement dans le cuvier même.* — a) Au moyen d'un serpentín. Le liquide doit être fortement agité dans toute sa masse par un barbotage d'air filtré, et le serpentín doit avoir une surface qui, suivant la quantité et la température de l'eau dont on dispose, soit suffisante pour opérer le refroidissement en 1 heure, 2 heures au plus, avec une dépense de 2 à 3 litres $\frac{1}{2}$ d'eau par litre de moût. Ce serpentín doit être tenu très propre pour maintenir la conductibilité du métal. Pour calculer sa surface, on pourra compter sur un coefficient de transmission de 3 à 400 calories par mètre carré, par heure et par degré de différence de température.

Ce système est très rationnel et très sûr, le refroidissement se faisant dans un milieu qui est stérilisé à chaque opération; il présente le petit inconvénient d'exiger une grande surface réfrigérante qui prend beaucoup de place dans le stérilisateur.

Pour éviter les incrustations par le carbonate de chaux pro-

venant de l'eau, il suffit de maintenir celle-ci sous une légère pression dans le serpentin pour empêcher le dégagement de l'acide carbonique du bicarbonate de chaux. Dans tous les cas, il faudrait au moins vider le serpentin quand on arrête la circulation de l'eau, de façon à éviter qu'elle devienne fort chaude.

b) Au moyen d'un ruissellement d'eau sur la paroi extérieure. C'est le système le plus simple de tous et qui convient surtout pour les stérilisateurs de faible dimension. Pour qu'il réussisse sans une trop grande consommation d'eau, il est nécessaire que le liquide soit très fortement agité. Comme pour le Lawrence, ce mode de réfrigération utilise à la fois la transmission directe de la chaleur à l'eau et le refroidissement au contact de l'air. On peut contrôler à chaque instant ce qui se passe et rien ne peut se détraquer. Si la distribution de l'eau sur la surface extérieure est faite par un tube percé de trous, il faut simplement veiller à ce que ces trous, ne se bouchent pas; on peut les déboucher, au besoin, par un petit jet de vapeur lancé à l'intérieur du tube.

Les incrustations, qui diminuent si souvent l'efficacité des surfaces réfrigérantes à tubes, à serpentins ou autres, ne sont pas à craindre ici.

On peut combiner ce système avec la réfrigération au moyen du serpentin placé dans la cuve.

C. — *Refroidissement dans des réfrigérants tubulaires.* — Ces réfrigérants sont tous à contre-courants; le moût circule dans des tubes plongeant dans l'eau qui circule en sens inverse. On en emploie de deux systèmes différents.

a) Réfrigérant tubulaire vertical. Le moût entre chaud à la partie supérieure et est distribué dans tous les tubes au moyen d'une plaque en tôle de cuivre perforée; il sort froid à la partie inférieure par un tube recourbé qui remonte jusqu'au niveau de la plaque tubulaire supérieure. L'eau entre par le bas et sort par le haut; des diaphragmes l'obligent à lécher tous les tubes. En cas de besoin, on pourrait évidemment réunir plusieurs réfrigérants semblables en batterie, le jus d'un premier réfrigérant étant déversé sur la plaque tubulaire d'un deuxième appareil semblable. Cette disposition est rarement adoptée.

b) Quant il s'agit de refroidir fortement de grandes quantités de liquide, on préfère généralement les réfrigérants horizontaux à étages. Ce genre de réfrigérant a été introduit dans les brasseries allemandes par Hausschild et dans les distilleries par Paucksch, de Landsberg. Chaque étage se compose d'un cylindre en fonte ou

en cuivre rouge (fig. 66) portant dans son intérieur un faisceau de tubes en cuivre ou en laiton fixés entre deux plaques tubulaires en bronze ordinaire ou en bronze phosphoré. Le liquide chaud pénètre à une extrémité du cylindre, entre le fond de ce cylindre et la plaque tubulaire, circule à l'intérieur des tubes et abandonne ce cylindre à l'autre extrémité. L'eau s'introduit de ce même côté, circule entre les tubes et sort à l'autre bout du cylindre. Pour avoir une meilleure utilisation de l'eau, Paucksch dispose à l'intérieur de chaque cylindre, dans l'espace compris entre le fond et la plaque tubulaire, de petites cloisons qui divisent cet espace en trois petits compartiments. Le moût, en arrivant par la tubulure supérieure, se répand dans les tubes du dessus et gagne l'autre bout du cylindre; de là elle passe dans les tubes du milieu, circule en sens inverse, passe ensuite dans les tubes inférieurs et sort enfin du cylindre après avoir parcouru un espace égal au triple de sa longueur.

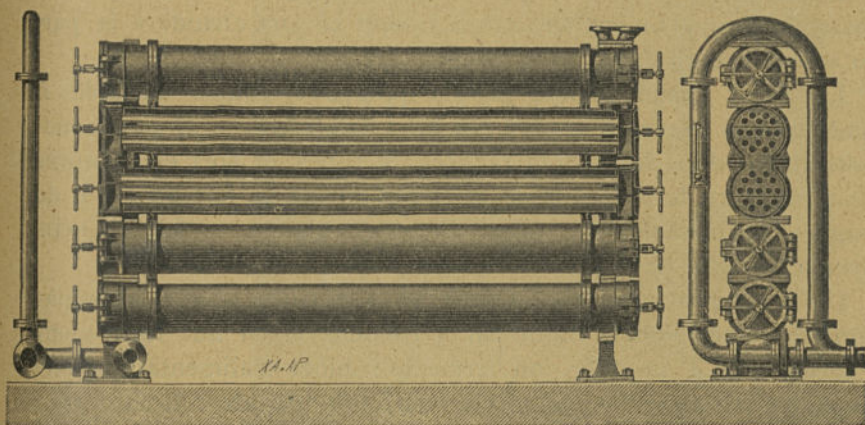


Fig. 66. — Réfrigérant tubulaire.

Les fonds des cylindres sont constitués par des couvercles à charnières fermés par des étriers à vis. Il suffit de desserrer cette vis et de faire pivoter la porte pour avoir libre accès aux tubes. On nettoie ceux-ci en y passant une brosse métallique.

On dispose par étages un nombre de cylindres d'autant plus grand qu'on veut pousser plus loin l'économie d'eau. Pour 100 kilos de mélasse à refroidir de 100 à 50° un tel réfrigérant ne doit pas dépenser plus de 1 litre 1/4 d'eau à 10-12° c.

Ce réfrigérant présente cet inconvénient, c'est qu'on ne peut nettoyer la surface extérieure des tubes qui se couvre assez rapi-

dement d'une couche de tartre quand on emploie de l'eau calcaire ; on est obligé de recourir à l'emploi de l'acide chlorhydrique, qui n'est pas sans inconvénient quand on ne prend pas les plus grandes précautions.

Dans le réfrigérant Venuleth et Ellenberger (fig. 67) l'eau, au lieu de passer dans des cylindres, circule dans une caisse formée par 2 plaques de tôle assemblées et divisée en une dizaine de compartiments par des lames horizontales. La figure 65 montre à gauche une vue de profil de ce réfrigérant. A chaque compartiment il y a 2 rangées de tubes *l* d'une section oblongue, et les tubes de chaque rangée sont réunis à ceux du compartiment voisin par des coudes en fonte *m*. Ces coudes sont fixés aux tuyaux par des boulons ; il suffit de desserrer 2 écrous pour enlever un coude et pouvoir nettoyer l'intérieur du tube. En enlevant en même temps le coude qui se trouve à l'extrémité opposée, on peut facilement retirer le tube et le gratter pour enlever le tartre.

L'eau froide entre à la partie inférieure du réfrigérant, en *b*, passe de compartiment en compartiment et sort chaude à la partie supérieure en *d*.

Le moût chaud refoulé par la pompe à course variable *i*, pénètre dans les tubes supérieurs du réfrigérant en *h*, passe successivement dans les autres rangées de tubes et sort en *c*, après avoir parcouru la longueur de la caisse autant de fois qu'il y a de rangées horizontales de tubes. Cette circulation se fait en sens inverse de celle de l'eau.

Les 3 rangées verticales de 16 tubes chacune travaillent séparément et reçoivent le moût par 3 robinets *h*. Si une fuite vient à se déclarer à un tube, on ferme le robinet d'alimentation correspondant à cette rangée, et on peut continuer de refroidir avec les deux autres rangées de tubes.

Les tubes sont éprouvés à une pression de 5 atmosphères.

Pour éviter l'éclatement des tubes, on dispose en avant des robinets d'alimentation une *bouteille à air g*, dans laquelle l'air forme un matelas élastique qui amortit les chocs. Ce réservoir porte un manomètre pour indiquer la pression et une soupape qui se lève quand la pression dépasse 3 kilos. Le tube *f* permet d'enlever le moût qui s'est introduit dans le réservoir d'air.

Chaque fois que cet appareil cesse de fonctionner, on doit immédiatement faire passer de l'eau dans les tubes ; cette eau arrive par le tuyau *e*.

Les réfrigérants tubulaires horizontaux de Paucksch et de

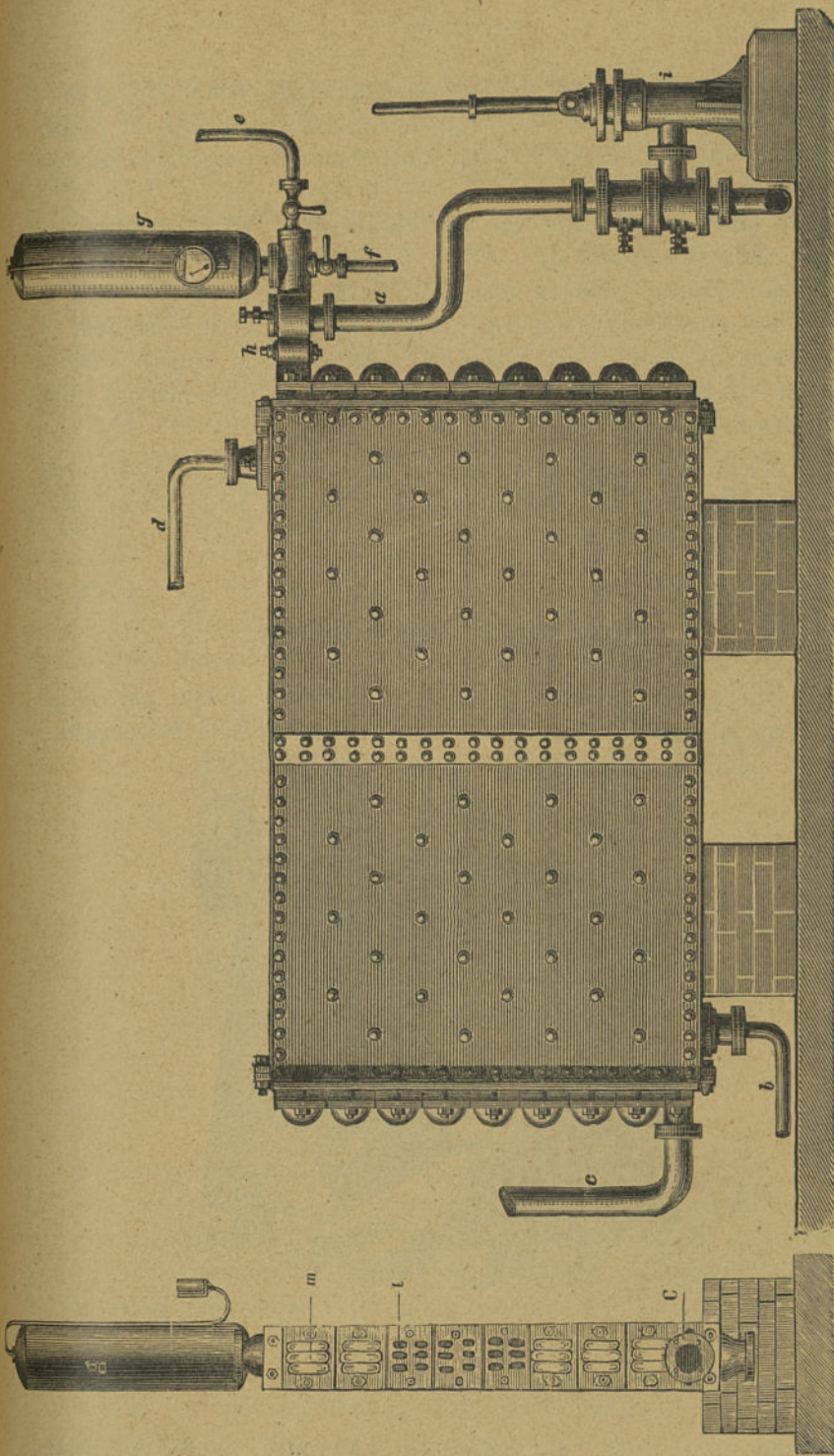


Fig. 67. — Réfrigérant Venuleth et Ellenberger.

Venuleth ont l'avantage de ne pas dépenser beaucoup d'eau, 1 hect. 25 à 1 hect. 5 par 100 hect. de liquide à refroidir, et d'opérer le refroidissement à l'abri de l'air ; mais ils exigent beaucoup de soins de propreté.

Pour laver et stériliser ces réfrigérants, on ferme toutes les ouvertures à l'exception de 2, et on y fait passer d'abord un courant d'eau chaude, puis un fort courant de vapeur jusqu'à ce que toutes les parties de l'appareil soient brûlantes au toucher, et même à ce moment il est bon de laisser passer la vapeur encore pendant quelque temps, si l'on veut arriver sûrement à une stérilisation parfaite.

OBSERVATION. — Il est clair que pour le travail de la mélasse toutes les parties du réfrigérant en contact avec le liquide acide doivent être en cuivre rouge ou en laiton.

Préparation du moût de mélasse

218. Une fois la mélasse acidifiée et stérilisée, il faut par addition d'eau la ramener exactement à la densité et à la température voulues pour la fermentation.

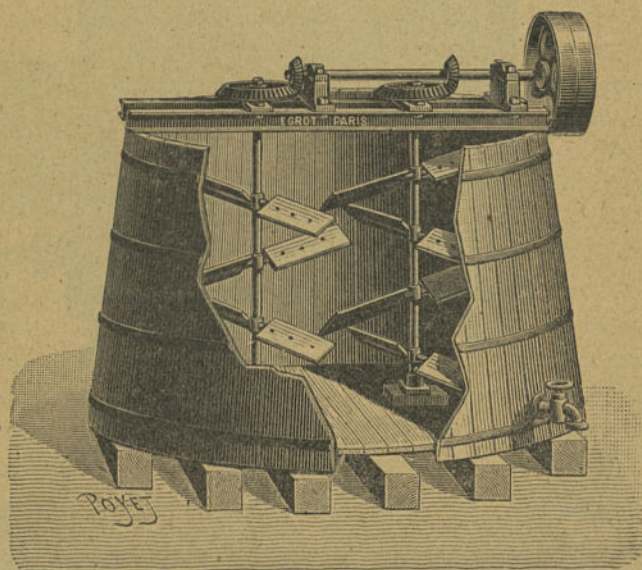


Fig. 68. — Cuve de préparation des moûts.

Quand on se sert d'un réfrigérant Lawrence, cette opération

se fait dans le bac préparatoire placé en dessous de ce réfrigérant. Quand on refroidit dans le cuvier ou dans un réfrigérant tubulaire, la mélasse, en quittant ces appareils, entre dans un tuyau plusieurs fois replié sur lui-même, où elle rencontre de l'eau avec laquelle elle se mélange intimement ; puis elle descend dans le tuyautage qui sert à l'alimentation des cuves. Sur la partie verticale de ce tuyau, on branche une dérivation, dans laquelle on intercale une éprouvette où l'on peut constater la densité et la température du *coulage*. Deux robinets, dont les clefs sont munies d'une aiguille circulant sur un cadran divisé, permettent de régler exactement l'arrivée de la mélasse et de l'eau.

Au début de la fabrication de l'alcool de mélasse on ne stérilisait généralement pas ; on délayait simplement la mélasse avec la quantité d'eau nécessaire dans une cuve ordinaire, dans laquelle on agitait à la main au moyen de mouverons en bois. Un autre moyen qui est beaucoup employé est la cuve à agitateurs mécaniques. La fig. 68 représente une telle cuve en bois de sapin rouge avec agitateurs entièrement en cuivre, bronze et bois.

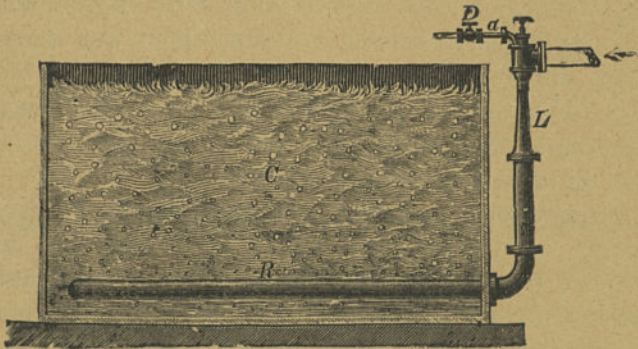


Fig. 69.

L, compresseur d'air. — a, Tuyau à vapeur. — D, valve de prise de vapeur.
C, Bac. — R, Tuyau perforé.

Cette cuve convient surtout pour le travail des mélasses qu'on ne veut pas stériliser, comme les mélasses de cannes employées aux colonies pour la fabrication du rhum. Quand on veut stériliser et faire bouillir la mélasse, on préfère généralement recourir à l'agitateur par insufflation d'air qui est beaucoup plus simple (fig. 69).

Au chapitre de la fermentation des mouts de mélasse, nous étudierons les transformations que subit cette matière par le traitement préliminaire.

CHAPITRE XII

Travail des Topinambours

Origine et composition

219. Le topinambour (*helianthus tuberosus*), originaire du Brésil, peut être considéré comme la betterave des terres pauvres. C'est une plante très rustique et fort peu exigeante au point de vue de la qualité du sol, des engrais et des façons. Tandis que la levée des betteraves est souvent compromise par la sécheresse ou les ravages des insectes, le topinambour, pourvu qu'on ne le plante pas dans des terres très humides, pousse pour ainsi dire sans culture. Cette plante peut être cultivée plusieurs années de suite dans le même terrain ; mais, pour avoir de bonnes récoltes avec ce système, il faut donner une forte fumure tous les deux ans. Il vaut mieux ne laisser le topinambour que deux années de suite, car, après la seconde année, la trop grande multiplication des tiges vient nuire à la récolte, en empêchant l'accroissement des tubercules, trop rapprochés dans le sol, et qui ne peuvent acquérir un développement suffisant.

Le topinambour étant riche en sucre (lévulose), est une plante qui s'altère très rapidement après l'arrachage ; il faut donc le travailler au fur et à mesure de la récolte, ce qui est un assez gros inconvénient pour une exploitation un peu importante. Par contre, il présente un grand avantage, c'est qu'il ne craint nullement la gelée ; s'il en est atteint, même hors du sol, cela ne présente pas d'inconvénient, car il dégèle sans s'altérer et peut même subir plusieurs alternatives de congélation et de dégel, sans que son tissu cellulaire se désorganise.

Malheureusement, les gelées empêchent l'arrachage par suite du durcissement de la terre, en sorte que, malgré sa résistance à la gelée, on ne peut le cultiver que dans les pays où les gelées ne sont ni fréquentes ni assez fortes pour entraver l'arrachage. Cet inconvénient se présentera rarement si on ne consacre au topinambour que des terrains légers qui sont, du reste, les plus appropriés à la culture de ce tubercule.

Le topinambour est, comme nous l'avons dit, une plante rustique

et peu exigeante. Avec une meilleure terre, plus de soins culturaux et une plus forte fumure, on obtient cependant de plus hauts rendements, qui peuvent aller jusqu'à 30 à 50,000 kil. par hectare; mais dans quelques cas l'augmentation de rendement ne suffit guère qu'à compenser les frais supplémentaires.

Composition du topinambour

220. Voici deux analyses de topinambour faites, la première, sur des topinambours de la Belgique, par M. Pétermann, et la deuxième, sur des tubercules de la Dordogne, par MM. A. Muntz et A. Girard :

	1	2
Eau	77.68	77.18
Hydrates de carbone transformables en sucre (lévulose et inuline)	14.33	14.27
Hydrates de carbone non trans- formables en sucre.	{ Cellulose. { Matières pectiques	0.88
		4.09
Matières grasses.	0.18	0.12
» azotées.	1.35	2.03
» minérales	1.10	1.43

Ces derniers auteurs ont déterminé aussi la composition du jus des topinambours. Les topinambours des Charentes (a) et ceux de la ferme de l'Institut agronomique (b) accusent par 100 c. c. de jus :

	a	b
Lévuline et glucose (exprimés en glucose)	18.66	16.82
Inuline	1.66	1.20

Pour l'étude des composés spéciaux au topinambour, nous renvoyons au Livre I, Chapitre IV (88 et 89).

Les topinambours renferment une diastase spéciale, l'*inulase*, qui transforme l'inuline en lévulose et qu'on rencontre également dans *Aspergillus niger*. La cuisson sous pression transforme également l'inuline en lévulose, mais elle est insuffisante pour la lévuline.

Travail du Topinambour

221. Le travail du topinambour ressemble en plusieurs points à celui de la betterave. Le lavage doit être très soigné; les tubercules,



Fig. 70. — Tubercules de topinambour.
(Vilmorin).

par suite de leurs formes irrégulières et contournées (fig. 70), retiennent de la terre et de petits cailloux, dont on ne peut les débarrasser qu'en les lavant avec beaucoup d'eau. Suivant la nature plus ou moins argileuse des terres, et aussi, naturellement, suivant les années, il faut de 5 à 15 et même 20 litres d'eau par 100 kil. de topinambour

entrant en travail. Pour économiser l'eau de lavage on opère comme pour la betterave, en prenant l'eau clarifiée d'un lavage précédent.

Pour apprécier la valeur des différents modes de travail adoptés ou proposés pour l'alcoolisation du topinambour, il est nécessaire d'examiner de près la composition de la plante.

Nous avons vu que l'inuline est extrêmement peu soluble dans l'eau froide, mais très soluble dans l'eau bouillante; comme les tubercules renferment de 1,20 à 1,70 % d'inuline, il faudra un épuisement à chaud pour en retirer toute la matière alcoolisable qu'ils renferment.

Le mode d'extraction le plus adopté en France est la macération. Cette opération doit être faite en maintenant dans toute la batterie une température aussi élevée que peut supporter la pulpe, soit environ 90°; sans cette précaution, il n'est pas rare de rencontrer dans les macérateurs les plus froids, un dépôt blanc qui n'est autre que de l'inuline. Pour réaliser cette condition, il est

nécessaire de munir la batterie de macération de calorisateurs placés entre les macérateurs.

Le plus souvent le calorisateur est un simple barboteur placé dans le faux-fond du macérateur, ce qui permet de réchauffer vivement et de redissoudre l'inuline déposée en cas de refroidissement par arrêt de la batterie.

D'après Andrieux, en Amérique on travaille les topinambours exactement comme on opère pour les betteraves par le procédé des presses, c'est-à-dire qu'on râpe les tubercules et exprime le jus qu'on met en fermentation. Ce procédé n'est pas rationnel, il présente l'inconvénient de ne pas extraire toute l'inuline trop peu soluble; en outre, l'inuline extraite doit être transformée en lévulose, par l'action de l'inulase, avant de pouvoir fermenter; et nous avons vu que cette action est fort lente.

L'emploi des presses continues avec 2 ou 3 pressions et chauffage à 80°, comme on l'applique depuis quelques années aux betteraves, semblerait convenir pour les topinambours; mais ce procédé est évidemment inférieur à celui de la macération ou de la diffusion, et les essais qu'on en a faits en France l'ont fait abandonner.

On travaille aussi les topinambours par cuisson sous pression comme on le fait pour les pommes de terre. Cette cuisson transforme l'inuline en lévulose, c'est-à-dire en un sucre très soluble et directement fermentescible; mais elle n'atteint guère la lévuline, qui présente une grande résistance à l'inversion. Il est vrai que la lévuline est attaquée par la sucrase, c'est-à-dire que, comme la saccharose, elle peut fermenter directement par la levure; mais cette action est trop lente pour qu'on puisse tabler sur elle dans l'industrie.

Pour arriver sûrement à une alcoolisation complète du topinambour, il est nécessaire de faire subir au jus obtenu une opération qui transforme à la fois l'inuline et la lévuline en sucre, c'est-à-dire une inversion. Pour cela, on fait bouillir le jus acidifié à environ 2 à 3 grammes d'acide sulfurique par litre, pendant une heure, dans une cuve munie d'une cheminée pour le dégagement des vapeurs. Cette longue ébullition présente en outre l'avantage de produire la stérilisation à peu près complète du jus. Il serait préférable de remplacer cette longue ébullition par un chauffage dans des autoclaves comme ceux que l'on désigne sous le nom de Kruger, pendant 10 à 15 minutes, à une température de 120°.

On refroidit ensuite le moût à la température convenable pour

la fermentation. Comme moyen de réfrigération, on peut employer tous ceux que nous avons cités à propos de la mélasse. Si les cuves à bouillir ont les dimensions convenables, c'est-à-dire si elles peuvent contenir facilement la production de la batterie pendant la durée de l'ébullition et qu'on en possède 3, le mieux est de refroidir dans les cuves mêmes, au moyen d'un serpentín; les soins de propreté sont ainsi beaucoup simplifiés. Si on possède une pompe à air, on fera passer un courant d'air dans le moût pour accélérer le refroidissement.

Le réfrigérant Lawrence convient également fort bien, surtout s'il est installé dans les conditions que nous avons précédemment indiquées (215). Si l'on fait l'inversion et la stérilisation dans un Krüger, c'est un réfrigérant du genre Lawrence ou du genre Paucksch qu'il faudra employer.

Il est recommandable de toujours emplir les cuves à bouillir à la même hauteur où se trouve une marque; on a ainsi un excellent moyen de contrôle pour suivre la production journalière.

Au lieu d'un Krüger on pourrait encore plus avantageusement se servir d'un stérilisateur continu analogue au pasteurisateur Houdart à grand débit, approprié au travail des moûts de distillerie. La chaleur employée à la stérilisation étant en majeure partie récupérée avec ce système, la dépense de vapeur est très faible, il n'y a que les frais d'installation qui soient élevés.

Mais il faudrait maintenir une pression de 2 kilos dans l'appareil; en outre, son volume devrait être suffisant pour que le liquide y reste un quart d'heure et que l'inversion ait le temps de se faire (voir Fermentation des jus de betteraves).

Saccharificateur Krüger

222. Cet appareil se compose d'un réservoir cylindrique vertical A en cuivre rouge (fig. 71), terminé par deux calottes sphériques. La calotte supérieure est munie d'un trou d'homme B fermé par un étrier à vis, pour l'introduction de la matière à traiter. Le cylindre porte un autre trou d'homme C pour le nettoyage de l'appareil, un tuyau D pour l'arrivée de l'eau, un tuyau d'évacuation muni d'un robinet à longue tige et à volant E et d'un robinet de vidange d'eau sale F, d'une éprouvette à échantillon G, d'un tuyau d'air H, d'une soupape de sûreté I, d'un manomètre K, d'un tuyau d'eau chaude L, et d'un tuyau L' amenant la vapeur pour le chauffage.

Après avoir fermé le trou d'homme B, on fait bouillir le liquide en laissant ouvert le robinet d'air H, quand tout l'air est chassé, ce qu'on reconnaît à ce que la vapeur sort avec force par le robinet H, on ferme ce robinet et on règle le robinet de vapeur pour maintenir au manomètre la pression que l'on désire.

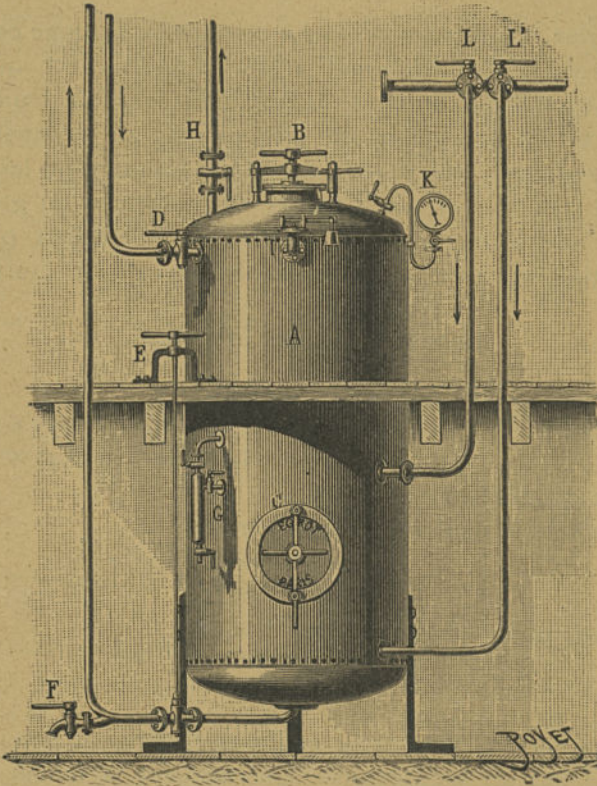


Fig. 71. — Saccharificateur Krüger.

L'opération terminée on ouvre le robinet d'évacuation E et le liquide est refoulé par la pression qui existe à sa surface dans l'appareil.

CHAPITRE XIII

Travail de la caroube

223. *Origine et composition.* — La caroube ou carouge est le fruit du caroubier (*ceratonia siliqua*) arbre toujours vert qui pousse dans les contrées qui bordent la Méditerranée. Ce fruit se présente sous forme de gousses ou siliques qui, au moment de leur maturité, possèdent une saveur agréable. En ouvrant les gousses quand elles sont sèches, on y trouve des semences ou grains très durs ayant une forme ovale et aplatie. Les caroubes présentent la composition suivante, d'après les analyses de M. Durin :

CAROUBES (gousses et grains)

Eau	16.70	
Saccharose	24.65	} $24,65 + 0,95 \times 8,85 =$
Glucose	8.85		} $24,65 + 8,40 = 33,05$
Matières albumineuses, extractives, cellulose, matières grasses	31.29	
Graines	14.00	
Cendres	3.42	
Alcaloïdes, mat. colorantes, etc.	1.10	
	<hr/>	
	100.00	

Les deux sucres, saccharose et glucose, donnent donc un total de 33.05 évalué en saccharose. Généralement la teneur en sucre varie de 32 à 38 p. 100. Comme on le voit, la caroube est un fruit très riche en sucre; malheureusement ce fruit renferme une forte proportion d'acide butyrique qui rend la fermentation très difficile et communique à l'alcool une odeur et un goût très désagréables et très difficiles à enlever.

L'analyse suivante rend compte de cette difficulté :

Eau	:	23,80
Saccharose et glucose . . . . .	. . . . .	40,00
Matières albuminoïdes . . . . .	. . . . .	5,21
Acide tannique . . . . .	. . . . .	1, 2
Acide butyrique . . . . .	. . . . .	1,30

Cellulose	5,00
Matières grasses	0,55
Substances organiques non azotées (gommes, etc.)	20,02
Cendres	2,30

Les caroubes renferment 10 p. 100 de grains, et ceux-ci paraissent contenir de 25 à 30 % de leur poids de *d* mannose. 100 kilos de ces grains, concassés et saccharifiés, pourraient donc donner de 10 à 12 litres d'alcool pur, en sorte qu'on pourrait, en les recueillant et les travaillant, augmenter de 1 litre à 1 litre 1/2 le rendement alcoolique de 100 kilos de caroubes. Leur densité absolue varie de 1,15 à 1,20 comme celle de la pulpe, et un hectolitre de ces grains pèse de 85 à 90 kilos. Le travail à part de ces grains après saccharification par le malt ou les acides, ne paraît pas être rémunérateur.

D'après un travail récent du D^r Effront, les graines du caroubier ont la composition suivante :

Eau	11,40
Matières azotées	18,92
Hydrates de carbone	62,00
Matières grasses	2,30
	<hr/>
	94,65

L'embryon contient 62,78 p. 100 de matières protéiques, le spermoderme en renferme 7,7 p. 100 et l'albumen 8,49 p. 100.

Les caroubes destinés à la distillation doivent être emmagasinés, peu après la récolte, dans des endroits couverts et bien secs, et n'être livrés au travail que lorsqu'ils ont six, huit et même dix mois de dépôt (A. Kehn).

Les caroubes sont bons à travailler lorsqu'en cassant les grains sortent seuls de leurs loges. 100 kil. de caroubes en fèves occupent alors un volume de 220 litres, et la composition est à peu près celle-ci :

Matières sucrées directement fermentescibles.	38 à 40 p. 100
Grains ou semences	10 —
Eau.	8 à 10 —
Ligneux, sels minéraux, matières azotées, etc.	40 —

La caroubine, le caroubinose et la caroubinase. — Le D^r Effront a retiré de l'albumen des graines du caroube un hydrate de carbone auquel il a donné le nom de caroubine, et qui présente quelques

propriétés de la gélose (λ — galactane). Soumise à l'action des acides minéraux dilués à chaud, la caroubine se transforme en une substance fermentescible dextrogyre $\alpha_D = 24$, soluble dans l'eau et dans l'alcool et répondant à la formule $C^6H^{12}O^6$. C'est le caroubinose.

D'après Alberda van Ekenstein, le caroubinose ne serait autre que la *d* mannose (58) $CH^2OH - (CHOH)^4COH$, $\alpha_D = + 14^{\circ}25$.

A côté de la caroubine il y a dans les caroubes une diastase ou enzyme, la caroubinase, qui transforme également la caroubine en caroubinose.

C'est surtout au Portugal que la caroube est employée à la fabrication de l'alcool; contrairement aux assertions de Maercker, elle n'est pas employée à cet usage aux îles Açores.

Aux environs de 1880, Savalle monta à Faro la première distillerie de caroubes. On opérait comme pour le travail du maïs par les acides, c'est-à-dire que les caroubes broyées étaient introduites dans des chaudières autoclaves en cuivre, dites *Krùgers* (222, fig. 71), avec environ 2 litres d'eau par kilo de matière première, et 1 p. 100 d'acide sulfurique, et qu'on chauffait pendant environ une demi-heure à une pression de 2 à 3 at. Ce procédé donnait un moût très épais qui bouchait les conduites et qui, avec la meilleure levure, donnait une fermentation qui dégénérait en peu de temps. On n'obtenait que 10 à 12 litres d'alcool par 100 kilos, et cet alcool était détestable.

On essaya ensuite de moudre finement les caroubes et de les cuire sous pression avec eau, mais sans acide, dans des cuiseurs dont la soupape laissait constamment échapper un filet de vapeur (soupape soufflante). On obtenait ainsi un moût ayant la nuance de la mélasse et présentant une odeur de chocolat très agréable; mais pendant la fermentation l'odeur d'acide butyrique se présentait à nouveau et la fermentation était toujours mauvaise et incomplète.

Puis on abandonna la cuisson et on installa une batterie de macération comprenant seize macérateurs coniques en bois de 36 hectolitres chacun. Mais, par suite de la mauvaise répartition du jus, de l'inégalité de division des caroubes et de la nature gluante de la matière première, chaque macérateur, qui était chargé de 1.000 kilos de caroubes déchiquetées et 15 hectolitres d'eau, devait rester en macération pendant six heures à la température de 90° C., avant qu'une diffusion sérieuse se produisit. Il fallait placer un peu de gravier sur les faux-fonds perforés pour

les empêcher de se déplacer, et malgré cela le moût arrivant dans les cuves à fermenter entraînait toujours des matières épaisses.

Pendant cette longue macération à 90° et en vases ouverts, beaucoup d'acide butyrique était volatilisé et une stérilisation partielle se produisait; le rendement était notablement amélioré et atteignait 15 %; la qualité de l'alcool également était meilleure.

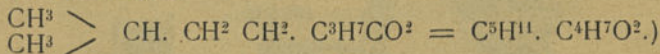
Plus tard on monta, près de Lisbonne, une nouvelle distillerie de caroubes qui travailla par le procédé suivant :

Les caroubes étaient broyées en présence de l'eau dans un moulin Excelsior Gruson, de façon à avoir un moût homogène contenant 20 kilog. de caroubes par hectolitre. Ce moût était introduit dans un macérateur Paucksch, on mettait l'agitateur en mouvement pendant 1/2 heure, puis une pompe prenait ce moût, qui marquait 12° Balling et 19° C, et l'envoyait aux cuves à fermenter.

Il paraît que le moût ainsi préparé donnait une bonne fermentation; s'il en est réellement ainsi, il faut admettre que, dans ce procédé, l'acide butyrique n'était pas mis en liberté.

D'après ce que nous apprend M. Arachequesne, on a trouvé depuis peu un moyen d'enlèvement de l'acide butyrique qui donne des résultats pratiques. Il consiste à faire passer le jus au sortir de la macération dans une colonne à distiller, de cinq à six plateaux seulement, pour enlever une grande partie des acides volatils.

Le jus ainsi traité fermente normalement; les eaux acides récoltées sont saturées par la chaux et concentrées; les sels gras recueillis servent ensuite à étherifier (p. 14) l'alcool amylique (24) provenant des alcools de queue, pour faire des parfums artificiels (butyrate d'isoamyle



Moulin excelsior Gruson

223. Les parties broyantes de ce moulin consistent en deux disques en forme d'anneau (fig. 72) en fonte spéciale particulièrement résistante. Sur ces disques s'élèvent, disposées suivant des lignes concentriques, des dents à section triangulaire, disposées de telle sorte qu'entre deux lignes consécutives se trouve un sillon ayant également une section triangulaire. C'est dans ces sillons que tournent les dents de l'autre disque, et réciproquement.

L'ensemble des vides entre les dents constitue des passages radiaux par lesquels la matière entrant au centre, se trouve pro-

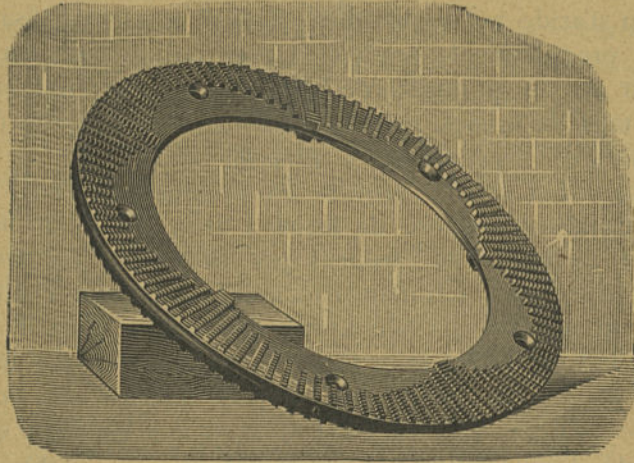


Fig. 72. — Moulin excelsior Gruson. — Disque.

jetée vers la périphérie, pendant qu'elle est soumise à des cisaillements allant constamment en se multipliant jusqu'à la périphérie extérieure.

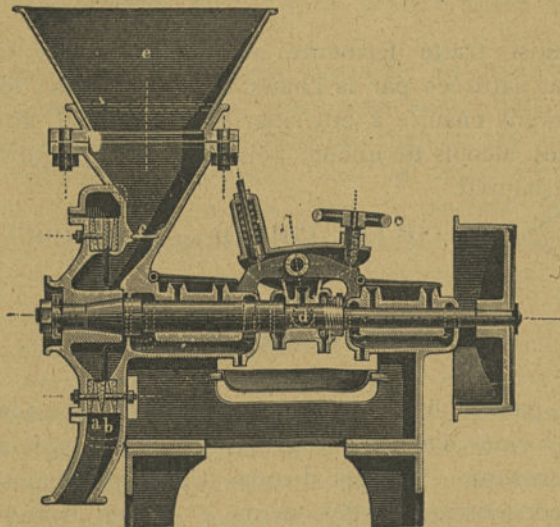


Fig. 73. — Moulin excelsior Gruson. — Coupe.

Ces disques sont creusés vers leur périphérie intérieure, en sorte que leurs surfaces présentent la forme de cônes creux très

aplatis, et que les dents intérieures sont notablement plus grandes et plus fortes que les dents extérieures. En outre, il n'y a qu'une partie des lignes radiales de dents qui s'étendent jusqu'à la périphérie intérieure; il en résulte des vides qui facilitent l'entrée de la matière première entre les disques.

L'un des disques dentés *b* (fig. 73), est boulonné sur la surface intérieure du bâti en fonte, tandis que l'autre, *a*, est fixé sur un plateau calé sur la partie conique de l'arbre *d*.

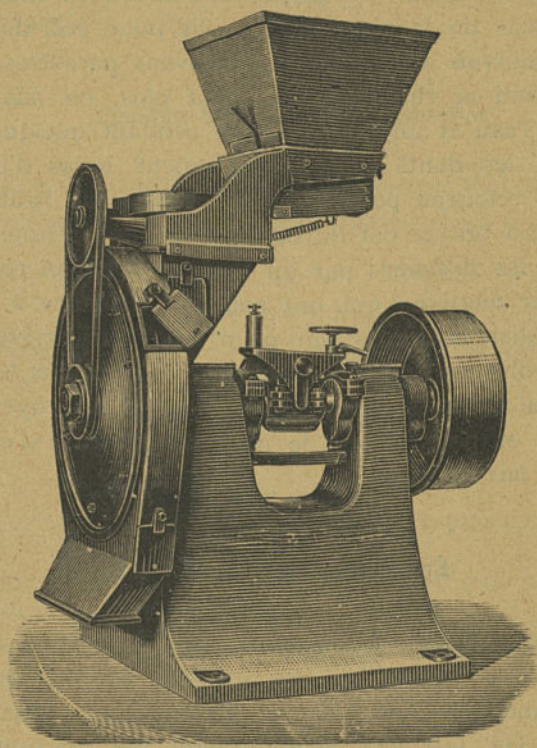


Fig. 74. — Moulin excelsior Grusen.

Il suffit de desserrer un seul boulon et d'enlever le plateau pour séparer les deux disques broyeurs et pouvoir les nettoyer ou les renouveler s'ils sont usés. Ceci présente surtout une grande importance quand il s'agit de broyer successivement des substances différentes avec le même moulin.

Pour pouvoir serrer plus ou moins les disques broyeurs l'un contre l'autre, les deux paliers sont réunis par un arcade au-dessus duquel se trouve un cavalier à trois branches maintenu par un seul boulon (fig. 73 et 74). La branche inférieure du cavalier

s'engage dans les vides d'un collier à peigne qui embrasse la partie de l'arbre portant les épaulements *d*. Un ressort à boudin prenant son appui sur l'arcade tend à faire incliner le cavalier à droite et par suite à écarter les parties broyantes, tandis qu'une vis à volant *c* tend à le faire incliner à gauche et par suite rapprocher ces parties. Le cavalier porte en outre une vis de serrage servant à fixer la vis *c* dans sa position.

Un des principaux avantages de ce moulin est de permettre d'user très régulièrement les parties broyantes, en changeant tous les mois le sens de la rotation. Il suffit pour cela de croiser les brins de la courroie s'ils étaient auparavant parallèles et réciproquement. Quand ce rhabillage ne suffit plus, on fait passer par le moulin de l'eau et un peu de sable pendant quelques minutes. Enfin, quand les dents sont complètement usées d'un côté du disque, on le retourne pour le faire travailler de l'autre côté.

La matière à broyer est introduite dans une trémie *e* communiquant avec les broyeurs par un tiroir *f* dont on règle l'ouverture. Pour les matières qui ont peu de tendance à rouler, on emploie une distribution. Enfin pour celles qui arrivent en gros morceaux, on dispose un concasseur entre la trémie et les broyeurs.

Cet appareil est aussi beaucoup employé pour broyer les grains avant cuisson et pour broyer le malt en présence d'eau dans la confection du lait de malt.

Épuisement par macération

Les caroubes sortant des magasins sont divisés ou déchiquetés de façon que les parties les plus grosses ne dépassent pas un centimètre cube. Par l'effet de ce déchiquetage, tous les grains sont délayés. On introduit le tout dans des macérateurs coniques et on arrose de jus faible acidulé à raison de 3 à 4 kilos d'acide sulfurique par 1.000 kilos de caroubes. On laisse tremper pendant quelque temps, puis on fait un coulage de vinasse et d'eau chaude jusqu'à épuisement. Le jus envoyé à la fermentation a une densité de 1050 à 1055 et une température de 20 à 25° C. 1.000 kil. de caroubes donnent 60 lit. de jus.

Un grand défaut des caroubes est qu'ils se gonflent considérablement en absorbant de l'eau. Les liquides qui doivent les traverser, n'ayant presque plus d'issues, le coulage se ralentit, de sorte que l'épuisement dure très longtemps.

D'après A. Kehn, les macérateurs doivent être très coniques, à angle de 50 à 60° et avoir une capacité de 33 à 35 hectolitres pour un chargement de 1.000 kilos. Au lieu du déchiqueteur ordinaire à cylindres garnis de couteaux, il vaut mieux employer un système de concasseur rotatif à marteaux articulés, d'un entretien presque nul.

Que l'on emploie pour l'épuisement de l'eau ou de la vinasse, la température de ces liquides ne doit pas dépasser 50 à 60° C. (A. Kehn. Étude sur la distillation des caroubes. Annuaire de la Distillerie Française, 1887).

Résidus du travail des caroubes

Les résidus du travail des caroubes présentent la composition suivante (Zeitschrift für Spiritus-industrie, 1838) :

PULPE		CENDRES DE LA PULPE	
Humidité	35,18	Silice	0,105
Matières grasses	0,65	Alumine et oxyde de fer.	0,145
Matières azotées	6,65	Chaux	0,859
Cellulose.	10,56	Magnésie	0,074
Sucre	1,24	Potasse	0,592
Cendres	2,90	Soude	0,090
		Acide phosphorique.	0,110

Ces résidus n'ont pas encore reçu un emploi sérieux. On les donne quelquefois aux porcs qui en sont très friands; on s'en sert aussi comme engrais pour les vignes, les oliviers, etc.

Travail du Sorgho.

224. Le sorgho sucré (*Holchus saccharatus* de Linné) est une plante de la famille des graminées (fig. 75). Les tiges arrivées à maturité donnent un jus contenant jusqu'à 17,90 de sucre cristallisable et seulement 0,9 d'incristallisable par 100 c. c., ce qui correspond à 16 kilog. de sucre cristallisable par 100 kilog. de tige, c'est-à-dire à une richesse en sucre à peu près égale à celle des tiges de canne à sucre (Joulié).

En traitant de la betterave, nous avons parlé du grand développement de la fabrication de l'alcool en 1854 et nous avons dit quelques

mots du procédé Leplay. C'est en 1851 que le sorgho fut importé de Chine en France. En 1852 et 1853 la culture de cette plante se répandit dans le midi de la France et en Algérie. Comme à cette époque l'alcool était très cher, on chercha à en faire avec toutes les plantes, et on fonda de grandes espérances sur le sorgho.

On essaya d'abord d'épuiser les tiges de cette plante en extrayant le jus par les presses, mais le sorgho est très réfractaire à cette opération dans ses entrenœuds (*mérithalles*) inférieurs, qui sont les plus riches en sucre et les moins aqueux.



Fig. 75. — Sorgho sucré hâtif du Minnesota. (Vilmorin).

Le procédé de la pression ne donnait que 60 à 65 % de jus, alors que les analyses accusent 90 %. En 1857 on essaya le procédé Leplay qu'on monta ensuite dans cinq départements et en Algérie; mais la réussite ne fut pas de longue durée, et en 1862 M. Leplay abandonna le sorgho, que tout le monde avait abandonné. Les rendements en alcool baissaient d'année en année. « Il fut reconnu que cette cause de réduction dans la quantité d'alcool et par suite dans la quantité de sucre était due à la fécondation du sorgho sucré par le sorgho à balai (*sorghum vulgare*), cultivé en grande quantité dans la même contrée.—

Ce croisement s'opérait sous l'influence du pollen du sorgho à balai, emporté par les vents, et venant féconder les épis du sorgho sucré. Les conséquences de cette fécondation étaient que les graines qui avaient reçu cette atteinte, ressemées, donnaient des tiges remplies de moelle blanche, sans jus, comme les tiges de sorgho à balai, ou bien des tiges demi-moelleuses qui, au lieu de contenir 90 % de jus, n'en contenaient plus que 50, 40, ou 20 % et d'un jus qui ne renfermait que de très faibles quantités de sucre. C'est donc l'hybridation produite par le sorgho à balai sur le sorgho sucré qui fit disparaître de la France une culture et une industrie sur lesquelles les succès au début avaient permis de fonder de grandes espérances.

» Le type de sorgho sucré, avec son maximum de richesse saccharine, ne peut se conserver dans les pays où l'on cultive d'autres variétés de sorgho, et particulièrement le sorgho à balai (*sorghum vulgare*).

» La culture du sorgho sucré pour l'usage industriel, soit comme fabrication de sucre, soit comme production d'alcool dans les pays où il existe d'autres variétés de sorgho, ne peut réussir qu'à la condition de ne pas utiliser à l'ensemencement les graines récoltées dans le pays; mais de renouveler cette graine chaque année en allant la chercher dans les pays où cette dégénérescence ne se produit pas, soit en Chine ou au Japon. En 1878, le Japon a produit 64 millions de livres de sucre de sorgho. » Leplay. — *Du sorgho sucré.*

D'après Wiley, la mélasse produite par les fabriques de sucre de sorgho est très propre à la fabrication de l'alcool.

La meilleure méthode pour travailler le sorgho est, pour les petites distilleries, la macération. Pour une distillerie un peu importante ce serait la diffusion, qui réussit mieux que pour la canne. Le sucre s'intervertit pendant la diffusion, mais cela n'a aucun inconvénient pour la distillerie; c'est plutôt un avantage. Pour le découpage des tiges de sorgho, les coupe-racines conviennent très bien.

D'après une communication particulière que nous a faite M. L. S. Ware, directeur du journal « *The Sugar Beet* », de Philadelphie, il n'existe même pas de distillerie de sorgho aux États-Unis, ou s'il en existe, elles doivent être très petites. Le sorgho est une plante tropicale, dit M. Ware, et il ne doit pas quitter les pays tropicaux.

LIVRE III

Travail des matières premières amylicées.

PRÉLIMINAIRES

225. Les matières premières dont nous avons étudié le travail jusqu'ici renfermaient toutes du sucre tout formé ou du moins des substances très facilement transformables en sucre comme l'inuline et la lévuline des topinambours. Les matières premières alcoolisables dont nous allons étudier le travail dans les chapitres suivants ne renferment qu'accessoirement du sucre, et leur seul principe alcoolisable est l'amidon. Pour pouvoir transformer cet amidon en alcool, il faut préalablement le faire passer à l'état de sucre.

Comme nous l'avons vu (p. 67), il y a deux moyens de transformer l'amidon en sucre : 1° par l'action des acides, 2° par l'action des diastases. La saccharification de l'amidon par les acides a été employée, surtout en France et en Italie, pour le travail du maïs, du riz, du dari et du blé ; mais actuellement ce procédé est presque entièrement abandonné et, à part la fabrication du glucose, la réaction des acides sur l'amidon n'est plus utilisée que dans les laboratoires. Nous commencerons donc par étudier la saccharification par les diastases.

Jusque dans ces derniers temps, la seule diastase qui avait été utilisée pour la saccharification en Europe, était la diastase produite par la germination des céréales : orge, maïs, etc. Aujourd'hui, grâce aux travaux scientifiques de M. le docteur Calmette, directeur de l'Institut Pasteur de Lille, et grâce à la sagacité expérimentale de M. A. Boidin, la diastase des céréales germées a trouvé un con-

current dans la diastase sécrétée par certaines moisissures utilisées depuis longtemps dans la fabrication de l'alcool, par des procédés primitifs, dans les pays extra-européens.

Mais l'invention de ce travail est encore de date trop récente pour que nous puissions nous en occuper maintenant ; jusqu'ici, d'ailleurs, ce procédé n'est pas encore applicable d'une façon générale. Nous étudierons donc d'abord la préparation des diastases des céréales germées, puis la saccharification au moyen de ces diastases, et nous réserverons pour plus tard l'étude des nouveaux procédés.

CHAPITRE XIV

Préparation du malt

226. *But du maltage.* — Le but du maltage, en distillerie, est de développer dans les céréales, par la germination, une proportion de diastase aussi forte que possible. Pour produire la saccharification des grains non maltés, on emploie généralement, en distillerie, une proportion de *malt* de 15 à 20 p. 100 ; plus le malt sera riche en diastase, moins on devra en employer (1). Il est vrai que le maltage entraîne toujours une assez grande perte en amidon, d'autant plus forte que la germination est poussée plus loin. Mais, malgré cela, on trouve avantage à germer très fortement. Au contraire, dans l'industrie de la brasserie, le maltage a pour but de désagréger l'amidon qui sera saccharifié à l'état cru et de développer simplement la quantité de diastase qui sera nécessaire à la saccharification de l'amidon du grain lui-même ; il n'est donc pas nécessaire de pousser la germination aussi loin, et ce serait même désastreux, car toute la matière première étant soumise au maltage, la perte en amidon serait très grande.

227. *Conditions que doivent réunir les grains destinés au maltage.* — Les grains destinés au maltage doivent avant tout être d'une propreté irréprochable. Les poussières qui adhèrent aux grains renferment une foule de germes de micro-organismes qui, lors du maltage, prolifèrent et occasionnent ensuite les plus graves troubles dans les opérations subséquentes.

(1) On n'emploie en réalité que 10 à 15 p. 100 de malt (provenant de 7 à 10 p. 100 d'orge). Mais il faut en outre 5 p. 100 de malt (3 à 8 p. 100 d'orge) pour la préparation des levains, ce qui porte bien la consommation de malt à 15-20 p. 100.

Le choix du grain pour la préparation du malt présente une très grande importance. Dans les pays tempérés c'est généralement à l'orge que l'on donne la préférence; mais les différentes qualités d'orge sont loin de donner le même résultat. La première qualité que l'orge doit présenter est d'avoir une puissance germinative aussi élevée que possible, tous les grains qui ne germent pas étant absolument perdus pour la production de la diastase et même de l'alcool. En outre, ces grains se couvrent de moisissures pendant le maltage et infectent également les grains sains et germant normalement.

La détermination de la faculté de germination consiste, d'une façon essentielle, à mouiller un petit échantillon d'orge, à exposer un certain nombre de grains, cent ou même plusieurs centaines, à une température convenable pour la germination, et à compter le nombre de grains n'ayant pas germé. On peut simplement envelopper les grains d'une feuille de papier à filtre ou d'une serviette qu'on mouille pour empêcher la dessiccation. On peut aussi se servir des divers appareils qui sont fabriqués dans ce but. L'un des plus simples est celui de Nobbe.

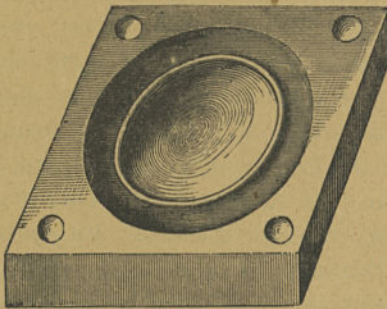


Fig. 76.

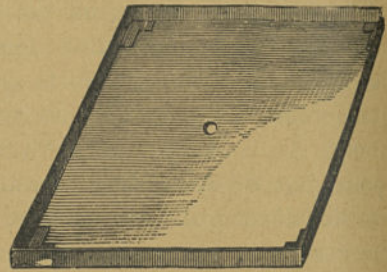


Fig. 77.

C'est une simple plaque carrée d'argile cuite (fig. 76), de 0^m20 de côté, portant une rainure circulaire qu'on emplit d'eau distillée, et une cavité centrale dans laquelle on met les grains. On place sur cette plaque un couvercle (fig. 77) portant aux angles de petits rebords qui s'opposent à une fermeture hermétique et un trou pour le passage d'un thermomètre.

On pose cet appareil dans une chambre à la température normale d'environ 15 à 18° C. Comme la germination produit de l'acide carbonique dont la stagnation serait nuisible, la plaque

porte quatre alvéoles dans lesquels on met de la potasse pour absorber ce gaz.

Nous reviendrons sur cette question à propos du contrôle chimique. Disons tout de suite que les bonnes orges accusent une faculté germinative de 96 à 100, qu'on trouve 91 à 93 pour une orge moyenne et que celles qui accusent moins de 90 doivent être rejetées pour le maltage.

On doit éviter aussi la présence dans les orges de grains cassés ou abimés par le battage; ces grains se couvrent très rapidement de moisissures et sont par suite très dangereux.

Il importe beaucoup, tant pour la distillerie que pour la brasserie, que les grains soumis au maltage soient de grosseur uniforme. En effet, les grains sont soumis au mouillage avant d'être mis à germer, et ce mouillage se fait d'autant plus rapidement que les grains sont moins gros; par conséquent, si les grains sont de grosseur irrégulière, le mouillage et par suite la germination seront également irréguliers. Il est donc toujours bon d'employer des trieurs pour séparer les orges suivant les dimensions des grains, et de malter séparément les grains de grosseur différente.

Jusque dans ces derniers temps, c'était une croyance généralement répandue, que les orges les plus lourdes et présentant les grains les plus gros étaient les meilleures pour la préparation du malt. Des études récentes ont prouvé que cette croyance était complètement erronée, et que les orges plates et légères donnent généralement un malt plus riche en diastase. Il n'est pas établi que les orges les plus légères soient les meilleures pour la germination, car les orges extra-légères auront souvent une faible puissance germinative; mais il est certain qu'une orge légère, quand elle germe intégralement, est celle qui est la plus appropriée au maltage.

La diastase étant une matière azotée, on pourrait être tenté de croire qu'une orge donnera un malt d'autant plus riche en diastase qu'elle est elle-même plus riche en azote. On l'a cru en effet, mais Lintner a prouvé que cette opinion était erronée. Ni la richesse en azote de l'orge, ni celle du malt ne peuvent donner la mesure de la force diastatique de ce dernier (1). Mais il existe une relation étroite entre la puissance saccharifiante du malt et sa teneur en matières azotées solubles; la force diastatique croît

(1) Dans son ABC du distillateur (1898), P. Wittelshöfer dit encore que la force diastatique du malt d'orge et du malt de seigle dépend de la richesse en azote de ces céréales.

avec la teneur en matières albuminoïdes solubles, en sorte que la détermination de la richesse en ces matières donne la mesure de la puissance diastatique du malt. Comme on ne possède jusqu'ici aucun moyen de doser la diastase, on voit que la connaissance de cette relation est très intéressante.

De toutes les céréales, l'orge est celle qui produit par la germination le plus de matières protéiques solubles aux dépens des matières protéiques insolubles, et c'est pour cela qu'elle est toujours employée de préférence pour le maltage.

L'orge provenant d'une récolte battue immédiatement après la récolte et aussitôt employée au maltage donne de mauvais résultats; la faculté germinative d'une telle orge peut s'abaisser jusqu'à 50 %.

A mesure que l'orge avance en âge, sa germination devient de plus en plus régulière; en même temps sa teneur en eau s'abaisse et descend jusqu'à 12 %.

On a cru que la mauvaise germination de l'orge trop jeune était due à sa grande teneur en eau, et on a eu l'idée de sécher le grain sur une touraille à une température de 35°; mais cette opération ne paraît pas avoir donné des résultats favorables. C'est que l'élimination de l'eau n'est pas la seule chose qui se passe pendant la conservation. Il se produit une espèce de maturation qui se traduit par une diminution dans la proportion de sucre et un dégagement d'acide carbonique; et une dessiccation en quelques heures ne peut pas suppléer à cette maturation.

On admet que l'orge doit être âgée d'au moins 4 semaines pour avoir le temps de « suer » et pouvoir ensuite germer convenablement. Un léger chauffage avec aération favorise un peu ce suage.

L'orge qui a germé sur les champs a également perdu de sa faculté germinative; celle-ci peut s'abaisser jusqu'à 45 %. Il résulte des travaux de Maercker et d'autres, que dans les orges ayant souffert de pluies et ayant subi la germination, les matières albuminoïdes et hydrocarbonées ont subi une altération profonde: il s'est produit notamment une notable proportion de maltose et de dextrose qui, lors du mouillage, sont en majeure partie perdus.

Physiologie de la germination. — Maltage.

228. Pour bien comprendre les phénomènes du maltage, il est nécessaire de connaître la constitution des grains des céréales soumises à la germination.

Les grains de l'orge et du froment sont enveloppés d'une glume à laquelle on donne vulgairement le nom de balle et qui,

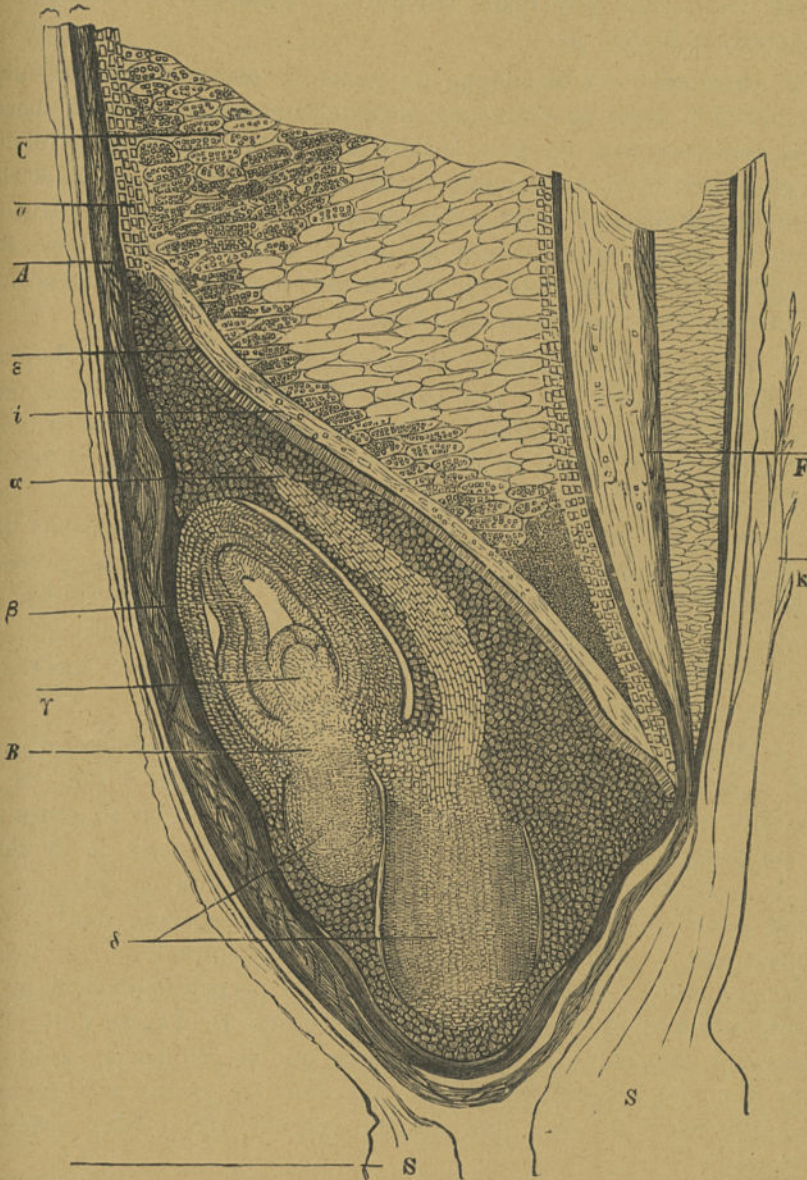


Fig. 78. — Coupe du grain d'orge avec sa balle.

comme la paille, est riche en acide silicique. Les grains de seigle, au contraire, sont à nu.

Le grain d'orge présente d'un côté une rainure qu'on appelle sillon. En coupant le grain suivant ce sillon, on trouve qu'il est formé des parties principales suivantes : *l'enveloppe* A, *l'albumen* C et *l'embryon* B (fig. 78).

1° *Enveloppe*. — L'enveloppe du grain se compose de plusieurs couches. En allant de l'intérieur à l'extérieur on rencontre d'abord l'épisperme ou *testa* A, puis le péricarpe et, au-dessus de celui-ci, les glumelles S S, la glumelle supérieure du côté du sillon et la glumelle inférieure à l'extrémité opposée. Les glumelles constituent ce qu'on appelle vulgairement les balles. A la partie inférieure de la figure on voit le testa ou épisperme séparé du péricarpe et, de chaque côté, les glumelles S S.

2° *Albumen*. — L'albumen ou endosperme est la partie la plus étendue du grain; c'est une masse farineuse constituée par une infinité de grains d'amidon, chacun étant enveloppé d'une couche de matière plus dense et plus dure, analogue à de la cellulose. Cet endosperme renferme aussi des matières azotées et des sels minéraux. Les cellules à amidon de l'endosperme présentent des formes polyédriques caractéristiques. Ces cellules amylicées sont séparées du testa et du péricarpe par une couche de cellules ne contenant pas d'amidon mais des grains d'aleurone. Celles-ci sont prismatiques, à parois épaisses, et renferment une substance finement granulée, d'un gris foncé, riche en gluten.

3° *Embryon*. — C'est le germe ou la plante rudimentaire. Il est constitué par quatre organes : 1° les radicules δ (fig. 78 et suivantes) qui donneront naissance aux radicelles; 2° la gemmule β qui produira les feuilles; 3° la tigelle γ , rudiment de la tige; 4° le scutellum ou cotylédon α . Celui-ci présente la forme d'un petit bouclier plat qui s'appuie contre l'endosperme dont il est séparé par l'épithélium colonnaire ϵ . Cet épithélium est formé par des cellules disposées en palissade et perpendiculairement au scutellum auquel elles sont fortement unies. De l'autre côté, elles adhèrent faiblement à l'albumen, parce que les cellules de l'albumen qui touchent à l'épithélium sont déjà dans les grains non germés, solubilisées et forment une couche spéciale de cellules vides et aplaties *i*.

La couche de cellules en palissade ϵ sert donc à l'absorption des matières nutritives contenues dans l'albumen qu'elle transporte vers l'embryon; pour cette raison on l'appelle *épithélium absorbant du scutellum*. En K se trouve la soie basilaire.

Changements morphologiques produits par la germination

229. Lors de la germination, les cellules en palissade de l'épithélium absorbant du scutellum ϵ , qui séparent l'albumen C de l'embryon B, s'allongent en forme de doigts de gant et pénètrent dans l'albumen. Ces cellules sécrètent en même temps une diastase spéciale, la *cytase*, capable de dissoudre les membranes de cellulose qui protègent les grains d'amidon dans l'albumen, mais sans attaquer l'amidon lui-même. Cette action de la *cytase* présente une grande importance; c'est elle qui désagrège l'amande du grain, qui rend l'amidon du malt capable d'être dissous rapidement par la diastase et de se changer en empois à 50° environ au lieu de 65-70 qu'exige l'orge non maltée. Il est très facile de prouver cette action de la *cytase* en opérant comme l'ont fait Brown et Morris. Pour cela, on détache l'embryon de l'albumen à l'endroit de la couche *i*, et on le remet en place après avoir enlevé les cellules en palissade de l'épithélium absorbant.

Dans ce cas, l'albumen reste intact. Si, au contraire, on remet l'embryon en place sans enlever l'épithélium, on constate l'action dissolvante. On peut même remplacer l'albumen par des tranches de pommes de terre, et la cellulose de celles-ci est également attaquée.

Après la *cytase*, apparaît l'*amylase* qui est également sécrétée par l'épithélium et se répand de même dans l'albumen en dissolvant l'amidon. En enlevant l'embryon comme nous l'avons expliqué, remplaçant une partie de l'albumen par une gelée de gélatine stérilisée contenant en suspension de l'amidon ou de la fécule, et remettant l'embryon en place avec son épithélium, on constate que celui-ci dissout de l'amidon.

Une faible partie de cet amidon est utilisée à la nutrition de l'embryon; l'autre partie, la plus grande, sert à la respiration, qui transforme l'amidon en eau et acide carbonique.

Une autre diastase, la *peptase*, paraît également prendre naissance dans l'orge germée; celle-ci attaque les matières azotées de l'orge, qu'elle transforme d'abord en albumose, puis en peptone, et finalement en amides (121). La proportion d'amides peut devenir, dans le malt, quadruple de ce qu'elle était dans l'orge.

La figure 79 montre les changements morphologiques que subit l'orge par la germination. La racicule δ perce l'enveloppe et produit les radicules.

La gemmule et la tigelle, qu'on confond généralement sous le nom de plumule, se développent également ; la gemmule s'avance sous l'enveloppe et va percer celle-ci à l'extrémité opposée. On arrête souvent la germination quand la gemmule sort de l'enveloppe, c'est-à-dire quand elle a toute la longueur du grain : c'est à ce moment que le malt atteint sa richesse maxima en diastase.

Le scutellum α ne se développe pas comme la gemmule et la radicule, mais conserve presque ses dimensions primitives.

230. *Conditions nécessaires à la germination.* — Les conditions nécessaires à la germination sont :

1^o La présence d'une certaine dose d'humidité. Les grains secs ne peuvent germer.

2^o Une certaine température qui ne doit pas être inférieure à 7° C. et pas supérieure à 40° C. En dessous de ce maximum, les grains germent d'autant plus vite que la température est plus élevée.

3^o Le contact de l'air ; en l'absence de celui-ci, les grains ne germent pas.

Le germe de malt respire comme tous les êtres vivants ; il absorbe de l'oxygène qu'il rend sous forme d'acide carbonique après l'avoir utilisé à brûler une partie du maltose mis à sa disposition par l'action de l'amylase. L'acide carbonique ainsi formé par la respiration s'accumule dans les tas et contrarie la germination ; il faut l'enlever par des pelletages ou par ventilation.

La combustion du maltose en eau et acide carbonique dégage de la chaleur ; il en résulte parfois une augmentation de température tellement grande qu'il devient nécessaire de refroidir.

Quand on maintient la température basse, on ralentit la germination et restreint le développement de la gemmule. L'obscurité ralentit également la germination, entrave le développement de la gemmule et la coloration en vert. Par le maintien d'une température basse et de l'obscurité, on peut donc ralentir la germination et le développement de la gemmule. Pour obtenir le maximum

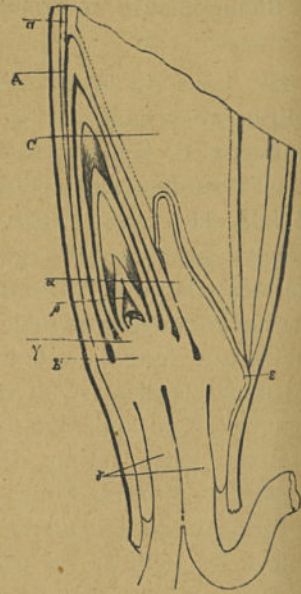


Fig. 79

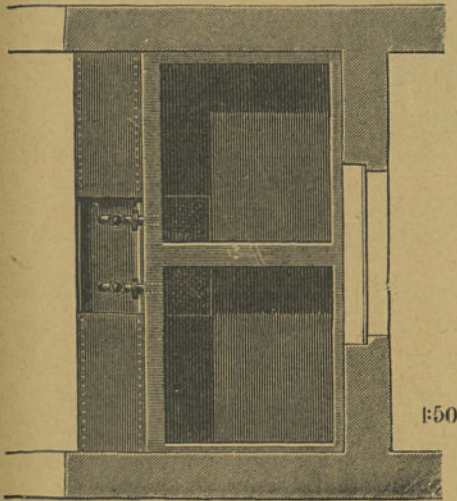
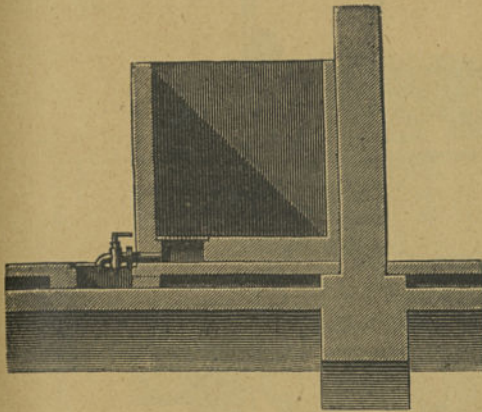
de diastase, il faut germer aux environs de 13° et ne pas dépasser 17° C.

Pratique du maltage de l'orge

Les opérations pratiques du maltage sont : 1° le mouillage et le lavage de l'orge; 2° la germination.

MOUILLAGE DE L'ORGE

231. Le mouillage a pour but de fournir au grain l'humidité



nécessaire à la germination. Cette opération se fait dans des cuves mouilloires en ciment ou en métal.

Les cuves en ciment sont carrées ou rectangulaires, de façon à occuper peu de place. La fig. 80 représente un ensemble de deux cuves carrées. Aux deux angles du milieu les fonds portent chacun un trou carré recouvert par une tôle perforée. Deux robinets correspondants servent à la vidange de l'eau de chaque cuve, tandis que les grains sont retenus par les tôles perforées.

Les cuves mouilloires qu'on installe maintenant sont généralement en métal. On les fait en fer ou en cuivre, cylindriques ou carrées, mais le fond doit toujours être conique.

Fig. 80. — Cuves carrées servant au mouillage de l'orge.

Une condition essentielle à réaliser dans toutes les cuves mouilloires c'est que l'eau

de mouillage entre par le bas, traverse uniformément toute la couche de grains et s'écoule par un trop plein à la partie supérieure en entraînant toutes les impuretés et les grains surnageants. Dans l'appareil de la fig. 81 l'eau arrive par la partie inférieure dans le tube perforé, traverse le grain et s'écoule par un trop plein qui n'est pas marqué sur le dessin. L'eau sale, pour s'écouler, ne doit pas traverser toute la couche de grains comme dans les anciennes cuves mouilloires : si cela était, tout le bénéfice du lavage serait perdu.

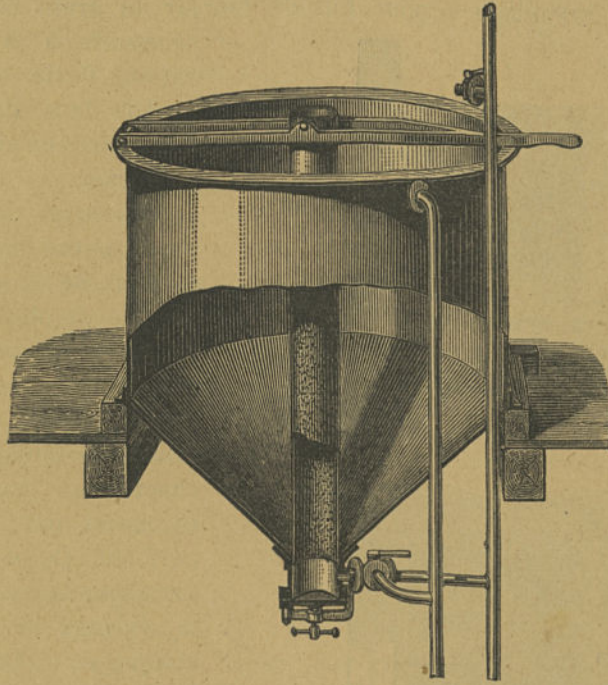


Fig. 81. — Cuve cylindro-conique.

La fig. 81 représente une cuve cylindro-conique portant en son axe un tube perforé mobile dont la partie inférieure s'engage dans le trou d'homme du bas et dont la partie supérieure est maintenue par une fourche. Ce tube perforé est mis en communication avec la conduite d'eau servant au mouillage. En donnant une position convenable au robinet à eau qui se trouve au sommet du cône, on peut à volonté faire arriver de l'eau de bas en haut ou évacuer celle qui emplit l'appareil, par le tuyau de trop plein de la conduite figurée à droite.

Il est recommandable de faire arriver dans la trémie de char-

gement de la cuve un tuyau d'eau terminé en pomme d'arrosoir, comme dans les *hydrateurs* employés en brasserie. De cette façon, l'orge est déjà complètement rendu humide avant d'arriver dans la cuve, ce qui évite tout dégagement de poussière. Celle-ci passe dans l'eau de mouillage, mais on la fait disparaître par un lavage énergique.

Pendant les quatre à six premières heures, on agite la partie supérieure où se trouvent les grains qui surnagent pour faire partir les bulles d'air qui les soulèvent et les faire descendre, puis on enlève les grains qui surnagent encore et qui ne germeraient pas.

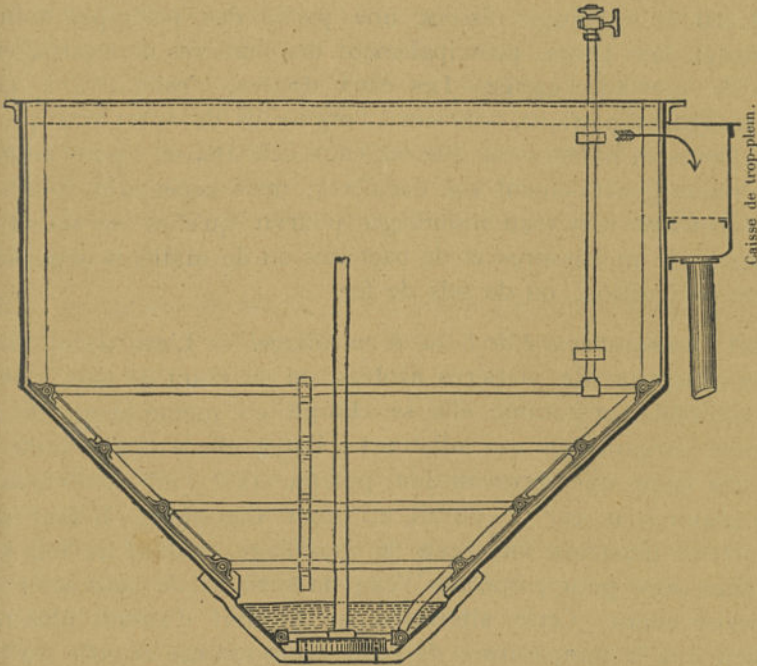


Fig. 82. — Cuve mouilloire avec insufflation d'air.

On fait encore quelquefois le mouillage dans des cuves en bois, mais ce système est absolument défectueux, le maintien de ces cuves en état de propreté étant très difficile.

La figure 82 représente une cuve de mouillage avec le secours de l'air comprimé, construite par Bothner (Leipzig). L'air comprimé s'échappe par un système de tuyaux perforés et fait prendre à toute la masse un mouvement analogue à celui de l'ébullition ; il en résulte que *les grains frottent les uns contre les*

autres et se nettoient (141). L'eau sale s'écoule à la partie supérieure par une caisse de trop-plein, comme le montre la flèche. Bücheler fait les plus grands éloges de cet appareil (1). C'est, en effet, la meilleure et la plus rationnelle des cuves mouilloires, et l'aération qu'on y produit facilite la germination.

232. *Effet du mouillage.* — Le grain se gonfle considérablement et il se produit une élévation de température due à l'absorption par le grain de l'oxygène dissous dans l'eau. L'augmentation de volume est de 30 à 40 p. 100. On doit s'arranger pour que le grain reste constamment sous l'eau. Pour 100 kilos de grain à mouiller il faut donner aux cuves mouilloires une capacité de 300 litres environ.

L'eau de trempage dissout une partie des principes solubles contenus dans l'orge, principalement des matières minérales, et un peu de substance azotée. Les eaux douces, c'est-à-dire à faible degré hydrotimétrique, enlèvent à l'orge plus de substance que les eaux dures et notamment que les eaux seleniteuses; pour ce motif on préfère généralement ces dernières; mais cependant toutes les eaux peuvent servir au mouillage pourvu qu'elles ne soient pas chargées de moisissures et de bactéries ou de matières organiques en décomposition, ou de sels de fer.

233. *Renouvellement de l'eau de mouillage.* — L'eau de mouillage en se chargeant de matières azotées, de sucre et de sels, devient très altérable, et comme elle se charge en même temps de tous les micro-organismes qui adhèrent à l'orge, elle a une grande tendance à subir une fermentation putride qu'il faut éviter avec le plus grand soin, car on aurait un malt détestable. Il faut donc renouveler plusieurs fois l'eau de mouillage, autant de fois qu'il est nécessaire pour empêcher l'eau de surir et de contracter une mauvaise odeur. Cette altération se produit d'autant plus rapidement que la température de l'eau de mouillage et celle du local sont plus élevées.

L'eau de mouillage doit être renouvelée plus fréquemment au commencement, car c'est à ce moment que l'eau enlève le plus de matières solubles et de mauvais germes. Avant chaque renouvellement, on mouveronne énergiquement le contenu de la cuve pour assurer l'entraînement des dépôts d'impuretés qui se sont formés. On fait un premier renouvellement après l'enlèvement des graines inertes, et on le fait de manière à assurer l'entraînement

(1) Leitfaden für den Landwirthsch. Brennereibetrieb, 1898.

de toute la poussière qui adhérerait au grain. On change ensuite l'eau toutes les douze ou toutes les vingt-quatre heures, suivant qu'on est en été ou en hiver.

Pour évacuer l'eau de mouillage, il suffit de tourner le robinet à trois eaux de façon à faire communiquer la cuve avec le tuyau descendant du trop plein.

Pendant le mouillage il est très recommandable de mettre le grain de temps en temps en contact avec l'air, de façon à le laisser respirer. Dans ce but, chaque fois qu'on a vidé une eau, on attend quatre à six heures avant de remettre de l'eau fraîche. (Bücheler).

234. *Durée du mouillage.* — Le mouillage doit être d'autant plus prolongé que la température est plus basse, que l'eau est plus dure, et que l'orge est à balles plus épaisses. La durée du mouillage est généralement de deux à quatre jours ; elle doit être assez longue pour éviter le besoin d'arrosage des couches en germination. Mais la température de l'eau et celle du local ne doivent jamais être assez basses pour que la durée du mouillage dépasse trois à quatre jours.

235. *Contrôle du mouillage.* — Les signes empiriques auxquels on reconnaît que le mouillage est suffisant, sont les suivants :

Les grains pris par les extrémités entre le pouce et l'index ne doivent plus piquer ; ils doivent se laisser écraser, et l'enveloppe doit se détacher de l'amande.

L'amande frottée sur le bois doit laisser un trait comme le ferait un morceau de craie.

En pressant doucement le grain entre les dents incisives, les grains ne doivent pas casser, mais l'amande doit glisser vers les deux extrémités.

Enfin, en ouvrant un grain on doit trouver au centre un petit noyau d'amidon, non mouillé, gros comme une tête d'épiingle, ce qui prouve que le grain n'est pas encore complètement saturé d'eau. Un grain trop mouillé ne germe pas et moisit, ou germe vite et irrégulièrement. Un grain trop peu mouillé se dessèche facilement, mais comme on peut y remédier au besoin par des arrosages, il vaut mieux mouiller trop peu que trop. Un moyen plus scientifique de contrôler le mouillage, consiste à peser 10 kil. d'orge dans un panier métallique dont on connaît la tare, à plonger le tout dans la cuve mouilloire avec le reste du grain, à retirer de temps à autre ce panier qu'on pèse à nouveau pour

avoir la proportion d'eau absorbée, et à arrêter le mouillage quand cette proportion est de 54 à 55 %.

Pour se rendre compte de la nécessité d'un arrosage, on peut opérer de la façon suivante : on pose sur le tas une pelle, la partie creuse en bas, et après 6 à 8 heures on examine la surface intérieure de la pelle ; si elle est couverte d'une rosée suffisante pour qu'on puisse y écrire, l'humidité est suffisante. Si en enlevant la pelle il s'en écoule de l'eau, c'est une preuve qu'il y a excès d'humidité ; ce fait ne doit se constater que pour un tas nouveau.

Aussitôt que le mouillage est suffisamment avancé, on agite la masse, on laisse écouler l'eau, puis on fait arriver encore de l'eau pour arroser. On laisse ensuite égoutter le grain dans la cuve pendant plusieurs heures en laissant ouvert le robinet de vidange, puis, ouvrant le trou d'homme, on laisse tomber le grain. Après chaque opération, la cuve est soigneusement nettoyée.

236. *Lavage de l'orge.* — La propreté de l'orge et du malt présente encore plus d'importance en distillerie qu'en brasserie. Il faut un malt très pur pour faire de bons levains ; en outre, plus le malt sera pur, plus la température de la saccharification pourra être basse et moins il faudra de malt pour faire cette opération. Il ne faut jamais perdre de vue qu'en distillerie par le malt, par suite de la nécessité de conserver la diastase, on ne peut pas stériliser les liquides après addition du malt ; de là, la nécessité de laver à fond le grain soumis au maltage. Nous avons vu un cas analogue en distillerie de betteraves où il faut laver à fond les racines, les volumes de moût étant trop considérables pour pouvoir être stérilisés comme on le fait pour la mélasse (141 et 171 p. 150).

Pour arriver à un lavage parfait, il est indispensable de faire tremper d'abord le grain pendant un jour dans de l'eau pour mouiller les impuretés et rendre leur enlèvement facile.

On a conseillé un grand nombre d'appareils divers pour le lavage de l'orge, mais nous ne pouvons les décrire ici, ces appareils étant trop peu employés en distillerie.

Le plus simple de ces appareils consiste en un cylindre en bois cerclé de fer, tournant autour d'un axe horizontal, et recevant son mouvement par une courroie appliquée directement sur la paroi extérieure. Le grain est introduit par un trou d'homme percé dans la partie cylindrique. L'eau entre continuellement d'un côté par une tubulure centrale et s'écoule à jet continu de l'autre côté par un tube recouvert d'une plaque perforée pour retenir les

grains. Les conditions à réaliser pour avoir un bon lavage sont que les grains soient énergiquement frottés les uns contre les autres, plutôt que contre un corps dur qui les abîmerait et qu'ils soient en présence d'une grande quantité d'eau (141).

Le lavage terminé on tourne le cylindre, le trou d'homme à la partie inférieure, on enlève celui-ci et le grain tombe.

D'après M. Bücheler (1) on peut, en se servant de cet appareil, faire avec une orge sale un malt tout à fait sain. Au besoin on emploie un désinfectant tel que le bisulfite de chaux.

237. *Conditions que doit remplir la malterie.* — Pour produire un bon malt, il faut un local bien disposé et un ouvrier malteur intelligent et très soigneux. La malterie doit être telle que l'influence de la température extérieure soit aussi faible que possible; sa température propre doit être de 10 à 15° C. Elle ne doit pas être trop humide.

Les malteries situées au-dessus du niveau du sol sont installées sur un principe faux, parce que dans ce cas il est impossible d'avoir une température constante, condition principale pour l'obtention d'un bon malt.

Le mieux est une cave située à deux mètres environ sous le sol et munie de plusieurs fenêtres basses pouvant se fermer par des persiennes pour arrêter les rayons solaires. Un treillis en fil de fer empêche la rentrée des insectes quand les fenêtres sont ouvertes (voir fig. 88).

Quand la malterie est située au-dessus du sol, il est nécessaire de régler la température artificiellement, ce qu'il n'est jamais possible de faire complètement. Quand la température est trop basse, on peut, au commencement de la germination, couvrir les tas avec des toiles, mais ce moyen donne souvent un produit irrégulier. Ou se sert même de paille; mais ce produit est trop sale et doit être rejeté.

Le sol de la malterie doit être dallé, cimenté ou asphalté. Le ciment, quand il n'est pas neuf, présente fréquemment des fissures et alors il absorbe l'humidité; les dalles sont ce qu'il y a de mieux; il doit y avoir une certaine pente vers un endroit où se trouve une petite citerne maçonnée.

Les murs sont blanchis à la chaux ou mieux peints à l'huile; on peut aussi employer le goudron qui est beaucoup plus écono-

(1) M. Bücheler. Leitfaden f. d. landwirth. Brennereibetrieb, 1898.

mique. Il est bon de garnir les murs de carreaux jusqu'à une hauteur d'environ 30 à 50 centimètres.

238. *Ventilation du germoir.* — Les germoirs doivent pouvoir être commodément ventilés. La germination, qui est un phénomène d'oxydation du maltose dérivé de l'amidon, produit une grande quantité d'acide carbonique, gaz qui est très nuisible à la germination. Les portes et fenêtres de la malterie doivent être disposées de façon à ce qu'on puisse produire un vif courant d'air sans refroidir fortement la salle.

GERMINATION

239. Pour provoquer la germination, une certaine température est nécessaire. C'est pour cela que le grain, en sortant des cuves mouilloires, est mis en tas assez épais, afin de s'opposer à une déperdition de chaleur. La température la plus favorable à la germination est située entre 20 et 25° C. ; mais dans la pratique, on se tient en-dessous de cette température. On ralentit ainsi, il est vrai, le développement de la plumule et des radicelles, mais on obtient un malt plus riche en diastase. En outre, les bactéries et les moisissures qui se trouvent toujours à la surface du grain se développent moins, et la perte d'amidon par respiration est également plus faible.

En distillerie, on admet souvent qu'il faut retourner les tas quand la température atteint 18 à 20° C., tandis qu'en brasserie, on se maintient généralement dans les limites de 10 à 15° C. Mais cette différence ne paraît nullement motivée, et si l'on malte souvent plus chaud en distillerie qu'en brasserie, cela paraît dû au manque de place dans les germoirs de distillerie. Un malt fait à basse température donne toujours un meilleur rendement alcoolique attribuable à une plus grande pureté de ce malt.

Si on étendait l'orge en couches minces sur la sole du germoir, non seulement le grain ne prendrait pas la température nécessaire à la germination, mais en outre, par suite de la forte évaporation, il se produirait une dessiccation rendant la germination impossible.

Il est donc nécessaire de mettre le grain en tas d'une certaine épaisseur.

Mais, d'autre part, si on laissait le grain longtemps dans ces tas sans y toucher, il se produirait une germination très irrégulière, et le malt n'aurait aucune valeur. Dans un tas de malt les différents grains ne sont pas tous placés dans des conditions

également favorables à la germination. A la partie supérieure des tas, les grains se refroidissent beaucoup et se dessèchent par évaporation ; à la partie inférieure, ils se refroidissent par contact avec la sole, mais ils reçoivent un excès d'humidité. C'est donc dans le milieu des tas que la germination commence, parce qu'ici les conditions sont les plus favorables à la germination, et c'est aussi à cet endroit que le phénomène est le plus rapide. Si on laissait le tas dans ces conditions, les grains du milieu pourraient germer au point que la plumule sort du grain, tandis que dans les grains de la partie supérieure et de la partie inférieure du tas la germination aurait à peine commencé.

Pour régulariser la germination, il est indispensable de retourner fréquemment les tas afin de bien mélanger les grains.

Plus l'opération avance, plus l'élévation de température est rapide pour un même temps ; pour éviter tout échauffement exagéré, on est par suite obligé de faire les tas de moins en moins épais à mesure que l'opération avance. Le talent de l'ouvrier malteur consiste principalement à retourner les tas et à diminuer leur épaisseur de la façon la plus rationnelle.

Travail des tas

240. Le grain tombe des cuves mouilloires sur la sole du germoir où on le met en tas d'environ 20 à 30 c. de hauteur ; on retourne ces tas à la pelle, environ de 6 en 6 ou de 8 en 8 heures, afin que le grain subisse une dessiccation superficielle régulière, pendant que l'intérieur du grain reste chargé d'eau.

Le but de ce pelletage est de mélanger les grains de la partie extérieure du tas, desséchés par le contact de l'air, avec les grains plus humides du milieu de la couche, afin que ceux-ci puissent, au besoin, céder à ceux-là une partie de leur humidité.

La hauteur qu'il faut donner au tas dépend de la température extérieure. Par des temps très froids, il est parfois nécessaire d'adopter au début une hauteur de 45 et même de 60 c., pour obtenir un échauffement suffisant.

On abandonne ces tas à eux-mêmes jusqu'à ce qu'il se produise un échauffement et que la germination se montre par la sortie des radicelles. On dit alors que l'orge *pique* (fig. 83). On suit l'échauffement au moyen de thermomètres coudés qu'on enfonce jusqu'au milieu de la couche. Si on laissait l'orge piquée trop longtemps

en tas, la température monterait trop, les radicelles et la plumule se développeraient d'une façon démesurée, et on aurait un malt très irrégulier.

Lorsque la température s'est élevée jusqu'à 22 à 25° C., au moyen d'une pelle en bois on prend l'orge et on la jette latéralement, en même temps qu'on retourne la pelle, de façon à produire un refroidissement suffisant par le contact de l'air; on diminue en même temps la hauteur du tas d'environ $1/4$.

Aussitôt que la température s'est de nouveau élevée à 20° C., on fait un nouveau retournement.

On ne peut donner aucune règle relativement à la fréquence des pelletages et à la hauteur à donner aux couches.

Il faut éviter dans tous les cas un échauffement au delà de 20° C. Un malt germé lentement, avec longues radicelles, et à une température de 10 à 12° c., sera toujours le plus sain et le plus riche en diastase.



Fig. 83.

Jusque dans ces dernières années, on a toujours posé comme règle d'arrêter le maltage aussitôt que les radicelles avaient atteint $1\ 1/2$ à 2 fois la longueur du grain et la plumule à la $1/2$ ou les $3/4$ de la longueur du grain, sans sortir de l'enveloppe (fig. 83, 4, 5, 6). On considérait généralement comme mauvais les *hussards*, c'est-à-dire le malt dont on apercevait la plumule (fig. 83, 7). Les recherches récentes de Delbruck et de Hayduck ont démontré qu'un malt ayant germé pendant 14 à 16 jours à basse température et dont la plumule sort fortement est celui qui donne les meilleurs

résultats. On a même conseillé de malter pendant 14 à 20 jours, jusqu'à ce que la plumule ait 3 ou 4 fois la longueur des grains. Mais Bücheler a constaté que s'il est rare d'arriver au maximum de richesse diastatique du malt sans production de *hussards*, d'autre part la richesse diastatique baisse en général plutôt qu'elle n'augmente dès que la plumule atteint 1 1/2 à 2 fois la longueur du grain. Les radicules ont alors 2 à 2 fois 1/2 cette longueur (1).

Entre les couches de grains en germination, on doit laisser des allées suffisantes pour le passage ; les grains écrasés moisissent et entrent en putréfaction. Les ouvriers doivent porter des chaussons en feutre pour diminuer le plus possible les chances d'écrasement du grain.

241. *Influence de la lumière sur la germination.* — D'après Planchon, la lumière est plutôt favorable que nuisible à la germination. D'après Groesler, les rayons jaunes favorisent la germination, tandis que les rayons violets la ralentissent. Le physiologue Schneider a trouvé que l'effet le plus favorable était exercé par la réunion des rayons rouges et bleus et il recommande les vitres violettes pour les malteries. Bücheler n'est pas partisan de garnir les germoirs de vitres de couleurs; les plantes en germination n'ayant pas de chlorophylle, se comportent de même façon en présence de lumières différentes. Le seul effet favorable, obtenu ainsi, serait l'amortissement de l'intensité de la lumière, l'accès de la lumière stimulant trop la germination.

242. *Caractères que doit présenter l'eau employée au maltage.* — L'eau employée au maltage doit être avant tout exempte de micro-organismes, qui sont toujours le signe d'une altération et qui sont nuisibles par eux-mêmes. On ne doit pas hésiter à faire des sacrifices pour se procurer une bonne eau pour les opérations du maltage. On réussit parfois à rendre bonne une eau médiocre ou mauvaise, en la filtrant sur une couche de sable ou de charbon qui retient les impuretés.

On ne doit jamais employer au maltage une eau renfermant de l'acide sulfhydrique, car cet acide, même en faible proportion, est nuisible à la germination et plus tard au développement de la levure.

Le carbonate et le sulfate de chaux ne sont pas nuisibles:

(1) Bücheler. Leitfaden für den Landwirtschaftlichen Brennereibetrieb. Brunswick. 1898.

une eau *dure*, c'est-à-dire calcaire, est même plus propre au mouillage qu'une eau très pure. Ce fait tient à ce que l'orge renferme toujours des phosphates solubles qui sont enlevés par l'eau de mouillage; mais quand cette eau renferme des sels de chaux, ceux-ci en pénétrant dans le grain forment avec l'acide phosphorique du phosphate de chaux insoluble qui reste dans le grain. Pendant le maltage, ce phosphate de chaux est ensuite dissous par les acides qui se forment, et l'acide phosphorique favorise la germination.

Heinzelmann estime que 19,8 à 21,5 p. 100 de l'acide phosphorique de l'orge sont enlevés par l'eau de mouillage, et qu'une eau même très chargée de sulfate de chaux ne peut pas atténuer notablement cette perte.

L'ammoniac, l'acide nitreux et l'acide nitrique ne présentent par eux-mêmes aucun danger; ils sont parfois le signe de la présence de matières organiques en putréfaction, mais avant de considérer ces eaux comme mauvaises, il faudra toujours les examiner au microscope et même en faire une culture dans une boîte Pétri. Si l'on ne découvre pas de micro-organismes, l'eau peut généralement être employée sans aucun inconvénient.

Quand on veut pousser plus loin l'examen microscopique, on peut opérer de la façon suivante : on prend un tube de verre en forme de cône se rétrécissant à 2 mm de diamètre et on le bouche avec de l'argile qu'on chauffe jusqu'au rouge. On filtre d'abord sur un filtre en papier un litre d'eau, on verse les résidus de la filtration dans le tube de verre, dont le tampon d'argile sert de micro-filtre, jusqu'à ce qu'on ait une hauteur de 1 centimètre de résidu, et on soumet celui-ci à l'analyse microscopique.

Les sels de fer se rencontrent rarement dans l'eau, mais leur présence doit être considérée comme très nuisible. Les eaux alcalines sont impropres au maltage.

D'après le Docteur Saare, on peut améliorer les eaux provenant de terrains marécageux en y ajoutant une petite quantité de plâtre mélangée d'un peu de chaux sous forme de lait de chaux, puis décantant après repos ou filtrant sur du sable. (B. A. d. C., tome 18, p. 1206.)

243. *Désinfection de la malterie.* — Le malt est toujours plus ou moins le véhicule de micro-organismes. Quand on travaille un malt assez impur et qu'après cela on fait germer une orge très bien nettoyée, il est évident que les micro-organismes apportés par le mauvais malt ayant souillé toute la malterie, on continue-

rait à faire avec la bonne orge un mauvais malt. Pour éviter cela, il est nécessaire de désinfecter le sol et les murs de la malterie chaque fois qu'on a travaillé une orge laissant à désirer. En général, il suffira de procéder à des lavages très soignés, et ce n'est que dans des cas très graves qu'on devra recourir à des antiseptiques spéciaux. Heinzelmann a conseillé d'ajouter à l'eau de mouillage de l'acide salicylique à raison de 20 gr. par 100 k. soit de 0 gr. 1 par litre d'eau. Kukla a proposé d'ajouter à la première eau de trempage une quantité d'acide sulfureux telle que l'eau en contienne 0,02 à 0,05 p. 100, déduction faite de ce qui est absorbé par les réactions chimiques sur les carbonates contenus dans l'eau.

Maercker conseille d'ajouter par hecto d'eau 1 litre de la solution commerciale de bisulfite de chaux et de désinfecter les cuves mouilloires tous les 8 ou 15 jours avec une eau contenant 5 % de la solution de bisulfite.

On emploie souvent pour les bacs de mouillage en pierre une solution d'hypochlorite de chaux à 5 % et pour les bacs en fer une solution à 5 % de carbonate de soude. On peut badigeonner les parois de la malterie avec un lait de chaux additionné de pétrole ou mieux de sulfate de cuivre.

Dans les distilleries travaillant par le malt on ne doit jamais oublier que « *le malt est l'âme et la malterie le sanctuaire de la distillerie.* »

Préparation du malt long

244. Nous avons vu que le malt à longue plumule et préparé à basse température sera généralement plus riche en diastase que le malt tel qu'on le préparait autrefois. Ce fait avait déjà été reconnu bien souvent, mais c'est seulement à la suite des recherches faites dans ces dernières années, surtout en Allemagne, qu'il a été définitivement admis.

D'après les expériences de Delbruck, il ne s'agit pas d'obtenir, lors de la germination, une végétation exubérante, mais une végétation accompagnée d'un travail intérieur.

On obtient une végétation exubérante quand l'embryon donne des germes sans mettre l'albumen à contribution; il en fait tout autant quand on le sépare du grain et qu'on lui donne simplement la dose d'eau nécessaire. Mais, dans ce dernier cas, les germes sont mous et aqueux, et la matière sèche totale du germe n'augmente pas, mais diminue constamment. Une telle végétation exu-

bérante se produit quand un grain insuffisamment mouillé est soumis à une température très favorable à la germination. Au contraire, une végétation normale avec travail intérieur développe des radicelles et une plumule dont la proportion de substance sèche doit être aussi élevée que possible et dans laquelle la dissolution de l'albumen, dans le double sens de la désagrégation de l'amande et de la dissolution de l'amidon, doit être aussi avancée que possible. Une telle désagrégation est un indice de la production d'une forte proportion de diastase, et, pour cela, il faut une dose suffisante d'humidité, mais pas d'excès, une température modérée, une abondante provision d'oxygène, c'est-à-dire une bonne aération, et surtout du temps.

La longueur de la plumule n'est pas le signe du meilleur malt; au contraire, le meilleur malteur est celui qui, avec le moins de végétation, produit un malt ayant la plus grande force diastatique. Il faut donc malter longtemps, mais ne pas produire une plumule exubérante. D'après Delbruck, il faut, pour cela, mettre les grains alternativement en tas creux et en tas en dos-d'âne; il se produit alors de belles radicelles crépues, riches en matière sèche, signe d'un malt énergétique.

Il est hors de doute que ce malt long donne une meilleure saccharification et une meilleure fermentation. La basse température et l'aération, pendant ce système de maltage, empêchent le développement de beaucoup de microorganismes très nuisibles.

D'après les essais de Delbruck, il n'existe aucune relation entre la longueur de la plumule ou des radicelles et la richesse en diastase. Du malt avec une plumule courte a souvent accusé une plus grande énergie qu'un malt avec plumule plus courte. Mais il y a un rapport entre la richesse en diastase d'un malt et la teneur en substance sèche.

Le maltage prolongé occasionne naturellement une plus grande perte. Hayduck n'a trouvé que 6,5 p. 100 de perte de substance sèche pour un maltage ordinaire, tandis qu'il en a trouvé 17 p. 100 pour du malt long préparé par une germination prolongée pendant vingt jours. Par contre, la puissance saccharifiante du malt long, par rapport au malt court, était de $\frac{100}{63}$. Si on tient compte des 10 p. 100 de perte supplémentaire qu'occasionne le malt long, on arrive encore, en rapportant à 100 k. de grain à $\frac{90}{63}$, relation qui exprime aussi l'économie de malt que l'on pourra faire en employant du malt long.

Le maltage prolongé rend aussi plus imminent le danger d'infection par les moisissures; pour éviter cela, l'emploi du lait de chaux pendant le mouillage est fort recommandable.

On maintient dans l'eau de mouillage une température de 10° à 12°C et on ajoute assez de chaux pour que l'eau prenne un aspect laiteux (environ 1 p. 100 du poids de l'orge). Pendant qu'on verse le grain, on agite, pour éviter que la chaux ne se dépose au fond de la cuve, mais se répartisse au contraire autour de tous les grains et se précipite sur eux. En laissant écouler l'eau, le précipité reste adhérent au grain. Une nouvelle eau dissout ensuite cette chaux, qui continue de pénétrer à l'intérieur du grain.

Avec des cuves-mouilloires à agitateur, on peut faire une deuxième addition de chaux; avec les cuves ordinaires, cela n'aurait aucun sens, parce que la chaux ne se répartirait pas bien.

La deuxième eau reste jusqu'au lendemain, soit pendant vingt-quatre heures, puis on change à nouveau. Pour la préparation du malt long, il vaut mieux mouiller trop peu que trop, car, dans ce dernier cas, on a à craindre cette germination exubérante dont nous avons signalé l'inconvénient.

L'addition de chaux éteinte à l'eau de mouillage est très utile contre les moisissures, mais le grain en germination s'échauffe plus vite et pousse plus rapidement. Pour germer pendant dix-huit à vingt jours, on ne peut pas faire des tas de plus de 5-6 cm. de hauteur, et, même pendant le temps où les radicules poussent vigoureusement, on ne peut pas dépasser 6-8 cm. Le grain doit être assez humide pour qu'en le prenant entre les doigts on le trouve élastique, mais pas au point qu'il se laisse écraser et que l'amande sorte de l'enveloppe (O. Knackfuss, d'après Maercker) (1).

Quand on est forcé de travailler une mauvaise orge, fort prédisposée à la production de moisissures, il faut, bon gré mal gré, abrégier la durée du maltage. Dans ce cas, on réduit la durée du mouillage à quarante-huit heures (au lieu de soixante) et on ajoute 2 litres de bisulfite de chaux par environ 700 l. d'eau de mouillage. On met le malt d'abord pendant vingt-six heures en tas épais et pointus, qu'on retourne ensuite régulièrement deux fois par jour, en ajoutant chaque fois, à partir du deuxième jour, 2 l. à 2 l. 5 d'eau par 100 k. de grains. Pendant la germination, on met le malt en tas de 9-10 cm. et on maintient la température à 14° au maximum. Après treize à quatorze jours, la plumule a

(1) *Handbuch der spiritus fabrikation*, 7^e édition, 1898.

atteint le double et les radicules le triple de la longueur du grain. (Bahr-Libenow, *loco citato*.)

Voici encore un moyen simple et rapide pour avoir un malt long et riche en diastase :

On réunit, trente-six heures au maximum avant l'emploi du malt, toute l'orge en un tas que l'on borde avec des planches et qu'on arrose avec beaucoup d'eau. Après cela, on enlève les planches, on fait un pelletage, de façon à ce que tous les grains soient abondamment mouillés, puis on laisse le tas s'échauffer et, enfin, on le met en couche mince.

Cette façon d'opérer est particulièrement bonne avec les orges de mauvaise qualité, que l'on n'a qu'imparfaitement trempées par mesure de prudence. (M.-V. Martinand.)

Maltage du seigle

245. Le grain de seigle est à nu, la glume ou balle ayant été enlevée lors du battage.

La figure 84 représente un grain de seigle en coupe longitudinale. En A on voit les deux enveloppes réunies à cet endroit, mais nettement séparées à la partie inférieure : à l'intérieur, l'épisperme ou testa et à l'extérieur le péricarpe. B embryon, C albumen ou endosperme, α scutellum, β gemmule, γ tigelle, δ radicules, ϵ épithélium absorbant du scutellum, a cellules à grains d'aleurone, i cellules vides et aplaties de l'endosperme.

Par suite de l'absence de glumes, la germination du grain de seigle diffère de celle du grain d'orge. La gemmule perce l'épisperme et le péricarpe (fig. 85) et se montre presque en même temps que les radicules, tandis que dans le grain d'orge et le grain d'avoine, la gemmule est emprisonnée par les glumelles (la balle) et est obligée de se glisser entre le péricarpe et les glumelles pour sortir à la partie supérieure du grain. Une autre conséquence de l'absence de balle, c'est que le seigle demande une durée de mouillage moins longue que l'orge.

Quand les prix le permettent, le seigle peut être employé à remplacer en partie ou même totalement l'orge. En Allemagne, pour la fabrication des eaux-de-vie de grains, l'emploi du malt de seigle présente une grande importance. On s'en sert en concurrence avec le malt d'orge.

Le mouillage et le maltage du seigle exigent plus d'attention

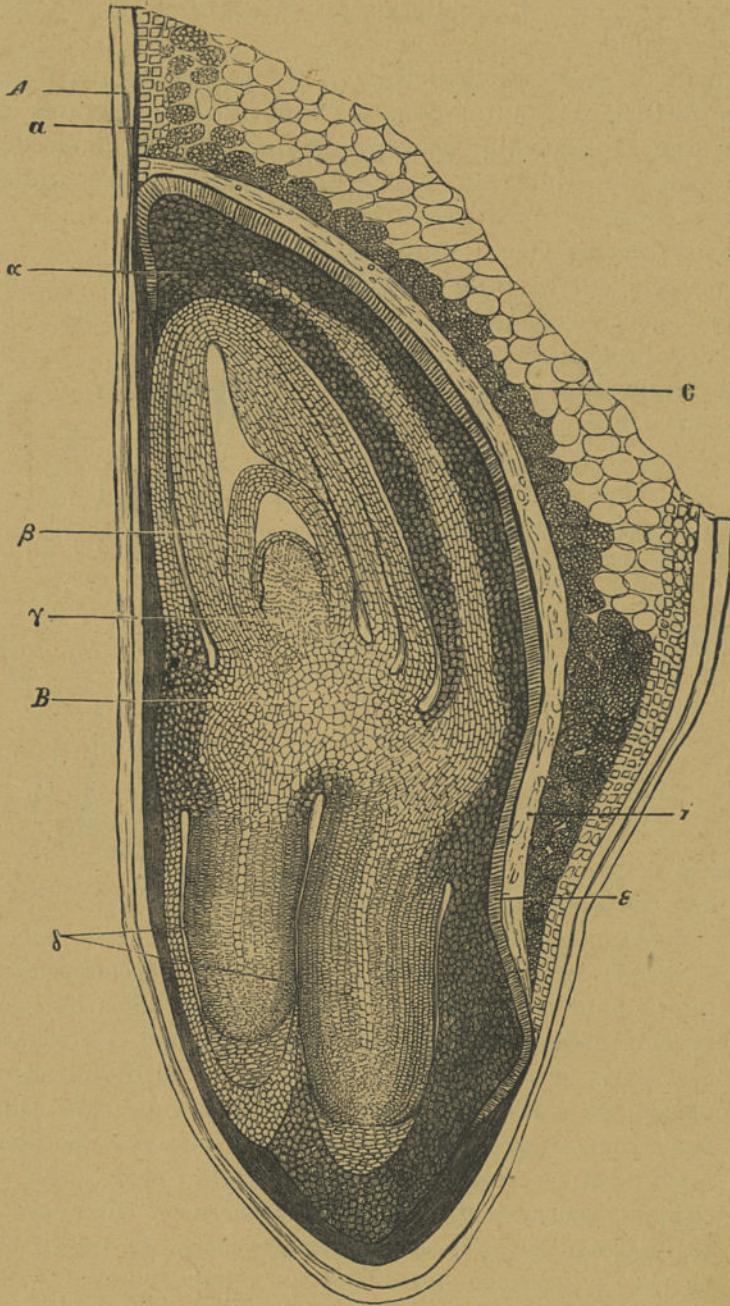


Fig. 84. — Coupe d'un grain de seigle.

que pour l'orge. Il est bon de ne pas mouiller à l'avance pour plus de deux jours. La malterie doit être grande et être nettoyée chaque semaine.

Le malt de seigle est fort bon; il est pauvre en diastase, mais, d'après Bücheler, il a un pouvoir liquéfiant plus grand que le malt d'orge et beaucoup plus grand que celui du malt de maïs.

Le malt de seigle est très estimé pour la préparation des levains à cause des matières azotées qu'il renferme et qui sont très favorables à la nutrition de la levure. Pour la saccharification en cuve-matière, on préfère un mélange de malt de seigle et de malt d'avoine, car quand il s'agit de moûts très épais, le malt de seigle seul ne donne pas d'aussi bons résultats. Tandis que pour le malt d'orge on emploie de préférence les grains légers, il faut pour le malt de seigle choisir un grain lourd bien mûri et d'une nuance uniforme. Tous les grains verts qui s'y trouvent sont incapables de germer et gâtent le malt.

La durée du mouillage varie de 26 à 36 heures (1) suivant la dureté et la température de l'eau. On ne doit pas laisser le grain se saturer

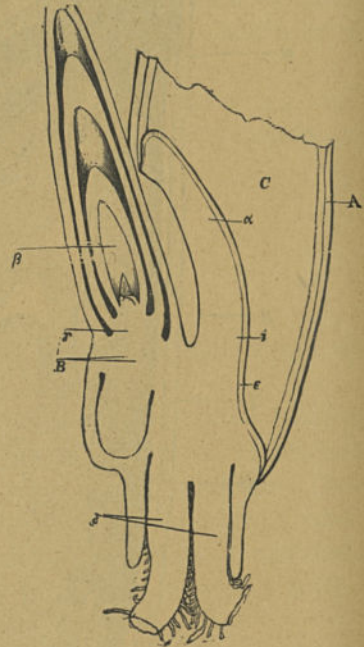


Fig. 85. — Germination du seigle.

complètement d'eau, car par suite de la finesse de sa peau, le grain s'échauffe rapidement et il se produit une végétation exubérante qui diminue encore la force diastatique déjà faible du malt; il se produit aussi des acides qui nuisent plus tard à la fermentation.

Les tas ne doivent pas dépasser, même au début, une hauteur de plus de 7 à 8 centimètres (2). Par suite de cette faible hauteur l'eau s'évapore rapidement. Après cinq ou six heures, on retourne et on arrose à l'eau tiède. Cet arrosage, qu'on répète à chaque retournement, doit être excessivement faible afin d'éviter tout excès d'eau. Les deux premiers jours du travail d'un tas, on fait un pelletage toutes les six à huit heures; les troisième

(1) Wittelshöfer dit 40 à 48 heures.

(2) Bücheler dit 10 à 12 centimètres.

et quatrième jours on le répète toutes les trois ou quatre heures. Le quatrième jour le malt est achevé. Quelque faible que soit la hauteur des tas, le malt de seigle ne peut se conserver longtemps; aussi ne doit-on pas mouiller de grain pour plus de deux jours à l'avance.

Quand le malt est bien fait, les radicelles ont une fois et demie la longueur des graines; il possède alors la plus grande force diastatique.

Par suite de la faible épaisseur de l'enveloppe du seigle, les antiseptiques doivent être employés à des doses de deux à quatre fois plus faibles que pour l'orge.

Le seigle est un grain au moins aussi sale que l'orge et si l'on veut obtenir une fermentation normale, il faut laver soigneusement le grain.

Les meilleurs seigles pour le maltage sont les américains; les russes sont complètement inutilisables (1).

Certains praticiens prétendent que le malt de seigle s'écrase facilement sur la sole du germoir et demande, par suite, beaucoup de précautions pour éviter les moisissures. Pour le maltage simultané du seigle et de l'orge en un seul tas, on opère comme pour l'orge seule; on préfère même ce mode de travail qui évite le tassement des couches de seigle et la rupture de la plume à nu de ce grain. Mais il faut mouiller séparément l'orge et le seigle; ou ajouter celui-ci dans la cuve mouilloire un certain temps après l'orge (2).

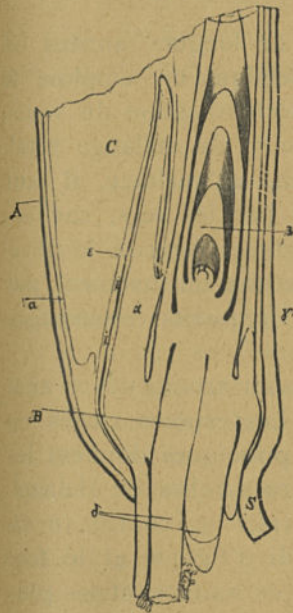


Fig. 86. — Germination de l'avoine.

246. La figure 86 représente un grain d'avoine en germination. Le grain d'avoine n'est pas nu comme celui du seigle, mais porte une balle S comme le grain d'orge. Les mêmes lettres désignent les mêmes parties que dans les

Maltage de l'avoine

(1) M. Stenglein, Alkohol. 1893, d'après Otto Durst : Handbuch der Presshefabrikation.

(2) P. Wittelshoefer. Das A.B.C. des Brenners (Berlin, 1898).

figures précédentes : A épisperme et péricarpe, C endosperme, B gemmule.

Le malt d'avoine est surtout très estimé dans les distilleries industrielles de la Hongrie, où on l'emploie régulièrement, parce qu'il produit une saccharification et une fermentation très rapides.

Le maltage de l'avoine est très facile. Une durée de mouillage de 34 heures est suffisante. On peut donner aux tas une très grande hauteur et les maintenir à une température élevée, sans qu'il se produise de moisissures, à la condition que le grain soit relativement propre. Le malt d'avoine est donc très commode pour le travail de l'été. Au bout de 5 jours on obtient déjà un excellent malt.

L'avoine est riche en azote ; elle renferme 11,70 % de matières azotées, en grande partie de la caséine végétale.

Maltage du Froment.

247. Le malt de froment joue depuis de longues années un grand rôle dans la distillerie belge. En Belgique on emploie le froment sous forme de malt sec pour la saccharification du maïs, du dari et du riz, dans la proportion de 40 % du mélange total.

Pour juger la valeur d'un froment destiné au maltage, il faut porter son attention sur les grains attaqués par les vers, car ces grains ne germent pas, et la température douce favorise le développement de ces vers. On remédie à ce dernier inconvénient par une aération énergique en silos ou par de fréquents retournages à la pelle.

Les signes extérieurs d'un bon froment sont trompeurs ; l'analyse donne les indications les plus sûres. Les espèces riches en amidon et pauvres en matières azotées ou protéïques donnent les meilleurs résultats, tandis que, d'après les recherches de Heinzelmänn, un froment très riche en protéïne (15,2 % contre 10 % d'eau) est inutilisable en distillerie. Le saïdi d'Egypte et le froment américain de l'Orégon, les plus riches en amidon et les plus pauvres en protéïne de ceux qu'on a essayés, ont donné en pratique les meilleurs résultats, tandis que l'azime d'Odessa est complètement inutilisable en distillerie.

Le mouillage du froment exige moins de temps que celui de l'orge. Le grain mouillé à point doit avoir absorbé environ 35 % d'eau, il ne doit plus piquer entre les doigts et l'amande doit être

humide sans être pâteuse. Il est recommandable de mouiller trop peu plutôt que trop, sauf à arroser les tas si c'est nécessaire; on obtient ainsi une germination plus régulière et un malt moins acide, et on évite surtout le développement de moisissures.

Le froment germe beaucoup plus rapidement que l'orge. On met le grain mouillé en tas de 15 à 25 cent., suivant la température, jusqu'à ce qu'il pique, ce qui a lieu généralement au bout de 24 heures. Pendant ce temps, un seul pelletage suffit. On met ensuite en couches de 10 à 15 cent. Les jours suivants on fait 3 ou 4 pelletages pendant 24 heures. En maintenant la température à 20-22° C, le malt est mûr au bout de 3 jours. Une durée de plus de 4 jours augmente les dangers d'infection par les moisissures.

Autant le froment absorbe rapidement l'eau, autant il se dessèche rapidement dans le tas; et le troisième jour il faut faire un très léger arrosage avant de retourner la couche.

Le touraillage du malt de froment est plus rapide et plus facile que celui du malt d'orge.

Le rendement en alcool de 100 kilogr. d'amidon sous forme de malt de froment est de 60 lit. contre 52 lit. qu'on obtient de 100 kil. d'amidon sous forme de malt d'orge.

Maltage du Maïs.

248. Le maïs est fréquemment employé au maltage dans les pays où l'on produit cette céréale, en Hongrie et surtout en Amérique. Le malt de maïs sert aux îles Açores à la saccharification de la patate douce; en France et en Allemagne on s'en sert quelquefois pour la fabrication de la levure pressée.

C'est surtout dans les pays chauds que le maïs convient particulièrement au maltage. En effet, tandis que le maltage de l'orge exige une température basse, celui du maïs exige une température élevée, 20 à 30° C., qu'il serait difficile d'obtenir régulièrement dans les pays froids. Mais cette haute température de maltage présente le grand inconvénient de favoriser le développement des moisissures, et ce danger est d'autant plus imminent que le maïs renferme assez souvent des grains ne germant pas et des grains brisés qui offrent un terrain très favorable aux moisissures. Il est donc nécessaire de laver soigneusement le maïs et même le malt; pour ce dernier, on a conseillé d'employer une solution très faible d'acide salicylique, de bisulfite de chaux ou

même d'acide chlorhydrique ou d'acide fluorhydrique. Le mieux serait encore d'employer du formol (1).

Le mouillage du maïs par suite de la texture serrée de son amande et de la dureté de son enveloppe, réclame une durée plus grande et une eau d'une température plus élevée, 25 à 30° C., suivant les saisons. Le mouillage peut alors être suffisant au bout de 48 à 50 heures; mais quand la température est plus basse, il peut durer de 4 à 6 jours. Du reste, on ne peut jamais mouiller le maïs jusqu'à saturation, et il est nécessaire de compléter le mouillage par l'arrosage des couches.

Après le mouillage, on étend le maïs en couches de 50 à 60 centimètres qu'on recouvre d'une toile très propre trempée préalablement dans une solution très étendue d'acide fluorhydrique, afin de maintenir l'échauffement qui se produit et surtout pour préserver de la dessiccation les couches superficielles du tas. On observe l'élévation de température. Au bout de 16 à 20 heures, on retourne le tas en prenant les plus grandes précautions pour ne pas arrêter la germination. Dans les malteries mal disposées, il peut être utile d'attendre 24 à 30 heures avant de faire le premier pelletage. Le deuxième tas reçoit une hauteur de 45 à 50 centimètres et reste pendant 36 à 40 heures; puis on fait un tas de 30 à 45 centimètres qu'on laisse pendant 52 à 56 heures.

S'il est possible de chauffer la malterie à l'aide de la vapeur ou d'un four, de façon à maintenir une température de 20 à 23° C., on peut faire des tas moins élevés et les retourner plus souvent; dans ce cas, le recouvrement au moyen d'une toile est également inutile. D'ailleurs l'emploi de la toile ne peut jamais être prolongé, car elle empêche l'accès de l'air et par suite, contrarie la germination une fois qu'elle est commencée. L'acide fluorhydrique dont on se sert souvent a l'inconvénient de se concentrer et d'être très dangereux à manier.

A chaque retournement des tas, un arrosage est nécessaire. On se sert pour cela d'un arrosoir ou mieux du pulvérisateur de Koerting.

(1) Cet antiseptique est excellent, mais les semences sont très sensibles à son action. L'arrosage avec une solution à 0,01 p. 100 a diminué dès le premier jour l'énergie germinative dans l'orge, dans le froment et dans le seigle, tandis que sur l'avoine il a produit une action favorable. Une solution à 0,08 p. 100 a produit les pires effets sur le seigle et le froment, moins nuisible sur l'orge, tandis que l'avoine germait aussi bien dans cette solution que dans l'autre. Une solution à 0,4 p. 100 se montra mortelle pour tous les grains. (R. Windisch. *Chem. Centralblatt*.)

Ce pulvérisateur se compose d'une tuyère à l'intérieur de laquelle se trouve une hélice portée par un axe dont les extrémités se terminent en pointe; cette hélice prend un mouvement giratoire qu'elle communique à l'eau, et celle-ci, à sa sortie de la tuyère, se disperse immédiatement et se trouve pulvérisée.



Fig. 87.
Pulvérisateur
Koerting.

L'arrosage des tas est d'autant plus efficace que l'eau est plus finement divisée. Un appareil fort recommandable est celui de Bothner. Les deux tuyaux portatifs à eau et à air comprimé aboutissent dans une embouchure conduite par l'ouvrier, montée comme un pulvérisateur, qui lance sur les tas de l'eau très divisée mélangée d'air. La figure 88 représente cet appareil avec toute l'installation nécessaire à la production de l'air comprimé.

Après 52 à 56 heures, le grain commence à suer et les radicules se développent; la température monte plus rapidement. Il faut alors redoubler de précautions et éviter tout contact avec de l'air froid.

On met alors en tas de 35 à 40 centimètres et on retourne toutes les 6 à 8 heures pendant les 4 ou 5 premiers jours. La température des tas ne doit pas passer de 24° à plus de 30 à 31° C. S'il y a échauffement trop rapide, on y remédie en aérant par des pelletages.

Dans le maïs, la plumule et les radicules apparaissent au même point. On considère le maltage comme suffisant quand les radicules ont atteint une longueur d'environ 3 fois le diamètre du grain; la plumule a alors une longueur au plus égale à l'épaisseur du grain. (Ióres. Alkohol, Janvier 92, d'après Otto Durst.)

Le concassage du malt de maïs réclame une certaine attention. Le malt doit passer plusieurs fois par les cylindres qu'on rapproche à chaque passage. Un procédé qui paraît recommandable est celui de Schuster, dans lequel on n'emploie pour la saccharification que l'extrait de malt, le résidu étant mis avec le grain dans le cuiseur pour subir la cuisson. Le moulin à lait de malt de Bohm est également bon. Un autre appareil beaucoup employé est le moulin Excelsior Gruson, qui est très commode et donne un bon résultat.

Maltage dans des conditions anormales

249. On a parfois à malter de l'orge humide ou ayant germé sur les champs; dans ce cas, il faut avant tout surveiller le mouillage. Comme les grains avariés absorbent l'eau plus rapidement que les grains dans un état normal, on ne peut pas pousser le mouillage jusqu'à ce que tous les grains soient saturés, car dans ce cas les grains avariés absorbent trop d'eau, ne germent pas et infestent les autres grains par les moisissures et les bactéries qui prennent naissance sur eux.

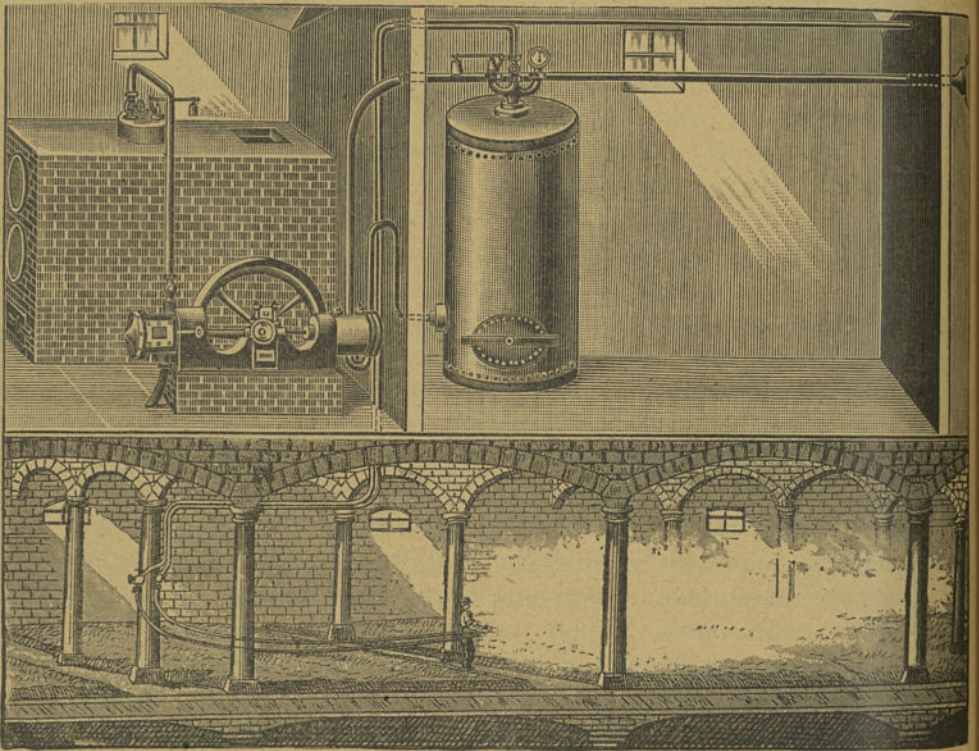


Fig. 88. — Cave de malterie avec pulvérisateur Bothner pour l'arrosage des tas.

Il vaut mieux mouiller trop peu et compléter le mouillage par de fréquents arrosages suivis de pelletages. Par ce travail les grains sains absorbent encore de l'eau sans que les grains avariés souffrent aucune altération. Une condition essentielle pour la réussite dans le travail de grains altérés est de bien nettoyer ces

grains avant de les introduire dans les cuves mouilloires et de les laver encore dans ces cuves.

Broyage du malt vert

250. Le malt vert renfermant une forte proportion d'eau, il n'est pas possible de le diviser dans des moulins ordinaires; on emploie pour cela des appareils spéciaux dits broyeurs ou écraseurs de malt vert. Une division soignée de ce malt est doublement nécessaire : 1^o Pour que le liquide employé à la macération puisse opérer une extraction complète de l'amylase; 2^o Pour mettre à nu l'amidon contenu dans les cellules du malt et l'exposer à l'action dissolvante et saccharifiante de la diastase. Il ne faut pas oublier que l'amidon du malt n'est pas cuit avant de subir l'action de la diastase et qu'il a simplement été désagrégé par la germination; c'est pour cela que cet amidon ne pourra être bien saccharifié si le malt n'est pas convenablement divisé.

Les broyeurs ou écraseurs de malt vert se composent généralement de deux rouleaux lisses en fonte blanche dure tournant dans des paliers qu'on peut écarter plus ou moins suivant l'espace qu'on veut laisser entre les cylindres.

Les vitesses à la surface des rouleaux doivent toujours être différentes, ce qu'on obtient en faisant tourner avec des vitesses différentes deux rouleaux de diamètres égaux ou avec la même vitesse deux rouleaux de diamètres différents.

251. *Broyeur de malt Ellenberger* (de Darmstadt). — Un solide bâti supporte deux paliers fixes dans lesquels tourne un gros cylindre: un autre cylindre, de plus petit diamètre et porté par des paliers mobiles, est pressé contre le gros cylindre par des ressorts et tourne en sens inverse par la friction qu'il reçoit de celui-ci. De petits volants placés à ses deux extrémités empêchent l'arrêt du petit cylindre et les inconvénients qui en résulteraient.

252. *Broyeur de malt Sachsenberg, frères.* — Ce broyeur ou écraseur de malt est muni d'un distributeur automatique du système Adam (fig. 89). Ce distributeur consiste en un cylindre en tôle *a* sur lequel sont rivées de petites lames *a'* disposées parallèlement suivant des génératrices. Ce cylindre s'appuie sur toute sa longueur sur une lame de tôle d'acier *b* poussée par un ressort *b'*. Tant que cette tôle d'acier *b* s'appuie fortement sur le cylindre

a entre deux lames, aucun grain de malt ne peut passer, mais, aussitôt que les lames a' écartent la tôle d'acier à ressort, il se produit une lumière de la longueur du cylindre par laquelle il passe autant de malt que les rouleaux peuvent en travailler. La fermeture de cette lumière produite par l'action du ressort sur la tôle d'acier est tellement brusque qu'il ne tombe plus un seul grain de malt quand le distributeur est au repos, et que toute manœuvre de l'ouvrier pour arrêter l'arrivée du malt est inutile.

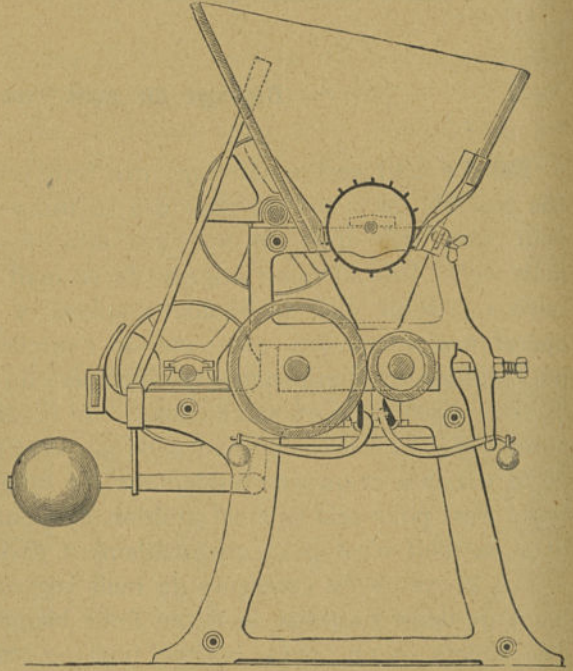


Fig. 89. — Broyeur de malt Sachsenberg frères.

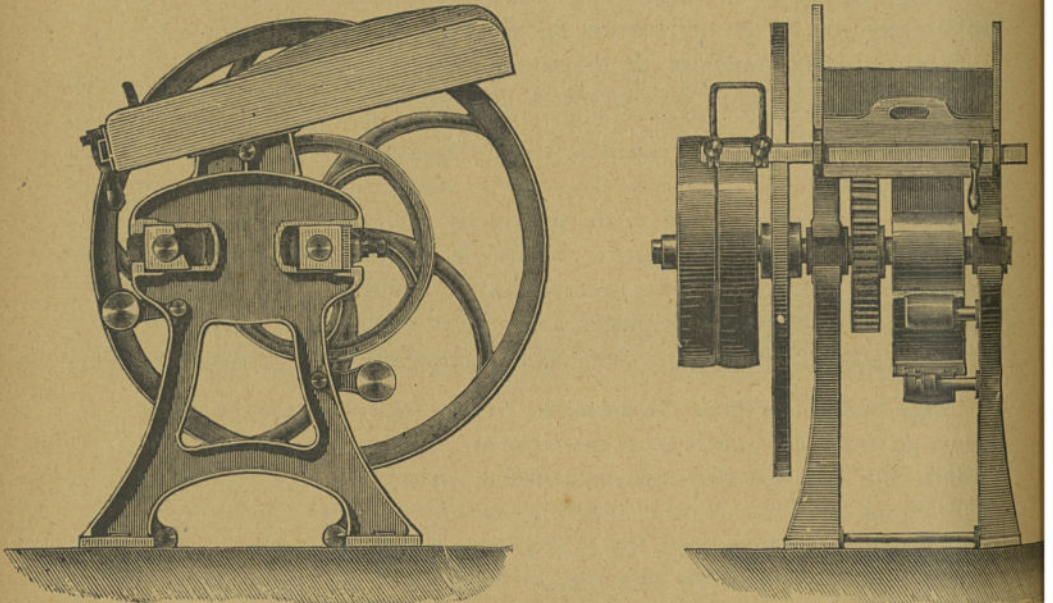


Fig. 90. — Broyeur de malt, système Paucksch.

253. *Broyeur de malt Paucksch.* — La figure 90 représente un broyeur Paucksch avec cylindres de 210 mm. de longueur et de diamètre différent, l'un de 600 mm. et l'autre de 210 mm., pouvant broyer facilement 200 kilog. de malt vert par heure.

254. *Appareils destinés à broyer le malt vert en présence de l'eau ou appareils à lait de malt.* — Pour extraire du malt vert toute la diastase qu'il renferme, il est nécessaire de le diviser aussi finement que possible. Dans ce but, après avoir écrasé le malt entre des rouleaux, comme nous venons de le voir, on le broie en présence de l'eau dans des appareils dits « préparateurs de lait de malt. »

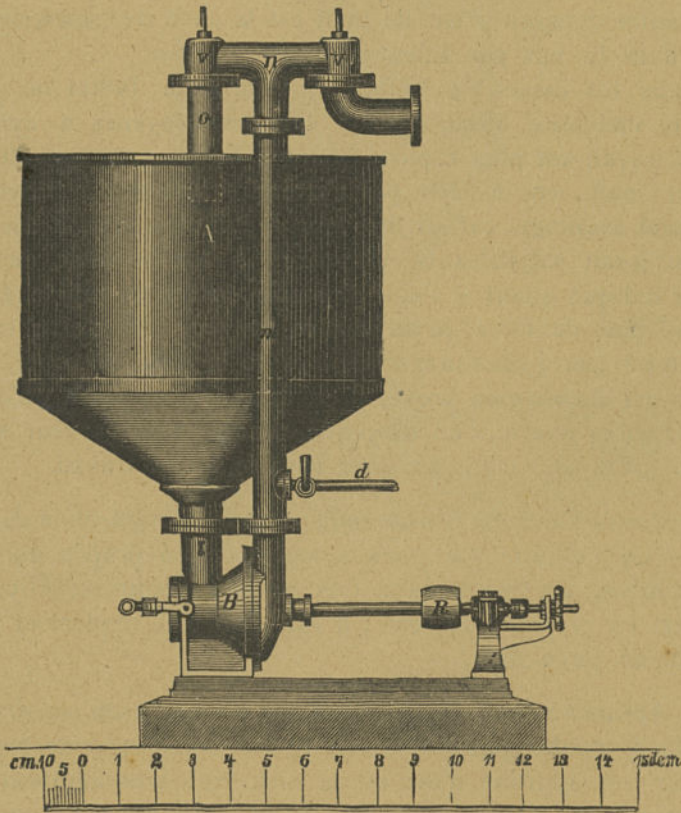


Fig. 91. — Tritrateur de malt de Bohm.

Un appareil qui est beaucoup employé est le tritrateur de malt de Bohm (fig. 91). Il se compose d'une cuve cylindro-conique en tôle A et d'un broyeur centrifuge R, dit dépeleur, que nous

décrivons plus loin. La tubulure d'aspiration *l* de ce broyeur communique avec la partie inférieure de la cuve et sur la tubulure du refoulement est boulonné un tuyau vertical *n n* muni d'un robinet à 3 eaux, permettant de refouler à volonté dans la cuve conique, dans le macérateur ou dans la salle des levains. Dans la clef du robinet à 3 eaux se trouve logé un thermomètre.

On met dans la cuve les doses voulues d'eau et de malt, puis on fait tourner le moulin à une vitesse de 6 à 700 tours par minute, en refoulant le mélange dans la cuve par *v o*. Quand la trituration est suffisante, on refoule dans le macérateur par *v'*.

Un tuyau *d* permet d'injecter de la vapeur pour achever de nettoyer l'appareil une fois qu'il a été lavé à l'eau.

Un autre appareil à lait de malt est la cuve de papeterie, construite dans ce but par Ellenberger.

D'après les essais de Delbrück, le broyeur Bohm ne produit pas une meilleure désagrégation que les broyeurs à cylindres, mais le travail est plus rapide. Quant à la désagrégation de l'amidon du malt, on ne doit pas s'attendre à tirer du broyeur un très grand avantage, car un broyeur à cylindres donne des résultats tout-à-fait satisfaisants. L'appareil à lait de malt de Bohm est tout indiqué quand il s'agit d'obtenir un travail rapide. Il exige toutefois plus de force qu'un simple broyeur. En pleine marche, il ne prend que 3 chevaux, mais lors de la mise en route, quand le malt est encore peu broyé, il en exige 7 ; en sorte qu'on doit compter sur 4 chevaux en moyenne, tandis qu'un broyeur à cylindres en exige seulement 2,5 pour faire le même travail.

255. *Moulin Excelsior Gruson employé pour la préparation du lait de malt.* — Ce moulin, que nous avons décrit à propos du travail des caroubes, est maintenant très employé pour le broyage du malt vert en présence de l'eau ; il est d'un prix modéré et n'exige que peu de force (223).

256. *Appareil à lait de malt avec meules.* — Paucksch construit des appareils à meules pouvant servir indifféremment pour broyer le malt sec sans addition d'eau ou le malt vert avec addition d'eau. Ces appareils se composent d'un bâti en fonte, de deux meules de 900^{mm} de diamètre, dont l'une supérieure est fixe et l'autre inférieure mobile, d'un axe vertical avec crapaudine supportant la meule mobile et mis en mouvement par un système de poulies et d'engrenages, et enfin d'une trémie avec distributeur à hélice (fig. 92).

Lors de la mise en marche, on fait passer lentement un peu d'eau dans l'appareil pour mouiller les meules avant d'y introduire du malt. Puis la meule inférieure primitivement distante de la meule fixe de 5 à 6 millim., est rapprochée de celle-ci jusqu'à ce que le broyage soit suffisant. On laisse ensuite les meules dans cette position tant qu'il n'est pas nécessaire de les rhabiller; même pour le nettoyage des meules, il est inutile de les écarter.

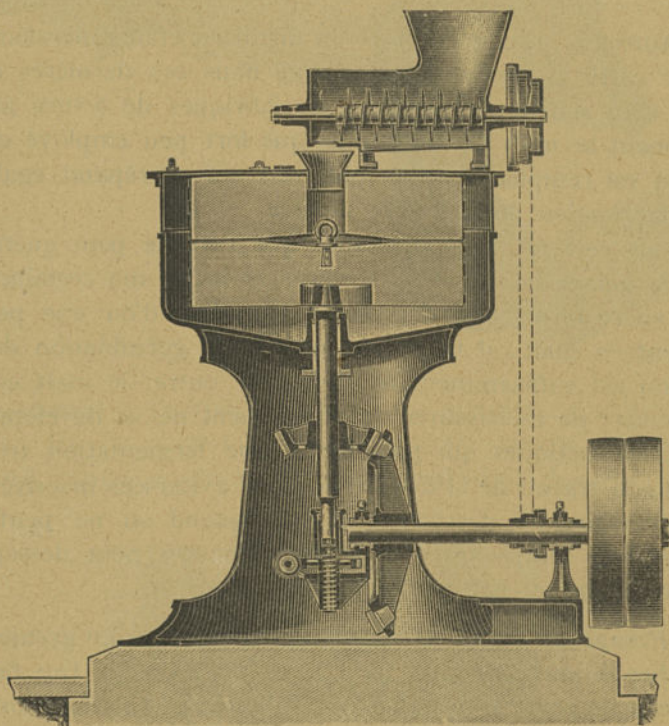


Fig. 92. — Appareil à lait de malt avec meule.

On règle la quantité d'eau suivant la concentration que l'on veut obtenir et suivant qu'il s'agit de faire un lait de malt pour la saccharification ou pour la préparation des levains.

Pour nettoyer les meules après une opération, on laisse l'appareil en marche après avoir fermé l'alimentation du malt, et on ouvre en plein le robinet d'eau, afin d'entraîner les restes de malt qui se trouvent entre les meules; on nettoie également au moyen d'un jet d'eau l'espace compris entre les meules et l'enveloppe, et seulement alors on arrête les meules.

Quand la meule mobile tourne à raison de 2400 tours par minute, cet appareil peut moudre 500 à 700 kilos par heure.

Les appareils à lait du malt se placent toujours un peu en contre-haut de la cuve-matière, de manière à ce qu'on puisse les vider dans cette dernière.

Dessiccation et Touraillage du malt.

257. Autrefois le malt employé en distillerie était généralement le malt sec usité en brasserie, et jusque dans ces dernières années ce malt était seul en usage dans les fabriques de levûre pressée. Actuellement le malt sec n'est plus que fort peu employé en distillerie et est remplacé par le malt vert qui se répand également dans la fabrication de la levûre pressée.

Le malt vert est une substance que l'on ne peut guère conserver; le germe continue de respirer et brûle une certaine quantité de sucre formé aux dépens de l'amidon, d'où une perte de rendement en malt; il faut donc arrêter la germination dès que l'opération est suffisamment avancée. En outre, le malt est toujours couvert de moisissures qui continuent de se développer, et de bactéries lactiques qui produisent une fermentation très nuisible dans le travail de la distillerie. Pour éviter ces inconvénients, il est nécessaire de dessécher le malt quand on ne peut l'employer peu de temps après sa préparation. On peut dessécher le malt par *fanage* ou par *touraillage*.

258. *Fanage du malt*. — On dispose le malt dans un grenier dont le plancher à jour constitue une sorte de claie, et l'on fait traverser le malt par un courant d'air intense; la volatilisation d'une grande quantité d'eau amène un abaissement de la température qui descend jusqu'à 10° environ. La respiration du germe est à cette température très peu active, tandis que le travail de la diastase, et les transformations des matières azotées conservent sensiblement la même intensité. On peut ramener ainsi le malt à une teneur de 15 p. 100 d'eau environ.

259. *Touraillage*. — La touraille se compose de deux parties principales: d'un plateau en fils de fer ou d'acier servant à recevoir le malt et d'un foyer inférieur placé dans un massif de briques et qui porte le nom de *cochon*. En dessous du plateau se trouve une chambre, dite chambre à air. Les gaz du foyer s'élèvent

dans la gargouille *a b* (fig. 93 et 94), parcourent le circuit *d d* sous le plateau et s'échappent par la cheminée *c*. Les ouvertures

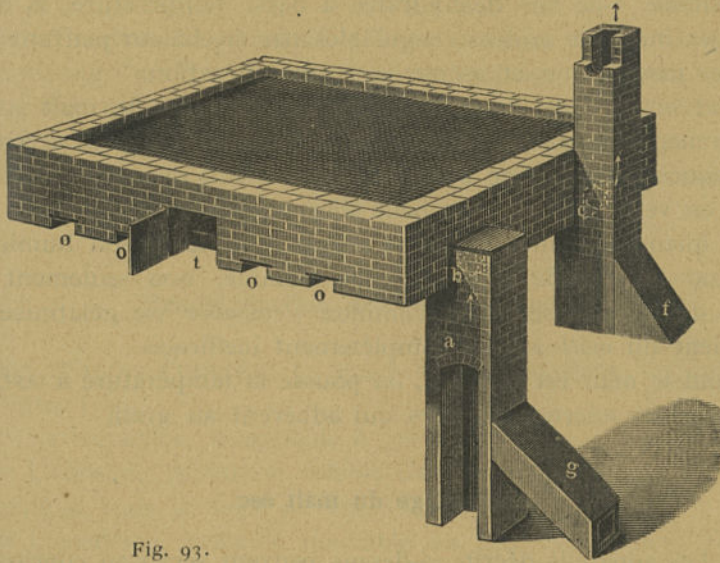


Fig. 93.

o o o o servent à l'entrée d'air froid qui permet de régler la température. Par la porte *t* l'on peut arriver sous le plateau pour retirer les radicales et nettoyer le canal qui, dans ce but, est

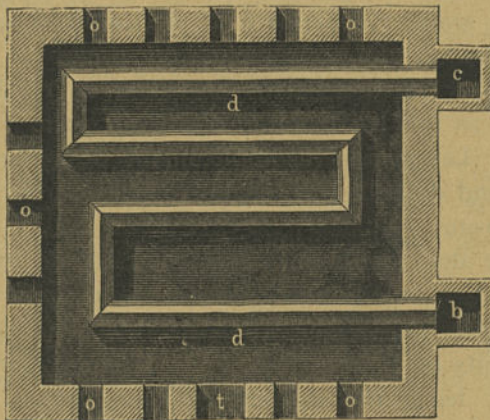


Fig. 94.

muni de registres. Un canal latéral (*g*) sert à amener sous le plateau les gaz chauds des générateurs.

Le touraillage doit se faire lentement et à basse température, car la diastase est d'autant plus sensible à la chaleur qu'elle est plus humide. Une fois deshydratée à basse température, la diastase et les matières azotées coagulables par la chaleur peuvent être chauffées jusqu'à 110° et même 120° sans altération.

Quand on le peut, il est toujours bon de faner le malt avant de le transporter sur le plateau de la touraille. On peut arriver à une dessiccation complète avec de l'air sec sans dépasser 38-40° C. Quand on veut aller vite, on peut aller jusqu'à 50-55° C, mais seulement quand le malt a perdu la majeure partie de son humidité.

Quand on chauffe trop du malt humide, non seulement on détruit de la diastase, mais l'amidon *s'empoisse* (se gélatinise) et on obtient du *malt vitreux* complètement inefficace.

Quand le malt est bien sec, on pousse la température à 60-65°C pour tuer les microorganismes qui adhèrent au grain.

Concassage du malt sec.

260. Les appareils décrits ci-dessus peuvent servir au concassage du malt sec. Quand on se sert de meules, il faut éviter soigneusement l'échauffement, qui affaiblirait beaucoup la diastase.

Le concassage du malt au moyen de cylindres réclame également une grande attention pour obtenir une utilisation complète de l'amidon du malt. Avec un mauvais concassage, une partie notable de cet amidon échappe à la saccharification. Pour s'assurer du bon travail du concasseur, on prend un peu de moût saccharifié et on l'introduit dans un ballon de 1/2 à 1 litre, on y ajoute de 5 à 10 fois son volume d'eau, on agite vivement et on laisse reposer. Les grains incomplètement désagrégés gagnent les premiers le fond du ballon et, en les recueillant, on peut juger du travail du broyeur.

On emploie des concasseurs avec rouleaux de même diamètre et avec rouleaux différentiels. Ceux-ci sont préférables pour les besoins ordinaires de la fabrication de l'alcool où les grains peuvent être réduits en poudre fine. Pour la fabrication de la levûre de moût clair, les grains doivent être simplement écrasés, sans donner de farine légère ni de débris d'enveloppes, car les enveloppes doivent servir de couche filtrante; on emploie alors des rouleaux de même diamètre. Les moulins à 4 cylindres donnent de fort bons résultats, mais ils coûtent le double des moulins à 2 cylindres.

Transformations chimiques produites par le maltage.

261. Pendant la germination il se produit de la diastase qui, agissant sur l'amidon, forme du sucre (maltose). Le germe respire, c'est-à-dire qu'il absorbe de l'oxygène et le rend à l'état d'acide carbonique, après l'avoir utilisé à brûler une partie du maltose mis à sa disposition : il en résulte une perte variable suivant la température du maltage.

Transformation des matières azotées.

262. D'après Osborne, le grain d'orge contient les protéides suivantes (1) :

1° La leucosine, coagulable à 52° C ;

2° L'édestine, globuline soluble dans les solutions de sel marin et connue sous le nom de vitelline végétale ;

3° L'hordéine, protéide insoluble ou peu soluble dans l'eau et les solutions de sel marin, mais très soluble dans l'alcool (mucé-dine de Ritthausen) ;

4° Et enfin 42 % des matières azotées sous forme d'une protéide insoluble dans l'eau, dans les solutions de sel marin et d'alcool.

Dans le grain de malt, Osborne a trouvé :

1° La même leucosine que dans le grain d'orge ; cette leucosine est étroitement unie à la diastase. Celle-ci perd de son activité aussitôt qu'on cherche à la séparer de cette leucosine, et il est probable que dans le grain nous avons affaire à une combinaison de leucosine et de diastase.

2° De la bynédestine, globuline soluble dans l'eau salée, mais qui doit être produite par la transformation de l'édestine du grain d'orge, car elle se distingue de celle-ci par une plus grande teneur en carbone et moins d'azote.

3° De la bynine, protéide insoluble dans l'eau pure et dans l'eau salée, mais facilement soluble dans l'alcool. Comme elle est plus difficilement soluble dans l'alcool concentré que l'hordéine, elle doit être différente de celle-ci.

Disons ici qu'on appelle protéides des matières qui peuvent être dédoublées en une matière albuminoïde et en d'autres substances.

(1) Maerker. — Handbuch der Spiritusfabrikation, 1898.

On voit d'après ce qui précède que, dans la germination, il se produit surtout une transformation de l'édestine et de l'hor-déine, et c'est probablement de ces protéïdes que naissent les diastases du malt.

En admettant que 20 de l'azote du malt consistent en non-protéïdes, le malt contient en moyenne 7,84 % de protéïdes, se répartissant comme suit :

Protéïde insoluble dans l'eau salée et dans l'alcool . . .	3,80
Bynine, soluble dans l'alcool dilué	1,25
Bynédestine, leucosine et protéose, } coagulable . . .	1,50
soluble dans l'eau et dans l'eau salée } incoagulable . . .	1,29
	<hr/>
	7,84

Les matières azotées subissent des modifications profondes pendant le maltage ; elles se disloquent partiellement en albumoses, en peptones et en amides. Cette transformation dépend également de la température et de l'intensité de la germination ; elle est d'autant plus profonde que les radicules et la plumule sont plus développées.

La proportion de matières grasses diminue ; 30 % environ sont utilisés à la respiration de la plante.

La cellulose augmente d'environ 1,5 % par suite de la formation des radicules et de la plumule.

Il se forme fréquemment des acides organiques qui doivent être considérés comme des produits intermédiaires entre l'amidon et l'acide carbonique. Lermier a constaté la présence des acides : formique, acétique, propionique et leurs homologues supérieurs et, en outre, des acides : citrique, malique, succinique et malique. On rencontre toujours de l'acide lactique, mais sa présence doit être attribuée, non à l'acte de la germination, mais à une fermentation lactique produite par des bactéries.

Lintner (1) donne les indications suivantes sur la répartition de la diastase dans le malt après sept jours de germination :

Moitié supérieure de l'endosperme.	25,20	}
Moitié inférieure de — (voisinage du germe) C	69,90	
Scutellum (α voir les figures 79).	3,90	
Radicule (δ).	0,60	}
Plumule (β).	0,40	

(1) Handbuch der landwirthschaftlichen Gewerbe.

Comme on le voit, c'est dans la moitié inférieure de l'endosperme, près du germe, qu'il y a le plus de diastase.

La diastase de l'endosperme et du scutellum est celle que Brown et Morris ont appelée diastase de sécrétion, parce qu'elle a pour fonction de dissoudre l'amidon de l'albumen. La diastase de la plumule et des radicelles, dite diastase de translocation, ressemble plus à l'enzyme naturel de l'orge et sert à la dissolution de l'amidon qui se présente quelquefois dans le germe.

A côté de la diastase de sécrétion, il y a dans l'épithélium absorbant du scutellum, une autre diastase, la diastase *cyto-hydrolytique* de Brown et Morris ou *cytase* de Duclaux, qui possède la propriété de dissoudre la cellulose des cellules endospermiques. C'est par l'action de cette diastase que l'amande du grain est désagrégée pendant le maltage.

La dissolution des membranes cellulaires de l'endosperme se fait parallèlement à la couche de l'épithélium absorbant, et vers le sommet du grain du côté de la plumule plus tôt que du côté du sillon (fig. 78); elle marche beaucoup plus rapidement que la dissolution de l'amidon. Tandis que dans les conditions ordinaires du maltage on peut obtenir une dissolution complète de la cellulose, la proportion d'amidon dissous est très faible.

Gruess et Reinitz ne croient pas à l'existence de la cytase; ils pensent que la diastase peut très bien dissoudre elle-même les enveloppes des cellules, car la matière qui les compose est dissoute et hydrolysée par l'acide chlorhydrique encore plus facilement que l'amidon. Gruess croit que les enveloppes cellulaires consistent en un mélange de pentanes (arabane ou xylane), dont l'une est dissoute et transformée en arabine et en arabinose (correspondant à la dextrine et à la dextrose), tandis que la xylane reste inattaquée. Cette réaction expliquerait la dissolution partielle par corrosion.

Quoi qu'il en soit, il est probable qu'il y a dans le malt deux diastases, la diastase de l'endosperme, dite de translocation, et la diastase de l'embryon ou diastase de sécrétion qui, du scutellum, se répand dans tout le grain. La diastase de translocation semble n'être en état que de dissoudre lentement l'amidon de l'endosperme mais elle est peu énergique et ne peut dissoudre les enveloppes des cellules; ce rôle revient à la diastase de sécrétion s'il ne doit être attribué à la *cytase*.

A part la diastase, ce sont les produits de la transformation des matières albuminoïdes qui nous intéressent le plus. Les plus

importants parmi ces produits sont les amides : asparagine, glutamine, leucyne, tyrosine, tyroleucine, xanthine, allantoiné, bétaine, vernine, arginine, et d'autres amides ou acides amidés.

En se reportant à ce que nous avons dit de la composition de la betterave (122), on voit que les matières azotées qui se forment dans l'orge par la germination sont à peu près les mêmes que celles qui se rencontrent dans le jus des betteraves. Dans le malt c'est l'asparagine, tandis que dans la betterave c'est généralement la glutamine qui domine.

Ainsi, tandis que les matières azotées du grain non germé sont en majeure partie (98 à 99 %) à l'état d'albumine, les grains germés renferment une forte proportion d'amides. Or, nous avons dit déjà que l'asparagine et les amides sont de bons aliments pour la levûre. Le maltage produit donc non seulement la diastase qui servira à transformer l'amidon en sucre, mais en outre rend les matières azotées assimilables pour la levûre.

Dans les orges légères de Hongrie la proportion d'amides est quintuplée par la germination.

M. Effront a récemment démontré que l'asparagine, même en très petite quantité, peut favoriser l'action de la diastase et par suite être utile à la saccharification.

La possibilité de faire un bon levain avec des moûts de pomme de terre repose également sur la présence d'une forte proportion d'amides, qui atteint les 45 % des matières azotées de cette plante.

Quant à l'endroit où s'accumulent les amides dans le malt, les radicelles en contiennent la plus forte proportion, car parmi les matières azotées de ces radicelles 23 à 35 % sont à l'état d'amides ; mais c'est l'endosperme qui en renferme la plus grande quantité.

Emploi du malt vert et du malt sec.

263. Pour les besoins de la distillerie l'emploi du malt vert présente de grands avantages. Le plus important de tous c'est que *le malt vert a un pouvoir saccharifiant égal à son poids de malt sec*. Or, d'après Maercker, 100 parties d'orge donnent :

140 à 145 parties de malt vert		
90 à 92	»	» séché à l'air
80 à 82	»	» touraillé.

On peut donc dire qu'un même poids d'orge à l'état de malt a un pouvoir diastatique double de celui qu'il possède sous forme de malt sec. Le rapport exact est de $140/80 = 7/4$.

Il est donc incontestable que le touraillage détruit beaucoup de diastase.

Le malt sec ne doit donc être employé que dans des cas spéciaux, par exemple quand on veut travailler, pendant les mois chauds de l'année, du maïs, du dari, etc.; la malterie est alors souvent trop chaude et il se développe sur le malt des moisissures et des microorganismes qui nuisent à sa force et plus tard à la fermentation. Dans ce cas le malt touraillé, préparé pendant les mois froids et conservé en silos, fournira au distillateur le moyen d'avoir une saccharification et une fermentation normales.

Maltage pneumatique

264. Le maltage, tel que nous l'avons décrit, exige un espace assez grand (1), beaucoup de main-d'œuvre et une température peu élevée; dans les pays chauds, il n'est donc possible que pendant une très petite partie de l'année. Si on malte par des températures trop élevées, les moisissures se développent abondamment, et il se produit une germination trop rapide sans travail suffisant, en sorte que le malt est pauvre en diastase. De plus, l'élimination de l'acide carbonique et le refroidissement ne se font que par le pelletage, c'est-à-dire d'une façon discontinue. On a donc cherché à réaliser l'élimination de l'acide carbonique et le refroidissement du grain d'une façon continue, par l'injection d'air saturé d'humidité. Le D^r Baud, de Contrexéville, qui eut le premier l'idée de cette méthode, crut que la circulation de l'air à travers des couches de peu d'épaisseur pourrait dispenser des pelletages; mais on reconnut vite que ces pelletages étaient indispensables pour éviter le feutrage des couches et l'élévation de la température qui en était la conséquence. Cette idée fut reprise par Galland, qui imagina d'appliquer l'aération forcée du grain emmagasiné dans de grandes cases, à fond perforé, en pelletant ce grain de case en case, de manière à empêcher les racelles de s'enchevêtrer et à mieux régulariser la température.

La figure 95 représente une petite malterie pneumatique qui fonc-

(1) Pour pouvoir germer longtemps et à basse température, il faut une surface d'environ 3 mq. par 100 k. de grains en germination.

tionnait à la *Distillerie de la Méditerranée*, à Marseille. On n'a représenté que deux cases, mais il y en a généralement de six à douze.

Les cases sont en maçonnerie; elles ont 0^m22 d'épaisseur et sont recouvertes de ciment. Chacune porte un double fond perforé, situé à 0^m20 du sol, et un robinet de vidange. Un tuyau de 0^m20 de diamètre plonge en dessous du double fond et sert à l'aération de la couche. Pour aérer, on voit une valve V, simple papillon en bronze, qui intercepte ou donne la communication avec le tuyau d'aspiration du ventilateur.

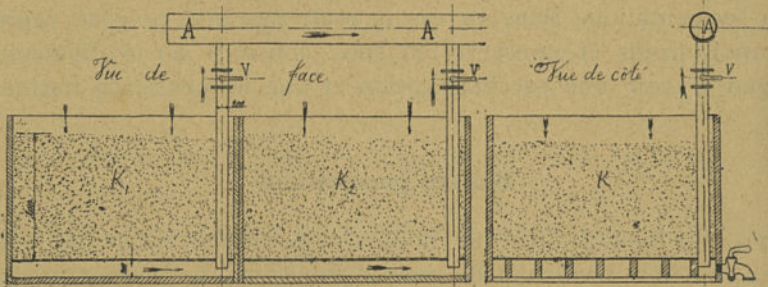


Fig. 95. — Malterie pneumatique à cases.

Pour une germination journalière de 2,000 k. d'orge, la section des bassins est de 16 m. 2; le ventilateur a 1 m. de diamètre et tourne à raison de 6,000 tours par minute.

On procède comme suit : on mouille le malt dans l'un des bassins, où on le laisse généralement moins de quarante-huit heures avec des eaux de 16°-18° de température. Une fois le mouillage achevé, on laisse piquer les orges en aérant chaque fois que la température est trop élevée. On a soin de ne pas aérer trop souvent et mal à propos, car on desséchera inutilement les orges. Quand celles-ci sont un peu desséchées par l'aération, on les arrose à la lance avant de faire le pelletage. La ventilation fait descendre la température généralement de 5 à 6 degrés.

La durée de la germination était à Marseille de 10 jours et on faisait deux pelletages par jour.

Environ trente-six heures avant d'employer le malt, on remplit complètement le bassin d'eau, puis, aussitôt, on le vide. Par ce court séjour, les orges se sont imbibées d'eau. On ventile un peu pour faire écouler l'eau en excès, puis on laisse la germination se continuer. Celle-ci se développe alors très activement; on retourne la couche aussitôt qu'elle s'est échauffée et, au moment d'employer le malt, on constate que les grains se sont ramollis, que la plu-

mule est très avancée; elle atteint et dépasse même l'extrémité du grain. Par cette opération, on a provoqué un accroissement notable de la diastase du grain, accroissement qui ne se serait pas produit aussi fort si on n'avait pas eu soin d'emplir le bassin d'eau comme nous l'avons indiqué.

Au lieu d'employer un tuyautage, on peut produire l'aspiration de l'air au moyen d'un système de gargouilles cimentées ou asphaltées.

Les figures 96 et 97 représentent l'ensemble d'une malterie pneumatique ordinaire de ce système pour un travail de 5000 k. de malt par jour.

K K... sont des cases en maçonnerie munies chacune d'un faux-fond *f f* en tôle perforée galvanisée de 2^{mm} d'épaisseur à trous très rapprochés, soutenue par des fers.

Les gargouilles G G G communiquent avec les espaces libres laissés entre les fonds et les

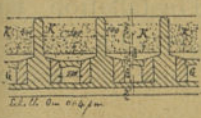


Fig. 96. — Malterie pneumatique à cases.

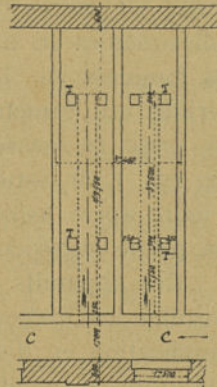
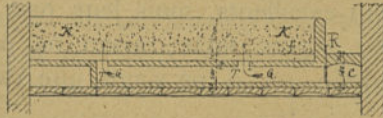


Fig. 97.

faux-fonds par 4 trous T T..., qui obligent l'air, venant par le canal C et les registres R, à se répartir uniformément sur toute la surface du faux-fond.

Pour maintenir les grains suffisamment humides, on les arrose comme nous l'avons expliqué plusieurs fois. Pour faire du malt en neuf jours, on a généralement huit cases; on fait deux pelletages par jour, et, à chaque pelletage, on avance d'une case à l'autre, de droite à gauche ou de gauche à droite.

Le mouillage se fait, non pas dans les cases, mais dans des cuves-mouilloires.

Maltage pneumatique et mécanique

265. Le pelletage du malt d'une case à l'autre exige beaucoup de mair-d'œuvre; pour éviter cet inconvénient, on a inventé des appareils pour retourner le malt d'une façon continue au moyen d'appareils mécaniques. Les systèmes les plus connus sont celui de Galland et celui de Saladin.

Dans le système Galland, l'orge en germination est enfermée dans de grands tambours en tôle perforée tournant autour de leur axe. L'air humide entre dans le tambour par la périphérie et l'air vicié est aspiré par le centre. L'air est rendu humide par passage à travers une tour à coke arrosé d'eau.

Dans le système Saladin, l'orge en germination est enfermée dans des cases, au nombre de dix, disposées à peu près comme celles que nous avons décrites ci-dessus. Mais ces cases sont périodiquement parcourues en longueur par un chariot retourneur qu'on transporte mécaniquement d'une case à l'autre. Ce retourneur est formé d'une série d'hélices en bronze qui tournent sur elles-mêmes en même temps qu'elles se déplacent dans le sens de la longueur de la case; il ressemble à un ensemble de quatre vrilles qui ramènent le grain du fond à la surface en empêchant la prise en masse de la couche. L'épaisseur de la couche est de 60 cm. L'air saturé d'humidité peut être aspiré à la partie supérieure après avoir traversé toute la couche d'orge, ou arriver par la partie supérieure et être aspiré par dessous.

Ces appareils sont excellents, mais leur prix d'installation fait reculer les malteurs; à plus forte raison ne peuvent-ils trouver application en distillerie, où il ne s'agit que de faire de petites quantités de malt.

CHAPITRE XV

Travail de la pomme de terre.

Nature et composition de la pomme de terre.

266. La pomme de terre (*solanum tuberosum*) est une plante de la famille des solanées. Les racines de cette plante portent des tubercules qu'on utilise pour l'alimentation et pour la préparation de l'alcool et de la fécula.

Bien que la plupart des variétés de pommes de terre portent des fleurs, puis des fruits de la grosseur d'une petite pomme, remplis de graines susceptibles de germer, ce n'est pas habituellement par le semis de ces graines, mais par la plantation des tubercules conservés de la récolte précédente, qu'on prépare une nouvelle culture.

Comme la betterave, la pomme de terre est plantée au printemps.

Les tubercules commencent à se montrer en juillet et continuent à se développer jusqu'au milieu d'octobre, époque à laquelle on procède à leur récolte.

La pomme de terre se plaît beaucoup dans les terrains sablonneux comme ceux du Nord de l'Allemagne; aussi est-elle depuis longtemps la matière première de la distillerie agricole de ce pays. En France, la pomme de terre n'a jusqu'ici été que fort peu employée pour la fabrication de l'alcool; les rendements culturaux sont moindres qu'en Allemagne et les tubercules sont plus pauvres.

Un savant agronome, M. Aimé Girard, cherchant à développer en France la fabrication de l'alcool de pomme de terre, voulut savoir si la supériorité des résultats constatés en Allemagne était due à des conditions météorologiques plus favorables que celles que présente notre climat, ou s'il fallait l'attribuer surtout au choix des variétés plantées. Il a obtenu avec quelques variétés importées d'Allemagne des rendements plus élevés à l'hectare, des tubercules plus riches que ceux qu'on obtient habituellement en Allemagne, ce qui prouve que notre climat n'oppose aucun obstacle à la culture de variétés très prolifiques.

En Allemagne ce sont surtout Richter, Paulsen et Harrich qui se sont occupés de l'amélioration de la pomme de terre industrielle et de la création de nouvelles espèces.

Après de longues années de culture d'une même espèce, celle-ci paraît dégénérer; c'est pour compenser cette dégénérescence qu'on crée de nouvelles espèces. Avec le procédé de reproduction par les tubercules, une même espèce est rarement cultivable pendant plus de 20 ans. Une espèce qui a été très longtemps cultivée en Allemagne et paraît le mieux résister à la dégénérescence, est la Dabersche.

Les variétés qui ont donné les meilleurs résultats tant en France qu'en Allemagne sont l'Imperator de Richter (Richter's Imperator), et la Géante bleue de Paulsen (Blaue Riesen).

La *Richter's Imperator* (fig. 98) s'accommode de presque tous les terrains et les accidents météorologiques ne l'affectent pas, en général, profondément. Cette variété doit être considérée comme celle qui jusqu'ici offre à la grande culture la plus grande sécurité; même dans les années mauvaises où son rendement subit une légère diminution, celui-ci reste assez élevé pour être

encore rémunérateur (1). Pendant 10 années que M. A. Girard a expérimenté la *Richter's Imperator*, sa richesse en fécule s'est toujours montrée supérieure à 16 p. 100 et le plus souvent cette richesse a oscillé autour de 20 p. 100; le rendement cultural a



Fig. 98. — Pomme de terre *Imperator de Richter* (Richter's Imperator). Extrêmement productive et résistant bien à la maladie (Vilmorin).

atteint 45.000 kilog. à l'hectare et n'est guère descendu en-dessous de 30.000 kilog.; le rendement en fécule a atteint 9.000 kilog. à l'hectare $\left(\frac{45.000 \times 20}{100}\right)$.

D'après M. A. Girard, la nature du terrain paraît indifférente; on obtient les hauts rendements aussi bien dans les terres légères que dans les terres fortes; les sols fertiles donnent naturellement des récoltes plus abondantes que les terrains ingrats, mais sur ceux-ci cependant la culture est encore profitable. La profondeur du labour exerce en revanche une influence décisive: il faut, toutes les fois que cela est possible, remuer de 25 à 30 centimètres de terre; aussitôt qu'on se borne à des labours superficiels de 10 centimètres, la récolte baisse. Tandis que sur les anciennes variétés peu prolifiques, les copieuses fumures n'exerçaient pas d'action bien sensible, la *R. Imperator*, au contraire, bénéficie des engrais qui lui sont distribués; c'est en enfouissant à l'hectare de 20 à 25.000 kilog. de fumier, 200 kilog. de nitrate de soude, 200 kilog. de sulfate de potasse et 400 kilog. de superphosphate qu'on obtient les rendements les plus élevés.

Pour la plantation, il faut employer des tubercules moyens et surtout les planter entiers, en lignes régulières distantes de 60 centimètres, portant un pied de 50 en 50 centimètres.

D'après ce que nous avons dit, il est facile de voir que la pomme de terre est une matière première au moins aussi avantageuse que la betterave pour la fabrication de l'alcool. Quand on récolte de 35 à 65.000 kilog. de betterave à 10 % de sucre par hectare, on a de 3.500 à 6.500 kilog. de matière alcoolisable. Avec un rendement cultural de 30 à 40.000 kilog. de pommes de

(1) Aimé Girard. Communication à la Société nationale d'Agriculture, 1898.

terre à 18 % de fécule, on a de 5.400 à 7.200 kilog. de matière alcoolisable, soit sensiblement plus qu'avec la betterave. Mais pour que cela soit vrai, il est nécessaire de cultiver une variété de pomme de terre spéciale, car les variétés ordinaires ne donnent guère que 16.000 kilog. par hectare avec une richesse de 15 %, soit 2.400 kilog. de fécule, ce qui est, dans tous les cas, inférieur à ce que donne la betterave.

Nous avons dit, en parlant de la betterave, que la pomme de terre fournit un résidu de plus grande valeur que la betterave; mais les drêches de pomme de terre sont très liquides et ne renferment que 5 à 8 kilog. de matière sèche par hecto; elles conviennent très bien pour l'engraissement des porcs, mais beaucoup moins pour celui des bœufs et des moutons, et pour ceux-ci il est nécessaire de mélanger les drêches à des aliments secs. En outre, la drêche de pomme de terre ne peut que difficilement se transporter; elle doit être consommée immédiatement, sinon elle s'acidifie et se couvre de moisissure, tandis que la pulpe de betterave renferme 10 à 11 % de matière sèche, est d'un transport très commode, et peut se conserver pendant une et même deux années.

En dehors de ces quelques raisons d'infériorité de la pomme de terre, nous devons ajouter que le cultivateur français est souvent absolument rebelle à l'emploi de la drêche de pommes de terre, même mélangée à de la drêche de maïs. Aux environs de Lille on a vu ces cultivateurs refuser des drêches de maïs ne contenant qu'une petite fraction de drêches de pommes de terre.

COMPOSITION DE LA POMME DE TERRE.

	POMME DE TERRE SAUVAGE DE PARA	MATIÈRE SÈCHE	POMME DE TERRE MOYENNE
Eau	76,40	00,00	76,00
Amidon	16,48	69,85	18,70
Dextrine	0,64	2,73	
Matière grasse	0,24	1,04	0,20
Cellulose	1,02	4,54	0,80
Protéine	1,06	4,51	2,10
Solanine	0,32	1,35	
Cendres	1,03	4,37	1,20
Autres substances	2,81	11,81	1,00

Le composé qui détermine la valeur de la pomme de terre

pour l'alcoolisation est la fécule, dont les proportions varient beaucoup suivant l'espèce, le mode de culture, le climat et la nature des engrais employés. Généralement c'est dans les tubercules moyens, bien formés, qu'on trouvera la plus grande richesse en fécule. Dans les années sèches et chaudes on trouve fréquemment des richesses en fécule de 25-27 %.

Le poids spécifique des pommes de terre varie de 1,08 à 1,15; les tubercules riches en fécule ont généralement un poids spécifique et une teneur en matière sèche plus grands que les tubercules pauvres en fécule. Le poids spécifique est depuis longtemps utilisé pour estimer la teneur en fécule des pommes de terre.

Les matières azotées de la pomme de terre consistent principalement en substances protéïques et en produits résultant de la dislocation ou de la scission de la protéïne, notamment : de l'aspargine, de la leucine et de la tyrosine.

Une forte teneur en amides et en matières azotées est un signe de non maturité des tubercules; ces matières azotées provoquent facilement la *fermentation mousseuse* des moûts de pomme de terre.

Les amides sont en partie utilisées à la nutrition de la levûre qui les transforme en matières albuminoïdes; ce phénomène présente une grande importance, car la valeur alimentaire des amides est inférieure à celle des substances protéïques (L. I. 121, p. 79).

Les matières albuminoïdes de la pomme de terre consistent en une *globuline* soluble nommée tubérine par Osborne, qui se rencontre en forte proportion dans la pomme de terre, parce qu'elle est extraordinairement soluble dans les solutions salines, et en une faible dose de protéose.

Les matières hydrocarbonées de la pomme de terre se composent, d'après Morgen, sur 100 parties d'hydrate de carbone exprimés en dextrose, de :

	MINIMUM	MAXIMUM	MOYENNE
Amidon	95.15	99.14	97.87
Sucre.	0.35	4.47	1.42
Corps analogues à la dextrose	0.23	1.60	0.85

D'après Muller-Thurgau, on rencontre dans les pommes de terre sucrées, à côté de la dextrose, du saccharose, sucre qui a été également signalé par Schulze dans les pommes de terre non mûres.

Le jus de pomme de terre renferme des sels acides : malates, citrates, etc., qui lui donnent son acidité. On y rencontre toujours aussi des acides pectiques solubles dont l'identité avec l'acide arabinique, comme Scheibler l'a démontré pour la betterave, est fort probable.

D'après Heinzelmann, l'acidité du jus de pomme de terre est de 0 gr. 85 à 1 gr. 25 (en acide sulfurique) par litre; dans les années anormales elle atteint même 1 gr. 50 à 2 gr. 25. Les moûts de pomme de terre ont généralement une acidité de 1 gr. 75 à 2 grammes.

Le *marc* des pommes de terre se compose de cellulose, de matières incrustantes et de substances pectiques. Par digestion avec des acides dilués, ces dernières se transforment en sucre et en acide métapectique. La même réaction se produit par un chauffage en présence d'eau en vase clos à 120°; et comme les matières pectiques constituent la moitié du poids du marc, cette réaction explique facilement la désagrégation du tissu cellulaire de la pomme de terre par la cuisson.

Les matières minérales de la pomme de terre consistent pour les 2/3 en phosphate de potassium et pour 1/3 en soude, chaux, magnésie, oxyde de fer, silice et chlore.

Un produit qui se rencontre très peu dans les pommes de terre mûres, mais se développe beaucoup par la germination, est la *solanine*, glucoside qui, chauffé avec de l'acide chlorhydrique étendu, se dédouble en donnant de la solanidine et 36 % de dextrose.

Ce produit est vénéneux, mais il se rencontre généralement en proportion trop faible pour être dangereux.

Conservation de la pomme de terre.

267. La pomme de terre contenant une forte proportion d'eau (75 à 80 %), il est difficile de la conserver longtemps; aussi cherche-t-on généralement à achever le travail avant les mois chauds de l'année. Il est plus facile de la conserver en silos que dans des caves; mais il faut néanmoins surveiller de près la température des silos. Tous les procédés de conservation consistent à garantir les tubercules contre la chaleur et à les aérer comme nous l'avons expliqué pour la betterave. Comme pour celle-ci, il se produit une perte en substance alcoolisable par respiration.

Préparation mécanique de la pomme de terre.

268. *Lavage.* — Les tubercules arrivant à l'usine sont toujours chargés d'une certaine quantité de terre adhérente, surtout quand elles proviennent d'un terrain argileux et qu'elles ont été récoltées par un temps humide. Les inconvénients que produit dans le travail la terre restée adhérente aux tubercules sont :

- 1° Usure rapide des appareils : cuiseurs, macérateurs, etc...;
- 2° Neutralisation d'une partie de l'acide développé dans le moût en vue de favoriser la fermentation ;
- 3° Diminution de la valeur des pulpes.

Les microorganismes contenus dans la terre ne présentent aucun inconvénient, ceux-ci étant détruits pendant la cuisson sous pression.

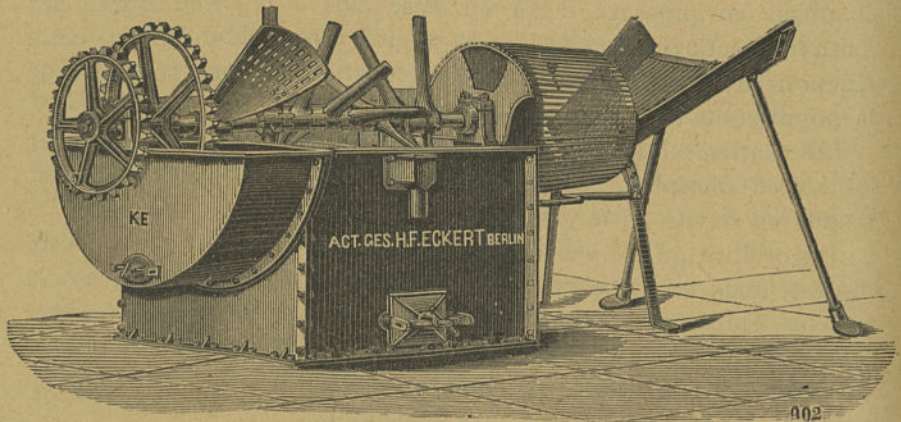


Fig. 99. — Laveur Eckert.

Les conditions à réunir pour obtenir un bon lavage sont les mêmes que pour la betterave (141 p. 113). Mais tandis que les betteraves, par suite de leur faible densité (103 à 105), flottent facilement dans l'eau en mouvement, les pommes de terre gagnent au contraire le fond du laveur ; et pour assurer leur mise en suspension, il faut que les bras garnissant l'axe arrivent jusqu'au faux-fond de l'auge.

Le meilleur type de laveur est le laveur à compartiments que nous avons décrit à propos de la betterave ; c'est ce laveur qu'on emploie généralement dans les féculeries où il faut un lavage très soigné.

Un laveur qui est très répandu dans les distilleries allemandes est celui d'Eckert, de Berlin (fig. 99). Il produit un lavage

très profond avec une faible consommation d'eau. Les tubercules, avant d'entrer dans l'auge pleine d'eau, passent d'abord par un tambour à claire-voie à tringles dans lequel ils subissent un grand nombre de retournements et se choquent contre les tringles; celles-ci détachent la terre qui sort par les intervalles laissés libres entre elles. Avant le lavage proprement dit, les tubercules sont donc nettoyés à sec, en sorte que les particules de terre les plus grosses ne pénètrent pas dans l'auge.

Le fond du tambour du côté de l'auge présente deux ouvertures et à l'intérieur, en face de ces ouvertures, se trouvent deux lames hélicoïdales qui déversent les pommes de terre régulièrement dans l'auge où les bras les frottent les unes contre les autres et les poussent vers l'autre extrémité de l'auge où des aubes perforées les jettent dans la cuve de l'élévateur.

Un autre système de laveur qui paraît très rationnel est celui de Hering et Cie; il présente une grande analogie avec les laveurs à compartiments dont nous avons parlé. La caisse du laveur est divisée en deux compartiments dont l'un sert d'épierreur, tandis que l'autre est le laveur proprement dit.

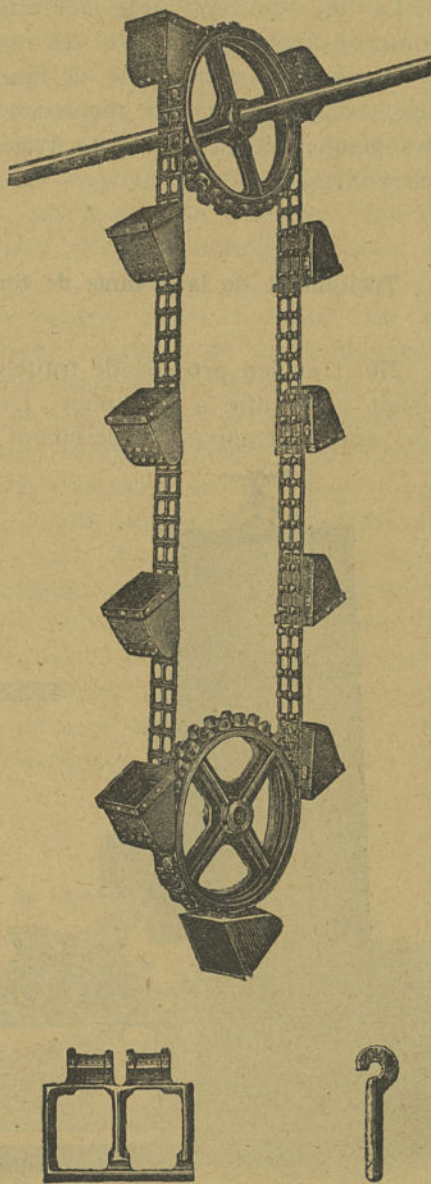


Fig. 100. — Élévateur à godets pour pommes de terre.

269. Élévateur à godets pour pommes de terre. — Les pommes de

terre lavées sont reprises par une chaîne à godets qui les élève jusqu'à l'étage où se fait la pesée et le chargement des cuiseurs.

La fig. 100 représente l'élévateur de Stotz de Stuttgart. Il se compose d'une chaîne dont les maillons, en fonte malléable, ayant la forme représentée par la figure, sont tous semblables entre eux, excepté ceux qui reçoivent les godets. Ceux-ci présentent des plaques venues de fonte avec eux et sur lesquelles sont rivés les godets.

Traitement de la pomme de terre par les anciens procédés

270. L'ancien procédé de traitement des pommes de terre consistait à les cuire à la vapeur. L'appareil dont on se servait (fig. 101) était une cuve à légèrement conique, en bois très épais, à

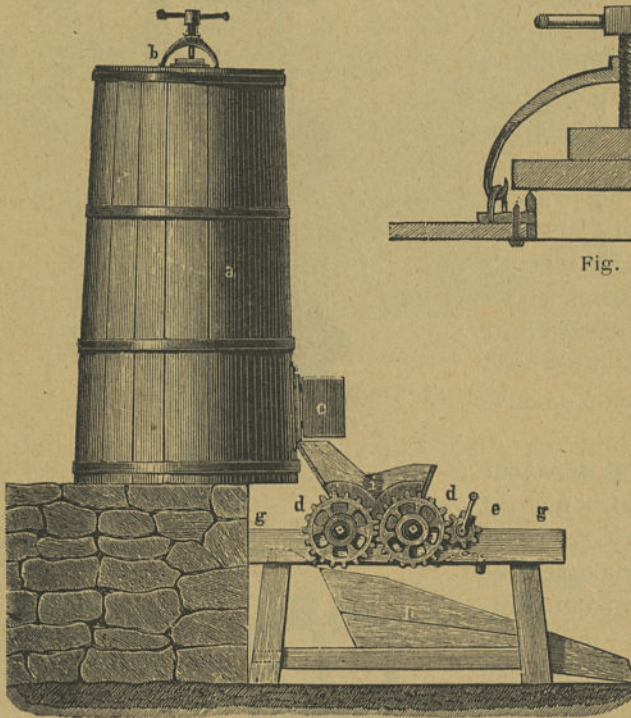


Fig. 101.

de terre; par l'autre c, placée immédiatement au-dessus du double-fond, se faisait la vidange après la cuisson. Vers le milieu de la hauteur du tonneau, débouchait le tuyau de vapeur; une petite

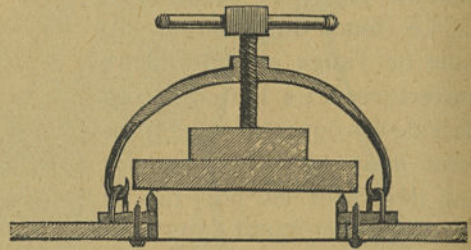


Fig. 102.

double fond et munie de deux ouvertures carrées assez larges pouvant être fermées hermétiquement. L'une b, pratiquée dans le couvercle de la cuve et fermée par un étrier à vis (fig. 102), servait à l'introduction des pommes

ouverture près du fond inférieur permettait l'écoulement de l'eau de condensation et de l'excès de vapeur; enfin une autre petite ouverture pratiquée au-dessus du double-fond et ordinairement bouchée, servait à l'introduction d'une tige en fer au moyen de laquelle on s'assurait si les tubercules étaient cuits à point.

La cuve étant remplie de pommes de terre et ensuite hermétiquement fermée, on y admettait la vapeur d'eau; au début, cette dernière était complètement condensée et l'eau s'écoulait presque froide; mais à mesure que la cuisson avançait, l'eau de condensation devenait plus chaude, d'une couleur brune, sale et fortement mousseuse.

Quand les pommes de terre étaient cuites à point, on les écrasait par le pressage entre deux cylindres de fonte placés au-dessus de la cuve à saccharifier dans laquelle tombait la masse.

La cuve à saccharifier ou *cuve-matière* était primitivement un simple réservoir cylindrique dans lequel la masse à saccharifier et le malt étaient mélangés à bras d'hommes à l'aide de *fourquets*, comme ceux qu'on voit encore dans les petites brasseries. On remplaça ensuite ces fourquets par des agitateurs mécaniques plus ou moins compliqués, analogues à ceux usités en brasserie encore de nos jours, et mis en mouvement par un manège ou un moteur à vapeur. Le malt sec broyé était mélangé à la masse de pommes de terre écrasées; on réglait la température en faisant arriver celle-ci plus ou moins vite dans la cuve. La cuve-matière portait quelquefois une double enveloppe pour permettre un travail plus rapide.

Cuisson des pommes de terre sous pression.

271. L'action de la diastase est presque nulle sur l'amidon de pomme de terre à l'état cru; il ne se produit une action énergique que quand cet amidon a été au préalable chauffé avec de l'eau à 65° C. Cette température est suffisante quand on a affaire à de la fécule pure: mais ce cas ne se présente jamais en pratique. Dans les pommes de terre, l'amidon est contenu dans des cellules entourées de liquide cellulaire. Ces cellules sont entourées d'une enveloppe cellulaire et collées ensemble par la substance intercellulaire. Pour que l'amidon gélatinisé ou empoissé se mette en contact intime avec la diastase, il faut détruire la liaison entre les cellules, ouvrir celles-ci et mettre l'amidon à nu. Pour arri-

ver à ce résultat, il faut une température beaucoup plus élevée que 65° C. Plus la température est élevée, plus la désagrégation est complète: il faut cependant éviter que cette haute température ne produise une décomposition d'une certaine dose de matière fermentescible. Dans l'ancien travail que nous venons de décrire, on se contentait de chauffer les pommes de terre par de la vapeur à la tension ordinaire. Depuis 1871 on se sert dans le même but de vapeur allant jusqu'à 4 atmosphères, soit une température de 145° C.

Au début de l'emploi de la cuisson sous pression on a d'abord un peu abusé des hautes températures, et il en résultait une perte de matière fermentescible par caramélisation; depuis quelques années on est revenu à des pressions moins élevées et autant que possible on ne dépasse pas 2 atmosphères 1/2 à 3 atmosphères.

Pour la cuisson de la pomme de terre, l'eau de végétation suffit à l'empoissage (transformation en empois) de l'amidon qu'elle contient; il en est de même pour la patate douce. Pour les substances riches en matière sèche: maïs, riz, dari, etc., il est nécessaire d'ajouter une certaine quantité d'eau pour la cuisson.

On attribue à Schulze, de Pesth, l'invention de la cuisson sous pression. Mais ce fut Hollefreund qui introduisit les premiers cuiseurs en distillerie, en 1871.

Avec l'ancien système de cuisson sous pression, le travail se faisait dans trois appareils différents: le cuiseur, l'écraseur à rouleau et la cuve-matière. Dans le système Hollefreund, la cuisson, la désagrégation et la saccharification se font dans le même appareil.

Appareil Hollefreund

272. Il se compose d'un réservoir cylindrique horizontal AA (fig. 103) analogue à une chaudière de générateur, à l'intérieur duquel tourne un arbre à palettes hélicoïdales en fonte commandé par poulie. On introduit les pommes de terre par un trou d'homme B, qu'on ferme aussitôt; et on injecte de la vapeur par une prise e, et un tuyau collecteur horizontal c communiquant avec des tubulures ddd par de petits tuyaux munis de robinets fff.

On fait monter la pression à 2 ou 3 atmosphères qu'on maintient pendant une heure, puis on met l'agitateur en mouvement durant 10 à 15 minutes pendant lesquelles on maintient la tem-

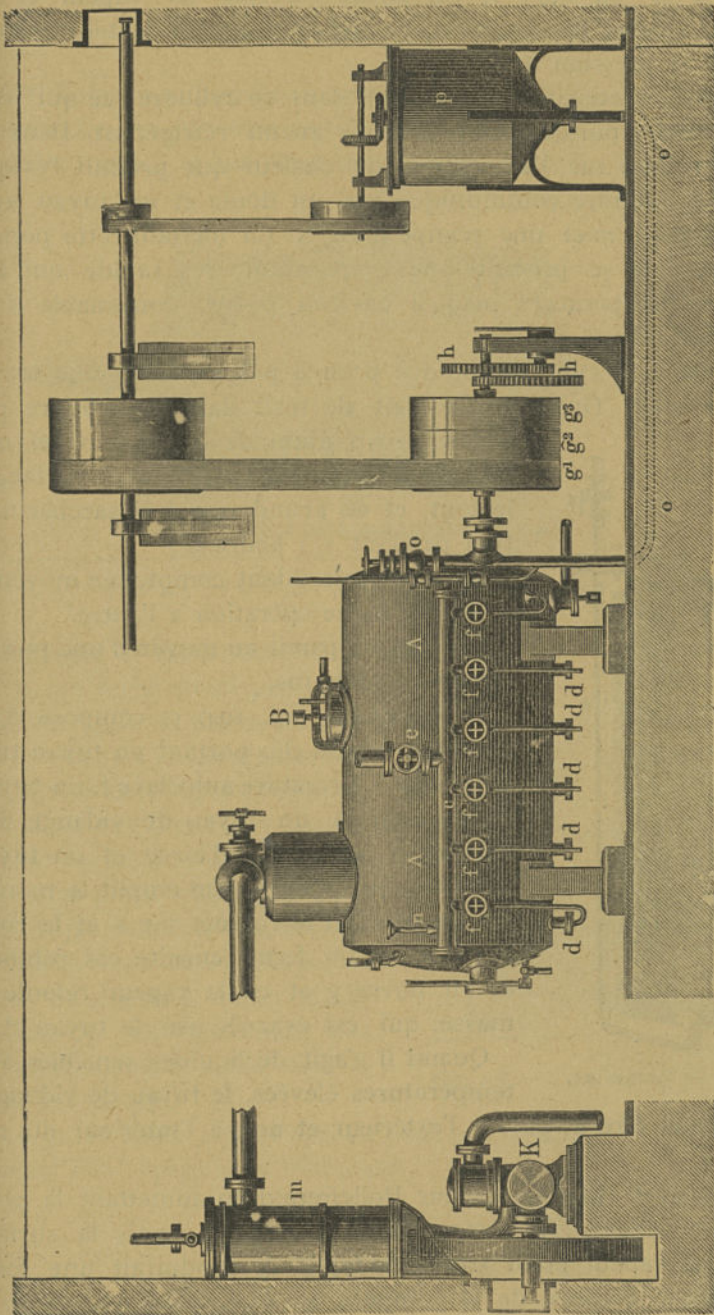


Fig. 103. — Appareil Hollefreund avec réfrigération au moyen d'une pompe à air.

pérature à 125 ou 136° C. On ferme l'arrivée de vapeur et on ouvre un robinet d'évacuation, ce qui fait tomber la température à 100° et la pression à 0.

Il s'agit maintenant de refroidir dans ce cylindre, ce qui n'est pas commode, puisque nous n'avons aucun réfrigérant. Dans ce but, on se base sur l'absorption de chaleur que produit l'évaporation. Le cylindre communique par un dôme et un tuyau avec un condenseur m et une pompe à air K. En mettant cette pompe en marche, il se produit une évaporation très rapide qui fait baisser la température jusqu'à environ 60-65°, convenable à la saccharification.

Dans un vase cylindro-conique p on a préparé en même temps le lait de malt. On aspire ce lait de malt dans le cylindre par le tuyau o o muni de la valve o, on met l'agitateur en mouvement pour mélanger le tout, et on abandonne à la saccharification pendant 1/2 heure.

Tout compris, il faut compter en moyenne 3 heures d'une opération à l'autre.

On vide l'appareil au moyen d'une pompe ou d'un monte-jus.

Le monte-jus (fig. 104) se compose d'un cylindre vertical clos portant un tuyau trou d'homme à fermeture autoclave f, un tuyau d'emplissage a, un tuyau de vidange d à robinet g, un tuyau d'air e et un tuyau d'arrivée de vapeur c. On emplie le monte-jus en ouvrant le robinet sur a et le robinet d'air e; on ferme ensuite ces robinets et on ouvre g et c; la vapeur refoule la masse, qui est évacuée par le tuyau d.

Quand il s'agit de liquides sensibles aux températures élevées, le tuyau de vidanges

doit toujours être disposé à l'extérieur et non à l'intérieur du cylindre.

On pourrait vider le cuiseur Hollefreund en admettant la pression de la vapeur directement dans le cylindre, mais la surface offerte à la vapeur étant très grande, il se produirait une forte condensation. L'usure de la pompe à air était assez rapide dans ce système; elle était considérable quand on employait des eaux calcaires pour la condensation.

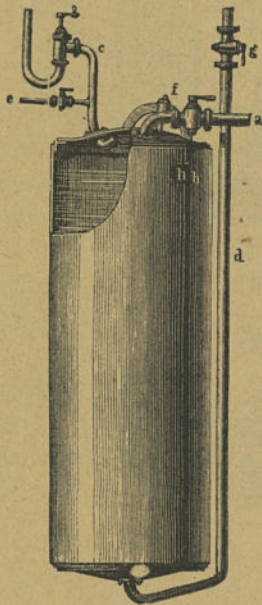


Fig. 104. — Monte-jus.

Ancien appareil de Bohm.

273. Bohm a supprimé la pompe à air et il a placé à l'intérieur du cylindre un *agitateur-réfrigérant* permettant non seulement de refroidir jusqu'à la température de saccharification, mais en outre

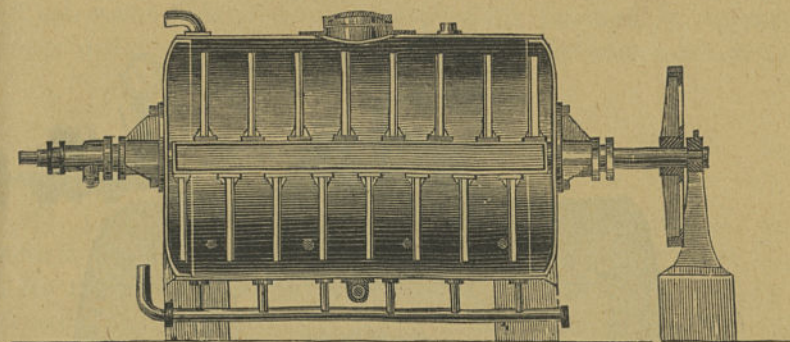


Fig. 105. — Cuiseur Bohm avec agitateur-réfrigérant.

de refroidir le moût saccharifié jusqu'à la température de fermentation, en sorte qu'on peut faire dans cet appareil toutes les opérations jusqu'à la fermentation.

L'agitateur-réfrigérant se compose d'un axe creux (fig. 105 et 106) sur lequel se trouvent fixées des boîtes plates elliptiques de 4 cent. d'épaisseur, en tôle, munies de saillies destinées à couper la masse de pommes de terre. On accélère le retroïdissement par un ruissellement d'eau sur la paroi extérieure.

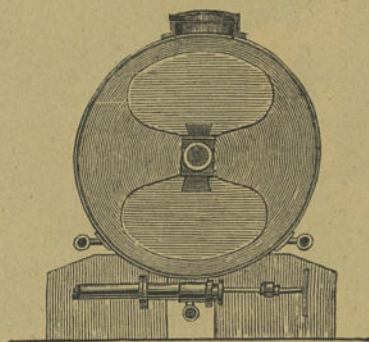


Fig. 106. — Agitateur-réfrigérant.

Le point faible de cet appareil était son arbre creux qui nécessitait des réparations fréquentes.

Appareil de Henze.

274. Lors de l'Assemblée générale de l'Association des Distillateurs allemands, en 1873, Henze de Weichnitz annonça qu'il avait

réussi à cuire dans un appareil vertical sans aucun agitateur mécanique. Le système de Henze consistait à cuire les pommes de terre avec de la vapeur à haute pression, et à broyer finement la masse en vidant le cuiseur par une ouverture étroite à angles vifs. Dans ses premiers essais, Henze se servit d'une chaudière de générateur avec fonds en forme de calotte; Gontard adapta au corps cylindrique une partie inférieure conique. Paucksch construisit

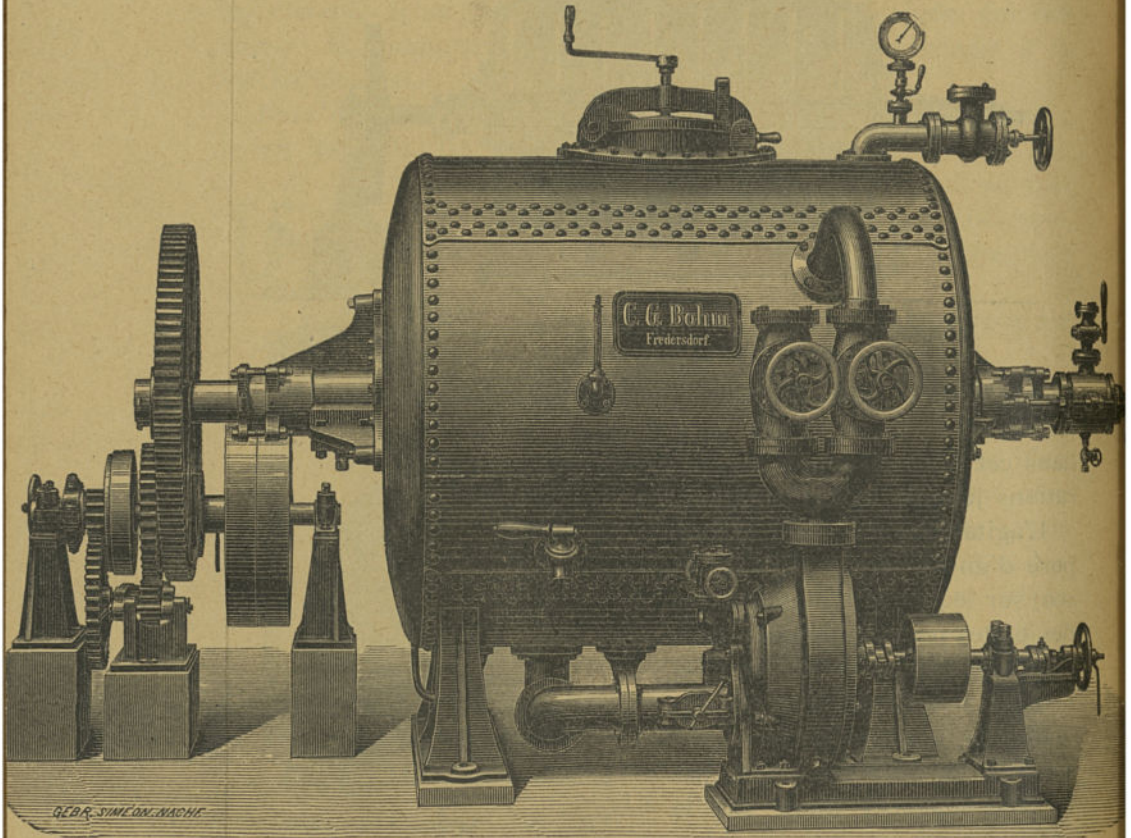


Fig. 107. — Cuiseur Bohm combiné avec broyeur centrifuge.

le premier un grand nombre de cuiseurs cylindro-coniques, puis il abandonna cette forme pour faire exclusivement des cuiseurs entièrement coniques. Avec la forme cylindro-conique ou conique la vidange se fait mieux, parce qu'il n'existe pas d'angles morts, c'est-à-dire des angles où il n'y a pas de mouvement.

C'est pendant la vidange du cuiseur que les pommes de terre

sont écrasées et non pendant la cuisson. En enlevant le couvercle du trou d'homme d'un cuiseur après la cuisson, on trouve des tubercules cuits et fortements ramollis, mais encore entiers, et non pas une masse de pommes de terre écrasées. La masse qui arrive dans la cuve-matière est au contraire finement divisée et l'amidon s'y trouve en partie à l'état soluble, en sorte qu'il est très rapidement transformé en sucre.

C'est surtout dans la division produite pendant la vidange du cuiseur que réside l'avantage principal de l'invention de Henze.

Construction du cuiseur Henze

275. Les cuiseurs construits généralement aujourd'hui ont la forme cylindro-conique ou complètement conique (fig. 108), et sont en fer forgé. Les garnitures que porte ce cuiseur sont d'abord un couvercle de trou d'homme fermant bien, une soupape de sûreté bien entretenue et réglée à la pression qu'on ne doit pas dépasser, un manomètre et un robinet d'air.

Il faut surtout attacher une grande importance à un bon couvercle muni d'un étrier et de vis en bon état. Dans ces dernières années il est arrivé, en Allemagne, beaucoup d'accidents avec mort d'homme, parce que le couvercle du cuiseur n'était pas assez solide pour résister à la traction exercée par les étriers et les vis. Quand on pose le couvercle, il est nécessaire de serrer également toutes les vis. Il n'est pas admissible qu'on serre d'abord à fond une vis ailée et qu'on serre ensuite la 2^e, la 3^e et puis la 4^e. En serrant trop une vis isolément, celle-ci est mise trop fortement à contribution et par la forte pression qui règne, elle peut se briser; à ce moment, si les trois autres vis ne peuvent résister à la pression, le couvercle saute et la masse chaude est projetée hors du cuiseur.

D'après Scheibner, le couvercle du cuiseur doit répondre aux conditions suivantes :

- 1) Pour éviter toute interruption dans le travail il est bon, dans tous les cas, de donner à l'ouverture d'emplissage du cuiseur un diamètre tel quelle puisse servir de trou d'homme;
- 2) L'ouverture d'emplissage doit avoir 380 à 390 ^m/_m; celle-ci suffit pour un homme de faible grosseur;
- 3) Le couvercle doit être fixé au moyen d'un étrier et d'une vis; la fixation au moyen de vis marginales, c'est-à-dire placées

sur le pourtour de l'ouverture, est à rejeter. Sur 13 constructeurs consultés par Goslich, 9 employaient la vis unique.

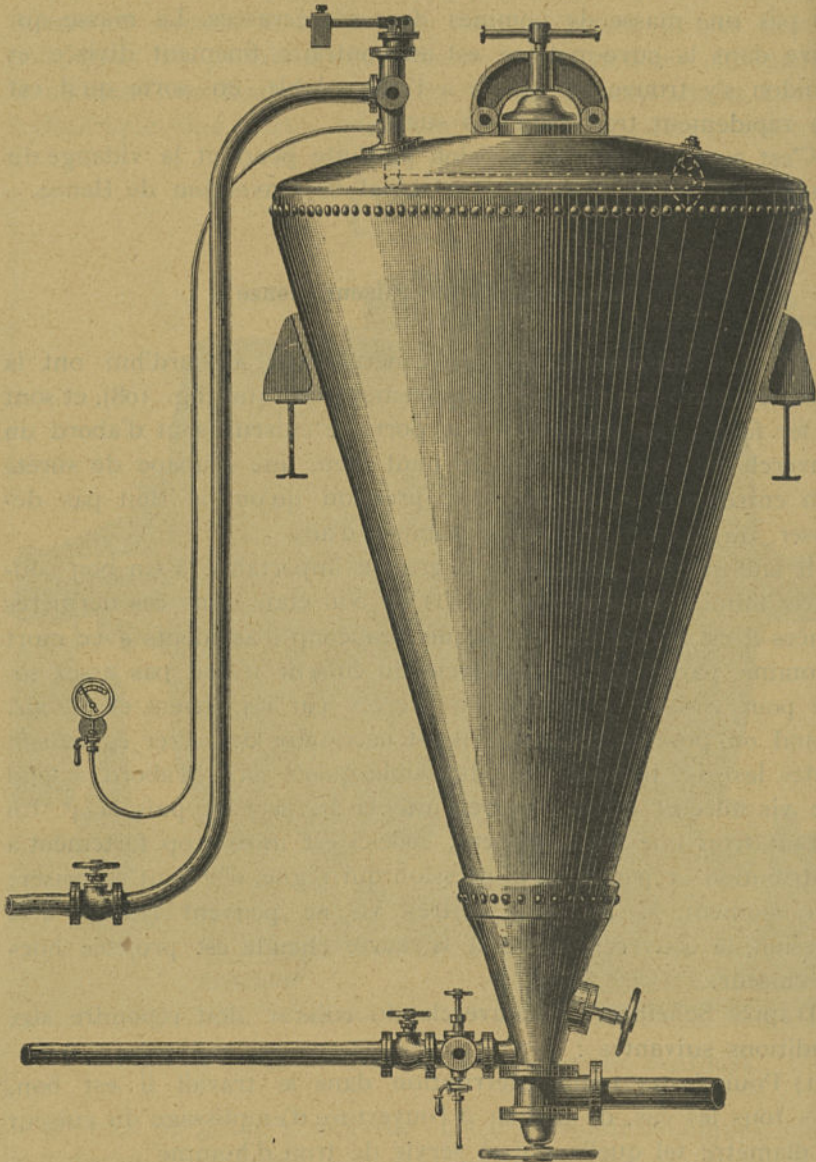


Fig. 108. — Cuisneur conique de Paucksch.

4) Il faut rejeter également les couvercles qui s'enlèvent complètement et adopter de préférence un couvercle à charnière qui s'abat sur le cuisneur.

5) La matière servant à rendre le joint étanche doit être logée dans une rainure pratiquée dans l'épaisseur du couvercle et aller en s'élargissant vers l'intérieur; l'anneau chargé de l'étanchéité prend alors une section en queue d'hironde, ce qui l'empêche de tomber.

A ces observations nous devons ajouter que les constructeurs qui serrent le couvercle au moyen de pattes venues de fonte avec lui et de boulons marginaux, préfèrent ce système parce que si une patte se brise, il ne se produit pas d'accident, mais une simple fuite de vapeur; dans ce cas le couvercle doit avoir 25 millim. d'épaisseur et être muni de fortes nervures diamétrales aboutissant aux quatre pattes. Tels sont les couvercles de Warin et Defrance, de Kyll, de Venuleth, etc...

Quand on commande un nouveau cuiseur, il faut imposer les mêmes conditions que pour un générateur; le cuiseur devra notamment être essayé à une pression double de celle qui est nécessaire en pratique. Il faudra éviter également les parties en fonte et les garnitures en fonte.

Le cuiseur doit être placé dans un endroit bien éclairé et être, autant que possible, abordable dans tous les sens. De temps en temps, mais surtout après un certain temps de repos, par exemple avant une campagne, il faut soumettre le cuiseur à l'épreuve de la pression à l'eau. Le tube manométrique doit porter une tubulure afin qu'on puisse à volonté contrôler les indications du manomètre.

Il faut dans tous les cas éviter de charger la soupape d'un poids supérieur à celui qui correspond à la pression qu'on a adoptée.

Le meilleur moyen de conserver longtemps ses cuiseurs en bon état est d'avoir un bon laveur et de laver à fond les tubercules avant de les introduire dans le travail. Le sable introduit dans les cuiseurs participe au mouvement de la masse en cuisson et, par son frottement, il use rapidement la tôle.

D'après Goslich, la cause des accidents survenus aux couvercles des cuiseurs réside plutôt dans l'emploi d'une vis de serrage trop forte que dans la faiblesse du couvercle. Par un serrage trop énergique le couvercle ploie, les boulons de l'étrier sont arrachés et l'étrier lui-même se brise. Quand le joint du couvercle n'est pas parfaitement étanche, au lieu de renouveler la garniture, l'ouvrier serre le plus possible la vis et cherche souvent à augmenter sa force en se servant d'un levier qu'il passe entre les

rayons du volant commandant la vis. Pour éviter cela, on devrait adopter partout un volant plein sans rayons, de façon à ce qu'on ne puisse pas produire un allongement du bras de levier.

L'épaisseur du couvercle doit naturellement croître avec son diamètre. Malheureusement on ne tient pas toujours compte de cette règle. Goslich cite le cas d'un couvercle sauté, qui, pour un diamètre de 462 mill., n'avait que 13 mill. d'épaisseur. On adopte généralement une épaisseur de 20 mill., quel que soit le diamètre, et on dépasse rarement cette épaisseur.

Paucksch donne au trou d'homme une forme ovale et il fixe le couvercle au moyen d'un grand nombre de vis. Ce couvercle porte une ouverture circulaire simplement suffisante pour l'introduction des pommes de terre. Le joint est ainsi plus facile à faire et on a plus de sécurité. Malgré cela Paucksch donne encore au couvercle une épaisseur de 25 mill. aux endroits les plus faibles.

Distribution de la vapeur dans les cuiseurs

276. Pour arriver à une bonne et rapide cuisson, une des premières conditions à réaliser est d'avoir une bonne distribution de la vapeur dans le cuiseur. Les premiers cuiseurs n'avaient qu'un

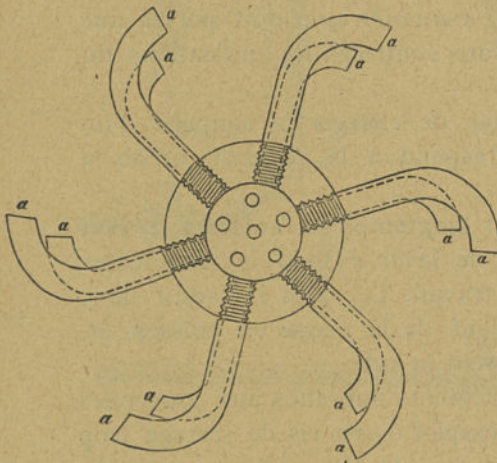


Fig. 109.

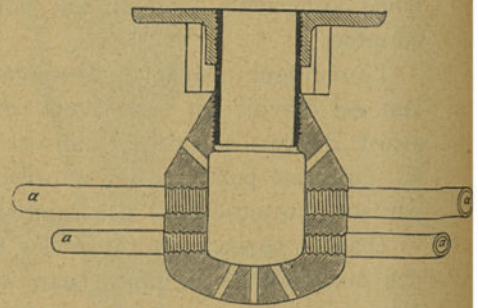


Fig. 110.

tuyau de vapeur débouchant en plein milieu du cuiseur; mais, avec la forme cylindro-conique de l'appareil, une seule entrée de vapeur était insuffisante, surtout quand on travaillait des pommes de terre altérées ou des céréales : maïs, dari, seigle, etc. On a

donc cherché à améliorer la distribution de la vapeur en multipliant le nombre des injections et en leur donnant des dispositions particulières.

Un des premiers dispositifs imaginés dans ce but est celui des frères Avenarius, de Berlin (fig. 109, 110 et 111). Dans le cône du cuiseur se trouve un système de trois rangées comprenant chacune six tuyaux doubles *a a*, dont les extrémités sont inclinées comme le montre la figure 109. La vapeur en s'échappant prend un mouvement tournant qui se communique au contenu du cuiseur.

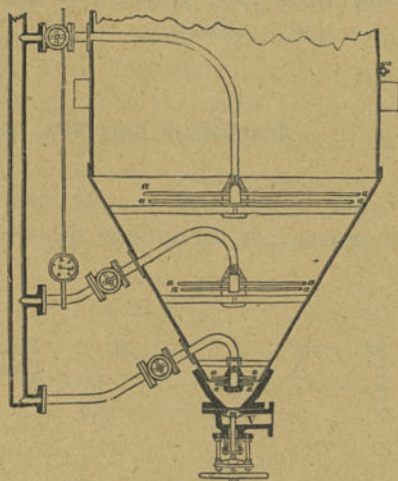


Fig. 111.

Ce fut ce système qui, le premier, permit de cuire du maïs sans le secours d'aucun triturateur. Dans la distribution par injection tangentielle de Delbruck (fig. 112), connue aussi sous le nom de distribution Biesdorf, du nom de la distillerie où elle a été d'abord appliquée, il y a cinq ou six tuyaux d'injection dont la partie intérieure est recourbée et un peu inclinée vers le haut comme le montre le tube figuré isolément à gauche de la figure.

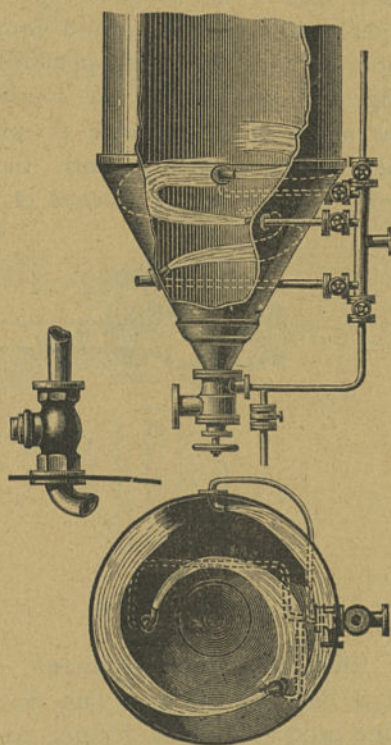


Fig. 112.

Chaque tuyau d'injection est muni d'un clapet de retenue. Disons à ce propos que ces clapets de retenue doivent toujours exister dans tous les systèmes de cuiseurs quand on ne peut pas maintenir constamment dans les générateurs une pression élevée et régulière.

Dans les cuiseurs coniques ou presque entièrement coniques,

aucun système spécial de distribution n'est nécessaire, et deux injections, l'une placée au bas du cône et l'autre en dessous du couvercle, suffisent.

Dispositifs spéciaux pour la vidange du cuiseur

277. Nous avons vu que c'est pendant la vidange du cuiseur que la masse est forcément divisée et que pour que cette division se



Fig. 113.

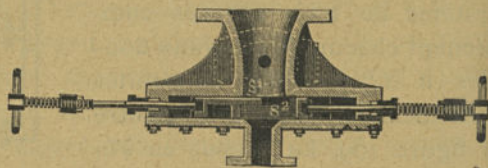


Fig. 114.

fasse bien il est nécessaire de la faire par des ouvertures étroites avec angles vifs. Un grand nombre de dispositifs ont été imaginés pour couper la masse pendant l'éjection. Dans celui d'Avenarius (fig. 113) le siège de la soupape de vidange porte une rainure circulaire et la soupape présente une nervure à angle vif qui pénètre dans cette rainure. La masse, en s'écoulant, suit le chemin indiqué par les flèches et est coupée par les angles vifs.

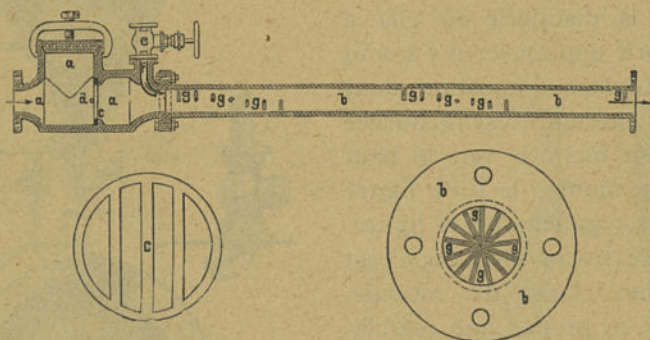


Fig. 115. — Tube de Barthel.

Dans le système Reimann, de Francfort-sur-l'Oder (fig. 114), il y a deux tiroirs dont l'un S_1 est plein, tandis que l'autre S_2 est une espèce de grille formée par des couteaux en acier.

Un dispositif très simple et en même temps très efficace est celui de Barthel, connu sous le nom de tube de Barthel (fig. 115).

Il se compose d'une boîte *a* et du tube de vidange *b*. La boîte *a* est séparée du tube par une grille *c* qui retient les pierres, les débris de bois, de balais, etc.; on enlève de temps en temps ces objets par une tubulure avec couvercle fixé par un étrier avec vis de serrage. Dans le tuyau *b* se trouvent fixées un grand nombre de petites tiges *g g g* en fer disposées en hélice et s'étendant jusqu'à l'axe du tube. En *e* se trouve une valve permettant de faire arriver par *f* un vif courant de vapeur dans la direction du tuyau. Le choc contre les tiges *g g* produit une vive division de la masse éjectée.

D'après Delbruck et Stenglein, le tube de Barthel est surtout recommandable pour le travail des grains; pour les pommes de terre, il paraît inutile et sujet à de fréquentes obstructions, surtout quand le laveur ne remplit pas très bien ses fonctions.

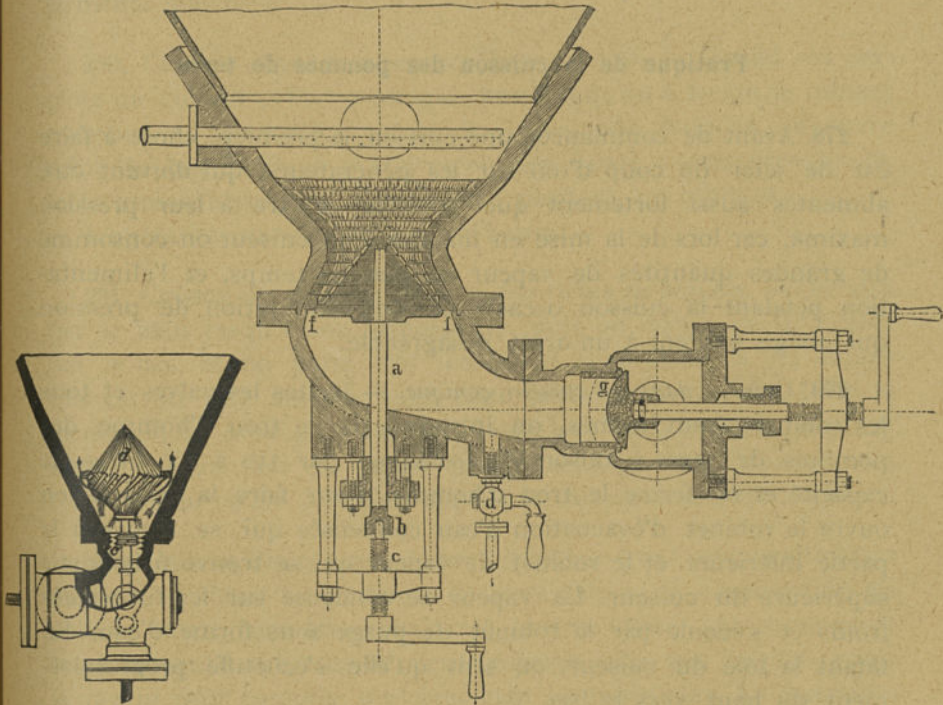


Fig. 116.

Fig. 117.

Les figures 116 et 117 représentent le dispositif de Scheibner et celui de Schmidt de Custrin. La soupape *a* a une forme conique et porte des rainures. Tous ces engins sont parfaitement inutiles quand on travaille dans de bonnes conditions et qu'on a affaire à

des matières premières normales. Mais quand on a des pommes de terre à peau très épaisse ou ayant subi la pourriture sèche, ou encore gelées, les dispositifs que nous avons décrits sont très utiles pour parfaire la désagrégation.

Quand il s'agit de cuire avec un vieux cuiseur d'une construction défectueuse et avec une pression insuffisante, l'adjonction d'un tube de Barthel rendra service. L'emploi de ce même tube pourrait peut-être rendre possible aussi une cuisson à une température moins élevée, d'où résulterait une moindre caramélisation. En parlant du travail des grains, nous reviendrons sur la question de l'abaissement de la pression pour le travail de cuisson, et nous verrons que c'est surtout par le concassage des grains et par l'emploi d'un bon système de distribution de la vapeur qu'on est arrivé à travailler à basse pression.

Pratique de la cuisson des pommes de terre

278. Avant de commencer une cuisson, la première chose à faire est de jeter un coup d'œil sur les générateurs, qui doivent être alimentés aussi fortement que possible et être à leur pression maxima, car lors de la mise en marche d'un cuiseur on consomme de grandes quantités de vapeur en peu de temps, et l'alimentation pendant la cuisson occasionne une diminution de pression qui oblige souvent à un arrêt désagréable.

279. *Cuisson dans un cuiseur conique.* — Toutes les valves et tous les robinets étant fermés, on introduit par le trou d'homme des pommes de terre à raison de 100 kilog. par 150 à 160 litres de capacité et on ferme le trou d'homme. Pour faire la cuisson, on ouvre le robinet d'évacuation d'eau condensée qui se trouve à la partie inférieure et le robinet de vapeur qui se trouve à la partie supérieure du cuiseur. La vapeur se condense sur les tubercules froids et s'écoule par le robinet de purge sous forme d'eau. En tâtant la tôle du cuiseur, on sent qu'elle s'échauffe progressivement du haut vers le bas.

Quand l'échauffement s'est étendu jusqu'au sommet du cône inférieur, la vapeur commence à s'échapper avec l'eau; à ce moment, on ferme le robinet de purge, on laisse monter la pression à 3 atmosphères qu'on maintient pendant 10 minutes, puis on procède à la vidange. Quand on travaille des pommes de terre normales, l'opération dure environ 70 à 75 minutes.

Quand on veut préparer des moûts très concentrés, on ne ferme le robinet de purge que lorsque l'eau de condensation est rendue trouble par des grains d'amidon entraînés. La perte d'amidon qui en résulte est évidemment très faible : mais il peut se produire une perte assez sérieuse en sucre, en dextrine et même en amidon soluble. C'est surtout dans le cas de pommes de terre devenues sucrées par la gelée ou l'influence de certaines bactéries sécrétant des diastases, qu'il faudra faire attention. A ce point de vue il est à conseiller de récolter l'eau à partir du moment où elle se colore fortement en bleu par l'iode et de s'en servir à la saccharification. Nous avons déjà dit quelques mots de cette manœuvre (page 207), qu'on pratique toujours dans le travail de la patate douce. Cette eau devrait toujours être portée à l'ébullition avant qu'on s'en serve, car elle est généralement chargée de ferments nuisibles.

280. *Cuisson dans un cuiseur cylindro-conique.* — Quand on emploie un cuiseur cylindro-conique, aussitôt qu'on a fermé le robinet purgeur, on ferme le robinet de vapeur du haut et on ouvre celui du bas de façon à arriver en une heure à une pression de trois atmosphères, qu'on maintient pendant 10 minutes.

L'opération dure environ $5/4$ d'heure.

281. *Cuisson des pommes de terre très riches en amidon.* — On cuit par le haut jusqu'à une atmosphère, puis on donne de la vapeur par le bas, et on porte très lentement la pression à 3-4 atmosphères; on vide ensuite sous cette pression élevée. On évite la formation de canaux de vapeur à l'intérieur de la masse en laissant s'échapper un filet de vapeur par la soupape ou mieux par un robinet d'air; c'est ce qu'on appelle la *cuisson à soupape soufflante*.

282. *Cuisson des pommes de terre gelées ou ayant subi la pourriture humide.* — Pour des pommes de terre saines, la construction du cuiseur Henze peut être considérée comme idéale. Les pommes de terre laissent entre elles de petits espaces vides par lesquels passe la vapeur pour entourer uniformément les tubercules. Au contraire, les pommes de terres gelées ou gâtées se ramollissent rapidement par la chaleur, s'écrasent et s'affaissent en une masse compacte que la vapeur ne peut que difficilement et en tous cas irrégulièrement traverser. Quand même le manomètre marque 3 atmosphères, cela ne prouve nullement que la température de 135° C, correspondant à cette pression règne partout. Il faut donc chauffer

lentement et cuire pendant environ 1 heure à soupape soufflante et même à trou d'homme ouvert.

L'arrivée et le départ constants de la vapeur communiquent au contenu du cuiseur un mouvement ininterrompu qui empêche le collage des tubercules.

On ferme alors le robinet d'air ou le trou d'homme, on monte à 3 atmosphères, qu'on maintient durant 15 à 20 minutes, puis on vide sous une pression de 3 atmosphères $1/2$.

On arrive mieux au but en employant un dispositif spécial pour la distribution de la vapeur, tel que celui de Biesdorf que nous avons décrit.

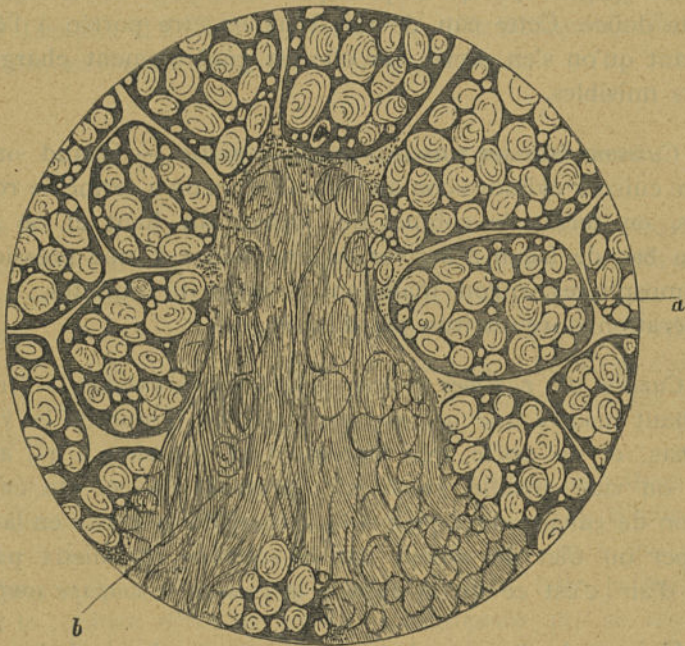


Fig. 118. — Pourriture sèche de la pomme de terre.

Les pommes de terre ayant subi la pourriture sèche sont également d'un travail difficile. La fig. 117 représente une tranche d'une telle pomme de terre : *a*, cellules intactes présentant les grains caractéristiques de l'amidon de pomme de terre ; *b*, cellules attaquées par la maladie.

283. *Modifications chimiques et physiques que subit la matière par la cuisson.* — Pour étudier ces modifications, ne considérons d'abord que la pomme de terre. Si nous examinons une très fine tranche



Fig. 119. — Cellules d'une pomme de terre crue.

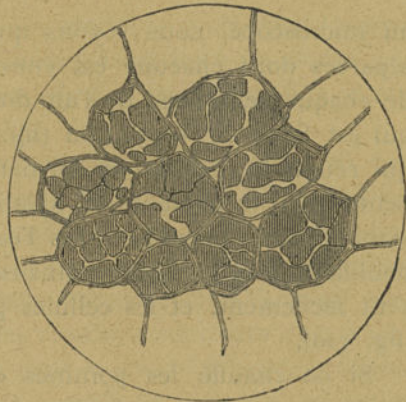


Fig. 120. — Cellules d'une pomme de terre cuite à l'eau pendant 1/4 d'heure.



Fig. 121. — Masse de pommes de terre cuites à la vapeur à 100° et écrasée entre des cylindres.

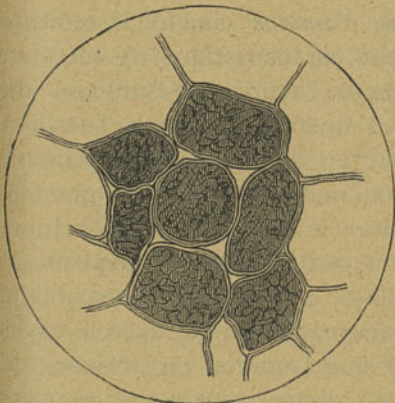


Fig. 122. — Cellules d'une pomme de terre cuite sous une pression de 3 kg., avant vidange du cuiseur.



Fig. 123. — Masse provenant de pommes de terre cuites sous pression puis écrasées.

au microscope, nous voyons que la chair est formée de cellules séparées dont chacune est entourée d'une enveloppe. Le contenu de chaque cellule est de l'amidon nageant dans un liquide aqueux qui est l'eau de végétation (fig. 119). La substance intercellulaire qui réunit les cellules en formant un conglomérat, se compose de pentosanes (arabinane et xylane) et d'hémicelluloses ; ces substances sont insolubles dans l'eau, mais après cuisson dans l'eau bouillante à la pression ordinaire ou sans pression, elles se dissolvent facilement, et les cellules peuvent alors aisément se séparer (fig. 120).

Si on chauffe les pommes de terre dans un bain de vapeur sous une pression égale ou peu supérieure à la pression atmosphérique, comme dans l'ancien procédé de cuisson, la *granulose* de l'amidon absorbe le liquide intracellulaire aqueux et se gélatinise. L'absorption finit par être complète ; on n'aperçoit plus de liquide à l'extérieur des cellules : les grains d'amidon gonflent et occupent tout le volume de chaque cellule (fig. 121).

Dans la cuisson des pommes de terre, l'eau provenant de la vapeur ne prend pas part à la gélatinisation. Il en est tout autrement dans la cuisson des céréales ; il faut ici ajouter une quantité d'eau suffisante pour gélatiniser tout l'amidon et arriver à une désagrégation complète.

L'effet de la cuisson dans l'ancien procédé s'arrêtait à la gélatinisation de la *granulose* (des granules) d'amidon. Ce procédé n'était applicable qu'à la pomme de terre, et il restait toujours 5 à 10 % d'amidon non désagrégé. Dans le nouveau procédé de cuisson, il y a non seulement gélatinisation de l'amidon, mais encore formation d'une certaine dose d'*amidon soluble* ; la teinture d'iode donne une belle coloration bleue caractéristique. A cet état, l'amidon subit presque instantanément l'action de l'amylase du malt qui le transforme en maltose et dextrine. Comme l'amidon dissous par la haute pression ne reste en dissolution que pendant un temps limité, il est nécessaire de mettre le plus tôt possible la matière cuite en contact intime avec le malt, pour que celui-ci continue la liquéfaction et transforme petit à petit en dextrine et maltose l'amidon qui a été solubilisé d'une façon permanente quand il est arrivé dans la cuve matière en contact avec le malt.

Delbrück et Stumpf ont annoncé que l'amidon en présence de l'eau sous une pression élevée pouvait donner une petite quantité de sucre ; mais Soxhlet a démontré qu'il n'en était rien et que la vraie cause de la production d'un peu de sucre était la présence

de petites quantités d'acides dans les matières premières. Comme celles-ci ont toutes une réaction acide, il est hors de doute que dans tous les procédés de cuisson il y a transformation d'une certaine quantité d'amidon en sucre.

Pendant la cuisson, il se produit une augmentation ou une diminution de la proportion d'hydrates de carbone fermentescibles. Il se produit une augmentation par suite de la transformation d'une certaine quantité de cellulose en matière fermentescible; nous verrons par la suite que dans l'analyse des céréales sans emploi de la pression, on trouve des résultats inférieurs de 2 à 3 % à ceux qu'on obtient pratiquement dans le travail à haute pression. Toutefois, les essais de Bekesy ont semblé prouver qu'une action de plusieurs heures de haute pression est nécessaire pour produire la transformation d'une dose notable de substances hydrocarbonées.

Mais cette action prolongée de la chaleur produit d'un autre côté une perte de matières hydrocarbonées fermentescibles. La caramélisation qui brunit la masse en cuisson, détruit non pas de l'amidon, mais du maltose et d'autres sucres. Il faut toujours tenir compte de cette cause de perte, car toutes les matières premières contiennent toujours des doses plus ou moins importantes de sucre. Notons, toutefois, que, d'après Maercker, on peut éviter ces pertes en ajoutant une petite dose d'acide à la matière pendant la cuisson. Mais généralement on n'a pas recours à ce moyen. Dans tous les cas, il faut se mettre le plus possible à l'abri d'une destruction de matière fermentescible pendant la cuisson et pour cela il faut n'employer qu'une pression aussi faible que possible, simplement suffisante pour réaliser l'action liquéfiante sur l'amidon.

D'ailleurs on s'est beaucoup exagéré jusqu'ici l'augmentation de la proportion de matières hydrocarbonées fermentescibles pendant la cuisson. En réalité, il se produit généralement une augmentation de la proportion de matières réduisant la liqueur cuivrique; mais on sait maintenant que la plupart de ces matières sont infermentescibles. Ce sont surtout des pentosanes, l'arabinane et la xylane qui, en se transformant en arabinose et xylose, produisent cette augmentation; or, ces deux sucres qui appartiennent au groupe des pentoses ne fermentent pas. En dosant l'amidon, après inversion, par fermentation au lieu de le doser par la liqueur cuivrique, on obtient des résultats notablement plus faibles.

Il est donc absolument certain que l'augmentation de la pro-

portion de matières fermentescibles pendant la fermentation est toujours très faible, et que, pour peu que la pression soit trop élevée ou trop prolongée, on s'expose à trouver une perte plutôt qu'un gain. Les matières organiques azotées subissent aussi des modifications sous l'influence de la cuisson sous pression, mais elles sont tellement faibles qu'elles ne présentent guère d'importance au point de vue de la nutrition de la levûre. La matière protéique coagulable que renferment toujours la pomme de terre et les grains est d'abord coagulée et rendue insoluble; mais ensuite il se produit une dislocation de la matière albuminoïde avec formation d'amides. En opérant dans les conditions de la pratique, Behrend et Stürke ont trouvé que la proportion de matières azotées rendues solubles par la cuisson n'était que de 4,3 pour le maïs et de 6,9 p. 100 pour le dari; pour les pommes de terre elle était très faible.

CHAPITRE XVI

Étude de la Saccharification

Théorie de la Saccharification⁽¹⁾

284. Quand l'amidon gélatinisé (c'est-à-dire transformé en empois), ou même à l'état cru, est traité par de la diastase, il se forme du maltose et de la dextrine.

C'est à Payen que nous devons de connaître une matière capable de produire, sous un poids très faible, et dans un temps très court, la saccharification d'une grande quantité d'amidon : c'est la substance qu'il a appelée *diastase* et qu'on appelle aujourd'hui *amylase*, pour la distinguer des autres diastases similaires découvertes depuis.

Lorsqu'on mélange un empois de 5 ou 6 % d'amidon avec un peu de cette amylase dissoute dans l'eau tiède, ou plus simplement avec le liquide filtré d'une macération de malt broyé, et qu'on surveille la marche du phénomène, trois choses peuvent frapper :

1° Le mélange se fluidifie et se clarifie en quelques instants, deux, trois, quatre minutes, suivant la température. On n'y voit

(1) Pour la théorie de la saccharification nous suivons, presque textuellement, les remarquables articles publiés, sur ce sujet, par M. Duclaux, dans les Annales de l'Institut Pasteur.

plus nager, au bout de ce temps, que quelques pellicules flottantes, qui, du reste, persistent jusqu'à la fin, et appartiennent évidemment aux parties les plus cellulosiques du grain d'amidon :

2° Soumis de temps en temps à l'épreuve de la teinture d'iode, le liquide, qui se colorait d'abord en bleu, se colore ensuite en violet, qui devient de moins en moins foncé, et vire au rouge, puis au jaune. Finalement la teinte ressemble à celle que donnerait la même quantité d'iode dans l'eau pure. D'après M. Duclaux, il faut n'attacher qu'une médiocre importance à ce phénomène et renoncer à l'action de l'iode pour l'étude *théorique* de la saccharification et à toutes les distinctions parfois subtiles auxquelles cet emploi a donné lieu ;

3° Ce sont les pouvoirs réducteur et rotatoire qu'il faut envisager de préférence. Le pouvoir rotatoire du mélange décroît et le pouvoir réducteur croît rapidement jusqu'à une certaine limite, variable avec la température, mais toujours la même, à la condition que la dose d'amylase ne soit pas forcée. A partir de cette limite, le phénomène devient très lent, et il faut des heures et des jours pour ce qui exigeait seulement des minutes avant cette limite.

Payen admettait que la molécule d'amidon devient une molécule de dextrine sans rien gagner ni rien perdre, par un changement de position des atomes constituants, qui sont les mêmes et en même nombre dans l'une et dans l'autre : c'est un simple phénomène d'*isomérisie*. La dextrine donne ensuite du maltose en se combinant avec une molécule d'eau.

Certains savants admettent encore cette théorie, tandis que, d'après d'autres, l'amidon ne peut se transformer en dextrine sans donner en même temps du maltose : c'est un dédoublement par hydratation. Les deux phénomènes de production de dextrine et de maltose, au lieu d'être successifs et indépendants comme le pensait Payen, sont simultanés et solidaires. La molécule d'amidon est composée d'un ensemble de feuillets qui se détachent et s'isolent ; les uns sont des feuillets de dextrine, les autres deviennent du maltose en s'hydratant : c'est là la théorie de l'*effeuillement*, de la *dislocation* de la molécule d'amidon : elle devient un *polymère* qui se *dépolymérise*.

Musculus, qui a le premier mis en faveur cette théorie de la dislocation, disait : La dextrine n'est pas transformable en sucre par la diastase, car il en reste toujours, à la fin de la saccharification, qui s'obstine à ne pas disparaître, quel que soit le temps

qu'on lui donne pour cela. Ce n'est pourtant pas que la diastase manque, car si dans un liquide de saccharification où la dextrine reste inerte, on ajoute de nouvel amidon, il va se saccharifier à son tour en laissant, lui aussi, un résidu irréductible de dextrine.

Cet argument est devenu caduc depuis qu'il a été prouvé que cette dextrine, sinon attaquable, du moins peu attaquable à la température à laquelle elle était formée, pouvait être attaquée à plus basse température, surtout si on ajoutait de la diastase fraîche (qui n'a pas subi la température à laquelle on opérait d'abord). La dextrine peut, comme le voulait Payen, donner du maltose sous l'influence de la diastase et dès lors cette théorie précise de la dislocation de la molécule d'amidon, en sucre et en dextrine inattaquable par la diastase, perdait de son caractère incisif.

Un fait important a été observé par O'Sullivan, qui a étudié la saccharification en maintenant plus constante qu'on ne l'avait fait avant lui, la température pendant la durée du phénomène. Il a constaté qu'à chaque température correspondait un état d'équilibre particulier, rapidement atteint, lentement dépassé, et que de la température ordinaire (15°) à 70°, limite supérieure d'activité de la diastase, il y avait un certain nombre d'états d'équilibre qu'il limitait à quatre et qu'il traduisait par les formules schématiques suivantes :

$$\begin{array}{l} \text{Au delà de } 68-70^{\circ} \quad 6 a + e = m + 5 d \\ \text{De } 64 \text{ à } 68-70^{\circ} \quad 6 a + 2 e = 2 m + 4 d \\ \text{Vers } 64^{\circ} \quad 6 a + 3 e = 3 m + 3 d \\ \text{Au dessous de } 63^{\circ} \quad 6 a + 4 e = 4 m + 2 d. \end{array}$$

Ces dislocations embrassent l'échelle entière des températures usitées pendant la saccharification. Les savants qui se sont occupés de ce sujet auraient dû retomber constamment sur l'une ou sur l'autre, suivant le degré thermométrique atteint. Or, il n'en est rien ; les résultats de Maercker, de Brown et Héron ne confirment pas l'hypothèse d'O'Sullivan. Ces derniers ont en outre obtenu des modes de dislocation différents en faisant varier l'alcalinité de la diastase employée.

Un fait important qui apparaît dans l'étude des saccharifications, est l'irrégularité des divers amidons. O'Sullivan avait cru que l'extrait de malt, n'agissait pas, à la température ordinaire, sur l'amidon non gélatinisé. Baranetzky a montré en 1878 que cela n'était vrai qu'avec l'amidon de pomme de terre dont s'était

servi O'Sullivan, mais que les autres amidons étaient plus facilement attaquables, même à froid. Lintner a donné les chiffres suivants pour les proportions en centièmes de l'amidon qui reste inattaquable, quand, sans le gélatiser à l'avance, on le traite par le malt à différentes températures.

	TEMPÉRATURE D'ATTAQUE				TEMPÉRATURE D'EMPOISSAGE
	50°	55°	60°	65°	
Pomme de terre.	0,1	5,0	52,7	90,3	65
Orge.	12,1	53,3	92,8	96,2	80
Malt vert	29,7	58,6	92,1	96,2	»
Malt touraillé	13,0	66,0	91,7	93,0	»
Froment.	»	66,2	91,1	94,6	65-80
Riz	6,6	9,7	19,7	31,1	80
Mais.	2,7	»	18,5	54,6	75

On voit qu'il ne se dissout pas les mêmes quantités des divers amidons aux mêmes températures. On voit aussi que le phénomène n'a aucun rapport avec la température de gélatinisation, car l'amidon de pomme de terre, qui se gélatinise à 65 degrés, est, à toutes les températures, même à celle de sa gélatinisation, plus résistant que l'amidon d'orge qui se gélatinise à 80°. De même l'amidon de riz, qui se gélatinise aussi à 80 degrés, est trois fois plus résistant à 65° que l'amidon d'orge. On peut faire une observation analogue pour l'amidon de maïs. Pour l'orge et pour le malt vert, leur amidon est presque totalement saccharifié bien au-dessous des températures de formation d'empois, sans que la forte proportion d'amylase, que renferme le malt vert, et qui n'existe pas dans l'orge, ainsi que la dissolution de la cellulose dont le malt vert a été le siège pendant la germination, semblent avoir une influence. On voit aussi que les mêmes conditions de la saccharification de l'amidon cru, appliquées au malt touraillé et au froment, sont moins favorables que pour l'orge ou le malt vert.

Ces inégalités de résistance se retrouvent dans un même granule et c'est ici le cas de rappeler la façon dont ces granules se dissolvent à froid, tant sous l'influence de l'amylase que sous celle des acides, ou sous les deux actions combinées. Parfois l'attaque a lieu par la périphérie et concentriquement, révélant ainsi une homogénéité parfaite du granule : mais cela est rare. Le

granule est, en général, corrodé irrégulièrement, et prend, avant de disparaître, les formes les plus variables. D'autres fois, il se creuse, dès l'origine, de trous ou de crevasses ou de fentes radiées irrégulières, témoignant de l'existence de places ou de régions de moindre résistance, et confirment ainsi les idées les plus récentes sur la constitution du globule d'amidon, idées d'après lesquelles le granule ne s'accroîtrait pas seulement par intussusception, comme le croyait Nägeli, mais aussi par recouvrements successifs, de façon que sa surface présente des régions inégalement tassées et inégalement compactes.

Il est bien entendu que si on chauffe ou si on gélatinise, ces différences dans le degré d'agrégation doivent tendre à disparaître. Il y a encore des différences dans le degré de résistance des divers empois à l'action d'une même quantité de diastase à différentes températures, mais elles sont moindres que celles que révèlent les nombres de Lintner.

Pour faire disparaître toute différence dans le degré de compacité des divers amidons et des diverses parties d'un même granule d'amidon, il faut avoir recours à l'action des acides, naturellement dans les conditions où ils ne fournissent pas de glucose ou en donnent peu, c'est-à-dire en les faisant agir à froid sur de l'amidon cru, et en laissant à l'action, lente dans ces conditions, le temps de s'accomplir. On tombe alors sur l'amylo-dextrine de Nägeli, produite en laissant en contact, pendant quelques mois, de l'amidon cru avec une solution contenant environ 12 % d'HCl. Rien ne change, en apparence, jusqu'au vingtième jour, puis on voit peu à peu le granule se disloquer, ne plus se colorer qu'en violet par l'iode, puis en rouge brun, puis en jaune rougeâtre. Une partie passe en solution : l'autre, qui représente une fraction notable de l'amidon employé, reste comme résidu. On la purifie en la jetant sur un filtre, lavant à fond, et redissolvant dans l'eau chaude. En refroidissant à 0° la solution, il se précipite une poudre brillante, formée de sphéro-cristaux analogues à de l'inuline et dont l'homogénéité est évidemment très grande. Leur pouvoir rotatoire est de 206 et leur pouvoir réducteur de 10 environ, ce dont on pourrait conclure qu'il y a environ 15 % de maltose.

Mais Brown et Morris regardent ce corps comme un composé défini, à cause de son aspect cristallin, et de ce qu'on ne le dissocie ni par précipitation fractionnée, ni par dialyse. En outre, il n'est pas fermentescible.

Le résultat de l'action de l'amylase sur ce corps est très net : l'amylo-dextrine se transforme intégralement en maltose : le pouvoir rotatoire tombe rapidement de 206 à 191 degrés, et il n'y a dans le résidu aucune trace sensible de dextrine. En somme, c'est un phénomène simple, tout à fait assimilable au phénomène d'inversion du saccharose, c'est-à-dire d'un produit pur toujours identique à lui-même dans toutes ses parties. L'amylo-dextrine semble lui ressembler à ce point de vue, et ne nous fournit aucune trace de ces dextrines résiduelles qu'on obtient avec les empois dans les conditions ordinaires.

D'après M. Duclaux, ces dextrines ne traduisent pas des différences dans le degré de gélatinisation des divers amidons par l'eau bouillante. On voit apparaître dans un ordre logique toute la série des phénomènes de la saccharification : Au premier abord, la liquéfaction de l'empois, très rapide, presque instantanée, qui est la destruction de l'état muqueux, la dissolution d'un coagulum analogue à celles qu'amènent dans un coagulum de phosphate tribasique de calcium quelques gouttes d'acide ou de citrate d'ammonium ; puis la saccharification commence sur les portions les plus labiles de l'empois : à mesure que celles-ci se transforment en dextrine d'abord, en isomaltose et en maltose ensuite, de nouvelles masses amylicées sont attaquées, et fournissent leur contingent de dextrine et de sucres. Ce n'est guère qu'au moment où l'iode ne donne plus de réaction que l'amidon a disparu ; mais alors il reste encore des dextrines provenant des portions les plus difficilement attaquables, et dont quelques-unes sont tellement lentes à disparaître qu'on les retrouve comme résidu à la fin de l'opération, lorsqu'on l'interrompt au moment où sa première rapidité a cessé, et où le mélange semble devenu inerte. En réalité l'action s'y continue plus lente, surtout si l'amylase active y est protégée contre l'oxydation ou la coagulation par la chaleur, car si elle se détruit pendant la réaction, non par suite de la réaction elle-même, mais par suite des circonstances qui l'accompagnent, il ne faut pas s'étonner que la saccharification s'immobilise et s'arrête à un niveau donné.

Cette conception qui établit entre le point de départ et le point d'arrivée, toute une série de gradations insensibles et qui laisse prévoir une foule d'états d'équilibre terminaux, est au premier abord en contradiction apparente avec l'expérience qui nous montre, au contraire dans les expériences d'O'Sullivan, de Maercker, de Brown et Heron, toute une série d'échelons inéga-

lement distants, mais tous d'une hauteur finie et déterminée. Mais dans la réalité, ce n'est qu'approximativement qu'on trouve ces différences, et le nombre des degrés qu'on établit ainsi devient d'autant plus grand qu'on y regarde de plus près.

Entre un escalier à marches nombreuses et usées que révèle l'expérience, dit Duclaux, et le plan incliné qui résulte de notre conception, il n'y a pratiquement aucune différence. Cette interprétation ne nous montre qu'une dextrine, plus ou moins difficile à saccharifier, mais toujours la même, de même qu'elle ne nous indique qu'un amidon plus ou moins difficile à gélatiniser et à dextrinifier suivant son degré de cohérence, mais toujours semblable à lui-même par ses propriétés chimiques.

Cette conception est d'accord avec les enseignements de la cryoscopie, de la mesure du pouvoir notatoire, de celle du pouvoir réducteur, d'après lesquels il n'y a aucune différence entre les dextrines préparées à diverses températures et inégalement difficiles à saccharifier.

M. Duclaux fait remarquer que ces dextrines différentes, dont l'interprétation a soulevé tant de difficultés et fait naître tant de théories, sont celles qui se produisent entre 64 et 70°, c'est-à-dire dans les limites étroites de température, précisément voisines de celle où la diastase se coagule et se détruit sous l'action de la chaleur.

Au dessous de 63° et jusqu'à la température ordinaire, aucune différence entre les dextrines produites. Au dessous de 64 et jusqu'à 70°, trois dextrines au moins d'après O'Sullivan, qui est le plus modéré dans ses évaluations, un plus grand nombre suivant d'autres savants ; et c'est sur ces dextrines de la zone dangereuse que s'appuient toutes les théories, car pour celle au-dessous de 63°, cela va tout droit, sans observation.

Les dextrines difficiles à saccharifier doivent dominer dans le mélange, quand la diastase est affaiblie par la chaleur, c'est-à-dire aux températures qui précèdent sa destruction. Plus la diastase s'approche de ce point, plus elle laisse de dextrines intactes, ou mélangées d'amidon intact, et il faut en somme étudier ce que peut produire la diastase dans ses meilleures conditions d'activité.

Un fait curieux, découvert par O'Sullivan, confirmé par Brown et Heron, c'est que si on chauffe au préalable une solution d'extrait de malt à une température supérieure à celle où on le fait agir sur l'amidon, la proportion de dextrine et de maltose produite dépendra, non de la température d'action sur l'emploi,

mais de celle à laquelle a été portée antérieurement l'amylase, de sorte que ce n'est pas la température à laquelle elle se produit qui détermine la qualité de la dextrine, c'est la température maxima à laquelle a été portée la dissolution de diastase.

Chauffée trop haut au-dessus de 80°, cette diastase est devenue inactive, alors même qu'on la ramène à la température la plus favorable ; chauffée à une température voisine de celle qui la détruit, elle reste pour ainsi dire *estropiée*, et ne peut plus reprendre à aucune température son activité complète. La chaleur a dissocié la diastase, et non seulement la quantité, mais aussi la qualité des dextrines produites à une même température sont en rapport avec ce degré de dissociation.

C'est donc le réactif qui a subi le changement dont résulte le changement de la dextrine, et on a le droit de mettre cette altération du réactif en rapport avec une autre altération visible qui se produit dans l'extrait de malt quand on le chauffe. Même aux températures les plus favorables à son action, cet extrait s'affaiblit peu à peu et il s'y produit un précipité floconneux qui se forme d'autant plus vite que la température est plus haute.

La coagulation est déjà très apparente à 50° C. D'après Brown et Heron, elle va en augmentant rapidement jusqu'à 70° C. température à laquelle les 90/100 de la matière albuminoïde sont coagulés dans un extrait fait avec 100 grammes de malt et 250 cc. d'eau. Le coagulum, comme c'est l'ordinaire, entraîne la diastase ; et ce qu'il y a de particulier, c'est que la portion qui résiste n'a plus les propriétés de la diastase originelle. Tout se passe en apparence comme s'il y avait plusieurs diastases, précipitables ou coagulables à diverses températures, et dont celles qui produisent des dextrines persisteraient, alors que celles qui donnent naissance à du maltose seraient détruites.

Les apparences sont même tellement saisissantes dans cette direction qu'on s'est demandé si elles ne cachaient pas une vérité. Quelques arguments semblent, en effet, témoigner de l'existence de deux diastases résistant inégalement à l'action de la chaleur et des réactifs. Dubrunfant a vu que de l'extrait de malt chauffé à 85° cesse de donner du maltose, tandis qu'à 90°, il peut encore liquéfier l'amidon et lui enlever sa propriété de bleuir par l'iode. Mais on ne peut pas conclure de ces faits qu'il y avait deux diastases, car on peut produire les mêmes effets avec la même diastase et au moyen d'une simple dilution. Une solution très étendue de malt peut liquéfier de l'empois et donner de la dextrine sans

fournir en même temps de sucre en proportions sensibles. Peut-être est-ce parce que la lenteur de l'action qu'elle exerce lui permet de s'oxyder, et de passer ainsi à l'état inerte : mais rien ne nous dit qu'il n'en soit pas de même avec les solutions de diastase chauffées, affaiblies en quantité par la coagulation sans être atteintes en qualité.

D'un autre côté, plus on étudie les antiseptiques, plus on voit qu'ils agissent en provoquant des phénomènes de coagulation, et en se substituant ainsi, pour tout ou partie, à l'action de la chaleur. En somme, rien n'autorise à croire à l'existence de deux diastases dans le malt, l'une à dextrine, l'autre à maltose ; et du reste, on n'aurait fait que reculer le problème, car on aurait encore à expliquer pourquoi la même diastase à dextrine produit des dextrines différentes à des températures différentes. Ce serait le même problème que pour l'Amylase, à la fois saccharifiante et dextrinifiante, que nous avons envisagé jusqu'ici.

Principaux faits à retenir pour la conduite de la saccharification.

285. Ce qui est surtout intéressant pour le praticien, c'est de connaître les principaux faits dont il faut tenir compte pour faire une saccharification dans les conditions les plus rationnelles et les plus avantageuses.

Ces principaux faits sont les suivants :

A. — Les diastases du malt n'agissent que très lentement et très incomplètement sur l'amidon cru.

B. — En contact avec de l'amidon cuit, elles produisent d'abord une liquéfaction partielle de cette substance.

C. — L'amylase du malt, en agissant sur de l'amidon cuit, produit rapidement une hydrolise, d'où résulte la formation d'un sucre fermentescible, le maltose, et de différentes dextrines.

D. — L'action de la diastase varie beaucoup suivant la température à laquelle on opère :

1° La diastase agit déjà, quoique très faiblement, à des températures peu élevées au-dessus de 0°.

2° A 75-80° C, la diastase, qui se rapproche des matières albuminoïdes, se coagule et se sépare de ses solutions aqueuses. A des températures un peu inférieures à celles-ci, la diastase souffre déjà beaucoup et perd de son énergie.

3° Entre ces deux limites extrêmes, le résultat de l'action diastatique est très variable.

4° La température la plus favorable à la saccharification est de 55° C d'après Maercker et de 50 à 56° C d'après d'autres auteurs. D'après Brown, Heron et Morris, 100 k. d'amidon donnent à ces températures 84,4 p. 100 de maltose et 20 p. 100 de dextrine, ce qui correspond à 80,7 de maltose contre 19,1 p. 100 de dextrine. Mais ces chiffres n'ont pas une valeur absolue, car il y a d'autres facteurs que la température qui entrent en jeu.

5° A la température de 65° C, les mêmes auteurs ont trouvé 41,3 p. 100 de maltose contre 58,7 p. 100 de dextrine.

6° Les dextrines qu'on rencontre au commencement de la saccharification se rapprochent de l'amidon; ce sont de l'amylo-dextrine et de l'erythro-dextrine. Celles qu'on rencontre à la fin de l'opération se rapprochent du maltose; elles ne donnent aucune coloration par l'iode; on les appelle achroodextrine (a — chroa) et maltodextrine (83).

7° La diastase seule ou en présence d'une petite quantité de sucre, étant chauffée à 65° et refroidie ensuite vers 50-55°, ne donnera pas 80,9 p. 100 de maltose contre 19,1 p. 100 de dextrine, mais 41,3 p. 100 de maltose contre 58,7 p. 100 de dextrine, comme si la saccharification s'était faite à 65° C. La diastase a donc souffert et a été, pour ainsi dire, suivant l'expression de Duclaux, *estropiée* par la température à laquelle elle a été soumise (p. 325).

8° Par contre, les expériences de Petzold et de Delbrück ont montré que la diastase peut supporter une température de 70° C quand elle est en présence d'une forte dose de sucre. Donc, ici encore, les résultats de l'opération dépendent de la concentration et de l'état d'avancement de la saccharification au moment où se produit la température élevée.

E. — Le résultat de la saccharification dépend aussi, comme nous l'avons déjà dit, de la concentration. Dans des moûts très dilués (en dessous de 10° Balling), on peut, dans des conditions favorables, transformer jusqu'à 95 p. 100 de l'amidon en maltose. C'est ainsi qu'en se basant sur les travaux de Dubrunfaût, Cuisinier a pu, par l'action prolongée de la diastase sur des moûts très dilués et à une température de 55° C, obtenir 96 à 97 p. 100 de maltose par 100 k. d'amidon (L. I, p. 64). Dans des moûts à 20° Balling, le rapport maltose/dextrine est généralement de 4/1 (80 p. 100 de maltose contre 20 de dextrine).

Dans des moûts très concentrés (ayant plus de 25° Balling), on obtient au plus 66 à 68 p. 100 de maltose du poids d'amidon, parce que les produits de la saccharification paralysent l'action de la diastase et l'empêchent de continuer l'hydrolise. C'est un cas analogue à celui des microbes, qui sont également gênés par les produits de leur action.

F. — La diastase reprend son action et transforme par hydrolyse une partie de la dextrine formée, aussitôt que la proportion de ce sucre vient à diminuer dans le moût par suite d'une fermentation ou de toute autre cause.

En distillerie, ce fait présente une importance considérable. En effet, le maltose est le seul produit fermentescible qui se forme pendant la saccharification. Mis en contact avec la levure, il se dédouble, sous l'influence d'une diastase spéciale (la *maltase*) que sécrète celle-ci, en deux molécules de dextrose qui subissent la fermentation alcoolique. La dextrine n'est fermentescible que par des levures spéciales (L. I, p. 55) qu'on n'emploie pas en distillerie; mais elle se transforme en maltose pendant la fermentation à mesure que ce sucre disparaît, à la condition qu'il y ait dans le moût une dose convenable de diastase suffisamment énergique (page 55). C'est ce que l'on appelle l'*action complémentaire de la diastase*, et il importe grandement que cette action complémentaire soit très énergique; ce n'est que par l'action d'une diastase énergique que la dextrine se transforme en maltose (83).

La diastase se conserve bien dans les moûts en fermentation, mieux que dans les moûts sucrés, à la condition toutefois qu'il ne se développe pas dans ces moûts une notable proportion d'acides lactique et butyrique, qui ont une action très pernicieuse sur la diastase (Voir G).

Naturellement, le rôle complémentaire de la diastase est d'autant plus grand que la saccharification se fait à une concentration et à une température plus élevées.

Pour que la diastase conservât toute son énergie après saccharification, il faudrait faire celle-ci à une température très basse, ne dépassant pas 50° C; le moût saccharifié renferme alors le maximum de maltosé et de diastase, très énergique. Mais, à cette basse température, la saccharification, et surtout la liquéfaction de l'amidon, sont tellement lentes que le travail est impraticable.

A une température de 50 à 60° C, la diastase agit le plus rapidement possible, mais elle perd notablement de son énergie. A

50° C, l'action est un peu moins énergique, mais la diastase souffre très peu. Cette dernière température paraît donc préférable à toutes les autres; mais il y a en outre une autre considération dont nous n'avons pas encore tenu compte : c'est que le malt est toujours fortement chargé de microorganismes divers qui, lors de la fermentation, se multiplieraient rapidement et étoufferaient plus ou moins la levure, tout en consommant inutilement du sucre et donnant naissance à des produits nuisibles au travail.

Il est impossible de détruire complètement ces microorganismes et leurs germes en chauffant fortement le liquide, car, en même temps, on détruirait entièrement la diastase. Mais, en se basant sur l'observation de Delbrück et Petzold, on peut élever la température jusqu'à 70° C sans détruire trop de diastase, à la condition que celle-ci se trouve en présence d'une forte dose de sucre. Cette température est insuffisante pour stériliser complètement le moût, mais néanmoins elle tue la plupart des microorganismes adultes ou, du moins, les affaiblit au point qu'ils ne se reproduisent que très péniblement.

Il se produit toutefois une certaine destruction de diastase; et il faudra donc employer une proportion suffisante de malt et faire germer celui-ci très fortement, afin qu'il soit riche en diastase, comme nous l'avons expliqué à propos du maltage.

G. — La chaleur n'est pas la seule cause qui puisse paralyser plus ou moins la diastase; les acides peuvent agir dans le même sens. Brown et Morris (1) ont trouvé que de faibles doses d'acides libres, notamment d'acide lactique, accroissent d'une façon très marquée l'action de la diastase sur l'amidon; mais de fortes doses de ces acides, surtout d'acide butyrique, comme il s'en produit parfois dans les fermentations, sont très nuisibles.

Conditions à réunir pour obtenir une saccharification aussi complète que possible.

286. Pour avoir une saccharification aussi complète que possible, il faut réunir les conditions suivantes :

- 1° Obtenir une division aussi complète que possible de la masse,

(1) *Journal of the federated institutes of Brewing.*

d'abord par la cuisson et ensuite par l'action mécanique qui se produit pendant la vidange.

2° Mélanger aussi parfaitement que possible la masse d'empois avec le malt dans le macérateur, au moyen d'un agitateur approprié, comme ceux que nous décrirons dans la suite.

3° Régler exactement la température aux différentes périodes de la saccharification, en faisant arriver plus ou moins vite la masse d'empois dans le vase où se trouve le malt et en refroidissant, suivant les besoins, au moyen d'un courant d'air et d'un courant d'eau, ou des deux à la fois.

Le refroidissement à l'aide d'un réfrigérant est moins sûr que le refroidissement à l'air. Lorsque la masse sortant d'un cuiseur tombe sur une surface froide ou est mise en contact avec un réfrigérant dans lequel il circule de l'eau froide, il se forme sur la surface froide ou autour du réfrigérant, un dépôt provenant de l'insolubilisation de l'amidon.

Une température de 50° est la plus favorable à une rapide et abondante production de maltose, avons-nous vu; mais elle est doublement insuffisante pour toute la durée de la saccharification : 1° parce que l'amidon cru du malt est, quoique notablement désagrégé par la germination, lentement attaqué à cette basse température; 2° parce que cette basse température est favorable à la multiplication des bactéries, dont le malt est toujours surchargé.

Pour arriver aux meilleurs résultats, on doit opérer de la façon suivante :

On introduit dans l'appareil à saccharifier *tout le malt nécessaire à la saccharification* et on y fait arriver la masse d'empois assez rapidement, jusqu'à ce que la température ait atteint 50° C; on modère ensuite fortement la vidange du cuiseur, pour que la température ne monte plus que d'une façon insignifiante. Enfin, vers la fin de la vidange, on laisse la température monter au moins jusqu'à 65° C pour attaquer l'amidon cru du malt, et surtout pour tuer le plus possible les microorganismes du moût.

Quand il s'agit de mouts très concentrés, ayant plus de 25° Balling ou Brix, on peut pousser même la température jusqu'à 68-70° C.

On maintient ensuite cette température élevée pendant un temps variable, suivant la difficulté de la stérilisation. Quand le malt est très infesté, on doit maintenir cette température durant une heure.

En mettant immédiatement l'empois en contact avec toute la

diastase à la température optima de 50° C, il se produit une saccharification rapide avec une très forte proportion de maltose, en sorte que, quand la température monte à 68-70° C, la diastase est suffisamment protégée. En outre, l'amidon cru du malt est soumis plus longtemps à une température élevée et sa saccharification est plus complète.

Il se produit quand même une certaine destruction de diastase, mais on y obvie en employant une proportion suffisante de malt à très longues radicelles.

Delbrück (1) a proposé la modification suivante au procédé exposé ci-dessus :

Après avoir mis dans la cuve-matière ou saccharificateur tout le malt nécessaire à la saccharification, on vide lentement le cuiseur et on fait une pause entre 40 et 50°, de façon à laisser aux spores qui souillent le malt le temps de se transformer en microorganismes adultes et à obtenir plus facilement une stérilisation au moment où on élève la température. Il va sans dire que la pose aux températures de 40 à 50° ne doit pas occasionner une production d'acides nuisibles et qu'elle doit être, par suite, de courte durée.

Dans le même but, il peut être avantageux de faire subir au malt un trempage ou un empâtage peu de temps avant de s'en servir à la saccharification. Il va sans dire qu'il faut éviter que la masse en trempage ne soit envahie par le ferment lactique.

Cette méthode est basée sur ce fait que les spores résistent souvent à des températures supérieures à 100°, tandis que les bactéries elles-mêmes résistent difficilement à des températures supérieures à 65-70° C.

Pratique de la saccharification par le malt.

287. Nous avons vu précédemment que la matière amylacée subit une cuisson avant d'être soumise à la saccharification, et que cette cuisson a pour conséquence de transformer l'amidon en empois et même de le liquéfier partiellement quand la cuisson a lieu sous pression. Cette liquéfaction dans le cuiseur ne se produit que sur une très petite échelle, et, si on refroidissait l'em-

(1) *Zeitschrift für Spiritus industrie*, 1892.

pois au sortir du cuiseur, il se prendrait en une masse compacte d'un traitement très difficile. Pour éviter cette prise en masse, l'empois sortant du cuiseur est mis immédiatement en contact avec le malt (p. 316). Celui-ci, outre les diastases saccharifiantes, renferme des diastases liquéfiantes, qui continuent la liquéfaction commencée par la cuisson. Les moisissures ou mucédinées employées jusqu'ici à la saccharification ne renferment pas, ou du moins très peu, de diastase liquéfiante; aussi est-on obligé, dans ce nouveau mode de travail, d'employer un peu de malt ou d'acide pour produire la liquéfaction indispensable à un travail rapide.

Le malt employé renferme également une forte proportion d'amidon, qu'il est indispensable de transformer aussi complètement que possible en maltose et dextrine. Cet amidon n'a subi aucune cuisson; l'albumen du grain a simplement été désagrégé par la dissolution partielle des enveloppes cellulosiques, sous l'influence de la *cytase*. Pour arriver à dissoudre l'amidon du malt, il faut pousser fort loin la germination, ce qui a, en outre, l'avantage de produire beaucoup de diastase, puis il faut diviser finement le malt employé à la saccharification, et enfin il faut élever suffisamment la température à la fin de l'opération. Une division soignée du malt facilite la dissolution de la diastase et l'attaque de l'amidon; une température relativement élevée à la fin de la saccharification, tout en facilitant la dissolution de l'amidon cru, produit aussi une stérilisation partielle, comme nous l'avons déjà expliqué à propos du travail de la betterave et comme nous le ferons encore ressortir par la suite.

L'appareil dans lequel se produit la saccharification porte le nom de cuve-matière, ou macérateur, ou saccharificateur. C'est un récipient de forme quelconque, fermé par un couvercle surmonté d'une cheminée (1).

Anciennement les cuves-matières étaient munies intérieurement d'un agitateur assez compliqué, analogue à celui encore fréquemment usité en brasserie et dans la fabrication de la levure pressée. Cet agitateur ou *vagueur* comprenait souvent un axe central sur lequel étaient fixés deux autres axes dont l'un était

(1) Nous donnons ici les descriptions aussi exactes que possible avec dessins en coupe des appareils qui sont pour ainsi dire classiques dans les pays où l'on travaille couramment les matières amylicées. Tout constructeur intelligent, après la lecture de ces descriptions, pourra construire de bons appareils de saccharification, s'il se pénètre bien des principes à suivre pour avoir un bon travail.

vertical et l'autre horizontal, ou tous deux verticaux, et autour desquels tournaient des palettes entraînées dans le mouvement de rotation de l'axe principal; il portait alors le nom de *vagueur planétaire*.

Ces cuves-matières ne portaient aucun dispositif pour refroidir la masse de pomme de terre; la masse se refroidissait suffisamment par le simple contact de l'air pendant l'écrasement entre les rouleaux dont nous avons déjà parlé. Cette dernière opération étant supprimée avec le système de cuisson de Henze, il a fallu imaginer un dispositif spécial pour refroidir la masse sortant du cuiseur et éviter qu'elle n'arrive trop chaude dans la cuve, ce qui aurait le grave inconvénient de détruire une grande partie de diastase. L'appareil employé dans ce but porte le nom d'exhausteur (du verbe anglais *to exhaust* : aspirer).

288. *Exhausteur*. — Au début de l'emploi du système Henze, on constata souvent des écarts brusques de rendements qui étaient dus à ce qu'une partie de la diastase était détruite par des élévations brusques de la température dans la cuve-matière; pour éviter des pertes, on était obligé d'employer une forte proportion de malt et de vider très lentement les cuiseurs. Les frères Avenarius, de Berlin, eurent alors l'idée de faire déboucher le tuyau de vidange du cuiseur dans la cheminée, et de produire dans cette cheminée un vif courant d'air froid au moyen d'un petit jet de vapeur. Ce perfectionnement permit de faire en une demi-heure la vidange du cuiseur, qui exigeait une heure auparavant, et il supprima en grande partie le danger de destruction de diastase.

La fig. 124 représente un exhausteur construction de Bohm, de Fredersdorf. A est le tuyau de vidange qui se recourbe vers le haut. Le jet rencontre immédiatement la partie inférieure de l'exhausteur, évasée en forme d'entonnoir. La vapeur injectée en E s'échappe verticalement, et la dilatation subite qu'elle éprouve

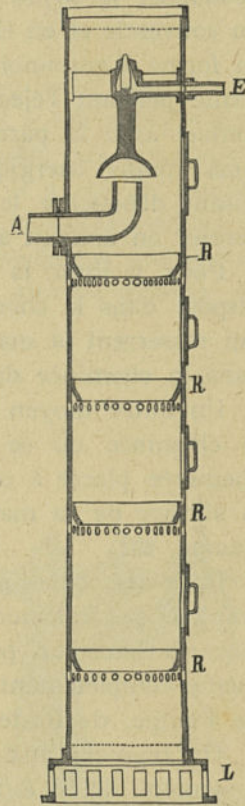


Fig. 124. — Exhausteur.

produit une dépression qui occasionne un vif appel de l'air en cet endroit. Pour avoir un refroidissement aussi énergique que possible, on faisait déboucher le tuyau de vidange dans la cheminée à 2 m. au-dessus du couvercle. Mais il est facile de voir immédiatement que l'emploi de l'exhausteur laisse beaucoup à désirer sous le rapport de la propreté. L'intérieur de la cheminée se recouvre d'une couche d'empois qui durcit, est très difficile à enlever, et est rapidement envahi par des bactéries et des microorganismes divers. Pour faciliter les nettoyages, on dispose sur la cheminée une série de portes; mais malgré cela, il y a toujours de sérieux dangers de contamination; aussi a-t-on cherché à supprimer la formation des dépôts d'empois, en faisant déboucher le tuyau de vidange à une faible distance au-dessus du couvercle et en élargissant fortement la cheminée à cet endroit, en forme d'entonnoir, de façon à ce que le cône liquide qui se forme pendant l'éjection de la masse d'empois n'arrive pas en contact avec la paroi de la cheminée (1). Le refroidissement est ainsi moins énergique; mais on a néanmoins reconnu qu'en faisant déboucher le tuyau de vidange à 35 % au-dessus du couvercle, on arrivait à un refroidissement suffisant.

Pour faciliter la circulation de l'air à travers la masse, on dispose dans la cheminée des bagues en forme d'entonnoir R R, qui resserrent la masse; et au-dessus de ces bagues on perce dans la cheminée des événements pour la rentrée de l'air.

Un autre moyen consiste à monter l'exhausteur non pas dans la cheminée où se fait la vidange du cuiseur, mais dans une cheminée placée à côté, ce qui produit un courant d'air froid à la surface de la matière contenue dans le macérateur (Appareil Pampe, 292).

Dans les cuves-matières que l'on construit actuellement, on emploie généralement un système de réfrigération à l'eau, et alors l'exhausteur perd beaucoup de son importance ou devient même complètement inutile; tels sont les appareils de Hampel, de Pampe, de Retter.

On reproche aux macérateurs réfrigérants la lenteur du refroidissement de 60 à 20° C après la saccharification. L'agencement de l'appareil doit être tel que cette opération ne prenne pas plus de 20 minutes.

(1) Appareil de Hentschel.

De l'emploi des broyeurs pour compléter l'action des cuiseurs

289. Nous avons dit que les cuves-matières anciennement employées comportaient des agitateurs assez compliqués, qui remuaient fortement la masse. A la suite de l'adoption du système de cuisson Henze, on a inventé un grand nombre de dispositifs destinés non seulement à mélanger intimement la masse, mais encore à la broyer pour compléter la division opérée par la cuisson. En parlant du macérateur de Bohm, nous avons déjà dit que ce macérateur était en communication avec un broyeur.

Nous allons donner ici une description de cet appareil.

Broyeur Bohm

290. Ce broyeur a été longtemps employé pour compléter la désagrégation opérée par le cuiseur, puis il a été presque abandonné à la suite des perfectionnements apportés aux appareils de cuisson; mais, dans ces dernières années, il a été de nouveau remis en faveur, surtout pour compléter la désagrégation des matières premières qu'on ne peut sans inconvénient soumettre à une haute température, ou qui sont d'une attaque difficile, par suite d'altérations qu'elles ont subies.

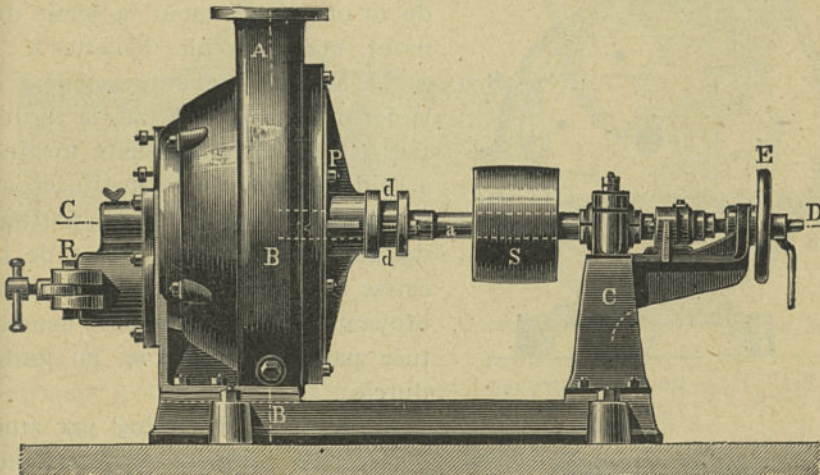


Fig. 125. — Broyeur centrifuge de Bohm, dit *dépeleur*.

Sur une plaque de fondation AA (fig. 125, 126 et 127) se trouvent boulonnés la caisse B et un palier C. L'arbre de commande

a est maintenu dans le coussinet *b*, traverse le couvercle *P*, muni d'une douille et d'une boîte à calfat *d*, et est porté à son autre extrémité par le palier *C*. La vis *D*, portant le volant *E*, sert à régler la position de l'arbre, qui est mobile dans le sens de sa longueur.

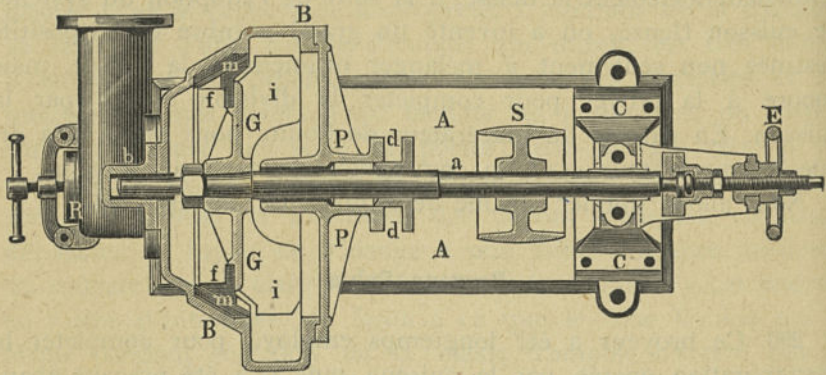


Fig. 126. — Broyeur centrifuge Bohm. Coupe.

L'arbre *a* porte une poulie *S* et la turbine *G*, fixée sur une portée conique à l'aide d'un seul boulon. Cette turbine est munie de 12 ouvertures pour l'entrée et de 12 ouvertures pour la sortie du mout, et est garnie d'ailettes *i*.

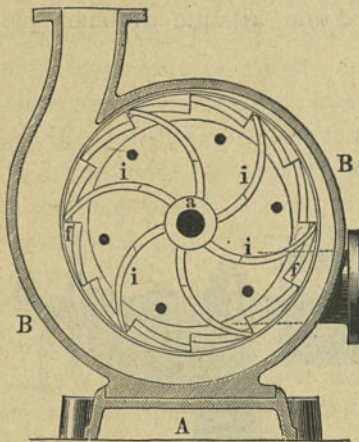


Fig. 127. — Broyeur centrifuge. Coupe.



Fig. 128.

La surface broyante *mobile* *f* a la forme représentée par la figure 128; elle est fixée sur cette turbine à l'aide de vis et est constituée par un anneau en fonte durcie, portant des cannelures. A l'intérieur de la caisse se trouve montée la surface broyante *fixe*, également constituée par un anneau *m*, en fonte durcie.

Un regard *R*, fermé par une porte avec étrier à vis, sert au nettoyage de l'appareil. Dans le même but, le couvercle *P* peut également s'enlever.

La vitesse de l'arbre est de 6 à 700 tours à la minute.

Macérateur Ellenberger

291. Le premier qui installa un broyeur *dans* la cuve-matière fut Ellenberger; ce constructeur adopta dans ce but la pile à papier employée depuis longtemps dans les papeteries.

L'appareil Ellenberger, tel qu'il est encore construit actuellement, se compose d'un cuiseur cylindro-conique (fig. 129) et d'une cuve-matière de forme oblongue en tôle, partagée, suivant les $\frac{2}{3}$

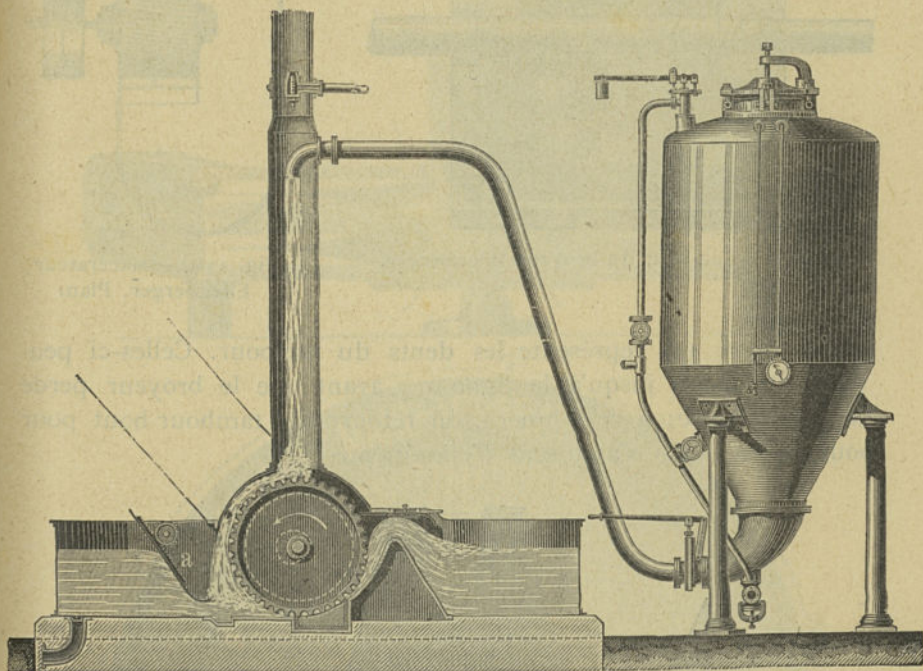


Fig. 129. — Macérateur-broyeur Ellenberger.

de sa longueur, en deux moitiés. Dans une de ces moitiés se trouve le broyeur, consistant en un tambour cannelé (fig. 130), tournant à une petite distance, réglable à volonté, d'une plaque de fond, également cannelée. Les cannelures du tambour et celles de la plaque de fond ont une position oblique par rapport à l'axe (fig. 131), en sorte que, par le mouvement du tambour, ils se croisent comme les lames d'une paire de ciseaux. Le tambour fait environ 200 tours par minute et a environ 100 cannelures; la plaque a 10 cannelures, en sorte qu'il se produit par minute

$100 \times 10 \times 200 = 200,000$ coups de ciseaux, d'où résulte une division extrême de la masse, qui prend le mouvement indiqué par les flèches.

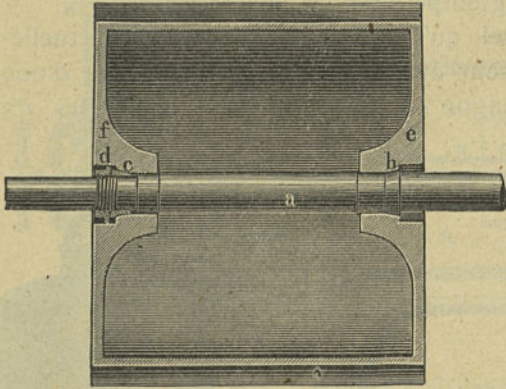


Fig. 130. — Tambour du broyeur Ellenberger.

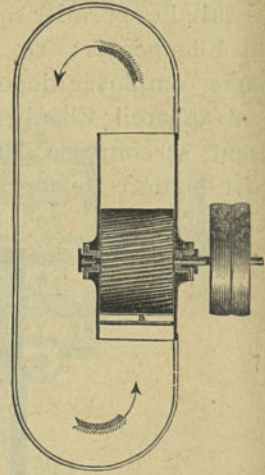


Fig. 131. — Macérateur Ellenberger. Plan.

La figure 132 représente les dents du tambour. Celles-ci peuvent être usées jusqu'à la ligne $x y$ avant que le broyeur perde de sa puissance; à ce moment, on retourne le tambour bout pour bout et les dents s'aiguisent d'elles-mêmes.

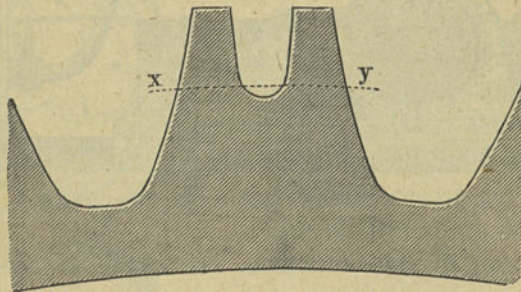


Fig. 132. — Dents du broyeur Ellenberger.

Pour empêcher la détérioration du tambour par des pierres, des clous ou d'autres corps durs, l'appareil est muni d'un *épierreur* consistant en une rainure a , que présente la plaque de fond sur toute la largeur du tambour (fig. 131), et dans laquelle tombent ces corps durs.

Une vanne a (fig. 127) sert à régler l'arrivée du liquide sur le

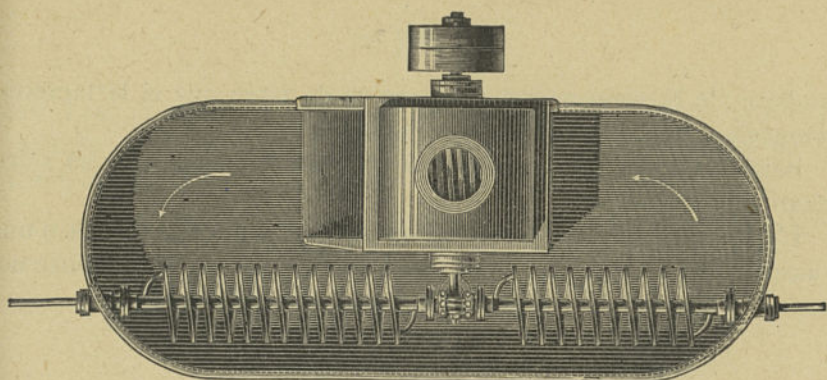


Fig. 133. — Macérateur Ellenberger avec serpentín, système Bechstein.

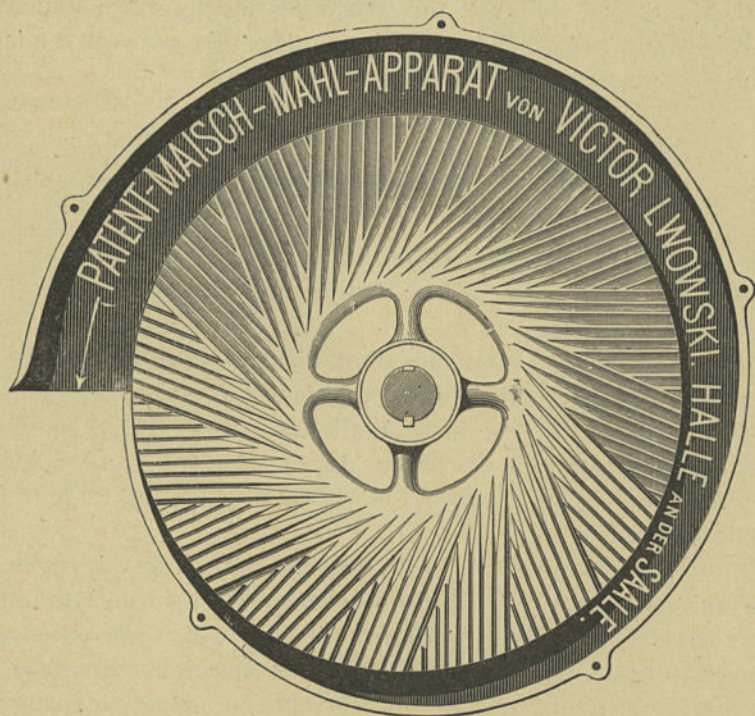
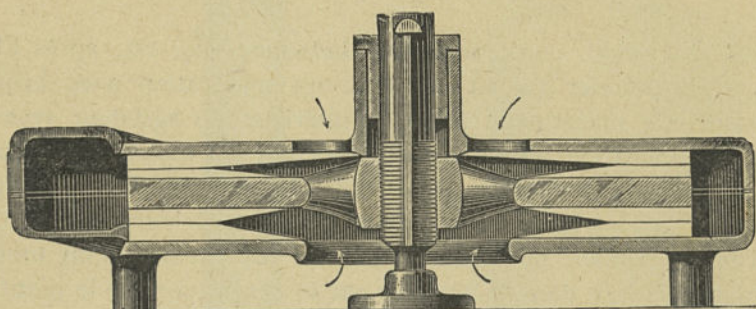


Fig. 134. — Broyeur du macérateur Lwowski.

tambour ; le broyeur prend ainsi moins de force que si le tambour plongeait complètement dans le liquide.

Balduin Bechstein a adapté à l'appareil Ellenberger un réfrigérant en spirale (fig. 133).

L'appareil d'Ellenberger convient surtout pour des moûts d'une concentration moyenne ; pour des moûts très épais, ce constructeur a créé un autre type de macérateur (298. fig. 147).

Macérateur Lwowski

292. Lwowski, constructeur à Halle-sur-Saale, est, après Ellenberger, le premier qui ait construit un macérateur avec broyeur intérieur. Ce macérateur porte à l'intérieur un agitateur recevant un mouvement lent et un moulin recevant un mouvement rapide.

La figure 134 montre les détails du moulin. Il se compose d'une partie inférieure fixe et d'une partie supérieure mobile, l'une et l'autre munies de rainures comme les meules d'un moulin. Le moût pénètre dans le broyeur par le centre comme le montrent les flèches et sort par une ouverture latérale figurée à gauche.

Ce broyeur présente le grand avantage de pouvoir s'adapter à tous les macérateurs existants.

Macérateur réfrigérant Eckert, de Berlin

293. La figure 135 représente cet appareil en combinaison avec un cuiseur Henze muni d'une distribution de vapeur par injections tangentielles.

Ce macérateur se compose d'un réservoir cylindrique en tôle $r r$ fermé par un fond conique reposant sur un socle en fonte. L'axe vertical porte une roue à ailettes n qui tourne au-dessus d'une plaque cannelée en fonte durcie. La rotation rapide de cette roue à ailettes aspire le moût vers le centre et le refoule vers la périphérie.

Ce macérateur porte à l'intérieur un réfrigérant à tubes $p p$ pour refroidir le moût, après saccharification, jusqu'à la température de fermentation. Au-dessus de la cuve sont posés deux sommiers creux en fonte dont l'espace intérieur est divisé en plusieurs compartiments x , et qui servent en même temps à sou-

tenir l'axe vertical. A ces sommiers se trouvent fixés plusieurs systèmes de tubes, qui occupent toute la hauteur de la partie cylindrique de la cuve.

L'eau de réfrigération entre à une extrémité dans les pou-

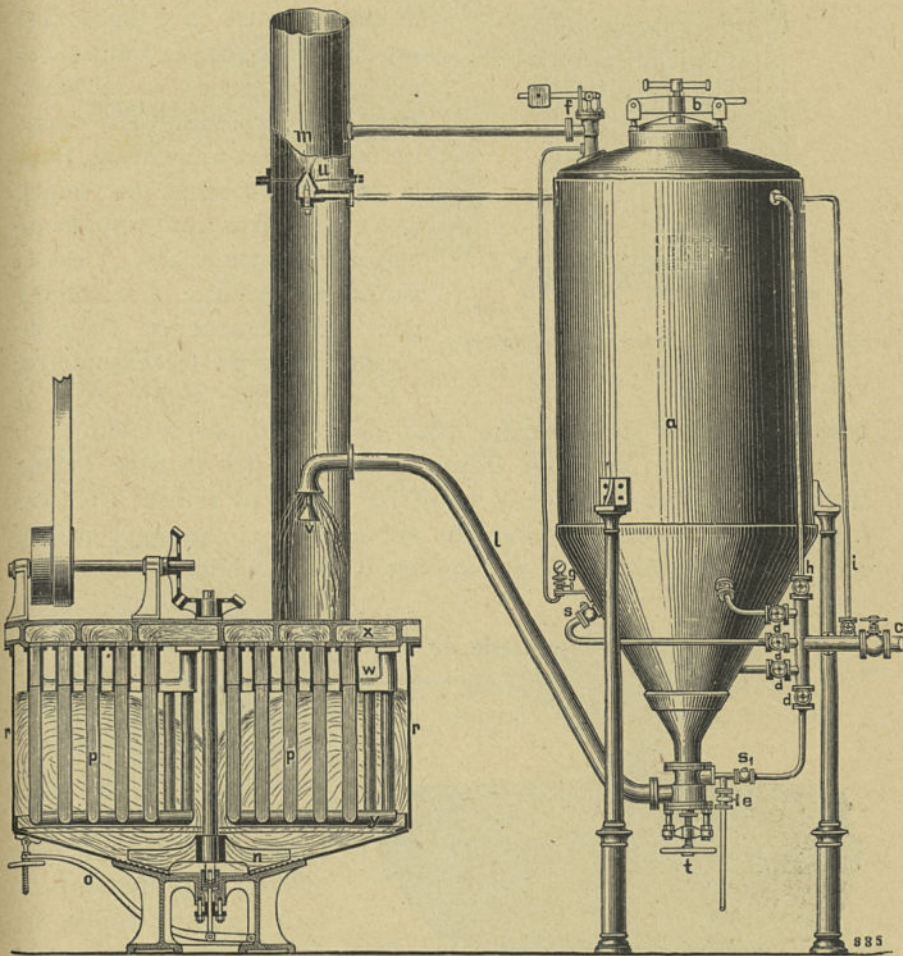


Fig. 135. — Macérateur réfrigérant Eckert.

tres creuses *x*, traverse ensuite tous les tubes *p*, passe dans la deuxième poutre *x*, de là dans le deuxième système de tubes, et ainsi de suite; finalement elle sort à l'une des extrémités de la dernière poutre *x*.

Les tubes sont fixés dans les sommiers creux par des boulons *a*,

b (fig. 136) qui rendent étanches les joints formés entre les tubes et les sommiers. Il suffit donc de desserrer quelques boulons pour pouvoir enlever facilement les tubes et les débarrasser intérieurement de leur tartre.

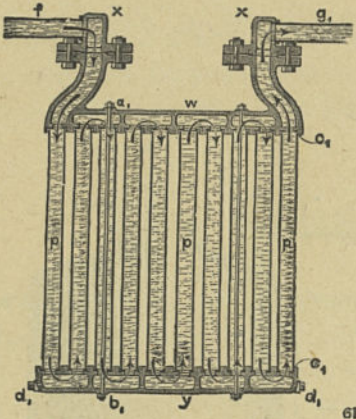


Fig. 136. — Réfrigérant du macérateur Eckert.

La vapeur servant à chauffer le cuiseur entre en *c* (fig. 135) et est distribuée par les vannes *ddd* et des tubes disposés en spirale de façon à faire prendre à la masse un mouvement tournoyant. Pour la cuisson du maïs, du seigle, etc..., ces tubes sont munis de clapets de retenue *s, s1*; *l* est la vanne de décharge, *e* le robinet pour l'écoulement de l'eau de végétation, *g* est le manomètre, *f* la soupape de sûreté, et *h* le

tube d'admission de la vapeur pour la cuisson par le haut.

Après cuisson, la masse d'empois se rend par le tube *l* dans la cheminée *m* où un cône *V* la divise en nappe mince. Un tube *i* amène dans cette cheminée de la vapeur qui s'échappe par le cône *u* en produisant un vif courant d'air qui refroidit le mout.

Appareils de Paucksch

294. Un appareil très répandu dans les distilleries allemandes

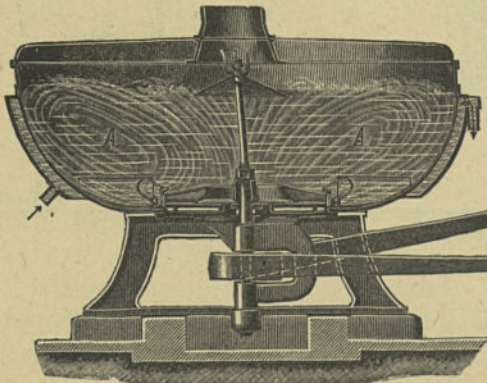


Fig. 137. — Macérateur broyeur de Paucksch.

est le macérateur universel de Paucksch (fig. 137). Il se compose d'une cuve cylindrique à fond très arrondi, présentant la forme d'une coquille, et fermée par un couvercle surmonté d'une cheminée.

Au fond de cette coquille se trouve le broyeur porté par un axe traversant le fond du réservoir et portant une poulie commandée par une courroie. Ce

broyeur se trouve au-dessus d'une plaque de fond cannelée en fonte. Le moût aspiré vers le centre est refoulé à la périphérie.

Le broyeur est un volant à ailettes fermé et percé de 4 trous p au milieu, près du moyeu (fig. 138), ou une roue à ailettes courbées ouverte (fig. 139).

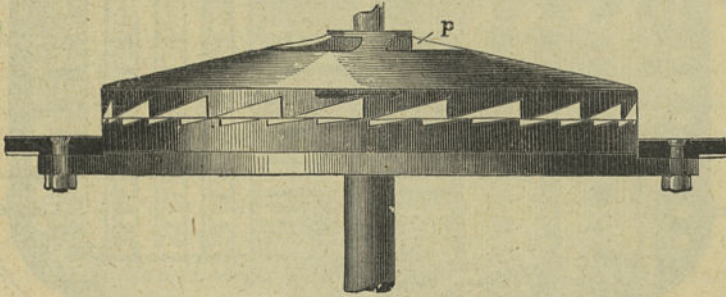


Fig. 138. — Broyeur du macérateur Paucksch.

La partie supérieure de l'arbre est munie d'une calotte en forme de cône, qui distribue régulièrement le moût arrivant dans le macérateur, et projette contre les parois du macérateur les pierres ou les autres corps durs qui pourraient arriver en même temps que la masse d'empois.

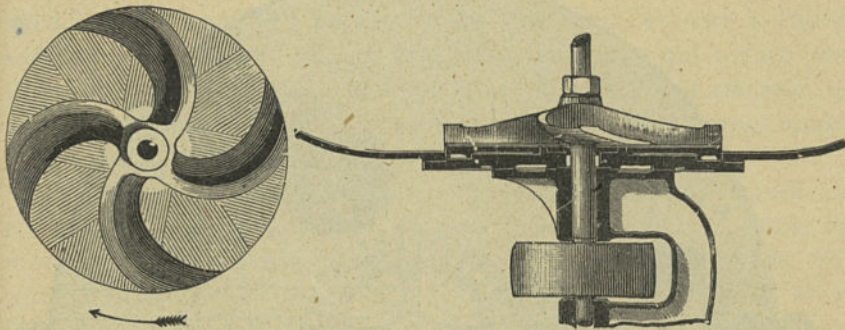


Fig. 139. — Broyeur à ailettes courbes du macérateur Paucksch.

Ainsi que le montre la figure 137, le moût se meut comme dans un anneau liquide, et la vitesse des particules du moût va en diminuant à mesure qu'on s'approche du centre A de la section de l'anneau, où la masse est complètement soustraite au broyage. Cet inconvénient se fait d'autant plus sentir que les moûts sont plus concentrés; aussi, pour ces moûts, Paucksch a-t-il constitué un autre macérateur spécialement destiné au travail des moûts très épais.

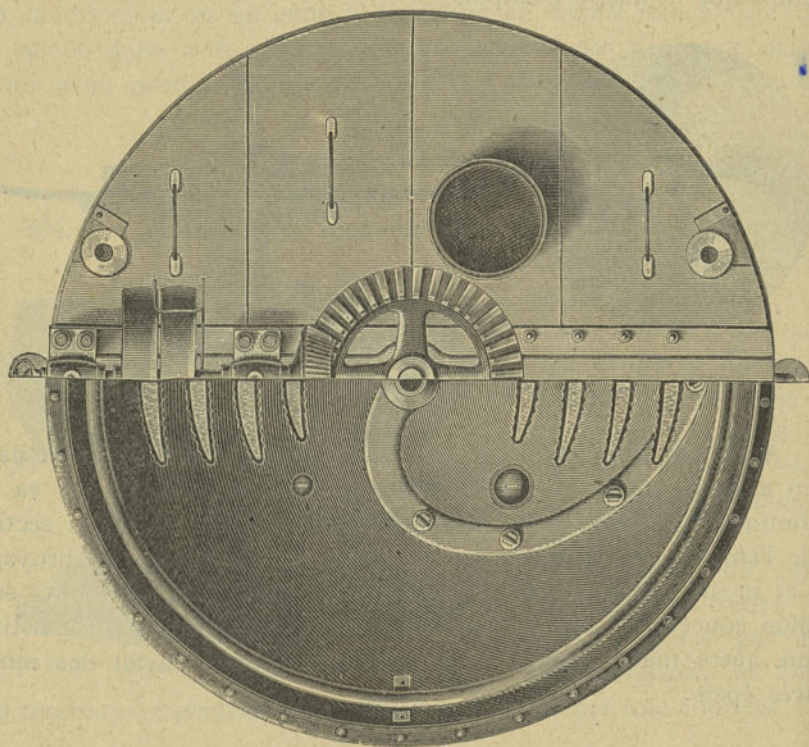
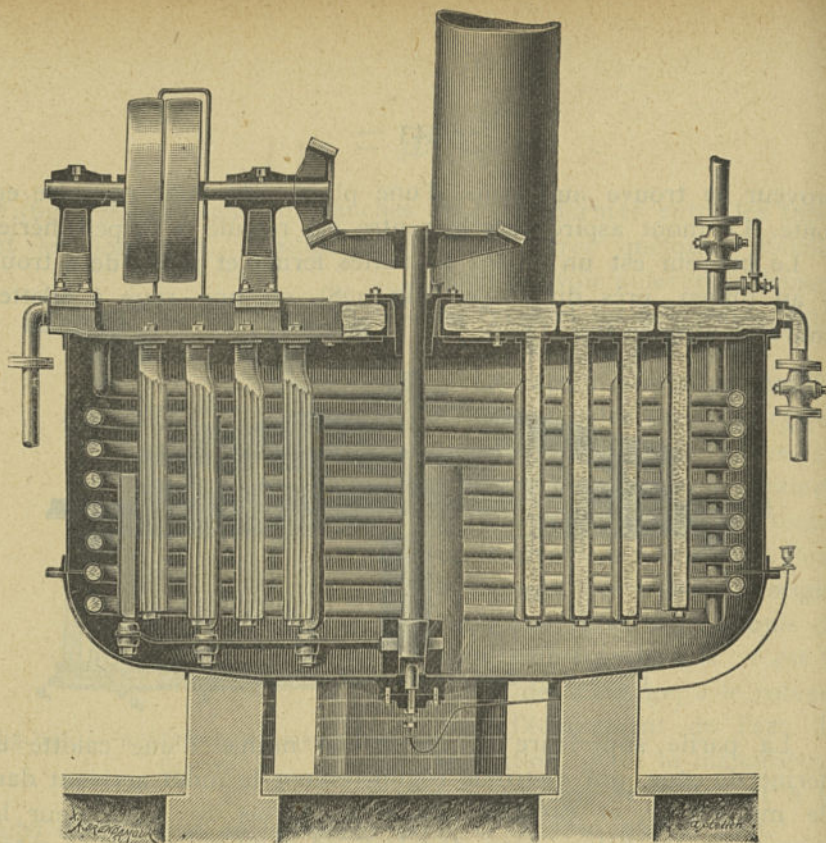


Fig. 140. — Macérateur réfrigérant Paucksch avec agitateur à développantes de cercle.
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Ce nouveau macérateur, représenté par la figure 140, est muni d'un agitateur très énergique, d'un réfrigérant à poches et, en outre, d'un serpentín.

L'agitateur se compose d'un arbre vertical, à la partie inférieure duquel est calé un croisillon en S, dont chaque bras a la forme d'une développante de cercle, et qui porte des tringles verticales occupant toute la hauteur du moût dans la cuve.

Le macérateur a la forme d'une coquille en fonte, à paroi très résistante, surmontée d'un cylindre en tôle. Sur celui-ci se trouvent posés horizontalement des sommiers creux en fonte, sur lesquels sont boulonnées des poches munies de nervures, dans le but d'augmenter leur surface.

Les tringles verticales passent entre ces poches, en sorte que le moût, en contact avec la surface réfrigérante, est constamment renouvelé. Pour augmenter la surface réfrigérante sans multiplier par trop le nombre des poches, ce qui rendrait l'intérieur du macérateur peu accessible et, par suite, d'un nettoyage difficile, la paroi intérieure est tapissée d'un serpentín, qui, en combinaison avec les poches, donne une bonne réfrigération avec un minimum de consommation d'eau.

L'eau froide entre à une extrémité du sommier creux, traverse toutes les poches, divisées en deux compartiments par une cloison verticale, de haut en bas et de bas en haut, et sort à l'autre extrémité après avoir fait un très long parcours qui assure son utilisation complète. Le serpentín a une arrivée d'eau spéciale, de façon à ce qu'on puisse au besoin refroidir avec les poches seules ou avec le serpentín seul.

La forme spéciale de l'agitateur a une grande importance; le croisillon à développantes occasionne un mouvement continu du moût du centre vers la périphérie, en sorte qu'il se produit forcément un mélange intime. La distance entre ce croisillon et le fond du macérateur n'étant que de quelques millimètres, les parties de moût non divisées par la cuisson sont broyées par l'agitateur.

Macérateur Pampe

295. Dans cet appareil on produit le mélange intime de la masse d'empois en la projetant dans un espace vide au moyen d'un disque ou volant horizontal en bronze, et on la broie, non pas à la partie inférieure du moût, sous la pression du liquide,

mais dans l'espace libre au-dessus du moût, ce qui procure une économie de force motrice.

Au milieu du cylindre en cuivre se trouve une caisse verticale en forme de poire (fig. 141), dont les deux embouchures, en haut et en bas, sont fermées chacune par une turbine analogue à celle d'une pompe centrifuge. Au-dessus de la turbine supérieure se trouve un disque constitué par une forte plaque de cuivre, fixée sur le même arbre que les deux turbines, mais d'un diamètre plus grand.

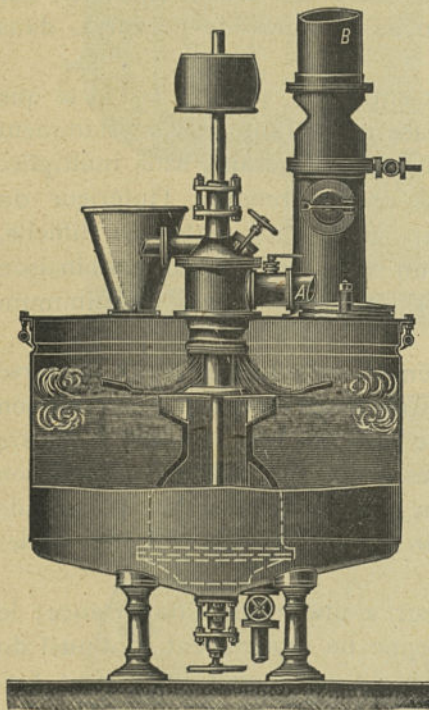


Fig. 141. — Macérateur Pompe avec réfrigération par ruissellement.

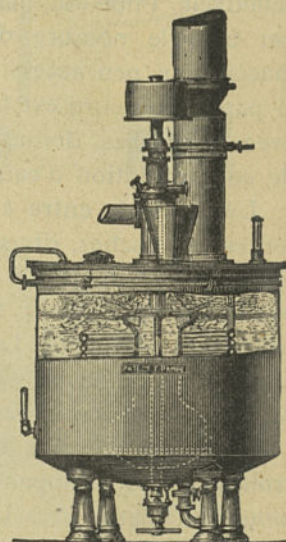


Fig. 142. — Macérateur Pompe avec réfrigération par ruissellement et par serpentin.

Aussitôt la cuisson terminée, la matière première est refoulée, non pas dans la cheminée B, en dessous de l'exhausteur, mais dans le broyeur, par la tubulure figurée à gauche, et la masse broyée tombe sur le disque en cuivre, qui la projette contre les parois du macérateur. Elle descend ensuite et arrive au fond de la cuve, où elle est aspirée par la turbine inférieure; elle monte dans le tuyau en forme de poire et passe par la turbine supé-

rieure, qui la projette de nouveau contre les parois. Ce mouvement se continue, en sorte que la masse sortant du cuiseur est constamment mise en contact avec de nouvelles parties de moût.

Le malt écrasé est introduit dans le macérateur par une trémie; il tombe sur le plateau en cuivre, qui le lance immédiatement contre la paroi, constamment refroidie par un ruissellement d'eau froide. Le malt projeté contre la paroi rencontre le moût, notablement refroidi, renvoyé par cette paroi, et tout danger de brûler la diastase se trouve écarté.

En dessous de l'arrivée du moût se trouve un gros tuyau A, en communication avec l'air extérieur. La masse, en passant en face de ce tube, aspire de l'air, qui est refoulé dans le moût. Cette aération est avantageuse pour la mise en fermentation et contribue en outre au refroidissement.

Le maintien en état de propreté de cet appareil est très simple. Il n'y a à l'intérieur ni poches réfrigérantes, ni angles, ni recoins dans lesquels puissent se loger des restes d'empois et de moût. Le nettoyage se fait simplement, en introduisant un peu d'eau bouillante pendant que l'agitateur tourne.

Pour le travail des céréales, sans pression, l'eau d'empâtage est d'abord chauffée à la température voulue au moyen de vapeur, puis la farine est introduite par l'entonnoir. le disque en cuivre la lance en poussière et elle se mélange intimement à l'eau. Pendant l'introduction de la farine, le macérateur est complètement fermé et l'exhausteur au repos, en sorte que la farine ne peut pas s'en aller en poussière.

La figure 142 représente le même appareil muni en outre d'un serpentín, en sorte que le refroidissement est produit à la fois par ce serpentín et par le ruissellement de l'eau sur la paroi extérieure.

Macérateur Hampel, de Drede

296. La masse sortant du cuiseur entre d'abord par *b* dans un broyeur *c* (fig. 143 et 144) formé par une surface broyante fixe *f* contre laquelle tourne le cône *g* fixé sur l'arbre *n n* qui porte l'agitateur *o*. Ces deux surfaces broyantes sont lisses, en sorte que les corps étrangers qui passent entre elles ne peuvent occasionner aucun trouble dans le fonctionnement. On règle exactement la

position du cône broyeur mobile au moyen du collier *h* et de la vis de rappel *i*.

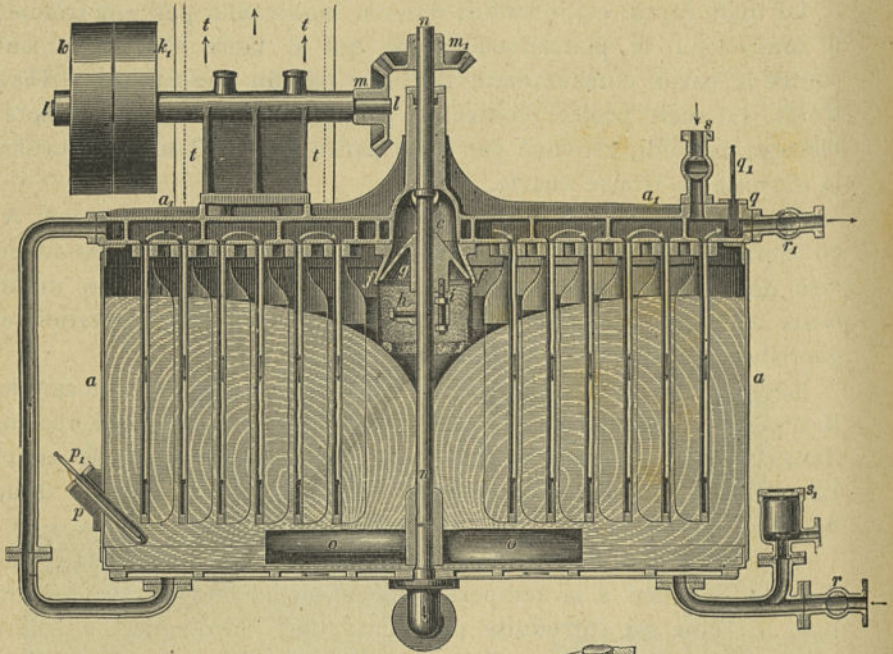


Fig. 143. — Macérateur de Hampel.

Le macérateur porte une cheminée *t*, mais pas d'exhausteur. Les tubes de réfrigération suspendus au sommier creux *a₁ a₁*, refroidissent rapidement le moût, grâce à l'agitation énergique qui règne dans la cuve; en sorte qu'il n'y a pas grand danger de brûler de la diastase.

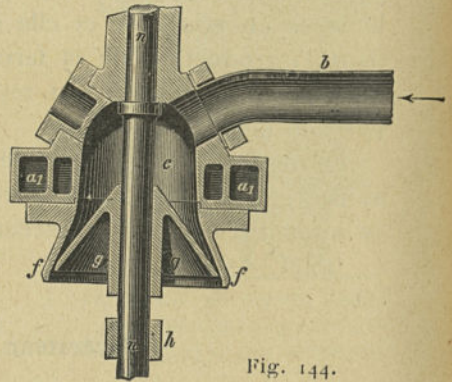


Fig. 144.

Appareil Schmidt de Cüstrin

297. Ce macérateur est muni de tubes réfrigérants horizontaux de 50^{mm} placés en deux faisceaux de chaque côté de l'arbre (fig. 145). Les tubes des rangées horizontales du milieu sont réunis, en

dehors du macérateur, par des coudes (fig. 146). L'eau arrivant dans les tubes inférieurs s'en va d'abord en arrière, revient en avant, retourne en arrière et revient encore en avant. Pour que le démontage se fasse rapidement, les joints des tubes sont faits

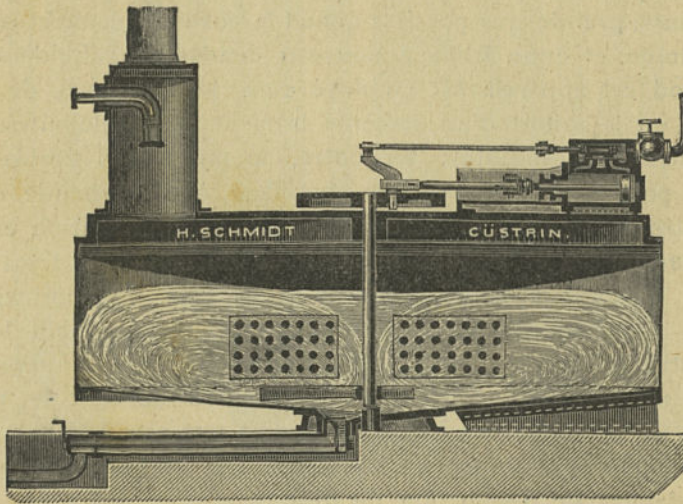


Fig. 145. — Macérateur réfrigérant à faisceaux tubulaires.

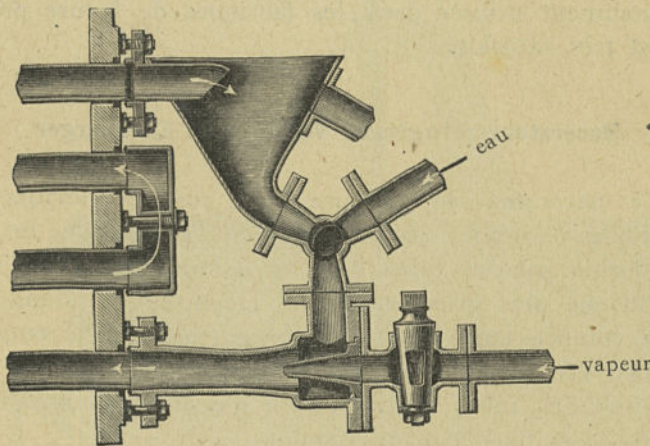


Fig. 146. — Dispositif pour le chauffage par les faisceaux tubulaires.

en caoutchouc; il suffit de dévisser un ou deux écrous pour pouvoir nettoyer l'intérieur des tubes et même démonter ceux-ci.

L'agitateur se compose d'un croisillon à trois bras recourbés. Ce croisillon est calé sur un arbre vertical mis en mouvement

par une transmission ou par un moteur monté directement sur le sommier transversal. Ce dernier système, employé de préférence pour les grands macérateurs, présente cet avantage qu'on peut à tout moment donner à l'agitateur la vitesse que l'on désire : faible au début pendant que la masse est très épaisse et éclabousse facilement, aussi grande que possible quand la cuve est pleine et la masse assez fluide, et enfin faible à nouveau pendant le refroidissement.

Quand cet appareil est employé dans les fabriques de levure pressée, on le munit d'un système broyeur à grande vitesse (700 à 750 tours par minute); en outre, le réfrigérant tubulaire est agencé pour pouvoir servir de chauffage à eau chaude comme le montre la figure 146. Si on établit la communication entre le tube marqué *eau* et le tube inférieur de réfrigération, l'eau froide suit le parcours indiqué ci-dessus et s'écoule constamment par le trop plein de l'entonnoir; au contraire, si on établit la communication de l'entonnoir avec le tube inférieur et qu'on fasse arriver un filet de vapeur dans ce tube en ouvrant le robinet qui est fermé sur le dessin, il se produit une circulation continue d'eau chaude, qui donne un chauffage très doux, ne présentant aucun danger de destruction de diastase.

Nous appelons l'attention sur la disposition des tubes réfrigérants en deux faisceaux comme le montre la figure 145, car elle est fréquemment utilisée dans les fabriques de levure pressée et on en est très satisfait.

Macérateur réfrigérant Venuleth et Ellenberger

298. Ce macérateur se compose d'une cuve cylindrique à double paroi (fig. 147) pour la circulation de l'eau froide. Le réfrigérant est formé par des tubes *b* en fer entourés chacun d'un tube *a* concentrique plus gros, en cuivre. L'eau circule dans l'espace annulaire compris entre les tubes concentriques. Elle entre dans le sommier creux, descend entre ces tubes et remonte dans le tube central. Les tubes centraux sont mis en communication par des coudes *d* et fixés par des boulons *c*.

Macérateur Camin et Neumann

299. Ce macérateur (fig. 148) est à fond conique, ce qui permet au broyeur de fonctionner dès qu'il y a une petite quantité de

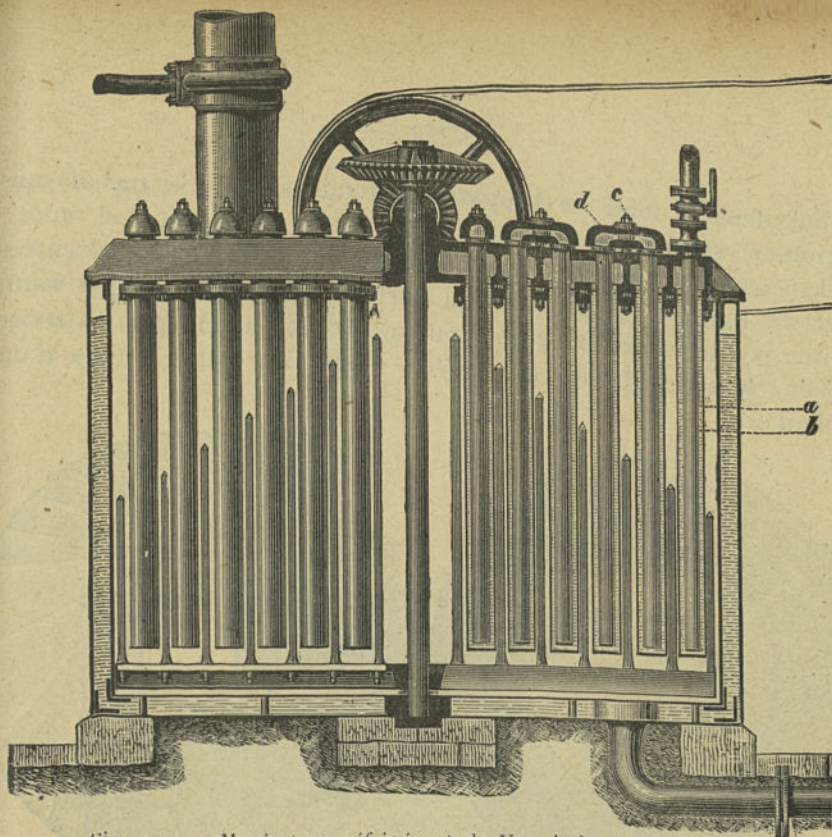


Fig. 147. — Macérateur réfrigérant de Venuleth et Ellenberger.

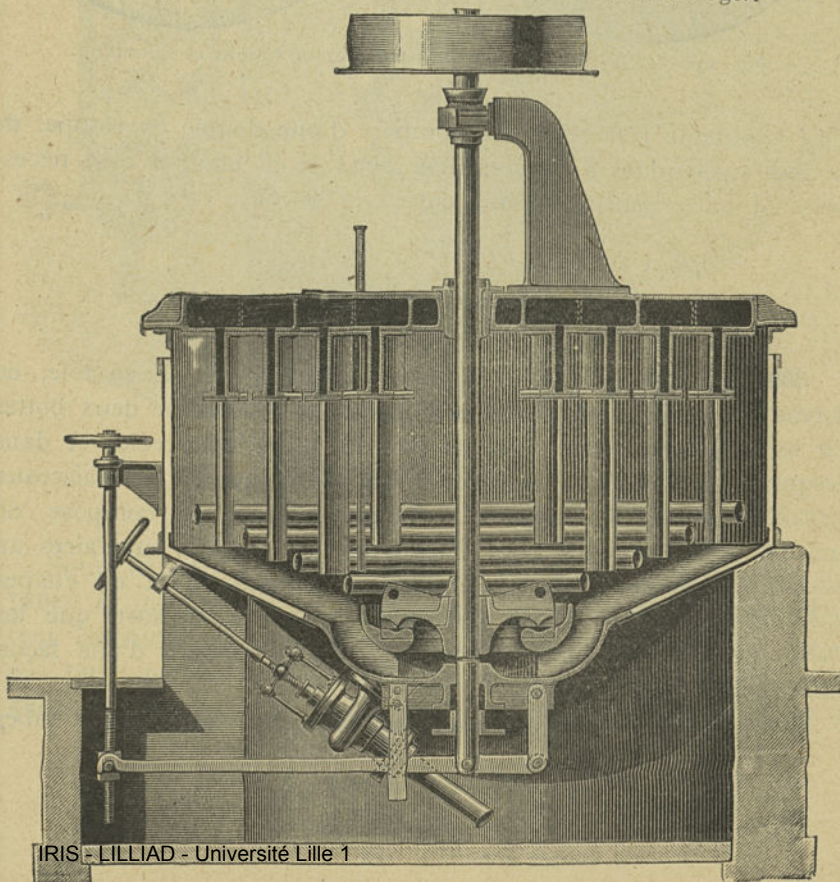


Fig. 148. — Macérateur Camin et Neumann.

moût dans le fond de l'appareil et rend possible le travail sans agitateur spécial.

Les plaques cannelées des broyeurs ont les formes représentées par la figure 149. L'arbre qui porte la plaque mobile est muni d'une poulie commandée par courroie et est soutenu par un levier qu'on élève ou abaisse au moyen d'une tige filetée munie d'un volant.

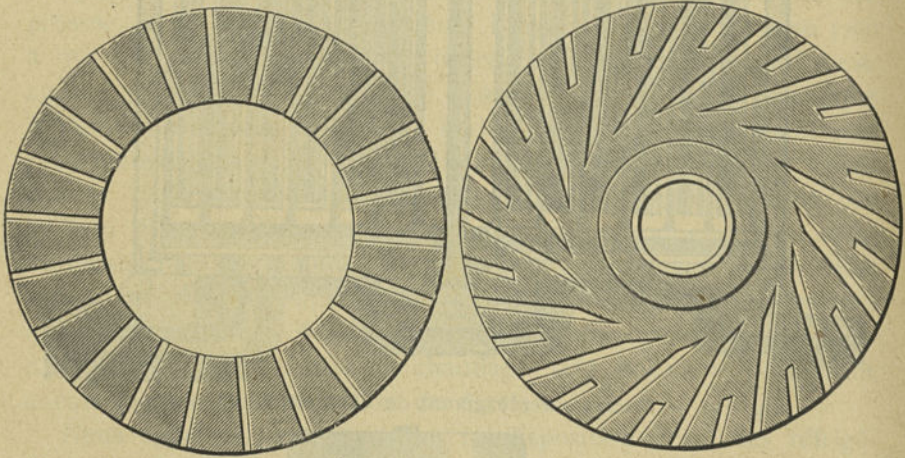


Fig. 149. — Disques broyeurs du macérateur Camin et Neumann.

Le système réfrigérant se compose d'une double enveloppe, de poches suspendues à un sommier creux et en plus, si c'est nécessaire, d'un serpentín passant entre ces poches.

Macérateur Egrot

300. Cet appareil (fig. 150) se compose d'une auge, en tôle, en forme de pétrin, qui porte sur chaque face extrême deux boîtes en fonte pouvant être fermées par de petits couvercles et dans lesquelles aboutissent des tubes en laiton réunis en faisceaux parallèles à l'axe de l'appareil. Chaque faisceau se compose de quatre tubes. Ceux-ci sont fixés dans les plaques tubulaires au moyen de rondelles ou collerettes en caoutchouc et de chapes qui emboîtent les quatre garnitures à la fois, en sorte que les tubes peuvent se dilater librement et être enlevés d'une façon aussi simple que possible.

L'eau entre dans les faisceaux tubulaires du bas par deux tubes

qu'on aperçoit à droite et à gauche, traverse ces faisceaux dans toute leur longueur, monte dans ceux qui se trouvent au-dessus et qu'elle traverse de même, et sort finalement à la partie supérieure par deux tubes qui courent de chaque côté le long du macérateur.

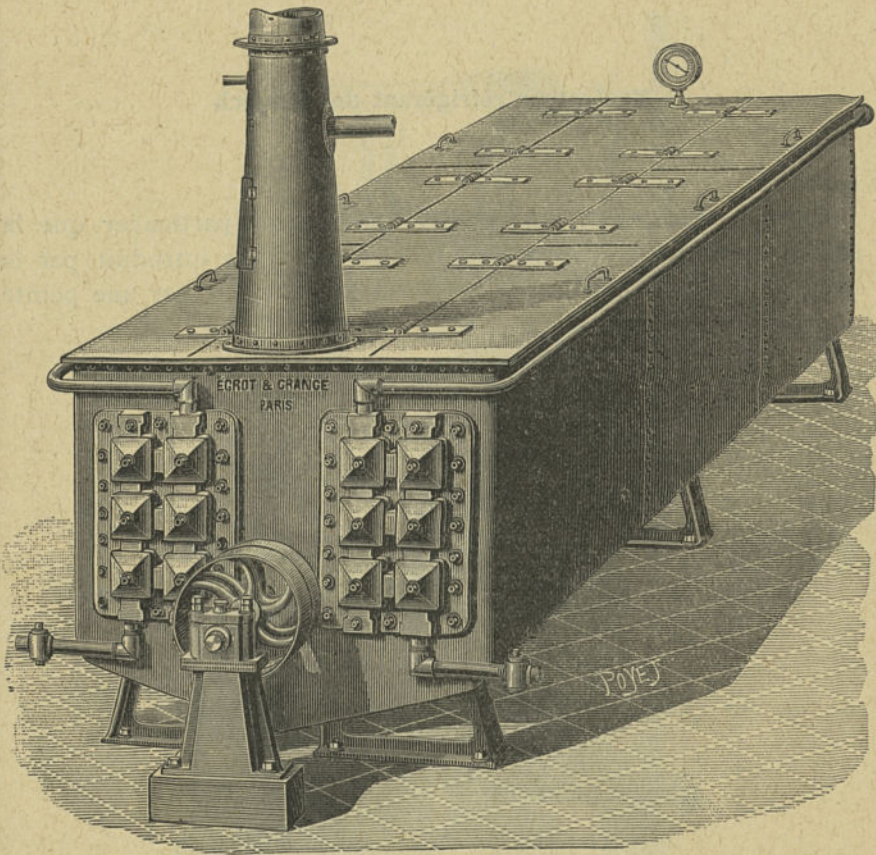


Fig. 150. — Macérateur Egrot.

Pour activer le renouvellement du liquide au contact des tubes, le macérateur est muni, dans sa partie basse, d'un agitateur constitué par une hélice tournant à une vitesse de 400 à 600 tours par minute. Cette hélice se meut dans un tube court garni intérieurement de dents ; la force centrifuge pousse la

matière contre la paroi intérieure de ce tube où toutes les matières solides en suspension sont broyées contre les dents.

Ce macérateur est fermé par un couvercle en tôle muni de chaque côté de 3 trappes. En avant de l'appareil se trouve une cheminée qui supporte le tuyau de vidange et un pulvérisateur de moult; une porte placée en face permet d'inspecter le tout.

Macérateur réfrigérant de Plütsch

301. Ce macérateur (fig. 151) ne présente de particulier que la façon de nettoyer le serpentin réfrigérant. On y introduit par le haut un petit cylindre en laiton terminé d'un côté par une pointe

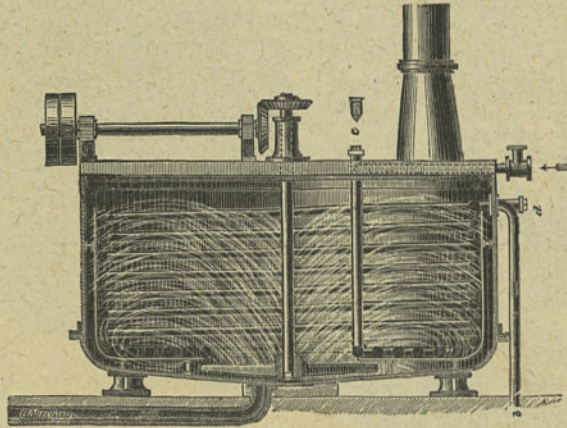


Fig. 151. — Macérateur réfrigérant de Plütsch.

et de l'autre par une manchette en cuir, et entouré d'une brosse, puis on fait passer la vapeur; celle-ci chasse devant elle ce petit appareil et tout le serpentin est nettoyé intérieurement. La brosse n'ayant que les $\frac{3}{8}$ du diamètre intérieur du serpentin, il n'y a pas à craindre qu'elle reste emprisonnée à un certain endroit du tube.

Macérateur avec dépeleur et appareil à lait de malt.

302. Le matériel de saccharification qu'on rencontre le plus

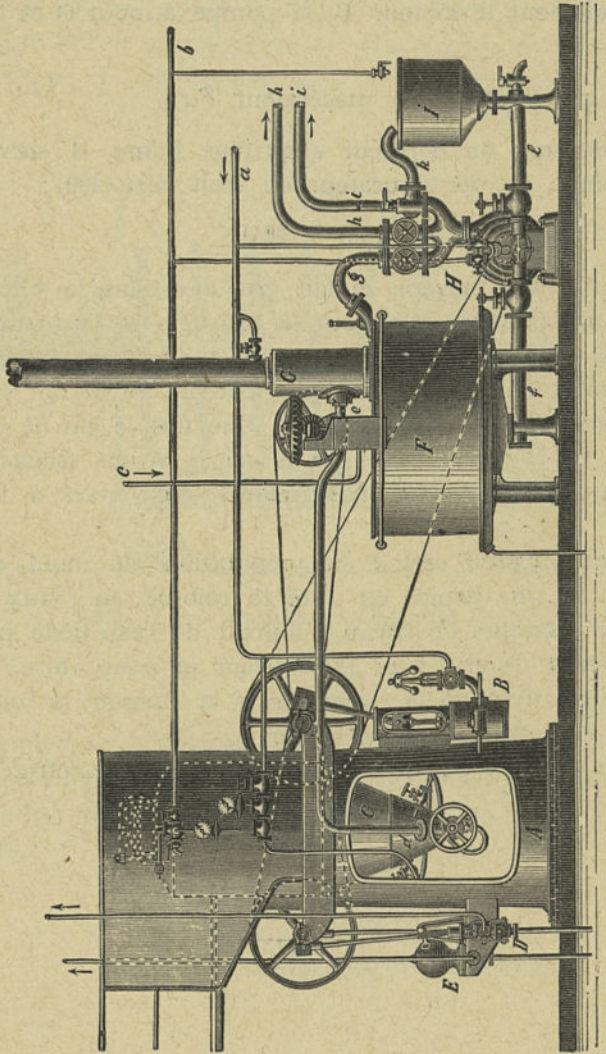


Fig. 152. — Atelier de saccharification pour distillerie agricole (Kyll).

souvent dans les distilleries françaises travaillant par le malt se

compose d'un macérateur communiquant avec un dépeleur et un appareil à lait de malt.

La figure 152 représente une installation complète d'un atelier de cuisson et saccharification pour une distillerie agricole traitant 1500 kilos de grains par 12 heures. Cette installation comprend les appareils suivants :

1° Un cuiseur vertical C reposant sur une boîte en fonte A portant également le moteur B, la pompe à moût D et la pompe à eau E ;

2° Une cuve-matière ou macérateur F ;

3° Un broyeur ou dépeleur centrifuge Bohm H servant à la fois de pompe ou de triturateur de malt vert (290) ;

4° Une cuve à lait de malt I (254).

La vidange du cuiseur se fait par *d e* dans la cheminée G munie d'un exhausteur. Pendant le broyage de la matière amy-lacée cuite, le dépeleur aspire par le tuyau *f* et refoule par le tuyau *g* muni d'un thermomètre ; pendant qu'on fait le lait de malt il aspire en *l* et refoule en K. Une fois le lait de malt fait, on l'aspire en *l* et le refoule en F par *g*. Après saccharification le moût sucré aspiré par *f* est refoulé aux cuves à fermenter par *h h*.

Le même appareil sert à la préparation du moût à levain. Préparé en F, on l'aspire en *f* et le refoule en *i* aux cuves à acidification lactique. Le tuyau *b* fournit de l'eau tiède pour faire le lait de malt, pour rincer le dépeleur et pour cuire.

Le tuyau *a* livre de la vapeur pour la cuisson, la marche des machines, le nettoyage du dépeleur.

Enfin le tuyau *c* amène de l'eau froide par le réfrigérant.

Macérateur réfrigérant de Bohm

303. Ce macérateur ressemblant beaucoup au cuiseur macérateur réfrigérant Bohm que nous avons déjà décrit, nous ne donnerons que la coupe de cet appareil (fig. 153). Le macérateur est à fond

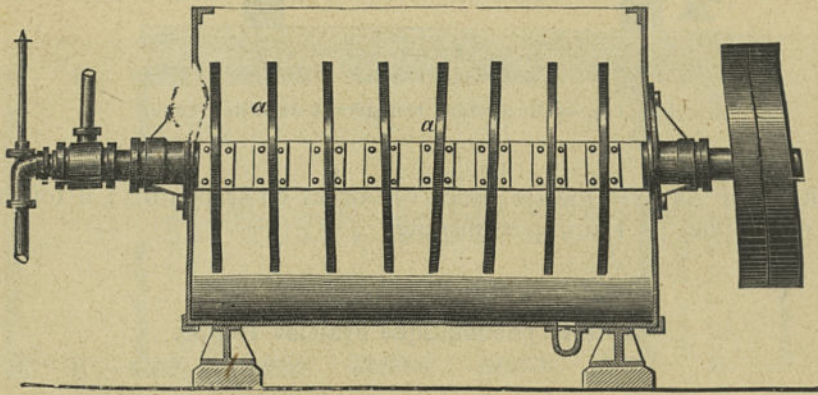


Fig. 153. — Macérateur réfrigérant de Bohm.

hémicylindrique, en forme de pétrin ; l'agitateur se compose d'un arbre horizontal sur lequel sont fixées de petites palettes creuses *a a*, comme celui qui est représenté par les figures 105 et 106, page 303.

Macérateur réfrigérant de D'Heureuse

304. Ce macérateur, construit par Eckert, de Berlin (fig. 154), est également en forme de pétrin. L'agitateur réfrigérant est con-

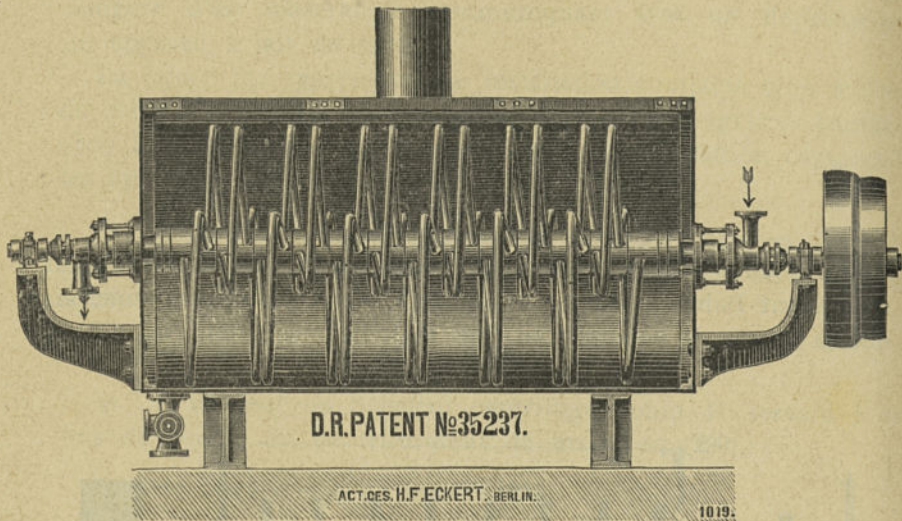


Fig. 154. — Macérateur réfrigérant de D'Heureuse.

stitué par un système de tubes recourbés en serpentins ; il tourne à raison de 30 tours par minute.

Malterie pneumatique système Pampe.

305. Avant de quitter le chapitre de la saccharification, nous donnerons encore la description de la malterie pneumatique système Pampe, qui aurait dû figurer au chapitre du maltage.

Dans la malterie pneumatique de Pampe, l'air circule de haut en bas, ce qui facilite le départ de l'acide carbonique, dont la densité est élevée.

Pour que les conditions de la germination soient tout-à-fait normales, la pression atmosphérique doit être dans les cases et dans le germoir la même qu'à l'extérieur. Dans ce but, il y a, comme le montre la figure 155, deux ventilateurs dont l'un, celui de gauche, aspire, tandis que l'autre, celui de droite, refoule.

Une des conditions les plus importantes est que le grain reçoive exactement la dose d'humidité nécessaire. A ce point de vue, les appareils ordinaires, comme la tour à coke de Galland et les autres humidificateurs d'air ne remplissent pas complètement leur but. Dans le système Pampe, l'air qui se répartit uniformément à la partie supérieure des cases est rempli d'eau pulvérisée

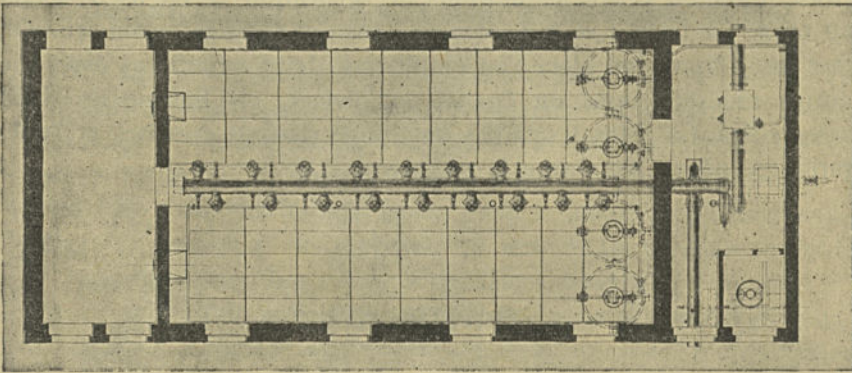
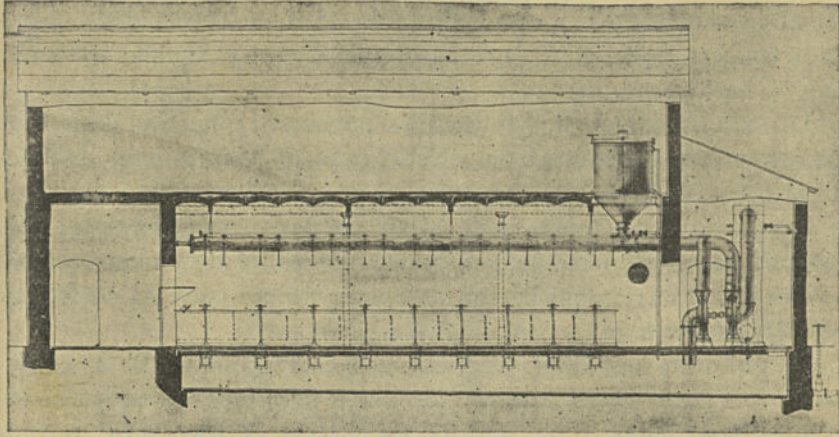


Fig. 155. — Malterie pneumatique à cases, système Pampe.

en sorte que celle-ci descend sur le grain en même temps que l'air. On peut de temps en temps arrêter l'accès de l'eau.

Les claies sur lesquelles se fait la germination peuvent être facilement enlevées pour le nettoyage des cases.

Les figures 155 et 156 montrent la disposition ordinaire des bâtiments. Mais le mieux est de faire une malterie à 3 étages. Au rez-de-chaussée sont les cases à malter, les ventilateurs, le pulvérisateur d'eau, etc. Le premier étage reçoit deux cuves mouilloires et peut ser-

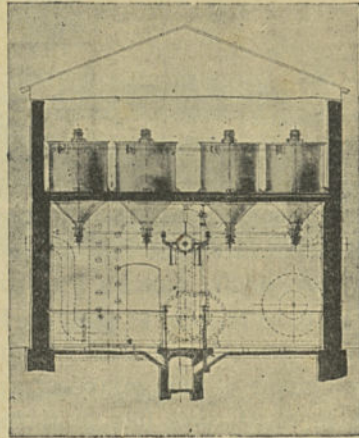


Fig. 156. — Malterie pneumatique.

vir aussi d'atelier de *fanage*. Enfin le 3^e étage reçoit deux cuves de premier mouillage ; il sert de grenier et on y installe les appareils à nettoyer les grains.

Les grains sont d'abord mouillés pendant 24 heures dans une des deux cuves de l'étage supérieur, passent ensuite dans une des cuves du bas, puis dans les cases.

Les cases sont simplement séparées par des cloisons en tôle galvanisée qu'on enlève facilement. A l'extrémité de chaque rangée de cases se trouve, dans la muraille, une trémie pouvant se fermer hermétiquement.

On fait tous les jours deux charges correspondant à la contenance de deux cases. Quand les deux dernières cases, près des trémies, sont vidées, on nettoie les parois et les claies, on les rince, puis on retire les cloisons de séparation et on les suspend au mur. Le travail se fait comme dans le maltage ordinaire. On met les cloisons en place, on emplit les deux premières cases de grains mouillés dont on égalise la surface, on nettoie les deux cases suivantes dans lesquelles les grains passent ensuite, et l'opération se poursuit comme la première.

CHAPITRE XVII

Refroidissement des moûts jusqu'à la température de fermentation

306. Après saccharification, le moût qui se trouve dans la cuve-matière a une température d'environ 60° C. Comme cette température est beaucoup trop élevée pour la fermentation, il est nécessaire de refroidir le moût.

Anciennement, on effectuait ce refroidissement en laissant le moût perdre une partie de sa chaleur par évaporation et par rayonnement, puis en l'additionnant d'eau froide, pour le ramener à la densité voulue pour la fermentation. Comme on travaillait à faible densité, on avait beaucoup d'eau à ajouter et on arrivait facilement à une température suffisamment basse. Tout au début de la distillation des matières amylacées, on n'avait même pas de cuve-matière spéciale: on faisait l'empâtage et la saccharification

dans la cuve à fermenter, puis, cette opération terminée, on ajoutait de l'eau froide pour ramener à la température et à la densité voulues.

En Allemagne et en Autriche, la distillation des matières amylacées est depuis longtemps très répandue; l'établissement de l'impôt sur le volume du moût produit ou sur la capacité des appareils, obligea les distillateurs à travailler des moûts très épais, ce qui rendit impossible le refroidissement par addition d'eau.

On imagina alors un grand nombre d'appareils pour activer la circulation de l'air et pour refroidir par l'eau, sans la mélanger au moût.

Refroidissement par rayonnement et par contact de l'air.

307. Le refroidissement par rayonnement et par contact de l'air était autrefois partout et presque exclusivement employé. Le moût était exposé au contact de l'air dans des bacs très plats, appelés bacs à refroidir, analogues à ceux encore usités actuellement en brasserie. Pour les moûts épais, le refroidissement était lent, à cause de leur peu de mobilité; la couche supérieure refroidie, ne pouvant pas descendre pour faire place à du liquide plus chaud, arrêtait le refroidissement. Pour parer à cet inconvénient, on remuait le liquide au moyen de mouverons ou d'un agitateur mécanique. C'est surtout l'évaporation occasionnée par le contact

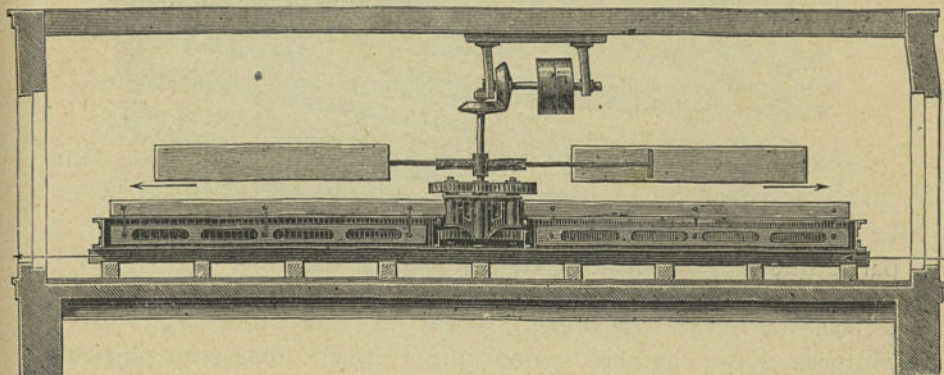


Fig. 157. — Bac à refroidir.

de l'air qui produit le refroidissement, chaque kilo d'eau évaporée enlevant, comme on sait, 537 calories; il faut donc faire en sorte que l'évaporation soit aussi intense que possible.

Le bac à refroidir, tel qu'il a été longtemps employé dans les distilleries allemandes, se composait d'un réservoir cylindrique très peu profond, dans lequel tournait un agitateur à palettes; au-dessus du bac tournait un autre agitateur, destiné à renouveler rapidement l'air au contact du moût (fig. 157).

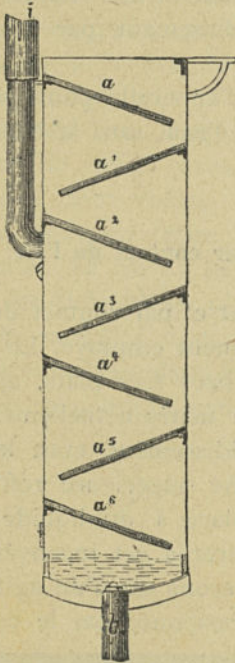


Fig. 158.
Réfrigérant C. Siemens.

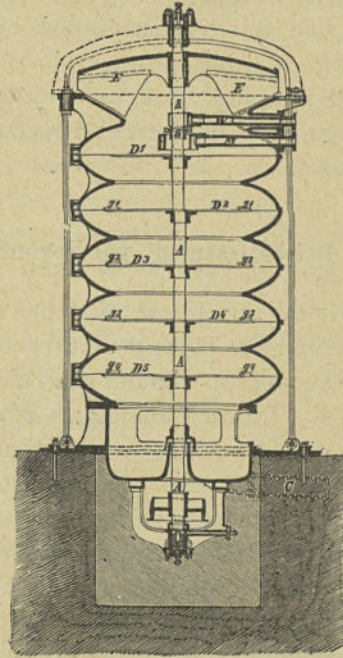


Fig. 159.
Réfrigérant centrifuge de Siemens.

308. *Réfrigérant C. Siemens, de Hohenheim.* — Il se compose d'une chambre dans laquelle sont disposées plusieurs surfaces inclinées. Le moût descend le long de ces surfaces pendant que, par la partie inférieure, on injecte de l'air dans la chambre (fig. 158).

309. *Réfrigérant centrifuge Siemens, de Charlottenbourg.* — Il se compose d'une chambre cylindrique verticale divisée en plusieurs compartiments et traversée par un arbre vertical portant autant de disques que de compartiments (fig. 159).

Le moût s'écoule dans le compartiment supérieur sur le premier disque, est projeté vers la périphérie et finement divisé par la force centrifuge, tombe au centre du disque suivant, où il est

de nouveau divisé, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il soit à la partie inférieure. L'air injecté à la partie inférieure au moyen d'un ventilateur circule en montant à l'encontre du moût, qu'il refroidit, et sort à la partie supérieure.

Cet appareil est depuis longtemps abandonné en distillerie, tandis qu'il paraît avoir donné toute satisfaction dans les fabriques de levure pressée. On lui reproche de coûter cher et d'être d'un montage difficile, d'être difficile à manier et à surveiller. Il exige aussi une force motrice assez notable.

D'après Stenglein, le meilleur réfrigérant par l'air est celui de Gontard, que nous avons décrit à propos du travail des betteraves par cuisson (L. II, p. 207 et 208).

Refroidissement par l'eau

310. Le refroidissement par l'eau peut s'opérer de deux manières différentes :

1^o En faisant circuler le moût à l'intérieur de tubes entourés d'eau froide;

2^o En faisant circuler l'eau à l'intérieur de tubes plongeant dans le moût à refroidir.

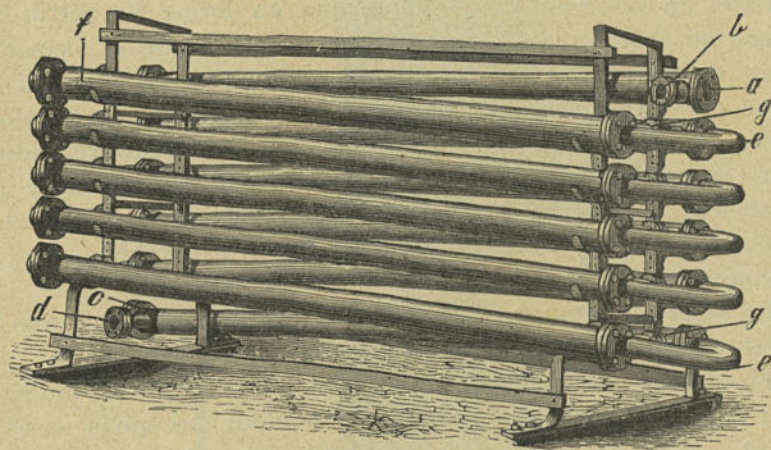


Fig. 160. — Réfrigérant de Nægeli.

311. *Refroidissement par le passage du moût à l'intérieur de tubes ou d'une capacité en métal entourée d'eau.* — Le type de ces réfrigérants est celui de Liebeg, usité dans les laboratoires. Ce réfrigérant a été introduit en distillerie par Nægeli sous la forme que représente la figure 160. Le réfrigérant de Nægeli se compose d'une

série de tubes de petit diamètre *ee* disposés dans deux plans parallèles et réunis par des coudes.

Ces tubes sont entourés sur toute leur longueur rectiligne de tubes de plus gros diamètre.

Le moût circule dans les petits tubes; il entre en *a*, circule en descendant et sort en bas en *c*.

L'eau entre en *d*, circule entre les tubes en montant, et sort chaude par la tubulure *b*. Les gros tubes communiquent entre eux par des bouts de tubes *g g*.

Ce réfrigérant ne présentait qu'une faible surface refroidissante, et il était lourd et encombrant. On a construit des réfrigérants analogues dans lesquels les tuyaux étaient plongés dans des rigoles en maçonnerie, où circulait un courant d'eau froide.

Aujourd'hui on a partout remplacé cet appareil par des réfrigérants multitubulaires, qui offrent une grande surface sous un volume relativement petit et qui sont, en outre, d'un nettoyage commode. Tels sont le réfrigérant de Paucksch et celui de Venuleth, que nous avons décrits à propos de la mélasse (p. 221 et 222).

312. *Réfrigérant Otto Hentschel*. — Cet appareil (fig. 161) forme le passage entre les réfrigérants à l'eau et les réfrigérants à l'eau et à l'air combinés.

Dans un réservoir héli-cylindrique en forme de pétrin *cc*, tourne un arbre creux *d*, portant une spirale creuse *e*, formée de lames de cuivre, et une poulie de commande. Ce réservoir est fermé par un couvercle en plusieurs parties, qu'on peut à volonté laisser en place ou enlever, suivant que l'on veut refroidir à l'abri ou au contact de l'air (refroidissement à l'eau et à l'air combinés). L'eau entre dans l'arbre creux par le tuyau à robinet *M*, parcourt les spires et sort en *K*. Le moût à refroidir entre par l'entonnoir *a*, muni d'une tôle perforée, et sort en *f*.

Le réservoir est, en outre, entouré d'une double enveloppe qui reçoit de l'eau froide par le tube *l*; celle-ci s'écoule par *m*.

En réglant convenablement l'entrée et la sortie du moût, on peut faire en sorte qu'un quart de la hauteur des spires sorte du liquide; alors, en enlevant le couvercle, le moût se présente en couche mince au contact de l'air, et il se produit une évaporation qui active beaucoup le refroidissement.

Ce réfrigérant est commode à nettoyer et, d'après Stenglein et Bücheler, il est très efficace. Otto Durst (1) recommande également ce réfrigérant pour les fabriques de levure pressée.

(1) Handbuch der Presshefabrikation, 2^e édition, 1897.

Le réfrigérant Hentschel prend peu de force, ne consomme que $\frac{1}{2}$ à $\frac{2}{3}$ de litre d'eau par litre de moût à refroidir, ne se bombe

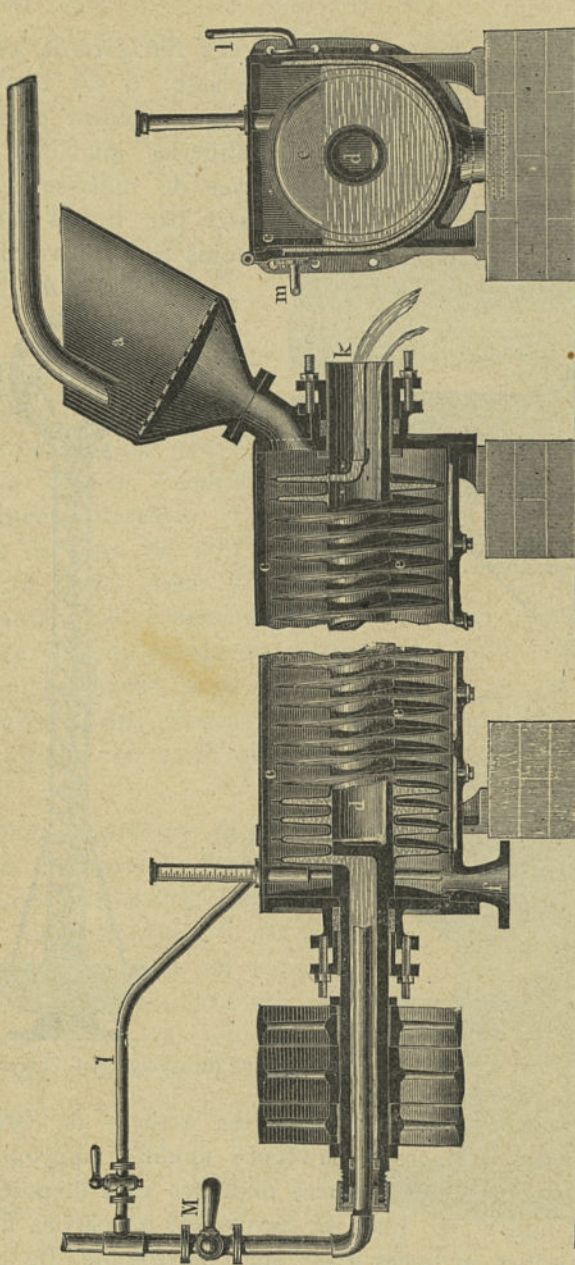


Fig. 161. — Réfrigérant Otto Hentschel.

pas dans les parties où circule l'eau, ne s'use que fort peu, est d'un montage facile et, enfin, prend peu de place.

Refroidissement par l'eau et par l'air combinés

313. Le type le plus employé de ces réfrigérants est celui de Lawrence, décrit à propos de la mélasse. Il est très commode pour le refroidissement des mouts clairs, comme ceux que l'on fait dans les brasseries, dans les distilleries anglaises de grains par mouts clairs, dans les distilleries de mélasse et dans les fabriques allemandes de levure pressée par mouts clairs (aérolevure pressée) ; mais il convient moins pour le refroidissement des mouts épais.

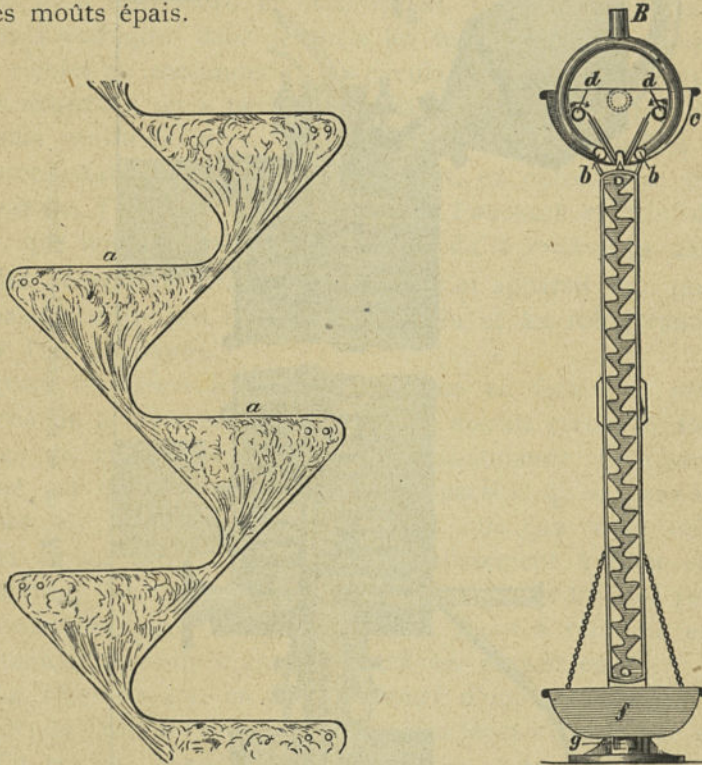


Fig. 162. — Surfaces refroidissantes du réfrigérant Theisen.

Theisen a fait construire par les ateliers de Grevenbroich (Allemagne), un réfrigérant Lawrence modifié, approprié au travail de mouts épais. Les surfaces ondulées sont disposées comme l'indique la figure 162. Elles se composent de parties horizontales *a a* et de parties inclinées à 45° sur l'horizontale. De cette forme particulière, il résulte que le mout a un très long espace à parcourir, qu'il descend régulièrement et lentement le long de la

surface ondulée, sans jamais abandonner cette surface, sans écla-
boucher et sans tomber, par gouttes, d'une ondulation sur l'autre.
En outre, on peut facilement atteindre tous les points de la sur-
face à l'aide d'une brosse, en sorte que le nettoyage est très facile.

La figure 162 représente le réfrigérant à ruissellement de Theisen.
A est la surface ondulée, B le tuyau d'arrivée de moût chaud,
c la gouttière distributrice, f la gouttière collectrice, b b l'arrivée du
moût, g la sortie du moût.

Ce réfrigérant ne convient pas aux moûts dilués troubles
employés à la fabrication de
la levure pressée, à cause de
la séparation qui se produit
facilement dans ces moûts
entre la partie liquide et les
parties solides ou drèches.

Les réfrigérants du genre
Lawrence et Theisen doivent
être solidement construits et
la pression de l'eau ne doit
pas être trop forte, sinon il
peut se produire des éventrements de la surface métallique.

La figure 163 représente un réfrigérant à tubes] concentriques.
Le moût (all^d *maische*) passe par le tube du milieu et entoure
le tube central ; l'eau (*wasser*) passe dans le tube central et dans
le tube extérieur, en sorte que le moût est environné d'eau de
tous côtés.

314. *Refroidissement par la glace.* —

Pendant les chaleurs de l'été, il est
parfois avantageux d'employer de la
glace pour refroidir. Mais il ne faut
pas oublier que la glace est souvent
souillée d'un grand nombre de mi-
crobes ; pour éviter de souiller ces
moûts, il faut donc mettre la glace
dans un réservoir métallique en cuivre,
qu'on fait flotter dans le liquide à
refroidir. La figure 164 représente un
de ces réservoirs en tôle de cuivre
ondulée. La chaleur latente de fusion
de la glace est de 79 cal. 25, c'est-à-dire qu'un kilo de glace absorbe
pour sa fusion 79 cal. 25 sans changer de température.

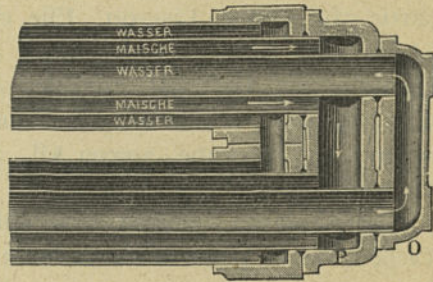


Fig. 163. — Réfrigérant à tubes
concentriques.

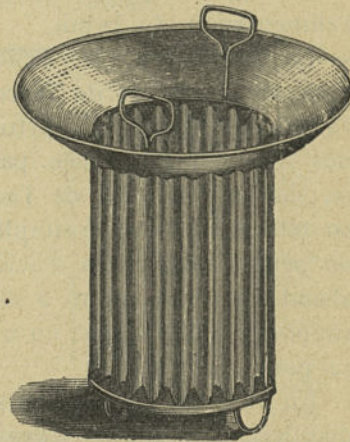


Fig. 164. — Réfrigérant à glace.

CHAPITRE XVIII

Travail de la patate douce

315. *Origine et composition.* — La patate douce (*convolvulus batata*) est une plante de la famille des convolvulacées et fait partie du genre Liseron. Elle est originaire des Antilles et de l'Asie, d'où elle s'est répandue dans le midi de l'Europe, en Espagne, en Portugal, aux îles Açores. On a également essayé d'en répandre la culture dans le midi de la France où l'on a obtenu en moyenne 30.000 kil. à l'hectare, et même dans les environs de Paris.

Cette plante produit des rhizomes charnus ayant un peu l'aspect de la pomme de terre et à peu près la même composition; sous ce dernier rapport elle en diffère principalement en ce qu'elle renferme une certaine proportion de saccharose. Le fruit est généralement plus gros que la pomme de terre et le mode de reproduction est différent.

Au lieu de planter les patates, on les met entre deux couches de fumier disposées en lignes sur une faible largeur; il se produit des pousses qu'on enlève en les coupant et qu'on plante ensuite comme s'il s'agissait de fraises. Les tiges peuvent servir à l'alimentation du bétail.

La fabrication de l'alcool au moyen de patates est localisée dans les deux îles de Terceira et de Saint-Michel, appartenant à l'archipel des Açores (Portugal). La première distillerie de patates des Açores fut installée par Savalle dans l'île Terceira, en 1879; on saccharifiait par de l'acide chlorhydrique dans des Krügers, on refroidissait par le simple contact de l'air et par addition d'eau, on neutralisait l'excès d'acide par du carbonate de chaux, puis on abandonnait le moût à la fermentation spontanée. Malgré la simplicité du procédé, on obtenait encore un rendement d'environ 12 pour 100 d'alcool.

En 1882 on monta dans l'île St-Michel (à Lagoa) la première distillerie de patates travaillant comme les distilleries allemandes de pommes de terre, et dans cette île seule on travaille maintenant un total de 30 à 50 millions de kilogs, réparti sur trois distilleries.

Au début de la culture de cette plante aux Açores, la récolte

se faisait généralement en septembre, tandis qu'actuellement elle ne se fait guère qu'en octobre.

La richesse des patates semble également avoir baissé, ce qu'on attribue au manque de soins culturaux, les fermiers se refusant à employer des engrais convenables.

Nous ne possédons aucune analyse des patates primitivement travaillées aux Açores.

Raimond cite les résultats de douze analyses de patates douces exécutées au laboratoire agricole de la Pointe-à-Pitre (Guadeloupe). Il a trouvé en moyenne :

Sucre cristallisable	5,35
Glucose	0,52
Amidon	16,15

Valeur en amidon (1) $16,15 + 5,35 \times \frac{90}{95} + 0,52 \times \frac{90}{100} = 21,68$.

Rallu donne l'analyse suivante pour des patates dont nous ne connaissons pas l'origine :

Eau	67,50
Sucre	10,20
Amidon	16,05

Enfin Reinke indique une valeur en amidon de 25,30 à 26,00. Le docteur Wellhäuser, chimiste attaché à la distillerie de Santa-Clara (île Saint-Michel), a fait un grand nombre d'analyses complètes des patates récoltées actuellement dans l'île Saint-Michel, et il nous a communiqué les résultats suivants :

	PAUVRES	RICHEs
Eau	76,83	67,79
Cendres	1,17	1,30
Cellulose	0,93	1,27
Protéine	1,28	0,74
Matières grasses	0,13	0,29
Matières extractives non azotées	19,66	28,61
	100,00	100,00
Acide phosphorique	0,123	0,145
Potasse	0,520	0,710
Valeur amidon	14,77	22,83

(1) 90 k. d'amidon ou de dextrine ($C^6 H^{10} O^5 = 162$), correspondent à 95 k. de maltose ou de saccharose ($C^{12} H^{22} O^{11} = \frac{342}{2} = 171$) et à 100 k. de dextrose ou de lévulose ($C^6 H^{12} O^6 = 180$).

Le Dr Wellhäuser a généralement négligé le dosage séparé du sucre, mais il affirme que la proportion de sucre ne dépasse guère 1,5 à 3,5 % soit en moyenne 2,5 %. De notre côté, nous avons essayé un grand nombre d'échantillons de patates de l'île Terceire, mais en nous occupant surtout de l'amidon et du sucre, et nous avons trouvé une richesse en amidon variant de 14 à 22 contre 2 à 4 % de *saccharose*.

Aux Antilles et au Vénézuëla, il existe d'après M. Arachequesne, un grand nombre de variétés de patates de goûts fort différents, quoique toutes propres à la distillerie ; mais dans ces pays où l'on brûle la mélasse quand l'alcool ne vaut pas 9 fr. l'hecto à 100°, la patate n'a jamais été étudiée industriellement.

Traitement de la patate douce

316. Les patates amenées à l'usine doivent être travaillées dans les 48 heures, car leur richesse diminue rapidement par le repos en tas. On les transporte au laveur dans des paniers ou à l'aide d'un transporteur à courroie ; les patates ayant une faible densité, on pourrait également employer le transporteur hydraulique (L. II, 131), mais on en est empêché par le manque d'eau.

Le lavage des patates se fait dans des laveurs analogues à ceux employés pour la pomme de terre ; on leur donne seulement des dimensions un peu plus grandes, les patates étant plus volumineuses que les pommes de terre.

Les cuiseurs également sont identiques à ceux usités pour la pomme de terre.

Le cuiseur étant rempli complètement de patates, on ferme le trou d'homme et on fait arriver la vapeur par le haut en laissant ouvert le tuyau de purge placé à la partie inférieure, tant qu'il s'écoule du liquide. Au commencement le liquide qui s'écoule est froid et sale ; on le laisse couler à l'égout. Dès que le liquide qui s'écoule est chaud, on a affaire à de l'eau propre renfermant une certaine proportion de sucre ; dès ce moment on envoie le liquide dans le macérateur (V. page 207).

Quand il ne s'écoule plus que de la vapeur, on ferme le tuyau de purge, on fait monter la pression environ en une heure à trois kilos, et on fait la vidange sous cette pression.

Dans le macérateur on introduit, avec le malt finement broyé, une quantité d'eau suffisante pour que le moût ait finalement une

concentration de 15-16° Balling. Comme la vidange du cuiseur dure environ une heure, la saccharification est déjà fort avancée quand la vidange est terminée, et il suffit généralement de laisser la masse encore pendant 10 minutes en cuve-matière pour que la transformation soit complète. On vide alors la cuve-matière dans une citerne cimentée placée en dessous et dont le fond est incliné vers l'un des angles où se trouve une petite citerne. Cet angle est séparé du reste du réservoir par une grille. La pompe à moût sucré puise dans le fond de la petite citerne, en sorte que tout le moût est obligé de passer par cette grille qui retient la majeure partie des grosses pelures, et elle refoule le moût dans les cuves à fermenter à travers un réfrigérant genre Paucksch, Venuleth ou de tout autre système, qui le refroidit à environ 18° C.

La saccharification doit se faire à une température qui monte progressivement comme nous l'avons expliqué pour la pomme de terre. La diastase est fournie par du malt de maïs ou par un mélange de malt de maïs et de malt d'avoine. On emploie 2 kilos de maïs, ou 1 kilo de maïs et un kilo d'avoine, à l'état de malt vert, soit environ 3 kilos de malt vert par 100 kilos de patates (voir 246 et 248, le maltage de ces grains).

Le malt vert est broyé en présence de l'eau dans un moulin Excelsior Gruson, qui donne un lait de malt très homogène.

Un essai, désastreux d'ailleurs par suite du climat qui a tué cinq directeurs Européens, a été fait au Congo où l'on a voulu extraire à part la saccharose, puis travailler la pulpe par cuiseurs pour transformer l'amidon. On avait dû prendre cette mesure, paraît-il, pour éviter la caramélisation du sucre dans les cuiseurs. Nous ignorons les résultats de ces essais.

CHAPITRE XIX

Travail des Céréales

317. « Autrefois, dit M. Durin (1), avant l'extension de la culture de la betterave (2), le Nord de la France était couvert de petites distilleries de grains; le distillateur de grains était nourrisseur;

(1) Bulletin de l'Assoc. des Chimistes. Août 86.

(2) C'est-à-dire avant 1854. Voir 149 et 196.

la pâture grasse, la vieille pâture de quarante, cinquante années, faisait le fonds de sa culture. On y distillait le seigle et l'orge indigènes; on y gagnait beaucoup et on faisait des terres éminemment riches de terres plus ou moins pauvres.

» On avait ainsi capitalisé la fertilité et l'engrais; mais il a fallu cesser ce mode d'exploitation agricole, parce que les pays voisins ont compris combien la distillation agricole apportait de richesses; ils l'ont favorisée par des primes importantes de fabrication que nous n'avions pas en France, et les grains que nous récoltions ont été achetés par la Belgique, l'Allemagne, pour le plus grand bien de leur sol et de leur industrie, à des prix que nos distillateurs français ne pouvaient pas aborder. On a alors peu à peu dépensé le capital de fertilisation contenu dans ces terres riches du Nord; on a labouré des pâturages valant 12 à 15,000 francs et plus à l'hectare, parce qu'en dehors de la nourriture de ces pâturages, on n'avait plus de nourriture abondante pour le temps de la stabulation.

» Nous devons donc appeler de tous nos vœux une législation encourageante qui permette la création et le développement des distilleries agricoles. »

Nous avons déjà parlé de l'utilité d'une telle législation à propos des betteraves (149 p. 119) et nous avons dit que le nombre des petites distilleries agricoles de betteraves était beaucoup inférieur à ce qu'il pourrait être. Pour les céréales, l'absence d'une telle loi est encore plus à regretter, car la distillation agricole des grains n'existe pas en France, tandis qu'elle est très développée en Allemagne et en Belgique, où une législation spéciale favorise cette industrie.

Composition des diverses céréales.

318. *Composition de l'orge.* — D'après un travail tout récent de M. E. Fleurent, l'orge (fig. 165) renferme en moyenne 13,82 p. 100 de gluten, et ce gluten est composé de 84,40 p. 100 de glutencaséine, insoluble dans l'alcool, et de 15,160 p. 100 de gluten-fibrine et de conglutine solubles dans l'alcool.

D'après Osborne, les matières azotées de l'orge renferment les composés suivants :

- 1° De la *leucosine*, identique à l'albumine du froment et du seigle, soluble dans l'eau et se coagulant à 52° (0,3 p. 100 environ).
- 2° Une faible dose de protéose.

3° De l'*édestine*, espèce de globuline insoluble dans l'eau, mais se dissolvant facilement dans les solutions de sel marin (1,95 p. 100).

4° De l'hordéine, protéide insoluble dans l'eau et dans les solutions de sel marin, mais extrêmement soluble dans l'alcool à 75 p. 100. Cette substance est identique à celle que Ritthausen a appelée mucédine et ressemble à la gliadine du froment et du seigle. (Ritthausen n'a pas trouvé de gliadine dans l'orge).

5° Une protéide insoluble qui est peut être identique à la gluten-caséine de Ritthausen (4,5 p. 100).

D'après les analyses de Wolff et celles de Dietrich et Koenig, les orges ont la composition suivante :

	D'APRÈS WOLFF	DIETRICH ET KOENIG		
		MINIMUM	MAXIMUM	MOYENNE
Humidité	14,3	7,23	20,88	13,77
Matières azotées	10,0	6,20	17,46	11,14
— grasses	2,5	1,03	4,87	2,16
— extractives non azotées	63,9	49,11	72,20	64,93
Cellulose	7,1	1,96	14,16	5,31
Cendres	2,2	0,60	6,82	2,69

Maercker a publié des analyses d'orges suivant les dimensions des grains :

	PROTÉÏNE	HYDRATES DE CARBONE	CELLULOSE
Orge fine, grains gros et farineux	8,0	63,0	3,5
Grains de grosseur moyenne	9,10	60,61	4,5
Petits grains	12,14	57	6,5

Le poids de l'hectolitre d'orge varie de 62 à 72 k. et est en moyenne de 68 k.

Les cendres de l'orge ont, d'après C. von Wolff, la composition suivante :

Potasse	32,20	20,15	11,39
Soude	6,00	2,53	0,00
Chaux	4,20	2,60	1,21
Magnésie	12,47	8,62	5,00
Acide phosphorique	42,56	34,68	26,01

Kœnig a trouvé que les 65,51 p. 100 de substances extractives non azotées que contient l'orge se composent de :

Amidon	61,25 p. 100	95,00
Sucre	1,02 — 2,43	2,40
	1,70	2,60
		100,00

En dehors du saccharose, on trouve dans l'orge du dextrose,

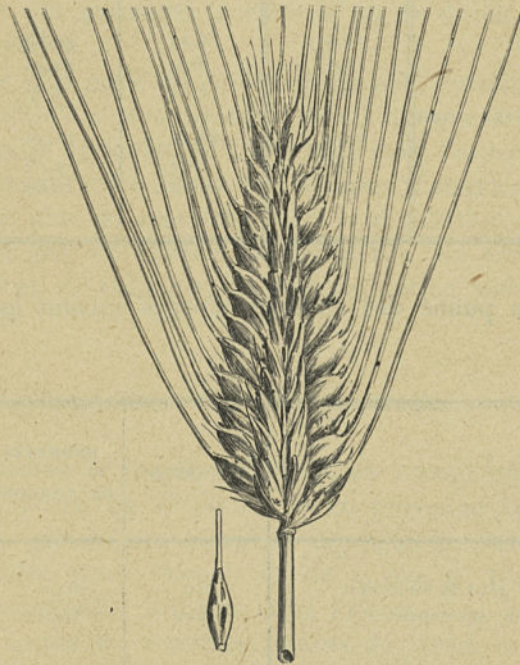
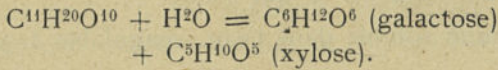


Fig. 165. — Orge éventail (épi et grain) (Vilmorin).

du lévulose, du maltose, du méltriose ou raffinose et un hydrate de carbone fermentescible, tel que la maltodextrine.

L'orge renferme une gomme, la galactoxylane, qui, par l'inversion, se dédouble en galactose et xylose.



La proportion de cendres que donne 100 kilos d'orge varie de 1,90 à 3,09 et est en moyenne de 2,60 %.

L'emploi d'une forte dose d'engrais azotés donne des orges riches en azote, plus petites, ayant moins de poids à l'hectolitre, moins bonnes pour la brasserie, mais bonnes pour la distillerie, car ces petits grains germent aussi bien que les gros et, étant riches en azote, donnent un malt plus énergique.

L'orge ayant besoin pour son développement de beaucoup de potasse et d'acide phosphorique, la potasse et les engrais phosphatés donnent, même dans les meilleures terres, une augmentation du rendement cultural et augmentent souvent la richesse du grain en amidon.

319. *Composition du seigle.* — D'après E. Fleurent, le seigle (fig. 166) renferme en moyenne 8,28 % de gluten composé de 92,83 % de gluten-caséine insoluble dans l'alcool et de 8,17 % de gluten-fibrine et de cong lutine solubles dans l'alcool; c'est après le sarrazin et le riz, la céréale la plus pauvre en gluten; mais ce gluten est le plus riche de tous en gluten-caséine.

Quand on fait une pâte avec du seigle et qu'on pétrit cette pâte sous un courant d'eau, on n'obtient pas de gluten comme avec la farine de froment. Osborne attribue ce fait à l'absence de gluténine (gluten-caséine) qui avec la gliadine (gluten-fibrine) forme le gluten. D'après M. Fleurent c'est la gluten-fibrine qui est la matière agglutinante, et c'est à la pauvreté en gluten-fibrine de toutes ces céréales, et surtout du seigle, qu'est due l'impossibilité d'extraire le gluten de leurs farines.



Fig. 166. — Seigle de Champagne (Vilmorin).

D'après Ritthausen, le seigle renferme 3 protéides : de la mucédine, de la gluten-caséine et de l'albumine soluble.

D'après Osborne, il en renferme 4 qui sont :

1° La *leucosine*, albumine soluble dans l'eau, coagulable à 52° C (0,43 %).

2° La *gliadine* ou gélatine végétale, soluble dans l'eau (4,00 %).

3° L'édestine, espèce de globuline insoluble dans l'eau mais soluble dans les solutions salines (1,76 %).

4° Une protéide insoluble dans l'eau (2,44 %).

Au total 8,63 %, se répartissant de la façon suivante :

Leucosine	5,00
Gliadine (soluble dans l'eau) . .	46,35
Edestine	20,40
Protéide insoluble	28,25
	100,00

On voit d'après cela que la gliadine d'Osborne n'est pas identique à la gluten-fibrine de M. Fleurent, car ce chimiste n'accuse que 8,17 % de soluble dans l'alcool (gluten-fibrine et conglutine), tandis qu'Osborne en accuse 46,35 %.

Les matières azotées du seigle sont déjà altérées par une température de 63° C ; aussi ne doit-on pas dépasser 62° quand il s'agit de faire beaucoup de levure.

Le seigle a la composition suivante :

	D'APRÈS WOLFF	D'APRÈS KOENIG		
		MINIMUM	MAXIMUM	MOYENNE
Humidité	14,3	8,51	19,43	15,06
Matières azotées	11,0	7,91	16,93	11,52
— grasses	2,0	0,90	2,86	1,79
— extractives non azotées (amidon, dextrine, etc.)	67,4	60,91	72,61	67,81
Cellulose	3,5	1,04	4,25	2,01
Matières minérales	1,8	1,45	2,93	1,81

Une forte dose d'engrais azotés donne un seigle riche en

matières azotées et pauvre en amidon. Les seigles riches sont dans ce cas ; aussi sont-ils fort bons pour la fabrication de la levure.

Les 67,82 % de matières extractives non azotées de l'orge présentent, suivant Kœnig, la composition suivante :

Amidon	62,00	91,4
Sucre	0,95	1,4
Gomme et dextrine	4,87	7,2
	67,82	100,0

Les cendres du seigle ont, d'après Wolff, la composition suivante :

	MAXIMUM	MOYENNE	MINIMUM
Potasse	37,54	31,47	27,78
Soude	4,45	1,70	0,00
Chaux	4,11	2,63	1,34
Magnésie	14,37	11,54	10,13
Acide phosphorique	50,35	46,93	39,90
Teneur en cendres	3,52	2,9	1,60

320. *Composition de l'avoine.* — L'avoine est quelquefois employée pour la préparation du malt. Cette céréale étant très riche en matières azotées, donne un malt excellent pour la préparation des levains. Le malt d'avoine permet aussi de produire une acidification lactique très rapide.

D'après Osborne, les matières azotées de l'avoine renferment les substances suivantes :

1° Une globuline soluble dans l'eau salée à 10 % et se comportant comme la myosine, globuline qu'on rencontre dans les muscles des animaux.

2° L'*Avenaline*, soluble à *chaud* dans l'eau salée à 10 %.

3° Une protéide soluble dans l'alcool et une protéide soluble dans les alcalis.

4° Une très petite dose de protéide soluble dans l'eau.

L'avoine présente la composition suivante :

	D'APRÈS WOLFF	D'APRÈS KOENIG		
		MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE
Humidité	14,3	18,46	7,66	12,37
Matières azotées	12,0	19,16	6,25	10,41
— grasses	6,0	7,31	2,76	5,23
— extractives non azotées	55,7	65,45	42,82	57,78
Cellulose	9,3	20,02	6,66	11,19
Cendres	2,7	6,11	1,61	3,02

On voit que la richesse de l'avoine en matières grasses est très grande, puisqu'elle est de 6 p. 100, tandis qu'elle n'est que de 2 p. 100 environ dans l'orge, le seigle et le froment.

Les matières extractives non azotées de l'avoine se composent des substances suivantes :

Amidon	51,17	93,6
Sucre.	2,22 (0,93 à 6,0 p. 100)	3,3
Dextrine et gommés.	2,04 (1,25 à 5,27 —)	3,1
	<u>55,43</u>	<u>100,0</u>

L'avoine laisse environ 3,14 p. 100 de cendres, qui ont la composition suivante, d'après Wolff :

Potasse.	16,38
Chaux	3,73
Magnésie.. . . .	7,06
Acide phosphorique	25,03
— silicique	44,33

321. *Composition du froment.* — D'après Fleurent, la matière azotée ou gluten du froment (fig. 167) comprend trois parties distinctes :

1° La *gluten-caséine* (gluténine d'Osborne et Woorhees), substance solide, d'apparence à peine gélatineuse lorsqu'elle est sèche, très friable, qui, pulvérisée, reste intacte en présence de l'eau.

2° Un produit de propriétés voisines de celles de la conglutine du lupin, la conglutine du blé, se présentant en



Fig. 167.
Froment
Dattel
(Vilmorin).

minces feuilles gélatineuses, se modifiant à peine au contact de l'eau.

3° La gluten-fibrine (gliadine d'Osborne et Woorhees), substance se prenant en masse analogue à la colle forte, se gonflant et se fluidifiant, comme elle, très rapidement en présence de l'eau.

La cong lutine formant une proportion très faible du gluten, 2 à 8 p. 100, et étant pesée en même temps que le gluten-fibrine, le gluten des farines de froment a une composition variant dans les limites suivantes :

Gluten-caséine (insoluble dans l'alcool alcalinisé), 18 à 34 p. 100.

Gluten fibrine et cong lutine (solubles dans l'alcool alcalinisé), 66 à 82 p. 100.

Le gluten du froment se distingue donc par une proportion moyenne de gluten-fibrine et cong lutine ; c'est ce qui fait que ce gluten se laisse facilement séparer par des lavages à l'eau. Lorsqu'il y a excès de gluten-fibrine (comme dans certaines farines de froment) ou un excès de gluten-caséine (autres céréales), le gluten ne peut plus se recueillir.

D'après Koenig, le froment présente la composition suivante :

	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE
Humidité	19,10	5,33	13,65
Matières azotées	21,37	7,61	12,35
— grasses	3,57	1,00	1,75
Amidon et mat. extractives non azotées	73,77	59,90	67,91
Cellulose	6,34	1,24	2,53
Cendres	2,68	0,52	1,81

Les cendres de froment contiennent, d'après Wolff :

Potasse 23 à 41 p. 100
 Acide phosphorique . . . 39 - à 54 —
 Chaux 0,9 à 8 —

322. *Composition du maïs.* — De toutes les céréales, le maïs (fig. 168) est celle qu'on emploie le plus en distillerie.

D'après les analyses de Wolff et celles de Diétrich et Koenig, le maïs présente la composition suivante :

	D'APRES WOLFF	DIÉTRICH ET KOENIG		
		MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM
Humidité	14,4	7,40	13,12	22,40
Matières azotées	10,0	5,54	9,85	13,90
— grasses	6,5	1,61	4,62	8,89
— extractives non azotées	62,1	60,99	68,41	74,92
Cellulose	5,5	0,76	2,49	8,52
Cendres	1,5	0,61	1,51	3,93

Il importe de ne jamais acheter de maïs sans y faire doser l'eau. On admet généralement qu'un maïs à 12 p. 100 d'eau est normal.



Fig. 168.
Maïs (Vilmorin).

D'après Reinke, la teneur du maïs en hydrates de carbone est de 70 à 73 p. 100 de la proportion de substance sèche, soit en moyenne 71,8 p. 100. On peut donc, connaissant la proportion d'eau, calculer la teneur approximative en hydrates de carbone. Mais quand le maïs n'est pas bien mûr, la proportion d'hydrates de carbone par 100 k. de substance sèche peut varier de 68 à 76 p. 100; séché à l'air, le maïs renferme en moyenne 60 à 63 p. 100 d'hydrates de carbone exprimés en amidon.

D'après Koenig, les 66,78 p. 100 de matières extractives non azotées du maïs ont la composition suivante :

Amidon	58,90	91,05
Sucre	4,59 (1,38 à 11,64 p. 100)	3,6
Dextrine	3,23 (0,76 à 6,16 —)	4,09
	<hr/>	<hr/>
	66,78	100,0

En comparant ces résultats à ceux que donnent d'autres céréales, on voit que le maïs est de tous les grains le plus riche en sucre.

Les matières azotées du maïs renferment les composés suivants, d'après Chittenden et Osborne.

1° La myosine, corps analogue à de la globuline.

2° Une substance albuminoïde analogue aux vitellines animales, probablement identique à l'édestine.

3° Une globuline qui se coagule par les solutions de sel marin à 10°/o.

4° Une albumine soluble dans l'eau.

5° De la *zéine*, matière albuminoïde caractéristique du maïs (identique à la fibrine de maïs de Ritthausen). Elle est soluble dans l'alcool et, par la chaleur, subit une transformation qui la rend insoluble.

D'après E. Fleurent, le maïs renferme en moyenne 10,63 % de gluten, se composant de 47,50 % de gluten-fibrine et cong lutine et de 52,50 % de gluten-caséine; il contient en outre environ 0,54 % de légumine (114).

D'après Maercker le maïs ne renferme généralement que 4 à 4,5 % de matières grasses.

Les cendres de maïs ont, d'après Wolff, la composition suivante :

	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE
Potasse	31,86	24,33	27,93
Chaux	3,76	0,57	2,28
Magnésic	17,35	12,11	14,98
Acide phosphorique	53,69	37,62	45,00
Teneur en cendres	1,72	1,28	1,51

323. *Composition du riz.* — Le riz est, de toutes les substances alcoolisables, la plus riche en amidon; il est très employé en Italie. En France on travaille dans quelques distilleries des riz provenant de nos colonies du Tonkin et de la Cochinchine et qui sont exempts de droits d'entrée.

Le riz présente la composition suivante :

	RIZ DÉCORTIQUÉ (WOLFF)	D'APRÈS KOENIG	
		NON DÉCORTIQUÉ	DÉCORTIQUÉ
Eau	14,0	9,55	13,11
Matières azotées	7,7	5,87	7,85
— grasses	0,4	1,84	0,63
— extractives non azotées	75,4	75,85	76,75
Cellulose	2,2	5,80	0,63
Cendres	0,3	1,09	1,01

D'après E. Fleurent, le riz renferme environ 7,86 % de gluten se composant de 14,3 % de gluten-fibrine et cong lutine et de 85,70 % de gluten-caséine.

On trouve maintenant dans le commerce un grand nombre de déchets ou issues provenant du décortiquage et du nettoyage du riz ; ces produits sont quelquefois d'un emploi avantageux en distillerie, car ils renferment encore beaucoup d'amidon et sont riches en matières grasses. Maercker donne les analyses suivantes de trois de ces résidus.

	I	II	III
Humidité	9,72	10,64	10,00
Matières azotées	11,56	11,31	13,94
— grasses	12,02	15,36	17,28
Amidon	47,02	34,49	30,82
Matières extractives non azotées	3,85	5,25	5,39
Cellulose	7,23	11,97	10,83
Cendres	8,60	10,98	11,74



Fig. 169. — Sarrasin argenté (Cliché Vilmorin).

Les riz présentent des propriétés très variables d'une espèce à l'autre.

Certains riz donnent en une demi-heure d'ébullition des grains gonflés faciles à séparer du liquide (riz de l'Inde, du Tonkin, etc.) ; d'autres au contraire (riz d'Espagne, riz des Carolines) ne donnent qu'une bouillie, parfois même une colle (G. Arachequesne).

324. *Composition du dari.*

— Le dari (*sorghum tartaricum*) ou millet des nègres est quelquefois employé au même titre que le maïs. Il présente la composition suivante :

Eau	12
Amidon	60 à 65
Sucre	1,5
Matières grasses	3,90
Gommes	3,80
Gliadine et caséine	4,60

325. *Composition du sarrasin.* — Le sarrasin ou blé noir (fig. 169) est rarement employé pour la fabrication de l'alcool, mais il est fréquemment utilisé dans la fabrication de la levure pressée.

D'après Krockner et Horsford, le sarrasin présente la composition suivante :

Albumine	6,88	. . . . .	9,94
Amidon	65,05	. . . . .	44,12
Autres matières extractives non azotées	26,47	. . . . .	46,21
Cendres	1,09	. . . . .	2,30

D'après M. E. Fleurent, le sarrasin renferme 0,16 % de légumine (114).

Traitement des céréales.

326. Le travail des céréales a donné lieu à un grand nombre de procédés, au milieu desquels le lecteur a quelque peine à se reconnaître. Beaucoup de ces procédés ont été définitivement abandonnés; mais d'autres, après avoir été abandonnés, ont été repris sous une autre forme et sont encore suivis actuellement. Il convient, en outre, de bien remarquer que certains modes de travail, abandonnés pour le moult principal, existent encore pour la préparation des levains.

On peut d'abord diviser tous ces procédés en deux grandes classes :

1^o Les procédés à moult clair, dans lesquels on sépare la partie soluble renfermant la matière fermentescible de la partie insoluble ou drèche.

2^o Les procédés à moult trouble, dans lesquels la partie insoluble ou drèche accompagne la partie soluble dans toutes les phases du travail.

Quand on commença à faire de l'alcool avec les céréales, on

imita naturellement le mode de travail suivi pour la fabrication de la bière.

En France, en Angleterre et dans une partie de la Belgique, où le brassage se fait par *infusion*, c'est-à-dire en empâtant la farine avec de l'eau *tiède* et l'amenant à la température de saccharification par de l'eau chaude, on adopta généralement le travail à moût clair, tel qu'il était usité en brasserie; en Allemagne, où l'on travaillait par *décoction*, c'est-à-dire en empâtant la farine par de l'eau *froide* et l'amenant à la température de saccharification en faisant *bouillir* une partie de la masse empâtée, par exemple $\frac{1}{3}$, qu'on ramenait dans la *partie froide*, on adopta pour la fabrication de l'alcool le travail à moût trouble. Les Allemands étant familiarisés avec ce maniement des moûts épais, il est tout naturel qu'ils aient adopté ce dernier mode de travail des farines, qui ne tarda pas, du reste, à se répandre en Belgique et dans les distilleries hollandaises ne faisant pas de levure.

327. *Empâtage*. — Avant d'aller plus loin, comme il importe de bien comprendre les termes techniques usités ici, pour bien saisir les explications, nous allons dire en quoi consiste l'opération de l'empâtage et quelle est son importance.

La substance alcooligène des farines est l'amidon, qui doit subir l'action d'une diastase ou d'un acide pour se transformer en sucre. Pour que cette transformation se fasse rapidement, l'amidon doit être au préalable *mouillé uniformément* et même *transformé en empois* ou en amidon soluble.

Si on vient à délayer une farine dans de l'eau chaude à 80-100°, l'amidon des parties qui arrivent les premières en contact avec l'eau se transforme en empois, et cet empois enveloppe la partie intérieure des conglomerats de farine en formant des grumeaux, qui ne laissent plus pénétrer l'eau à leur intérieur. Pour éviter cela, il faut délayer la farine dans une eau ayant une température trop basse pour pouvoir produire l'empoissage ou gélatinisation de l'amidon. Quand toutes les particules de farine sont bien saturées d'eau, on élève ensuite la température par addition d'eau chaude, par injection de vapeur ou par tout autre moyen. L'amidon gonfle alors uniformément en formant une masse d'empois qui se prête très bien à l'action des agents saccharifiants.

Voilà ce qu'il faut entendre par empâtage et formation de l'empois.

Pour la saccharification, on se sert généralement de malt;

c'est du moins la méthode que nous avons à étudier ici. Mais le malt renferme également de l'amidon, qu'il faut saccharifier. A quel moment faut-il ajouter ce malt? Cela dépend évidemment de la température à laquelle on veut soumettre les farines à saccharifier. Si l'on veut soumettre ces farines à des températures de 75, 80, 90-100° C., il est évident qu'il faudra empâter séparément la farine de malt, car la diastase est, à l'état humide, tuée par des températures de 75-80°. On opérera alors généralement de la façon suivante.

La farine des grains non maltés sera empâtée à l'eau tiède, puis on portera la température à 80, 90, 100° suivant les grains auxquels on a affaire (75° C. au moins pour le maïs, 80° pour l'orge, le seigle et le froment). S'il s'agit de faire de la levure, on ne pourra même pas chauffer la pâte de seigle jusqu'à la température d'empoissage, parce qu'on coagulerait les matières albuminoïdes que cette céréale renferme en abondance, tandis qu'on pourra porter celle du maïs à 80, 90, 100° sans inconvénient. Supposons donc qu'on ait à travailler un mélange de farine de seigle et de farine de maïs par du malt.

S'il s'agit simplement de faire de l'alcool, on pourra empâter d'un côté le malt avec de l'eau tiède de manière à avoir dans le mélange 50 à 60° C., et de l'autre côté le seigle et le maïs dont on portera la température à 80, 90, 100°. En faisant ensuite arriver lentement l'empois de seigle et maïs dans la pâte de malt, on aura une température de 65, 70, 75° C. convenable à la saccharification.

S'il s'agit, au contraire, de faire de l'alcool et de la levure, on empâtera d'un côté le malt d'orge et le seigle, et de l'autre le maïs qu'on portera à 80, 90, 100° et qu'on mélangera ensuite à la pâte de seigle pour avoir la température de saccharification.

Comme le seigle donne des moûts très visqueux, on l'empâte généralement avec le malt, même quand on ne veut pas faire de levure; mais il est facile de voir que le rendement en alcool doit être plus faible, puisque l'amidon du seigle n'est pas transformé en empois.

On voit par ce qui précède qu'on ne peut pas toujours transformer en empois l'amidon qu'il s'agit de saccharifier, parce qu'il faut respecter la diastase ou les autres matières azotées solubles et coagulables.

Il y a cependant un moyen de tourner cette difficulté. Il consiste à empâter la farine de grains maltés avec de l'eau tiède,

à séparer l'extrait diastatique, [à porter la masse restante à la température nécessaire à l'empoissage ou même à 120° pour la transformer partiellement en amidon soluble, à refroidir ensuite vers 70-80° C. et à y ajouter ensuite l'extrait diastatique pour produire la saccharification à 65° C.

Après ces explications préliminaires, revenons maintenant à nos deux grandes classes de procédés.

Travail à moût clair

328. Pour produire des moûts clairs, il faut que la partie liquide du moût qu'on produit se sépare facilement de la partie solide. Pour cela il faut observer certaines conditions. Il faut notamment employer une faible proportion de matières donnant des moûts visqueux comme le seigle, ne soumettre les grains qu'à une température assez faible, et surtout employer une forte proportion de malt qui délie la masse et facilite la filtration. Pour atteindre ce dernier résultat, on mélangeait autrefois fréquemment de la courte paille à la matière à saccharifier.

La fabrication de l'alcool de grains par moûts clairs a été pratiquée autrefois en France, mais elle est depuis longtemps complètement abandonnée, tandis qu'elle est encore d'un usage presque général en Angleterre.

Le tableau suivant résume les diverses méthodes de travail à moûts clairs :

MOÛTS CLAIRS	Empâtage et saccharification dans une cuve ordinaire, séparation de la partie claire par simple décantation.	Méthode encore usitée dans les petites geniévriers hollandaises faisant de la levure.
	Empâtage et saccharification dans une cuve-matière avec faux-fond perforé et agitateur mécanique placé dans la cuve.	Méthode anglaise, usitée anciennement en France.
	Empâtage et saccharification dans une cuve-matière à agitateurs à griffes ou rateaux, mais sans faux-fond. Cuisson à part du maïs (à 85°), si on en emploie. — Fréquemment l'empâtage des grains est précédé d'un trempage durant 3-4 heures dans une eau légèrement acidulée par de l'acide chlorhydrique.	Séparation du liquide par une cuve à faux-fond sans agitateur. Séparation de la partie claire par des filtres-presses.	Fabrication de la levure par moûts clairs avec aération (aérolevure pressée). Nouveau procédé introduit récemment en Allemagne.

Nous parlerons d'abord de la méthode anglaise, et nous nous

occuperons des autres méthodes de travail à moût clair à propos de la fabrication de la levure pressée.

Méthode anglaise de travail à moût clair

329. On fait la saccharification dans une cuve-matière (*mash tun*) munie d'un faux-fond perforé et d'un agitateur à rateaux dit vagueur (*set of rakes*). Dans les petites distilleries, le vagueur n'existe pas et on fait le mélange à la main à l'aide de vagues ou *fourquets*. La partie liquide du moût filtre à travers la partie solide faisant l'office de matière filtrante, traverse le faux-fond et s'écoule par des tuyaux placés sur le fond et munis de robinets.

On réduit les grains en farine au moyen de meules ; quant au malt, qui est généralement le malt d'orge, on le concasse entre des rouleaux. Comme il est difficile de mélanger intimement le malt à l'eau par le simple jeu de l'agitateur de la cuve-matière, on le fait dans un tuyau muni d'un axe à palettes tournant à raison de 150 tours par minute. Dans son trajet la farine reçoit, de divers côtés, de l'eau sous pression, et elle sort sous forme d'une pâte homogène. Cet appareil porte le nom d'*hydrateur Steel*. De là la pâte tombe dans la cuve-matière généralement en fonte, à faux-fond perforé et à agitateur à griffes ou à rateaux.

La proportion de malt employée varie de 10 à 50 % du poids des farines. Le malt ne peut pas être moulu, parce que les drèches doivent remplir l'office de matière filtrante.

On empâte le mélange avec de l'eau à 60° de façon à mouiller uniformément, puis on ajoute de l'eau à 80-82° pour arriver à la température de 65° C. Pour 100 kilos de farine, on emploie environ 5 hectos ou 500 kilos d'eau, en sorte que la proportion d'eau est de 5 kilos par kilo de farine. On abandonne à la saccharification pendant deux heures. Celle-ci achevée, on soutire le moût clair, puis on ajoute dans la cuve-matière une quantité d'eau égale à celle qu'on a déjà employée, mais à 82° C., pour l'épuisement des drèches. On soutire de nouveau, et ce 2° moût clair est conservé jusqu'au lendemain pour servir en place d'eau à une nouvelle saccharification.

Comme les distilleries anglaises saccharifient en moyenne 15,000 k. de farine à la fois, le volume du moût clair de lavage est très grand, en sorte que le refroidissement est très lent et que, le lendemain, ce liquide a encore une température suffi-

sante. On est, du reste, obligé de maintenir le liquide chaud, car, autrement, il ne tarderait pas à être envahi par des ferments de mauvaise nature.

Il est évident qu'en opérant comme ci-dessus, on n'épuise pas complètement le grain: aussi fait-on, dans beaucoup d'usines, deux ou trois heures de lavage au lieu d'une, ce qui revient à mettre trois et quatre fois de l'eau sur le grain. On obtient ainsi une meilleure extraction de la matière fermentescible, mais on a plus de main-d'œuvre et un moût plus dilué et, par suite, plus volumineux à distiller.

Si l'on fait par exemple cinq trempes, on emploiera pour les deux premières la moitié de la quantité totale de l'eau; on mettra en fermentation les deux premières trempes. L'autre moitié d'eau sert aux trois autres trempes, qui, le lendemain, seront utilisées en place d'eau pour l'empâtage. La densité des moûts mis en fermentation étant de près de 1050, celle des trempes de lavage tombe à 1005. Le résidu, ou drêche, est employé à la nourriture des bestiaux.

Dans les distilleries où l'on a plusieurs macérateurs, on fait couler immédiatement la troisième trempe de lavage dans un autre macérateur, contenant de la farine fraîche, pour y faire la première trempe, et on prend les dernières eaux de trempage comme deuxième moût. On économise aussi du combustible en prenant pour l'empâtage l'eau ayant servi à refroidir le moût après la saccharification.

La méthode anglaise a sur la méthode des moûts épais l'avantage d'éloigner toutes les matières insolubles qui, par leur présence pendant la fermentation et la distillation, peuvent altérer le goût de l'alcool; en outre, les moûts clairs permettent l'emploi des appareils distillatoires à feu nu, tandis que, pour les moûts troubles, il faut distiller à la vapeur.

Mais la méthode anglaise présente, vis-à-vis de la méthode dite allemande, l'inconvénient de donner des rendements inférieurs. D'abord il n'est pas possible, à moins d'employer des systèmes par trop compliqués, d'enlever par lavage toutes les substances rendues solubles par la saccharification; ensuite, tout l'amidon n'est jamais transformé en substances solubles. Le fait seul que l'on ne peut pas travailler par moûts clairs des farines très fines, parce que le soutirage au clair serait impossible, prouve que la saccharification doit fatalement être incomplète.

Enfin, la méthode anglaise exige des appareils spéciaux qui ne

sont pas simples, et elle demande beaucoup de main-d'œuvre. La *vinasse* est trop diluée pour pouvoir être utilisée, et cependant elle renferme une grande partie des matières azotées du grain qui passent dans le moût et sont perdues pour les drèches. La distillation des moûts clairs doit, par suite, être considérée comme industrielle et non comme agricole.

La cuve-matière doit être installée de préférence au-dessus de la cuverie, de façon à ce que le moût puisse couler directement dans les cuves à fermenter, et au-dessous du local où l'on conserve les farines. Le local doit être bien éclairé pour qu'on puisse voir facilement tout l'intérieur du macérateur, et être à l'abri des poussières et de toute atmosphère contaminée. Le sol de cette salle doit être en matière dure et être maintenu constamment humide, les murs exempts de moisissures.

La cuve-matière aura un vagueur énergique; si elle est en fer, elle aura une enveloppe isolante pour qu'on puisse facilement maintenir constante la température pendant la saccharification. La cuve, fermée par un bon couvercle, doit être d'un accès facile en tous ses points.

Réduction des grains en farine.

330. La réduction des grains en farine se fait généralement au moyen de meules, dont les meilleures de toutes sont les meules françaises. En Allemagne, on préfère les meules françaises, malgré leur prix élevé, ou bien on adopte une gisante allemande et une tournante française.

Les meules doivent être rhabillées avec soin.

Le moulin doit toujours être muni d'une aspiration produite par un exhausteur, qui fait passer constamment un courant d'air entre les meules. C'est le moyen le plus commode pour éviter l'échauffement de la farine. Les farines échauffées pendant la mouture donnent toujours une fermentation qui laisse à désirer. Il faut surtout éviter de conserver dans des sacs des farines échauffées. D'un autre côté, il est recommandable de ne pas travailler les farines immédiatement après la mouture, mais de les abandonner auparavant pendant huit jours dans un endroit assez sec et à l'abri des poussières et des mauvaises odeurs.

Quand le moulin n'est pas muni d'un exhausteur, on évite l'échauffement en divisant grossièrement le grain entre les meules ou dans un appareil spécial avant de le réduire en farine.

C'est surtout pour le seigle que l'échauffement présente les plus grands inconvénients.

Les moulins à grains doivent être nettoyés soigneusement. Par du temps humide, les folles farines qui se collent aux enveloppes des meules ou des cylindres, dans les nochères ou dans les conduits de farine, par hélices ou chaînes à godets, sont la pépinière des ferments butyriques, surtout dans les petites usines où les moulins n'étant pas séparés, les buées de vapeur ont facile accès.

Travail des grains par moûts troubles.

331. Le tableau ci-contre résume les principales méthodes de travail des grains pour moûts troubles.

Dans le travail des céréales par moûts troubles, on peut distinguer :

- 1° Le traitement des grains *sans* cuisson sous pression.
- 2° Le traitement des grains *avec* cuisson sous pression.

SECTION I. — TRAVAIL SANS CUISSON SOUS PRESSION

Ce travail peut s'appliquer aux grains réduits en farine ou aux grains entiers.

A. Grains réduits en farine

332. Le traitement des grains en farine, encore fort répandu en Belgique, en Angleterre (à moûts clairs) et dans les distilleries allemandes faisant des eaux-de-vie de grains, n'est plus que fort peu pratiqué en France; il ne se fait plus guère que dans les fabriques de levure de boulangerie et dans les distilleries de genièvre.

On peut distinguer dans ce travail trois cas.

a) *Traitement des farines sans transformation en empois.* — Dans l'ancien travail des céréales en farine on employait toujours une forte proportion de malt; il convient donc d'examiner d'abord ce que devient l'amidon du malt dans ce travail.

L'amidon de l'orge, la céréale la plus employée au maltage, ne se transforme en empois qu'à 80°. Comme la diastase est déjà détruite à 75° C., on ne peut pas porter à cette température une farine d'orge maltée, car on détruirait toute la diastase. Mais nous avons vu que lors de la germination il se produit une

MOUTS TROUBLES

TRAVAIL SANS CUISSON SOUS PRESSION

AVEC CUISSON SOUS PRESSION

A Grains réduits en farine

- a. Sans chauffage suffisant pour transformer l'amidon en empois.
- b. Avec chauffage pour transformer l'amidon en empois. (Possible seulement quand il n'y a pas présence de diastase qu'on ne peut détruire ou de matières azotées facilement altérables : pour le seigle dans la fabrication de la levure pressée on ne peut dépasser 62-63° C).

- c. Traitement par une solution d'acide sulfureux.
- d. Traitement par les sulfites.
- a. Cuiseur avec agitateur.
- b. Cuiseur sans agitateur.
- c. Cuiseur avec agitateur.
- d. Cuiseur sans agitateur.

B Grains entiers

- 1) Empâtage du malt et des farines, saccharification et fermentation dans la même cuve.
- 2) Empâtage des farines de malt et de grains dans un macérateur et fermentation dans une autre cuve.
- 3) Trempage des farines durant 12 heures dans eau additionnée d'un peu d'acide sulfureux, réchauffage à 63-64° C. et saccharification pendant 1 à 2 heures.
- 4) Empâtage avec eau à 60°, chauffage à 85° pour empoissage, refroidissement à 70° et addition de malt.
- 5) Empâtage avec eau à 60°, chauffage à 85-90°, puis arrivée lente et progressive de cet empois chaud dans la masse de malt empâté seul ou en mélange avec le seigle de façon à amener le mélange à la température de saccharification.
- 6) Trempage des farines durant 24 heures dans eau acidulée par acide sulfureux ou acide chlorhydrique, formation d'empois par injection de vapeur dans la masse, refroidissement à 70° par addition d'eau. On fait ensuite arriver l'empois dans le macérateur où se trouve le malt trempé avec de l'eau froide.
- 7) Empâtage des farines de grains maltés, séparation de l'extrait diastatique, empoissage du résidu à 90-100°, refroidissement à 70° et addition de l'extrait diastatique.

C Grains entiers

- Trempage dans une solution d'acide sulfureux comprimé liquide. Lavage à l'eau. égouttage, puis écrasement entre des rouleaux. Ébullition avec de l'eau pour transformer l'amidon en empois.
- Trempage durant 24 heures dans une solution de bisulfite de soude, puis addition d'acide chlorhydrique ou sulfurique.
- Travail réalisé d'abord dans le cuiseur Bohm (273, fig. 107), puis dans le cuiseur à agitateur Venuleth (fig. 171).

D Grains concassés

- Système Henze pour la cuisson des grains entiers. Cuiseur cylindro-conique ou conique marchant à soupape soufflante. Vidange par orifices à angles vifs et sous forte pression. Méthode très simple, mais présentant l'inconvénient d'exiger une cuisson à 3 atm. de pression durant 3 heures.
- Travail réalisé d'abord par Holtefreund (fig. 103) puis par Bohm (fig. 105, 106, 107). L'agitateur est une complication qui donne des ennuis et dont on peut se passer.
- Cuiseur cylindro-conique ou conique. Agitation produite par le système de distribution de la vapeur et par la soupape soufflante. Grâce au concassage une cuisson durant 2 heures à 2 k — 2 k 5, peut suffire. Moins de caramélisation et par suite meilleur rendement.

Méthodes primitives

usitées encore pour la fabrication de la levure pressée et pour la préparation des levains.

Macérateur genre Lacambre avec chauffage par double fondou cuve matière ordinaire avec chauffage par addition d'eau chaude ou par injection de vapeur ou encore par circulation de vapeur dans le serpent in servant à la réfrigération.

Après cuisson on fait arriver l'empois dans le macérateur où se trouve le lait de malt ; on règle la température en faisant arriver l'empois plus ou moins vite et au moyen de l'exhausteur.

diastase spéciale, la cytase, qui attaque les enveloppes des cellules et par suite désagrège fortement l'amande du grain, au point que la gélatinisation et l'attaque par la diastase se produisait déjà à 50° C. Donc, quand le maltage a été poussé fort loin comme on le fait généralement aujourd'hui, la désagrégation est telle que l'attaque de l'amidon est satisfaisante, quoique la température soit de 10 à 15° inférieure à celle de la gélatinisation de l'amidon cru de la farine.

Une autre céréale qu'on emploie fréquemment est le seigle. Comme la matière du seigle est déjà altérée par une température un peu supérieure à 60° C., on ne peut pas transformer l'amidon du seigle en empois quand il s'agit de faire une forte proportion de levure, par exemple dans la préparation des levains ou dans la fabrication de la levure pressée; au contraire, s'il s'agit de faire simplement de l'alcool, il faudra porter la pâte à la température de formation de l'empois, c'est-à-dire à 80-85°.

Après avoir empâté la farine de malt avec de l'eau à 50-60° à raison de 200 litres d'eau par 100 kilos de farine, on ajoute la farine de seigle. L'empâtage terminé, on réchauffe à la température de saccharification par addition d'eau chaude ou par chauffage à la vapeur. La température de saccharification peut varier de 62 à 70°. Plus elle est élevée, mieux on attaque l'amidon du seigle cru, mais moins on a de levure.

Pratiquement, on peut opérer de plusieurs manières différentes (voir le tableau).

1) Anciennement on faisait l'empâtage et la saccharification dans la cuve à fermenter. On ajoutait ensuite de l'eau froide jusqu'à la température voulue et on mettait en fermentation.

2) Un appareil longtemps employé en France et surtout en Belgique est le macérateur Lacambre.

333. *Macérateur Lacambre*. — Cet appareil se compose d'une auge cylindrique A (fig. 170) en forme de pétrin, à l'intérieur de laquelle tourne un axe *e* armé de bras 1, 2, 3, 4 portant à leur tour des tringles perpendiculaires aux dents et formant des rateaux. Cet agitateur ressemble à celui qu'on voit en perspective dans la figure 176.

Ce macérateur est garni d'un double fond B dans lequel on peut à volonté introduire de la vapeur, de l'eau chaude ou de l'eau froide. Si on emploie de la vapeur, elle entre en *f* et l'eau de condensation sort par la tubulure *d*.

On introduit dans le macérateur l'eau à 55-60° nécessaire à

l'empâtage, on met l'agitateur en mouvement, puis on introduit lentement la farine de malt et ensuite la farine de seigle. On fait ensuite passer de la vapeur dans le double-fond pour porter la masse à 65, 70, 75° C. et on abandonne à la saccharification durant deux heures.

3) Pour assurer une meilleure désagrégation de l'amidon de grains qu'on ne peut réduire en empois, comme le malt et le seigle, on fait souvent subir, surtout aux farines, un long trempage dans de l'eau acidulée par un peu d'acide chlorhydrique, sulfureux ou fluorhydrique.

Le seigle en farine est empâté à l'eau froide dans la cuve-matière avec 10 % de malt sec ou de malt vert. On introduit d'abord le malt puis le seigle, ou d'abord $\frac{1}{3}$ du malt puis le seigle et enfin le restant du malt. On fait le mélange le soir, on l'additionne d'un peu d'acide sulfureux et on l'abandonne jusqu'au lendemain matin.

On réchauffe à 63-64° C. en faisant arriver de l'eau chaude en pluie fine ou en injectant de la vapeur par une tuyère ou un barboteur, et on abandonne à la saccharification qui dure de 1 à 2 heures suivant la concentration.

On procède au refroidissement quand, en filtrant un peu de moût et faisant l'épreuve à l'iode, on ne constate aucune coloration bleue ou rouge.

b. — *Traitement des grains en farine avec transformation de la masse en empois.* — 4) Les farines destinées à être transformées en empois sont empâtées avec de l'eau tiède puis la pâte est chauffée à 85°. Le macérateur Lacambre convient bien pour ce travail.

Supposons qu'il s'agisse de traiter de la farine de maïs. Le macérateur contenant un volume suffisant d'eau tiède, on fait tourner l'agitateur et on déverse la farine de maïs en un mince filet. Quand toute la farine est uniformément trempée, on chauffe à la vapeur jusqu'à ce que la masse soit transformée en empois ; on refroidit ensuite à la température de la saccharifica-

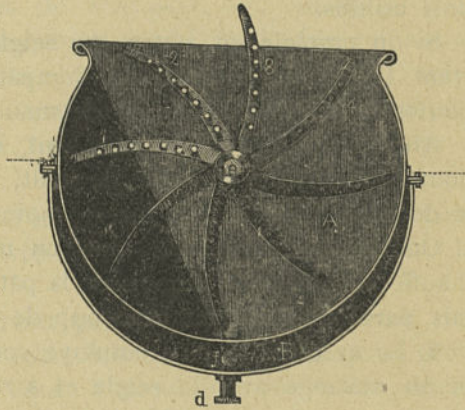


Fig. 170. — Macérateur Lacambre.

tion par circulation d'eau froide dans le double-fond, puis on introduit la farine de malt. Pendant la durée de la saccharification, qui demande plusieurs heures, on entretient la température convenable en injectant de temps en temps un peu de vapeur dans le double-fond. La saccharification achevée, on fait de nouveau passer de l'eau dans le double-fond pour refroidir à la température de fermentation, puis on vide le macérateur par un robinet placé à environ un pouce du fond.

En faisant arriver de l'eau bouillante dans le macérateur après vidange, l'amidon des morceaux de grains inattaqués restés dans le fond de l'appareil est transformé en empois, et cette eau, contenant un peu d'amidon, sert à l'empâtage dans l'opération suivante. De cette façon, les morceaux de grains non désagrégés dans une première opération passent dans la suivante et sont ainsi utilisés.

Si on emploie en outre du seigle, on peut ajouter la farine avant l'addition du malt ou l'empâter d'avance avec le malt et ajouter le tout dans l'empois de maïs, suffisamment refroidi.

Au lieu d'empâter le maïs seul, il est recommandable de lui ajouter une petite quantité de malt, qui liquéfie l'empois de maïs et donne par suite une masse moins épaisse.

On empâte parfois le maïs en mélange avec le malt et on chauffe ensuite pour empoisser la pâte; mais ce système est mauvais, parce qu'il détruit beaucoup de diastase.

5) Le système le plus employé consiste à empâter le malt seul ou en mélange avec le seigle et à réchauffer la masse jusqu'à la température de saccharification en y faisant arriver l'empois de maïs, formé dans un macérateur spécial. Ce procédé exige deux macérateurs au lieu d'un. On peut en profiter pour installer dans celui qui reçoit le mélange un serpentín ou un faisceau tubulaire pour refroidir après la saccharification (Voir fig. 145, p. 349).

On peut faire une bonne saccharification des grains en farine même quand on ne dispose que d'un seul macérateur, mais il faut tenir compte de ce que, par le refroidissement de l'empois, une partie de l'amidon se sépare de nouveau sous une forme presque insoluble. Pour cela, voici comme il convient d'opérer :

On empâte la farine de maïs dans un macérateur genre Lacambre ou tout autre; on chauffe de 85 à 100° pendant une heure à une heure et demie, jusqu'à ce que toute la masse soit bien transformée en empois, puis on refroidit. Quand la température est descendue à 75°, on ajoute $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$ du malt à employer, sous

forme de lait de malt, pour produire la liquéfaction de l'empois. On continue ensuite de refroidir jusqu'à la température de saccharification, soit environ 65° C, et on ajoute le restant de malt.

6) Comme l'amidon du maïs est difficile à désagréger, on ne se contente pas toujours de le réduire en fine mouture et de le transformer en empois après empâtage; on fait souvent subir à la farine un long trempage (6 heures) dans l'eau acidulée, comme nous l'avons déjà dit pour le seigle. (Voir le tableau.)

On produit l'acide sulfureux en brûlant du soufre dans un petit four, en fonte ou en fer, recouvert intérieurement d'argile, et faisant passer le gaz à travers de l'eau divisée en pluie fine. Pour 100 k. de maïs, on emploie 60 à 120 g. de soufre, dont l'acide sulfureux est dissous dans 100 à 110 l. d'eau, formant ainsi une solution qui marque 0,2 à 0,3 au densimètre.

Après vingt-quatre heures de trempage, on chauffe à 90° C pour transformer la masse en empois et chasser l'acide sulfureux; on maintient cette température pendant deux heures. D'autre part, on délaie le malt dans l'eau froide et on y ajoute l'empois de maïs, de façon à avoir la température de 65° C, nécessaire à la saccharification.

On attribue à l'emploi de l'acide sulfureux dans le travail du maïs une augmentation de rendement de 6 à 8 l. par 100 k. d'amidon (1).

Il faut dire que le rendement par 100 k. d'amidon était très mauvais dans le travail sans cuisson sous pression, et qu'on n'obtenait souvent que 40 à 45 litres d'alcool par 100 k. d'amidon.

L'action de l'acide sulfureux s'explique déjà en ce que l'acide sulfureux attaque non seulement l'amidon lui-même, mais encore les enveloppes cellulosiques de l'amidon. Cette action serait donc analogue à celle produite pendant la germination par la *cytase*, qui attaque et dissout les pentosanes et les hémicelluloses.

7) Enfin, on peut encore, comme nous l'avons déjà dit, empâter les farines des céréales maltées, séparer l'extrait diastatique, cuire la masse restante à 100° ou même sous pression, la refroidir à la température de saccharification et y ajouter l'extrait mis à part.

B. Grains entiers

334. On travaille aussi quelquefois le maïs en grains entiers en

(1) Stammer et Bücheler. *Die Branntwein Industrie.*

se servant d'acide sulfureux pour la désagrégation. Voici, d'après Heinzelmann, comment on opère :

c) *Traitement par une solution d'acide sulfureux libre.* — On introduit le maïs en grains dans une cuve en bois avec une quantité d'eau suffisante pour recouvrir le grain de quelques centimètres, et on ajoute 4 à 5 litres d'acide sulfureux du commerce à 4° Baumé. Le poids d'eau employé à cette opération est à peu près égal à celui du maïs. En maintenant la température à 50° C, le maïs absorbe rapidement l'acide sulfureux dilué, et on voit apparaître à nu le maïs. On ajoute de nouveau une égale quantité d'eau chaude renfermant la même dose d'acide sulfureux, et on maintient la température de 50° C. Après douze heures, le maïs a absorbé suffisamment d'acide sulfureux; on le lave alors à plusieurs reprises avec de l'eau, puis on le laisse bien égoutter. Pour que ce travail se fasse commodément, la cuve en bois porte un double-fond perforé et, au-dessus de cette cuve, se trouve un vase mesureur fermé, d'où la solution sulfureuse descend dans la cuve de trempage.

L'acide sulfureux comprimé liquide, que l'on trouve maintenant dans le commerce, convient très bien pour ce travail; on l'étend d'eau au moment de s'en servir.

En écrasant ce maïs entre des rouleaux et le faisant bouillir avec de l'eau, on obtient un moût qui, au lieu d'avoir la consistance de l'empois, est fluide et très mobile.

C'est par ce procédé que les fabriques de levure hollandaises traitent le maïs. En Belgique, ce système est également fort employé; mais, avec l'ancienne loi, qui exigeait la préparation de moûts extrêmement épais, on desséchait le maïs après le sulfitage. En réduisant ce maïs en farine et le cuisant ensuite sous une très légère pression, on obtient une désagrégation complète et un moût très fluide.

d) *Traitement des grains entiers par les sulfites.* — Ce procédé a été également beaucoup employé en Hongrie.

On fait tremper le maïs dans une solution de bisulfite de soude à raison de 2 kilos de bisulfite par 100 kilos de maïs et une quantité d'eau suffisante pour que tout le grain soit noyé. Après 24 heures de trempage à 50° C, on ajoute une quantité d'acide sulfurique ou chlorhydrique suffisante pour mettre tout l'acide sulfureux du sulfite en liberté. Ce gaz en se dégageant agit mécaniquement, et probablement aussi chimiquement, pour désagréger le maïs, et le traitement ultérieur est beaucoup facilité.

Dans tous les cas de traitement à l'acide sulfureux, il faut éviter qu'il reste de cet acide dans les mouës, car l'alcool aurait une odeur très dégagréable. On reconnaît facilement la présence de l'acide sulfureux dans l'alcool en ce que celui-ci décolore la teinture d'iode par la transformation de l'iode en acide iodhydrique.

SECTION 2. — TRAVAIL AVEC CUISSON SOUS PRESSION

335. On peut soumettre à la cuisson sous pression des grains entiers (C), ou les grains concassés ou en farine (D). En outre, la cuisson peut se faire avec ou sans agitateur.

C. Grains entiers

a) *Cuisson des grains entiers sous pression avec agitateur.* — Le travail des céréales par la cuisson des grains entiers sous pression a d'abord été réalisé par le cuiseur horizontal à agitateur de Bohm, que nous avons décrit à propos des pommes de terres (fig. 105, 106 et 107). Cet appareil se rencontre encore dans quelques distilleries françaises saccharifiant du maïs par les acides; nous en reparlerons à propos de ce travail (fig. 176).

Venuleth et Ellenberger ont construit, pour la cuisson des grains entiers, un cuiseur à agitateur beaucoup plus simple que l'appareil de Bohm. La fig. 171 représente ce cuiseur avec ses accessoires. La cuisson dure 2 heures à 2 heures 1/2 à une pression de 2 atmosphères.

Cet appareil exigeait moins de force que celui de Bohm, mais néanmoins celle qu'il exigeait était encore notable, et au commencement de la marche du cuiseur la courroie tombait encore fréquemment.

b) *Cuisson des grains entiers dans un cuiseur sans agitateur.* — Nous avons vu que Henze arriva le premier à désagrégér des pommes de terre au moyen d'un simple cuiseur sans l'adjonction d'aucun organe mécanique, et que Gontard de Mockau fit construire le premier cuiseur cylindro-conique. D'après Maercker, ce fut Gontard qui parvint le premier à cuire avec succès du maïs en grains entiers dans l'appareil Henze.

Pour cuire des céréales sous pression dans un vase sans agitateur, il est nécessaire d'avoir une distribution rationnelle de la vapeur; tant qu'on n'eût pas trouvé cette bonne distribution, il fut indispensable d'adjoindre au cuiseur un broyeur comme

celui de Bohm, d'Ellenberger ou autre. On essaya sans succès de concasser et même de moudre les céréales avant de les soumettre à la cuisson; la difficulté augmentait et on arriva même à cette conclusion, que dans les appareils à haute pression il était beaucoup plus facile de cuire les céréales en grains entiers que les grains concassés ou moulus.

C'est donc grâce à l'emploi rationnel de la vapeur qu'on est

parvenu à cuire les grains entiers sans aucun broyeur ou agitateur; ce n'est que plus tard et seulement dans ces dernières années, à la suite des nouveaux perfectionnements, qu'on est arrivé à cuire sous pression les céréales en farine, sans le secours d'aucun appareil broyeur ou agitateur.

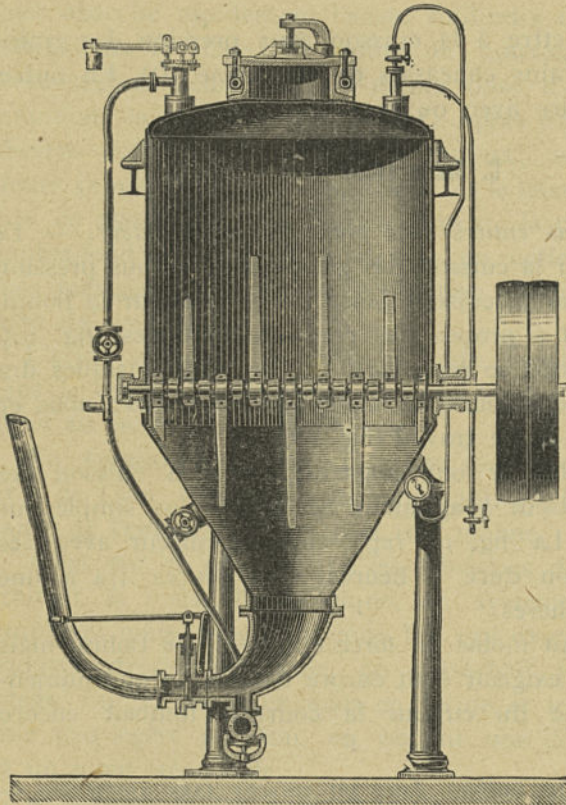


Fig. 171. — Cuiseur Venuleth et Ellenberger.

Le but d'un bon système de distribution de la vapeur est de maintenir la matière constamment en mouvement dans le cuiseur. En parlant du travail de la pomme de terre, nous avons

décrit le système de distribution des frères Avenarius et celui de Delbruck. On a imaginé un grand nombre d'autres dispositifs plus ou moins compliqués, et plus ou moins ingénieux; mais on a fini par reconnaître que toute complication était inutile et qu'une seule introduction de vapeur, à la partie inférieure, au sommet du cône du cuiseur, peut suffire à la cuisson des grains entiers, à la condition de conduire la cuisson d'une façon rationnelle et de laisser échapper constamment un filet de vapeur par la

soupape de sûreté ou par le robinet d'air comme l'avait recommandé L. Avenarius.

Comme exemple de cuisson en grains entiers, nous prendrons le maïs, parce que c'est la céréale qu'on travaille le plus par ce procédé.

Pour que la cuisson réussisse, il faut mettre le maïs en contact avec un volume d'eau suffisant à la transformation en empois de tout l'amidon qu'il renferme. Cette condition est la plus importante de toutes, car toutes les autres précautions pour obtenir une bonne désagrégation sont inutiles, si on n'a pas employé une quantité d'eau suffisante.

En Allemagne on a reconnu qu'il faut employer au moins 130 à 160 litres d'eau suivant l'état de siccité du maïs, la nature plus ou moins cornée ou farineuse du grain et la durée de la cuisson. Mais dans les pays où l'impôt n'est pas basé, comme en Allemagne, sur le volume du moût, on adoptera généralement une proportion d'eau bien plus forte, qui sera généralement de 200 litres. Plus on emploie d'eau, plus la cuisson est facile et plus est grande la partie du moût qui a subi une stérilisation parfaite; mais plus aussi on dépensera de vapeur et plus il faudra d'eau pour la réfrigération du moût saccharifié.

Une autre condition importante à réaliser est que le cuiseur ait un volume suffisant. Rien n'est plus désagréable qu'un cuiseur trop petit.

Un hectolitre de maïs pèse de 73 à 75 kilos; 100 kilos occupent donc 150 à 160 litres. Si on ajoute 200 litres d'eau, on arrive à 360 litres. En ajoutant encore $\frac{1}{3}$ pour tenir compte du gonflement du maïs, de la condensation de la vapeur et de la dilatation de l'eau, on arrive à $360 + 120 = 480$. On pourra donc compter sur un volume de 450 à 500 litres par 100 kilos de maïs.

En outre, il faut, comme nous l'avons dit, que le grain soit maintenu constamment en mouvement. Le maïs surtout, par suite de sa texture serrée et de sa densité élevée, a une grande tendance à gagner le fond du cuiseur, c'est-à-dire à s'accumuler dans le cône. Pour éviter cela, il faut : 1° que l'eau soit constamment maintenue en ébullition pendant le chargement du maïs; 2° que les entrées de vapeur soient situées au sommet du cône, de façon à ramener vers le haut du cuiseur le maïs, qui tend à descendre, et à créer ainsi un courant ascendant dans le centre de la masse; 3° qu'un filet de vapeur s'échappe continuellement par la soupape de sûreté ou le robinet d'air (*soupape soufflante*).

Enfin, pour assurer la division des grains de maïs après leur cuisson, il faut que la vidange soit faite à haute pression (3 à 4 atm.) et que l'ouverture ou les ouvertures par lesquelles s'échappe la masse pendant la vidange soient à angles vifs.

Voici comment on pratique généralement la cuisson du maïs en grains entiers :

On introduit dans le cuiseur la quantité d'eau nécessaire, qu'on mesure dans l'appareil ou dans une cuve placée au-dessus du cuiseur (fig. 172). On porte cette eau à l'ébullition et on y verse lentement le maïs, de façon qu'elle ne cesse à aucun moment de bouillir. On ferme le trou d'homme en laissant le robinet d'air ouvert; puis, quand tout l'air est bien chassé, ce qu'on reconnaît à ce que la vapeur sort avec force, on place ce robinet de façon à ce qu'il ne s'échappe plus qu'un filet de vapeur, et on règle le chauffage pour que la pression monte en une heure et demie à deux heures et demie à 3 atmosphères, qu'on maintient pendant une heure; on monte ensuite en un quart d'heure ou une demi-heure à 4 atmosphères, et on vide sous cette pression. La cuisson dure donc en réalité trois heures.

Variante de ce procédé. — Au début de ce mode de travail, on a conseillé de faire d'abord bouillir pendant un certain temps le mélange d'eau et de maïs à trou d'homme ouvert; mais cette opération est dangereuse, parce que l'ébullition tumultueuse projette souvent hors du cuiseur du maïs, qui est en partie perdu, et de l'eau bouillante, qui peut brûler grièvement les ouvriers.

On conseille aussi de cuire avec trou d'homme fermé, mais de laisser échapper la vapeur par une tubulure de diamètre suffisant (3 à 4 cm.), pour empêcher toute pression dans le vase, et de cuire ainsi pendant une heure avant de laisser monter la pression. On ferme ensuite partiellement le robinet d'air, on monte en une heure à 2 — 2 1/2 atmosphères et on continue de cuire sous cette pression durant une heure. Enfin, on ferme le robinet d'air, on laisse monter la pression à 3 — 4 atmosphères, qu'on maintient pendant un quart d'heure à une demi-heure, et on fait la vidange. Ce système est bon, car le principe à suivre est de cuire le plus longtemps possible à très faible pression et le moins longtemps possible à haute pression.

La vidange doit se faire sous une forte pression, et la masse doit être lancée brusquement hors du cuiseur. Pour augmenter encore la vitesse de la masse éjectée, on ouvre même la petite prise de vapeur, destinée à tenir propre la soupape de vidange.

On peut voir en coupe la disposition de cette prise dans le tube de Barthel en *e f* (fig. 115, p. 310).

Les ouvertures par lesquelles s'échappe la masse doivent être à angles vifs, comme nous l'avons longuement expliqué pour la pomme de terre.

Il est absolument indispensable, avant de commencer une cuisson, d'assurer pour toute la durée de l'opération une pression suffisante au générateur et de ne pas la laisser tomber, car on aura beau prolonger ensuite la cuisson pendant une heure, on n'arrivera pas au même résultat.

On peut raccourcir notablement la durée de la cuisson en mettant le maïs à tremper avec de l'eau dans le cuiseur la veille du jour de l'opération. Mais il faut que le mélange préparé le soir conserve jusqu'au lendemain matin une température d'au moins 50° C pour éviter la fermentation butyrique.

Quand il s'agit de travailler un maïs fort humide, il est nécessaire de prendre beaucoup de précautions, parce qu'il absorbe difficilement l'eau; il faudra alors augmenter la proportion d'eau employée.

D. Grains concassés

336. La cuisson des grains concassés dans des appareils sous pression peut se faire avec ou sans le secours d'un agitateur.

c) *Cuisson des grains concassés dans un appareil à pression avec agitateur.* — Ce travail a été réalisé avant la cuisson des grains entiers, d'abord par Hollefreund, puis par Bohm, Venuleth, etc.

Nous avons vu que les premières tentatives faites pour cuire le maïs concassé donnèrent d'assez mauvais résultats et qu'on essaya en vain de le concasser plus finement, et même de le réduire en farine pour arriver à une meilleure désagrégation de l'amidon. D'après Maercker, ce n'était que dans les circonstances les plus favorables et avec un maïs de qualité exceptionnelle qu'on parvenait à ne laisser que 10 p. 100 d'amidon non transformé.

Après qu'on eut constaté les bons résultats de la cuisson des pommes de terre dans l'appareil de Henze avec un système perfectionné pour la distribution de la vapeur, on essaya également de cuire du maïs dans cet appareil; mais la cuisson des grains entiers donna de meilleurs résultats que la cuisson des grains concassés, et, à partir de 1875, la cuisson en grains entiers devient à peu près générale en Allemagne. Ce système fut longtemps considéré comme le meilleur; dans la 5^e édition de son *Traité de la fabrication de l'alcool*, Maercker écrivait encore :

« On doit reconnaître maintenant qu'on faisait fausse route en tâchant de perfectionner la cuisson des grains concassés. Les nouvelles recherches ont prouvé jusqu'à l'évidence: que dans les appareils à haute pression, la cuisson du maïs en grains entiers se fait beaucoup mieux que celle des grains concassés. »

Nous avons vu aussi que pour cuire le maïs en grains entiers dans un appareil Henze sans agitateur, il faut une bonne distribution de la vapeur et un mouvement continu très vif de la matière en cuisson. En continuant de perfectionner les cuiseurs, on est arrivé à reconnaître qu'on peut également cuire du maïs concassé dans un appareil à haute pression sans le secours d'aucun agitateur, et que le résultat final du travail était meilleur avec le maïs concassé.

Le grand avantage du travail du maïs concassé est de permettre de réduire la pression et la durée de la cuisson.

D'après Bücheler, pour travailler le maïs en gruau ou en farine, il est nécessaire d'avoir un cuiseur à agitateur, pour éviter la manœuvre consistant à remuer la masse à l'aide de mouverons pendant l'emplissage, et l'appareil le plus convenable n'est pas celui de Henze à corps vertical, mais le cuiseur-réfrigérant-macérateur de Bohm, qui est très simple et dans lequel on peut faire toutes les opérations de la préparation des moûts, d'où résulte une grande pureté de la fermentation.

P. Wittelshöfer est également d'avis de cuire le maïs concassé, comme le font les distillateurs belges, dans un cuiseur horizontal muni d'un puissant agitateur. Cet appareil est surtout recommandable quand, comme en Belgique avant la nouvelle loi, on veut faire des moûts très concentrés, ou que les générateurs ne sont pas montés pour supporter la pression élevée nécessaire à la cuisson dans un appareil cuiseur Henze.

Le maïs concassé étant délayé dans l'eau, on le cuit lentement, puis on porte rapidement la pression à 2 1/2, 3 atmosphères, et, peu après, on vide. Toute l'opération ne dure pas plus d'une heure.

337. *Procédé Mandl.* — Un procédé dont on a beaucoup parlé est celui imaginé par Mandl, de Budapesth. Le but de l'inventeur était d'éviter la haute température qui est liée à la haute tension de la vapeur, parce que, d'après lui, la pression élevée est nécessaire à la désagrégation de l'amidon tandis que la température élevée est nuisible. Il s'agirait donc de cuire à haute pression et à basse température.

Le maïs finement moulu est introduit dans un cuiseur muni

d'un puissant agitateur avec de l'eau qu'on maintient à l'ébullition durant 4 heures; au moyen d'un compresseur on injecte ensuite de l'air dans le cuiseur jusqu'à ce que la pression monte au moins à 4 atmosphères; on maintient cette pression durant une heure et demie, deux heures, et on vide sous cette pression.

Comme la désagrégation du maïs était très imparfaite, Mandl est ensuite revenu plus ou moins à la cuisson à la vapeur sous une pression de 1 à 1 1/2 atmosphère.

Le Dr Cluss, collaborateur de Maercker, a fait l'éloge de ce procédé, qui présentait les avantages suivants: 1^o Suppression complète de la caramélisation; production de mouts pâles n'ayant aucun goût de brûlé. 2^o Réduction à 1 % de la proportion d'amidon non désagrégé. 3^o Rendement alcoolique plus élevé et alcool de meilleure qualité.

Comme la caractéristique de ce procédé est l'emploi de l'air comprimé, il s'agit de savoir jusqu'à quel point cet air contribue à la désagrégation. Les essais de Cluss ont montré que l'on obtenait les mêmes résultats sans l'emploi de l'air comprimé, en sorte que le prétendu procédé Mandl n'est qu'une cuisson à la vapeur à basse pression.

Ce résultat justifie les critiques faites de ce procédé par Franckl, de Budapesth. Le docteur Cluss a publié dans le *Zeitschrift für spiritus industrie*, un article relatant ses essais sur la comparaison entre le travail par le procédé Mandl à Osmünde et le travail de la distillerie de Trotha, celle-ci « employant les systèmes de Pampe et de Riebe qui sont considérés en Allemagne comme représentant les modifications les plus heureuses du procédé habituel de cuisson (1). » L'auteur de cet article, après avoir cité un tableau où l'on trouve entre le travail de Trotha et celui d'Osmünde (procédé Mandl) des différences très faibles, qui peuvent provenir de différences dans les matières premières ou d'erreurs d'analyse, arrive à cette conclusion « que la saccharification préalable et partielle (procédé Riebe) n'est pas indispensable au travail des grains égrugés, à condition d'avoir des agitateurs bien disposés et une bonne distribution de la vapeur. »

Or, le procédé Riebe est depuis longtemps abandonné à Trotha où l'on travaille par le procédé de Pampe, comprenant la cuisson à basse pression des grains concassés sans l'emploi d'aucun agitateur. Donc, en admettant encore que l'air comprimé eût un

(1) *L'alcool et le sucre*. Avril, 1895, p. 142.

avantage quelconque, le prétendu procédé Mandl de cuisson en farine avec agitateur, serait inférieur à celui de Pampe.

Pour obtenir le même résultat que par le procédé Mandl, il faudrait, d'après l'ouvrage de Maercker (1), opérer de la façon suivante :

On cuit le maïs pendant 2 heures à 3 atmosphères dans un cuiseur muni d'un agitateur tournant assez rapidement ; on arrête ensuite l'agitateur et on porte aussi rapidement que possible la pression à 5 atmosphères, en donnant de la vapeur uniquement au-dessus du liquide. En vidant ensuite rapidement on obtient un moût de nuance très pâle et qui fermente très bien.

d) *Cuisson des grains concassés dans un cuiseur sans agitateur.* — On a longtemps admis que le cuiseur Henze, si commode pour le travail de la pomme de terre et des maïs en grains entiers, ne convenait nullement à la cuisson du maïs concassé ou en farine, et c'est ce qui explique que depuis 1875 à 1891, on ne travailla guère, en Allemagne, que du maïs en grains entiers.

A partir de 1891 on fit un grand nombre d'essais pour cuire le maïs concassé ou en farine. Voici généralement comment on opérât.

L'eau contenue dans le cuiseur était chauffée vers l'ébullition, on y versait le gruau en mince filet, tandis qu'un ouvrier remuait constamment la masse jusqu'à la fin du chargement. Quand la masse était arrivée à l'ébullition, on fermait d'abord le trou d'homme puis le robinet d'air, on montait à 3 atmosphères et on vidait le cuiseur.

D'après le Dr Bücheler, pour que l'opération réussisse, il faut ajouter dans le cuiseur 8 à 10 kilos de malt, afin d'éviter la formation de grumeaux et d'obtenir une rapide liquéfaction de la masse ; en outre, il est préférable d'avoir un cuiseur à agitateur, et le meilleur appareil est un cuiseur horizontal.

Nous ne sommes pas partisan des cuiseurs horizontaux et en général des cuiseurs à agitateurs ; nous trouvons également inutile l'emploi dans le cuiseur d'une certaine dose de malt, qui donne lieu à la production d'un peu de sucre détruit en partie pendant la cuisson.

Si après avoir abandonné les agitateurs mécaniques, dont la construction et l'entretien sont très dispendieux, on est revenu à ces appareils, cela tient à ce que les cuiseurs étaient mal

(1) Traité de la fabrication de l'Alcool, 7^e édition, 1898.

construits: moyennant une construction convenable du cuiseur, on peut obtenir de meilleurs résultats sans agitateur mécanique.

Si c'est du maïs qu'on travaille, ce grain doit être concassé très uniformément, ni trop gros ni trop fin, et être introduit d'une façon très régulière dans le cuiseur, autant que possible au moyen d'une hélice commandée par un mouvement mécanique.

Pour ce concassage, on peut employer des moulins avec meules françaises de 1 m. 10 de diamètre; ces moulins sont ordinairement montés sur un piédestal en fonte comme le représente la figure 92, page 279. Un autre appareil très recommandable est le moulin Gruson (223, p. 236); pour un travail de 500 kilos à l'heure, ce moulin n'exige que trois à quatre chevaux. Le moulin Pilter (fig. 174), souvent employé dans le travail par les acides, doit également donner de bons résultats.

Comme système de cuiseurs à basse pression, nous pouvons citer celui de Pampe mentionné dans le travail du D^r Cluss. Ce qu'il y a d'essentiel et de caractéristique dans les cuiseurs Pampe, c'est un système amovible de tuyères, monté au sommet du cône. La vapeur s'échappe à pleine pression de ces tuyères dans le liquide et monte verticalement en produisant un violent courant de liquide de bas en haut dans le milieu de l'appareil. Ce courant est visible à la partie supérieure du liquide comme une vague de grande hauteur, et il produit un vif mouvement du centre à la périphérie. Parvenu à la paroi, le liquide descend et il rencontre des jets de vapeur tangentiels qui lui impriment un mouvement hélicoïdal vers le bas et vers le centre et le renvoient en face des tuyères. Cellés-ci le font de nouveau entrer dans le courant, qu'il parcourt ainsi d'une façon méthodique et continue.

De cette façon, chaque parcelle de moût est mise régulièrement en contact avec la vapeur, et cela d'une façon tellement parfaite, qu'on ne peut arriver au même résultat par un agitateur mécanique.

Pour cuire des pommes de terre avec le même cuiseur, dans des conditions également avantageuses, il n'y a qu'à enlever le système de tuyères monté à la partie inférieure du cône et à le remplacer par l'obturateur spécial pour la pomme de terre, ce qui se fait en 5 minutes.

S'il importe beaucoup d'avoir une répartition parfaite de la vapeur, il est au moins aussi important, surtout pour les grandes usines, d'organiser une bonne disposition en batterie de plusieurs

cuisseurs, à double ou à triple effet, de façon que la vapeur du générateur, entrant dans un cuiseur, traverse toute la batterie et soit, par suite, complètement utilisée.

La figure 172 représente une batterie de trois cuiseurs Pampe A₁, A₂, A₃, surmontés d'une bêche à eau B. Si A₁ est le cuiseur le plus anciennement chargé, la vapeur qui s'en échappe à la partie supérieure se dirige horizontalement vers le cuiseur suivant et descend ensuite verticalement pour se distribuer à la partie inférieure de ce cuiseur. Par une sorte de commutateur, chaque

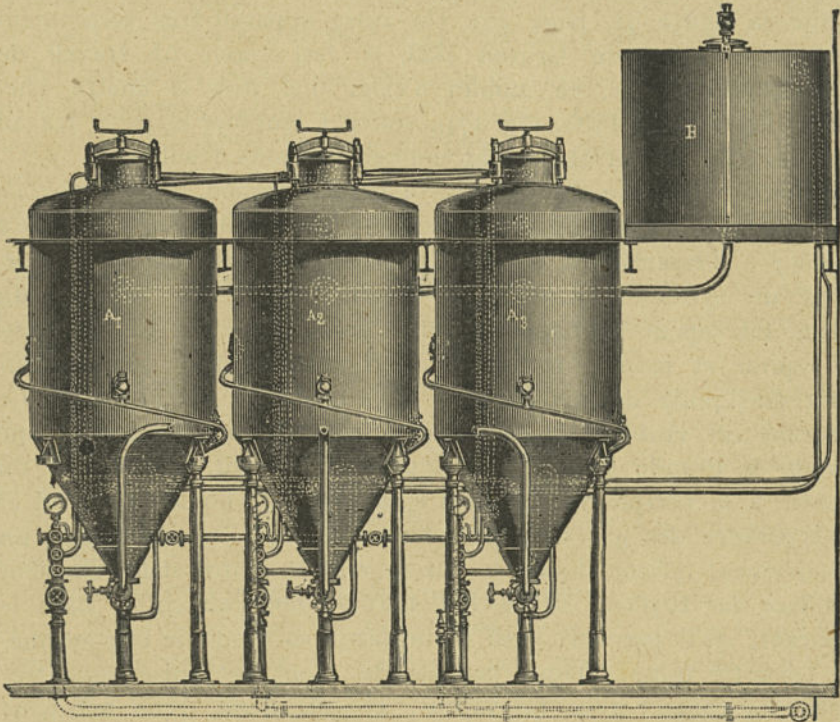


Fig. 172. — Batterie de cuisson à effets multiples de Pampe.

cuisseur peut être mis en tête de la batterie et recevoir la vapeur directe qui, en s'échappant de ce cuiseur, est utilisée dans les deux autres.

La cuisson dure de deux heures à deux heures et demie à une pression de 2 atmosphères, tandis que la cuisson en grains entiers demande au moins trois heures à une pression de 3 atmosphères.

La figure 173 montre les détails du couvercle des cuiseurs représentés par la figure 172. D'après M. Pampe, le couvercle qui

s'abat sur le cuiseur présente cet inconvénient, que quand on relève le couvercle et que la partie qui forme joint est tournée vers le haut, il se dépose de la poussière et des saletés sur cette partie. Le couvercle doit, par suite, être monté comme ceux des diffuseurs, c'est-à-dire être enlevé en le tournant latéralement. La partie jointive est ainsi essuyée automatiquement chaque fois que l'on ferme le couvercle.

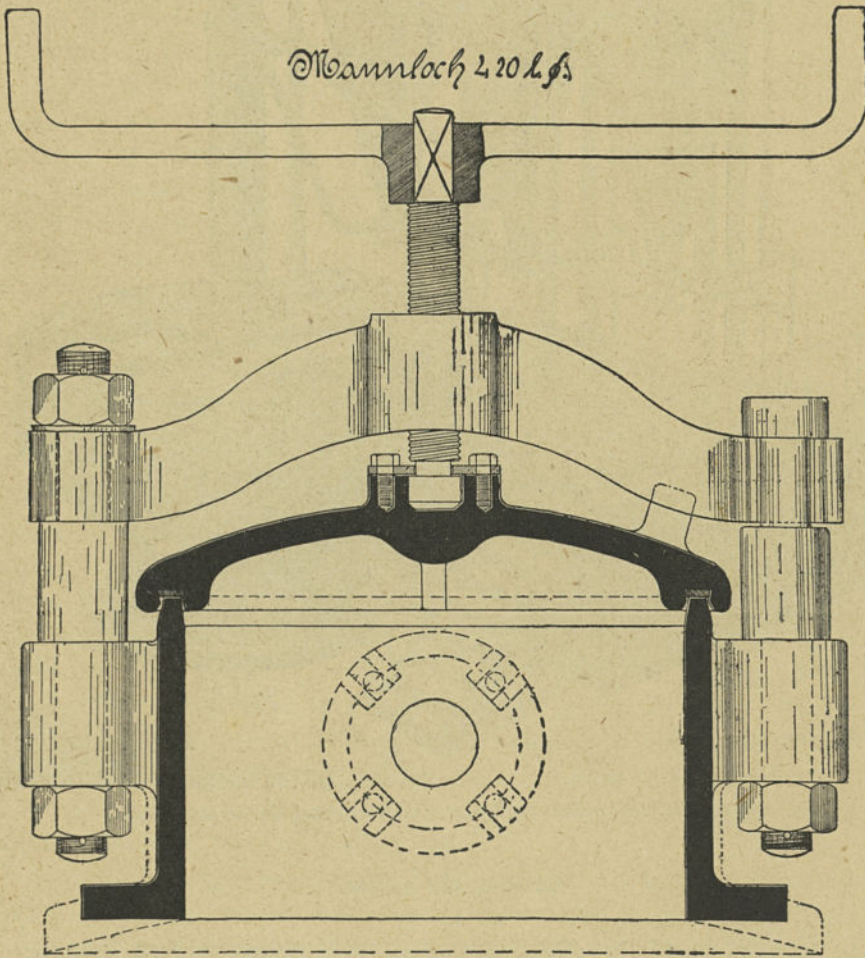


Fig. 173. — Couvercle du cuiseur Pampe.

Au milieu du dessin on aperçoit le débouché du tuyau qui amène la vapeur de la partie supérieure d'un cuiseur à la partie inférieure du cuiseur suivant, pour la cuisson à effets multiples.

La figure 174 représente une batterie de cuisson à effets multiples de Paucksch.

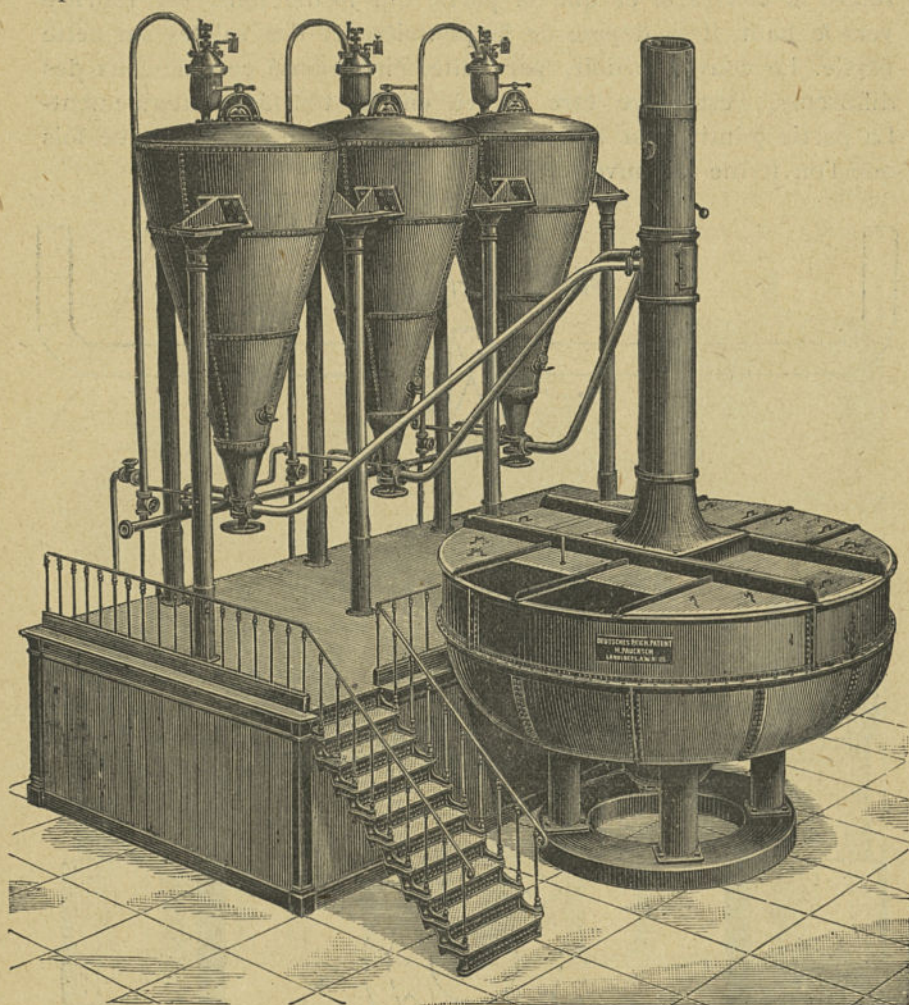


Fig. 174. — Batterie de cuisson à effets multiples de Paucksch.

Cuisson du seigle.

338. Pour la cuisson du seigle, on opère généralement comme pour le maïs. Après avoir cuit au point d'amollir les grains, on fait monter la pression pour compléter la cuisson et on procède à la vidange du cuiseur en opérant sous une très forte pression.

On charge dans le cuiseur par 100 k. de grains 140-160 l. d'eau, ou 200 l. s'il s'agit de faire des moûts peu épais. On porte

à l'ébullition, on charge lentement le grain et on continue de faire bouillir jusqu'à ce que, prenant un échantillon, on trouve tous les grains bien ramollis; on laisse alors monter la pression, mais on continue de laisser souffler la soupape ou le tuyau d'air pendant une heure, une heure et demie; enfin, on monte à la pression de quatre atmosphères, qu'on maintient pendant un quart d'heure ou une demi-heure, et on vide sous cette pression. Un seigle normal se travaille très bien de cette façon; mais, s'il s'agit d'un seigle germé ou rentré dans de mauvaises conditions, humide, les précautions indiquées sont insuffisantes. Un tel seigle, suivant Delbrück, n'absorbe pas, pendant une ébullition d'une heure à une heure et demie, suffisamment d'eau, et la transformation de l'amidon en empois est incomplète. Il faut d'abord lui faire subir un trempage; Delbrück recommande dans ce but de mettre le seigle pendant douze heures en présence d'eau acidulée à une température de 50° C, en raison de 160 l. d'eau et de 1/6 de litre d'acide sulfurique par 100 k. de seigle.

L'addition d'acide sulfurique est nécessaire parce que, à cette température, la fermentation butyrique se déclare facilement. On pourrait l'éviter en employant de l'eau plus chaude, mais le trempage semble alors se faire moins bien. Il est peut-être préférable d'employer un peu plus d'acide sulfurique, car, d'après les essais de Schuster, le seigle semble se ramollir d'une façon plus complète en présence de doses plus fortes d'acide sulfurique. Après douze heures, on fait écouler l'eau acidulée, on introduit le seigle dans le cuiseur, on ajoute la quantité d'eau nécessaire, on chauffe pendant une heure à soupape soufflante, puis pendant une heure sous une forte pression, et enfin on vide le cuiseur.

On peut aussi faire le trempage dans le cuiseur en l'y introduisant avec de l'eau la veille du jour où l'on veut cuire; mais on ne peut pas y ajouter d'acide pour empêcher la fermentation butyrique, car on attaquerait le fer du cuiseur. Il vaut donc mieux opérer dans un vase spécial en bois.

Quand le seigle est fort humide, les moyens que nous venons d'indiquer sont encore insuffisants, parce que le grain se trempe mal. Il faut alors employer le moyen indiqué par Stenglein, et qui consiste à bien dessécher préalablement le seigle sur une touraille (259, p. 281) ou dans un endroit chaud de la distillerie (sur les générateurs); le travail se fera alors sans aucune difficulté et on pourra même, dans certaines circonstances, supprimer le trempage préalable. Le seigle, d'abord séché, puis trempé, donne

toutefois le travail le plus facile, si facile même qu'on peut le traiter dans le cuiseur en même temps que la pomme de terre.

Travail simultané du seigle ou du maïs et des pommes de terre.

339. Il vaut toujours mieux, quand on le peut, éviter de cuire ensemble des pommes de terre et des grains entiers, car les pommes de terre sont suffisamment cuites avec une pression de trois atmosphères, tandis qu'avec les céréales en grains entiers, il faut souvent maintenir une pression de quatre atmosphères durant une heure. Si l'on veut produire et maintenir la pression nécessaire à la cuisson du grain, on brûle les pommes de terre ; si, au contraire, les pommes de terre sont exactement cuites à point, la désagrégation des grains est incomplète. La cuisson de ceux-ci se fait déjà mieux si on les aplatit au préalable dans un simple écraseur d'avoine.

S'il s'agit de ne travailler que de petites quantités de grains, il est recommandable d'opérer de la façon suivante : la farine du grain est empâtée dans la cuve-matière avec de l'eau et 3 p. 100 de malt, en faisant marcher énergiquement l'agitateur. On fait alors arriver dans le macérateur de l'empois de pommes de terre cuites à part sous pression jusqu'à ce que le mélange ait une température de 80° C, qu'on maintient pendant vingt minutes pour produire la liquéfaction ; on refroidit ensuite jusqu'à la température de 50° C, on ajoute le lait de malt nécessaire et on continue l'éjection comme si on traitait des pommes de terre seules.

Si le macérateur est muni d'un tuyau de vapeur, il vaut encore mieux empâter la farine et le malt avec de l'eau et chauffer à 80° par injection de vapeur.

Ces manières d'opérer supposent que le grain est réduit en farine. Il va sans dire que la désagrégation, difficile avec les grains entiers, est notablement facilitée par la mouture.

Le trempage des grains ou le maltage jusqu'à apparition de la plumule donnent aussi une meilleure liquéfaction de l'amidon.

On obtient les plus mauvais résultats en introduisant dans la cuve-matière de la farine telle quelle pendant la saccharification. L'attaque de l'amidon des farines est, dans ces conditions, tellement incomplète, qu'on doit toujours rejeter ce procédé, trop souvent employé.

Quand on veut travailler des grains entiers, par exemple du seigle, simultanément avec des pommes de terre, on met d'abord au fond du cuiseur 100-150 kilos de pommes de terre, puis le seigle,

et on complète la charge avec des pommes de terre. De cette façon, on peut évacuer l'eau de condensation sans perte de seigle, celui-ci étant retenu par la couche inférieure des pommes de terre. On cuit d'abord à 3 puis à 4 atmosphères; l'opération dure généralement 1 heure 1/2. Les dispositifs destinés à broyer pendant la vidange, et notamment le tube de Barthel, peuvent rendre de bons services.

Dans tous les cas, il faut faire subir au seigle un trempage soigné avant de le cuire, et, quand le seigle est humide et déjà par lui-même difficile à travailler, il faut d'abord le dessécher sur la touraille ou sur les générateurs, le tremper ensuite et enfin le cuire comme nous l'avons expliqué.

Le travail simultané du maïs et des pommes de terre ne semble pas avoir donné de résultats satisfaisants; il est préférable d'avoir dans la distillerie un petit cuiseur à part pour la cuisson du maïs.

Travail des grains par le procédé Porion

340. En 1884, M. Georges Porion, alors distillateur à St-André, près de Lille, a imaginé un procédé de travail des grains par saccharification et fermentation simultanées.

Ce procédé a pour point de départ ce fait: que toute fermentation (diastatique, levurienne, etc....) se ralentit à mesure que s'accumulent les produits qu'elle forme. Dans la saccharification de l'amidon, les produits de la saccharification arrêtent l'action de la diastase et cette influence retardatrice se fait d'autant plus sentir que le moût est plus concentré; les dextrines formées ne sont ensuite attaquées que lorsque la levure a fait disparaître le maltose qui empêchait la diastase de poursuivre son œuvre.

Dé même pour la fermentation lactique: l'acide produit arrête l'action du ferment.

M. Porion fait agir en même temps la diastase et la levure sur l'empois d'amidon, à la température de la fermentation. On opère de la façon suivante:

On fait cuire les grains entiers en présence d'eau dans la proportion de 300 litres d'eau par 100 kilos de grains.

On opère dans des vases analogues aux macérateurs employés pour la betterave (fig. 28, p. 128). Après cuisson, on soutire par le double fond l'eau non absorbée, et on l'utilise pour une nouvelle opération.

Après égouttage, on ouvre la porte du macérateur et on le vide. On étale les grains en couche mince sur une aire en briques;

par suite de la grande surface d'évaporation que présentent les grains, ils se refroidissent rapidement. On les soumet ensuite à un broyage entre des cylindres, et, sans saccharification préalable, après addition de la quantité d'eau nécessaire et de malt broyé, on les verse dans la cuve à fermentation, où la saccharification et la fermentation se produisent simultanément.

Pour 100 kilos de maïs, l'inventeur prenait 2 à 3 kilos de levure de bière et 5 kilos de malt.

Ce procédé n'est pas entré dans la pratique; il est certainement inférieur au procédé ordinaire, car il ne permet pas de tuer partiellement les bactéries du malt après saccharification, en mettant à profit la protection que trouve la diastase dans la présence d'une forte proportion de sucre.

L'idée de traiter les matières amylacées par la saccharification et fermentation simultanées est fort belle, mais ce travail ne peut se réaliser complètement qu'en opérant aseptiquement; c'est précisément ce problème difficile qu'ont résolu, d'une façon remarquable, MM. Calmette, Boidin et Collette, dans la distillerie de M. Collette, à Seclin (Nord). Nous parlerons de ce procédé après avoir traité de la fermentation.

CHAPITRE XX

Saccharification par les acides

341. Les acides, en agissant sur l'amidon, le transforment d'abord en amidon soluble, puis en dextrine, en maltose et enfin en dextrose.

Les seuls acides qu'on puisse employer pratiquement sont l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique; mais ce dernier est rarement utilisé pour la saccharification, parce qu'il est beaucoup inférieur au premier. L'acide sulfurique n'est employé que dans les fabriques de glucose, parce qu'il présente l'avantage de donner avec l'acide sulfurique, employé à la neutralisation après saccharification, un sulfate insoluble qu'on sépare facilement par filtration. On l'emploie quelquefois à la saccharification du maïs pour la préparation du moût à levains dans les distilleries de mélasse, quand on veut se servir de celle-ci pour neutraliser l'excès d'acide; mais ce système est mauvais (voir Fermentation).

Les grains que l'on soumet à la saccharification doivent toujours être, aussi bien que possible, débarrassés de la terre qui les souille souvent, car celle-ci neutralise une partie de l'acide ajouté, en sorte que l'acidité devient insuffisante et que la saccharification se fait mal.

La saccharification peut se faire à l'air libre ou sous pression; elle peut s'appliquer directement aux céréales en grains ou concassées, ou aux céréales cuites préalablement sous pression.

Saccharification à l'air libre

342. Pour la saccharification à l'air on peut opérer directement sur les céréales, sur ces céréales transformées en empois, ou sur ces céréales cuites préalablement sous pression.

1° *Saccharification directe des céréales à l'air libre.* — S'il s'agit de traiter du riz, du dari ou du blé, on peut opérer sur des grains entiers; s'il s'agit de maïs, il est indispensable de le réduire en farine ou, du moins, de le concasser grossièrement. L'opération se fait dans des cuves en bois très solides, munies d'un barboteur placé près du fond; ce barboteur doit être contourné en spirale et avoir plusieurs rangées de trous, de façon à éviter les dépôts de matières gluantes, qui ne tarderaient pas à se former à sa surface. Un agitateur à palettes (fig. 68, p. 224) remue constamment la masse. La cuve est fermée par un couvercle muni d'une cheminée et d'une trappe pour le chargement.

Par 100 k. de grains à saccharifier, on introduit dans la cuve environ 300 k. ou 3 hectos d'eau et 10 k. d'acide chlorhydrique, et on chauffe par barbotage. Aussitôt que l'eau bout, on met l'agitateur en mouvement et on charge lentement le grain ou le gruau, par la trappe, en maintenant constamment l'ébullition. On continue ensuite de faire bouillir durant dix à quatorze heures.

Pour déterminer à quel moment on peut arrêter l'ébullition, le moyen le plus simple consiste à prendre un échantillon, à l'étendre de son volume d'eau si c'est nécessaire, à filtrer et à mélanger le liquide clair à trois fois son volume d'alcool concentré. Si le liquide devient simplement un peu louche (sulfate de calcium, etc.), c'est que toute la dextrine qui s'est d'abord produite a été transformée en dextrose; au contraire, s'il se produit un précipité floconneux assez abondant, c'est une preuve que la saccharification est incomplète.

Ce moyen de contrôle est assez grossier. On préfère doser le

dextrose à la liqueur cuivrique; mais, dans ce cas, il faut se limiter à un certain chiffre, car on ferait fausse route en cherchant à obtenir le maximum de sucre réducteur. Une longue ébullition détruit une partie du dextrose primitivement formé, en le transformant en d'autres produits, qui réduisent la liqueur cuivrique, mais ne fermentent pas; en même temps, l'acide continue d'attaquer les gommés et la cellulose en donnant des pentoses, arabinose et xylose, également réducteurs et infermentescibles. Le liquide brunit fortement; la proportion de matière réductrice augmente, mais le rendement en alcool diminue. Il se forme aussi du caramel, qui est très nuisible à la fermentation. Pour que ce moyen de contrôle soit efficace, il faut opérer sur des grains ou des mélanges de grains, d'une composition aussi constante que possible, et déterminer, en faisant fréquemment le rendement en alcool à l'usine et au laboratoire, la proportion de sucre réducteur à laquelle il faut s'arrêter.

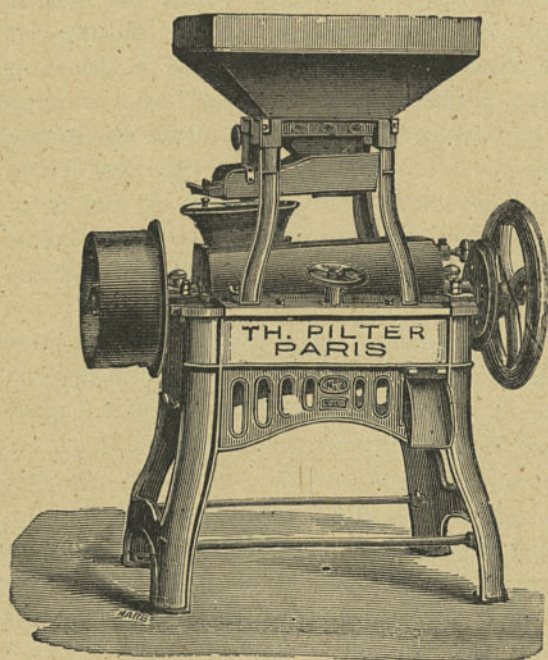


Fig. 174.

Moulin américain de Pilter.

Pour fixer le moment où toute la dextrose a disparu, on prélève des échantillons, qu'on filtre, et on chauffe une partie du liquide filtré, avec 10 % d'acide chlorhydrique, pendant une heure. On examine au polarimètre. Soient d et d' les déviations avant et après inversion. On ajoute au deuxième chiffre $1/10$ pour tenir compte de la dilution, et, si le résultat n'est pas inférieur au premier chiffre, on peut en conclure qu'il n'y a pas de dextrose.

Pour détruire moins de sucre à la fin de la saccharification, il convient de modérer le chauffage à ce moment. A la grande « Distillerie de la Méditerranée », à Marseille, on faisait bouillir

pendant trois heures en cuve ouverte, puis on faisait étuver pendant cinq à dix heures en couvrant la cuve. Quand il s'agissait de maïs, on employait 4,5 à 5 parties d'eau pour 1 p. de grains.

Le maïs doit toujours être concassé. On peut employer à cet effet un moulin Pilter (fig. 174), qui est excellent.

S'il s'agit de riz, dari, blé, seigle, on peut les charger dans la cuve en grains entiers. D'après M. Martinand, il est plus avantageux d'appliquer à ces céréales la saccharification intra-cellulaire, consistant à faire tremper les grains durant vingt-quatre heures dans de l'eau acidulée à 40°C et de les cuire ensuite. L'acide pénètre dans chaque cellule et on obtient un mélange du saccharifiant et de la matière à saccharifier plus parfait que celui que peut donner le moulin le mieux construit. La saccharification peut même se faire à sec.

Ce traitement s'appliquerait également à la pomme de terre et à la patate douce. Il ne s'applique pas au maïs qui ne se laisse pas suffisamment pénétrer par l'eau.

2° *Saccharification après transformation en empois.* — Quand on travaille des céréales concassées ou réduites en farine, il vaut mieux supprimer l'agitateur et faire au préalable l'empâtage et la transformation de la farine ou du gruau en empois dans un petit macérateur horizontal, dans le genre du macérateur Lacambre, mais en bois, pour résister à l'acide.

Ce macérateur ou malaxeur a, par exemple, 1 m. de largeur sur 2 m. 50 de long et est à fond hémicylindrique. A 50 cm. du fond se trouve, dans le sens de la longueur, un arbre en bronze muni de palettes en bois; cet arbre est mis en mouvement par une grande poulie tournant avec une vitesse de vingt tours environ par minute. L'appareil est muni d'une hotte et d'une cheminée pour le dégagement des vapeurs (Voir plus loin B 2°).

3° *Saccharification à l'air libre après cuisson sous pression.* — On cuit sous pression pendant deux à trois heures les grains concassés ou entiers dans un cuiseur Henze cylindro conique ou conique, comme nous l'avons vu pour la saccharification par le malt, en employant par 100 k. de grains 250 litres d'eau. On vide ensuite la masse d'empois dans la cuve à saccharifier, où l'on a mis d'avance la quantité d'acide chlorhydrique nécessaire, délayée dans un peu d'eau qu'on porte à l'ébullition en injectant de la vapeur par le tuyau perforé. On maintient constamment un léger barbotage pendant l'éjection de la masse, puis on fait bouillir durant le temps nécessaire pour achever la saccharification. Il

importe de ne pas laisser refroidir l'empois sortant du cuiseur et de le mettre immédiatement en contact avec l'acide, afin de le liquéfier et d'empêcher sa prise en masse. Si cet accident se présentait, il faudrait descendre dans la cuve et enlever la masse à l'aide d'une pioche, ce qui serait un travail très pénible. Il serait, du reste, impossible de saccharifier ensuite convenablement cet empois pris en masse.

Saccharification sous pression

343. La saccharification sous pression peut se faire directement sur les céréales, ou indirectement après cuisson sous pression.

B. *Saccharification directe des céréales sous pression.* — On peut traiter directement les grains concassés ou les transformer d'abord en empois.

1° *Saccharification directe sans formation d'empois.* — L'appareil dont on se sert présente généralement la forme d'un réservoir cylindrique vertical, terminé par deux calottes; c'est le saccharificateur Colani et Krüger, dit vulgairement *Krüger* (fig. 71, p. 231).

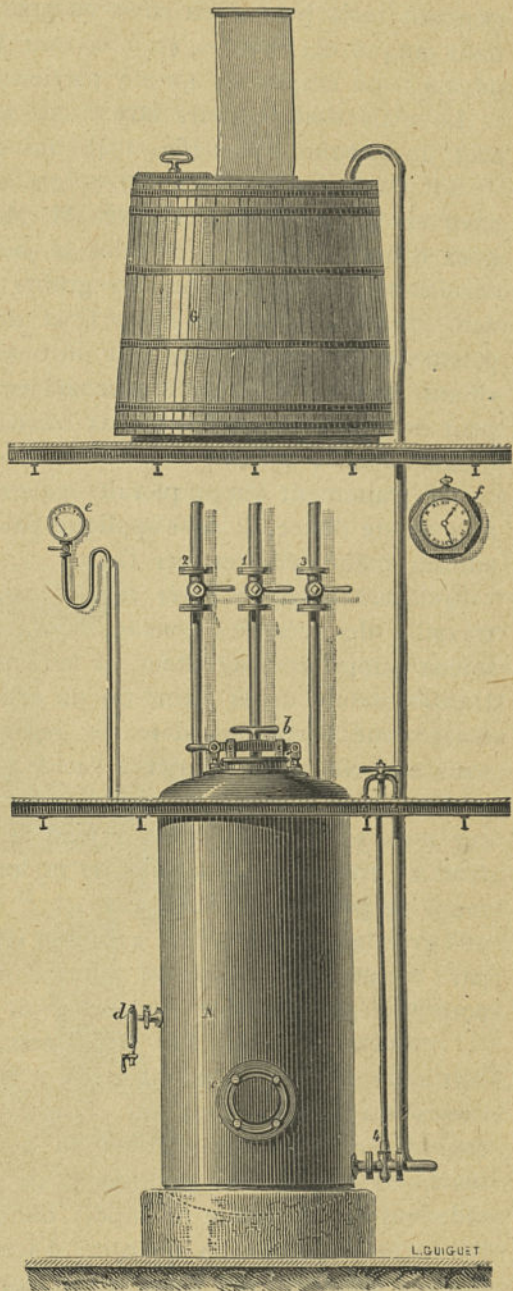


Fig. 175. — Saccharificateur Krüger.

C'est une autoclave en cuivre rouge A (fig. 175) de 20 hectos en moyenne, timbrée à 5 kilos, munie d'un faux-fond perforé et de tous les accessoires d'un monte-jus.

On introduit dans cet appareil — par le tuyau 1 — 7 hectos d'eau acidulée par une quantité d'acide chlorhydrique représentant les 4 à 6 p. 100 du poids de grains à traiter. Cette quantité varie avec la nature du grain et avec la proportion d'eau qu'on emploie; elle est d'environ 2 k. à 2 k. 5 par hecto d'eau en présence pendant la saccharification. Pour avoir une transformation rapide de l'amidon, il importe que le milieu ait une acidité de 1 p. 100, exprimée en acide sulfurique, soit 1 k. par hecto. Comme il faut de 2 k. à 2 k. 5 d'acide chlorhydrique du commerce pour représenter 1 k. d'acide sulfurique pur, c'est cette quantité d'acide chlorhydrique qu'il faut employer par hectolitre d'eau. Pour 360 k. de grains, on mettra, par exemple, dans les 7 hectos d'eau, 16 k. d'acide chlorhydrique, ce qui fera 4,5 p. 100 du poids du grain et 2 k. 25 par hecto d'eau.

On fait bouillir l'eau en injectant de la vapeur par 2, et on y fait tomber lentement le grain en maintenant constamment l'ébullition. On ferme le trou d'homme en laissant ouvert le robinet d'air (3). Quand tout l'air est chassé de l'appareil, ce qu'on reconnaît à ce que la vapeur sort avec force du tube d'air, on ferme le robinet qui se trouve sur ce tube et on laisse la pression monter à 2 k. au manomètre e. Cette pression est réglée par un détendeur de vapeur. Si on n'a pas de détendeur, on ouvre un peu le robinet de vapeur pour réchauffer quand la pression a un peu baissé.

Au bout de 80 à 90 minutes, la saccharification est terminée; on ferme le robinet de vapeur, et on envoie le liquide saccharifié par le robinet 4 dans une cuve en bois G placée à la partie supérieure du bâtiment et appelée cuve refroidissoire ou cuve d'attente.

Remarque. — On conseille généralement de cuire à 2 kilos 5 pour le blé et le seigle, et à 3 kilos pour le maïs et de maintenir la pression durant 40 à 50 minutes; mais il vaut mieux cuire plus longtemps à une pression plus basse: l'attaque est plus complète, il y a moins de caramélisation et, par suite, le rendement est meilleur.

2° *Saccharification après formation d'empois.* — Sur le même plancher où se fait le chargement du Krüger, on installe le petit macérateur en bois précédemment décrit.

On introduit dans le macérateur de l'eau à 60° C jusqu'au niveau de l'arbre et on ajoute l'acide.

L'agitateur à palettes étant en mouvement, on verse dans le malaxeur le grain concassé assez finement ou même moulu, et on laisse le mélange s'opérer à froid pendant une 1/2 heure pour tremper le grain bien uniformément.

Au moyen de deux prises placées à chaque extrémité du macérateur, on injecte de la vapeur dans la masse pour transformer l'amidon en empois. Une demi-heure après, on ouvre un robinet placé à la partie inférieure du macérateur, pour faire couler l'empois dans le saccharificateur.

On ferme le trou d'homme, on porte à l'ébullition, on ferme ensuite le robinet d'air, et on saccharifie pendant 80 à 90 minutes comme ci-dessus.

Saccharification sous pression après cuisson sous pression

344. La cuisson et la saccharification peuvent se faire dans le même vase ou dans deux vases distincts.

1° *Cuisson et saccharification dans 2 vases séparés.* — On cuit d'abord sous pression dans un cuiseur Henze sans agitateur ou dans un cuiseur horizontal à agitateur dans le genre de celui de Hollefreund avec ou sans dépeleur Bohm. Après cuisson on chasse l'empois dans une cuve contenant l'acide nécessaire à la saccharification, on mélange intimement par injection de vapeur, et, aussitôt que la masse est liquéfiée, on la fait couler dans un saccharificateur Krüger placé en dessous de la cuve.

Naturellement la durée de la saccharification est notablement abrégée et l'attaque de l'amidon est plus complète. Mais la durée totale des opérations est plus grande qu'avec la saccharification directe, et il n'y a pas moins de caramélisation.

Pour les mûts servant à la préparation des levains pour les distilleries de mélasse, nous estimons que la saccharification directe est préférable, surtout si on fait l'empois à l'air libre comme nous l'avons expliqué.

2° *Cuisson et saccharification dans le même vase.* — MM. Warein et Defrance ont construit un appareil dans lequel on fait d'abord la cuisson puis la saccharification. C'est un cylindre horizontal clos (fig. 176) dans lequel tourne un agitateur analogue à celui du macérateur Lacambre (fig. 170, p. 393). Voici comment on opère :

On verse dans le cuiseur 250 litres d'eau chaude par 100 kilos de grains à travailler, on ouvre les robinets de vapeur sur la prise D, on met l'agitateur en marche et on charge le grain. Après une 1/2 heure, on ferme le robinet d'air, on monte à 3 atmosphères et on maintient cette pression durant 2 heures environ. Lorsque l'empois est bien formé, ce dont on s'assure, on introduit l'acide chlorhydrique concentré contenu dans le ballon A, en faisant arriver la pression de la vapeur du générateur dans ce ballon. On emploie 2,5 à 5 % d'acide chlorhydrique; la durée de la saccharification est de 18 à 25 minutes et les moûts obtenus sont d'un jaune pâle.

Saccharification des patates douces par les acides

345. A l'île Terceire on saccharifie les patates douces par l'acide chlorhydrique.

Les patates découpées en tranches ou plutôt déchiquetées dans un coupe-racines type Champonnois (163) ou dans un coupe-racines à plateau (165, 182), garni de simples lames à doigts (183), sont introduites dans les *Krugers* avec de l'eau.

Dans un *Kruger* de 40 hectos, on charge 2500 kilos de patates. Dans une petite cuve placée à un niveau un peu supérieur à celui du coupe-racines, on mesure 1250 litres d'eau (50 %) et on fait couler cette eau sur le coupe-racines pour faciliter le dégagement des morceaux de patates qui, autrement, bourraient le coupe-racines.

On ajoute ensuite 62 kilos 5 d'acide chlorhydrique (2,5 %) et on saccharifie comme nous l'avons dit pendant 80 minutes à 2 atmosphères.

Refroidissement du moût saccharifié

346. Le refroidissement du moût saccharifié commence déjà à la vidange de l'appareil où la température tombe à 100°; il se continue ensuite dans la cuve d'attente ou refroidissoire, où l'on rassemble les masses saccharifiées.

Quand il y a pénurie d'eau, on peut encore continuer le refroidissement en faisant circuler le moût dans de larges rigoles en bois disposées en gradins au-dessus du toit. Grâce à sa grande acidité (0,7 à 1 % exprimée en SO^+H^2), si l'atmosphère

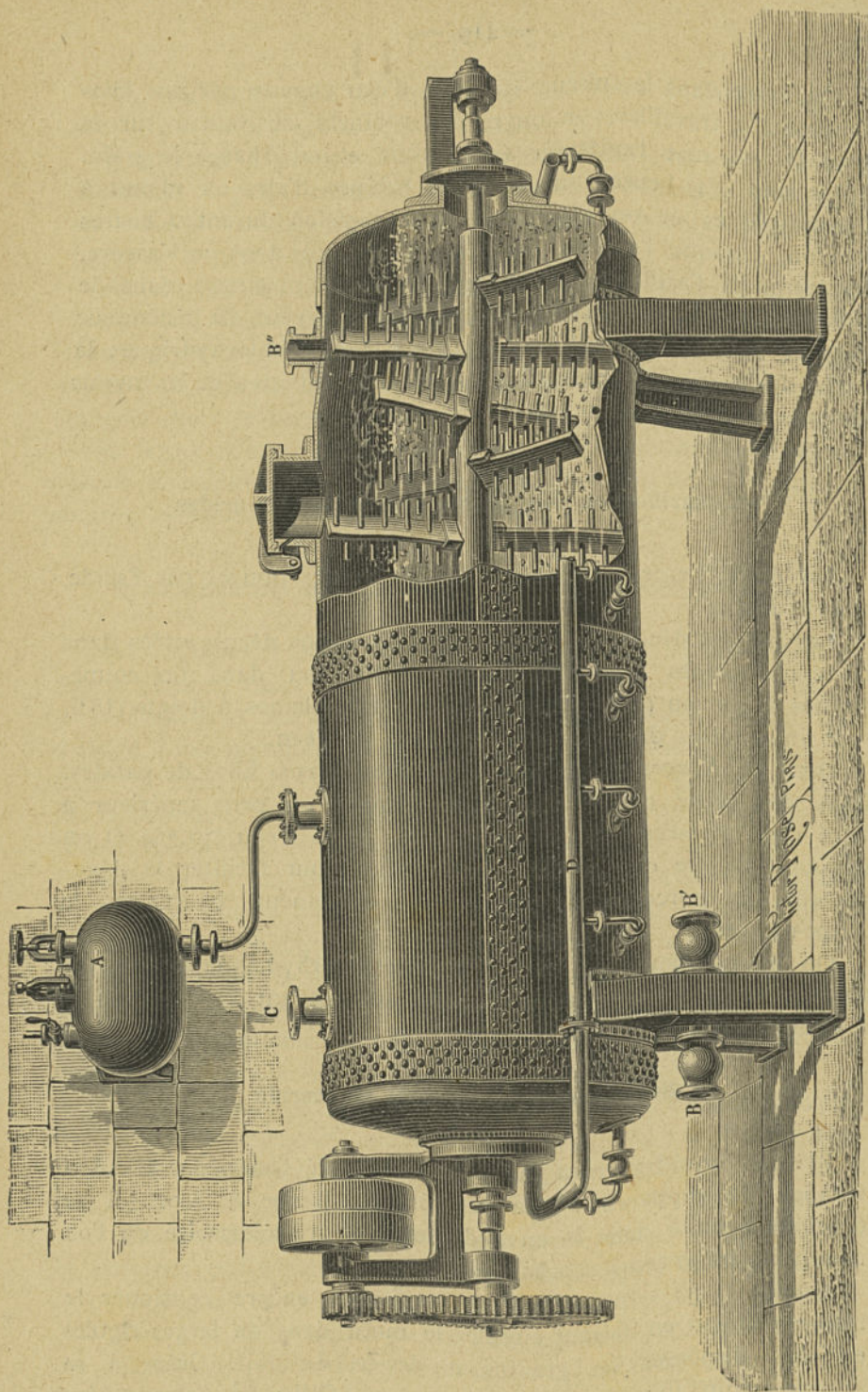


Fig. 176. — Cuiseur-sacharificateur Warein et DeFrance.

est très pure, le moût se conserve assez bien. On achève ensuite la réfrigération par l'un des moyens indiqués précédemment.

Neutralisation du moût après refroidissement

347. Le moût saccharifié a une acidité trop forte pour pouvoir fermenter directement; il faut neutraliser la majeure partie de cette acidité. On se sert dans ce but de carbonate de chaux en poudre, de chaux éteinte en poudre ou de lait de chaux; dans les distilleries de mélasses qui raffinent leurs salins on peut même se servir de carbonate de soude, ce sel se retrouvant dans les salins.

La quantité de matière à neutraliser qu'on ajoute doit être suffisante pour ne laisser que 1 gr. à 1 gr. 5 d'acide par litre (exprimée en acide sulfurique).

Avec la chaux éteinte en poudre ou le lait de chaux, il vaut mieux neutraliser à froid; on évite ainsi de détruire du sucre. Au contraire, avec le calcaire il est préférable de neutraliser à chaud; la décomposition du carbonate de chaux est plus rapide et on tue la majeure partie des microbes toujours présents sur cette substance.

Quand on refroidit *après* neutralisation, le produit saccharifié contenu dans la cuve d'attente est descendu dans une cuve placée à l'étage immédiatement en dessous, appelée cuve à neutraliser, où on ajoute le carbonate de chaux. Si on refroidit par un réfrigérant Lawrence, on le place au-dessous de la cuve à neutraliser; au-dessous du réfrigérant se place un bac préparatoire où on ramène le moût à la densité et à la température voulues. Le tout doit être placé dans une salle bien aérée.

Ce système a l'inconvénient d'exiger beaucoup de main d'œuvre pour les nettoyages.

Si on refroidit par un serpent, on l'installe dans la cuve à neutraliser. On fait barboter en même temps de l'air filtré dans la cuve, si on a un compresseur d'air; autrement il faut remuer à la main.

Saccharification par les acides et le malt combinés

348. D'après M. Martinand, les dextrines produites par l'action des acides ne sont pas, comme on l'a dit, inattaquables par la diastase

et on peut se servir du malt pour compléter la saccharification (83). La fermentescibilité de ces dextrines a été confirmée par Brown et Morris qui considèrent les deux saccharifications comme identiques. Le malt doit être ajouté dans les cuves à fermenter ; nous en parlerons donc à propos de la fermentation des moûts saccharifiés par les acides.

Procédés divers de saccharification

349. M. Billet, distillateur à Marly-lès-Valenciennes, a fait breveter un procédé de saccharification par les acides et de séparation du moût clair, ayant pour but de produire de la levure. Ce procédé a été abandonné pour la production de la levure, parce que celle-ci était de qualité inférieure ; il a été employé pendant un certain temps pour la préparation des levains dans les distilleries de mélasse ; mais, là encore, on a fini par l'abandonner, en sorte qu'il n'offre plus qu'un intérêt historique.

On saccharifie le maïs dans un Krüger en employant par 100 k. de maïs 150 à 200 l. d'eau et 5 k. d'acide chlorhydrique. Au bout de quarante à quarante-cinq minutes, on vide le cuiseur dans la cuve d'attente. On descend ensuite une cuite ou deux cuites à la fois dans la cuve à neutraliser, où on les additionne de chaux hydratée en poudre, de lait de chaux ou de carbonate, de façon à ne laisser qu'une acidité de 1 à 2 g. par litre (exprimée en acide sulfurique). De la cuve à neutraliser, le moût passe dans un monte-jus, qui le refoule aux filtres-presses de première pression. Le sirop clair qui s'écoule est recueilli dans une petite cuve placée au-dessus d'un réfrigérant Lawrence, sur lequel on le refroidit, et tombe ensuite dans une cuve préparatoire, où on le ramène à la densité et à la température convenables pour la fermentation.

Les tourteaux, retirés des presses de première pression, tombent dans un malaxeur, où on les délaie dans de l'eau chaude pour dissoudre le sucre qu'ils retiennent encore. On vide ce malaxeur dans un deuxième monte-jus, qui les refoule aux presses de deuxième pression. Le jus faible, qui s'écoule, tombe dans une petite cuve à jus faible, passe également sur le réfrigérant et est réuni au jus fort. Quant aux tourteaux de deuxième pression, on les porte dans un séchoir d'huilerie, où, par la dessiccation, ils se réduisent en une matière pulvérulente appelée *poudrette*.

Ces poudrettes sont vendues à des industriels, qui en retirent l'huile; les tourteaux privés d'huile sont livrés à l'agriculture et constituent un excellent engrais.

Contrairement aux espérances de l'inventeur, ces tourteaux n'ont pu servir à l'alimentation du bétail. Il est clair que le traitement prolongé à l'acide chlorhydrique doit disloquer les matières albuminoïdes et les transformer en substances plus utiles pour la levure, mais inutilisables pour la nutrition des animaux supérieurs (121).

Dans l'espoir de pouvoir produire des drèches comestibles, on neutralisait d'abord par le carbonate de soude, ce qui produisait du chlorure de sodium (sel de cuisine) dont les animaux sont friands. Ce n'est qu'après l'insuccès de ces drèches comme nourriture qu'on en est revenu à la chaux.

Nous avons, pendant plusieurs années, travaillé par ce procédé pour la préparation des levains de mélasse; mais, comme nous l'expliquerons par la suite, ces moûts clairs donnent une fermentation plus paresseuse que les moûts troubles, et nous ne pensons pas que le système de Billet soit encore employé.

D'autres procédés de traitement par les acides avec production de moûts clairs ont été proposés.

Dans le procédé Bondonneau et Forêt, le maïs concassé est soumis à une macération méthodique en présence d'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, à la température de 100°C, dans de grands macérateurs en bois (fig. 28, p. 128). L'amidon se transforme en dextrose et dextrines, qui diffusent dans l'eau. Le jus soutiré est saccharifié dans des Krügers. Il reste dans les macérateurs une drèche qui a conservé la forme et la couleur du grain; l'épuisement méthodique a enlevé non seulement les sucres, mais encore l'acide.

Il paraît que les animaux étaient très friands de cette nourriture; nous n'avons pas constaté le fait; mais ce que nous savons bien, c'est qu'il reste toujours une notable proportion d'amidon inattaqué, que l'on distingue très bien à l'œil nu.

Quant aux fermentations, si, comme on le dit, elles sont très jolies, elles doivent être, comme dans le procédé Billet, paresseuses, et le rendement doit laisser beaucoup à désirer. Pour notre part, nous n'avons jamais obtenu que des rendements très inférieurs.

Dans le procédé Barbet, essayé à la Distillerie d'Agde (Hérault), on traite le maïs concassé par 5 p. 100 d'acide chlorhydrique

pendant une heure à l'ébullition. Le moût est alors tamisé dans une batterie de tamis successifs du système Lespermont; entre chaque tamis, la drêche égouttée est brassée avec le liquide provenant d'un tamisage ultérieur et reprise par une danaïde. On la mélange ensuite une dernière fois avec de l'eau et, au moyen d'un monte-jus, on refoule dans des filtres-presses.

Ce procédé nous paraît inférieur au procédé Billet, auquel il ressemble beaucoup et dont il présente évidemment les inconvénients.

Au point de vue de la qualité de la drêche, le but de l'inventeur était atteint, car elle était très bonne; on eût dit de la chapelure de croûtes de pain. Mais le rendement industriel était tout-à-fait insuffisant.



ERRATA

Page 32, ligne 1, est une amide....., *lire* est une amine... ..
Page 56, ligne 6, L'amidon....., *lire* 87. L'amidon.....
Page 221, ligne 25, plus de 1 litre 1/4... .., *lire* plus de 1 hectolitre 1/4....

FIN DU TOME I



TABLE DES MATIÈRES DU TOME I

LIVRE PREMIER

Etude générale des composés organiques que l'on rencontre dans la fabrication de l'alcool et des levures.

PRÉLIMINAIRES	1
-------------------------	---

CHAPITRE I

Alcools monoatomiques de la série grasse et leurs dérivés	4
--	----------

CHAPITRE II

Alcools polyatomiques et leurs dérivés	27
---	-----------

CHAPITRE III

Etude des sucres et des glucosides	37
Polysaccharides. Hexobioses. Sucre de canne	47
Maltose. Isomaltose	49
Lactose ou sucre de lait. Mélibiose ou Eucalyne	50
Trehalose. Hexotrioses. Melitriose. Melezitose	51
Glucosides	52

CHAPITRE IV

Polysaccharides par déshydratation	54
Amidon. Dextrines	56

CHAPITRE V

Alcools dérivant de carbures non saturés	67
Alcools aromatiques	68

CHAPITRE VI

Matières albuminoïdes	73
Transformations des matières albuminoïdes	78

LIVRE II

Travail de la betterave et des matières premières sucrées.

CHAPITRE VII

Nature et composition de la betterave	81
--	-----------

CHAPITRE VIII

Conservation et préparation mécanique de la betterave	93
Magasinage des betteraves	93

Transport des betteraves au lavoir	99
Etude du transporteur hydraulique	100
Élévation des betteraves au laveur	101
Plate-forme. Élévateur à palettes	102
Élévateur à hélice	103
Roue élévatrice simple. Roue mixte	104
Enlèvement des eaux boueuses du transporteur hydraulique	106
Roues à godets	107
Pompe centrifuge	109
Lavage des betteraves	112
Laveur débourbeur Maguin. Eboueur-épierreur Denis	114
Laveur à compartiments Wauquier. Capacité productrice des laveurs	115
Épierreur à bras. Épierreur à hélice. Observations	117

CHAPITRE IX

Extraction du jus de la betterave par macération	118
Procédé de la macération. Historique	118
Emploi de la vinasse. Epuisement par macérateurs isolés	120
Epuisement par circulation méthodique	121
Conditions que doit réunir la cossette	122
Travail par macérateurs isolés. Batterie en ligne ou semi-circulaire	123
Marche de l'opération avec macérateurs isolés	125
Macération méthodique. Marche générale	127
Emplissage des macérateurs	131
Vidange des macérateurs	132
Batteries de macération de M. Paul Barbier	133
Coupe-racines Champonnois	134
— Barbet, Boullenger, Rassmuss	135
— Stephen David, Barbier	136

CHAPITRE X

Travail par diffusion. Avantages	138
Historique de la diffusion en distillerie	139
Marche générale d'une batterie de diffusion	143
Mise en marche de la batterie	145
Etude des diffuseurs. Nombre; Capacité; Forme; Métal	147
Chauffage de la batterie	150
Meichage des diffuseurs	151
Soutirage du jus. Vidange des diffuseurs	154
Méthodes diverses de diffusion à la vinasse	155
Quantité de betteraves à charger par diffuseur. Capacité productive de la batterie. Pression de l'eau ou du liquide diffuseur. Volume du jus de diffusion à l'eau	157
Emploi de l'acide à la diffusion	158
Coupe-racines de diffusion	160
Couteaux et porte-couteaux de diffusion	163
Porte-couteaux épierreurs. Porte-couteaux à réglage instantané	164
Porte-couteaux, système Putsch. Broches pour suspension des betteraves dans le coupe-racines	167
Consommation de combustible pour l'extraction du jus par diffusion	170
Calcul du rayonnement et de la perte de chaleur par le contact de l'air	171
Diffusion Egrot	173
Diffusion Wauquier	176
Diffusion continue Perret	178
Pressages des cossettes épuisées	179

CHAPITRE XI

Extraction du jus par râpage et pression	181
Râpe à tambour ou à denture externe.	183
Râpe à denture interne ou râpe centrifuge	185
Addition d'eau ou de petit jus à la râpe. Bac de râpe	187
Pompe à pulpe A. Dujardin	191
Presse continue A. Dujardin.	194
Tamisage des jus de première pression	196
Macération et repression des pulpes	198
Macérateur-extracteur Dujardin	200
Extracteur-macérateur Dujardin-Cuvelier	201
Résultats du travail par double pression.	203
Extraction par triple pression	206
Procédés divers pour la préparation des moûts de betteraves	207

CHAPITRE XI

Travail de la mélasse	209
Origine et composition de la mélasse.	209
Transport et emmagasinage de la mélasse. Pompe Tesse	211
Conservation de la mélasse	212
Traitement préliminaire de la mélasse. Acidification et stérilisation	213
Monte-acide Paul Kestner	215
Pulsomètre Kœrting	216
Refroidissement du moût stérilisé. Réfrigérants Lawrence, Venuleth et Ellenberger	218
Préparation du moût de mélasse	224

CHAPITRE XII

Travail des topinambours	226
Origine et composition	226
Travail du topinambour	228
Saccharificateur Krüger	230

CHAPITRE XIII

Travail de la caroube	232
Origine et composition. Caroubine, caroubinose, caroubinase	232
Travail des caroubes. Moulin Gruson.	234
Epuisement par macération	238
Résidus du travail des caroubes. Travail du sorgho	239

LIVRE III

Travail des matières premières amylicées

PRÉLIMINAIRES.	242
------------------------	-----

CHAPITRE XIV

Préparation du malt	243
But du maltage. Conditions que doivent réunir les grains	243
Physiologie de la germination. Maltage	246
Changements morphologiques produits par la germination	249
Pratique du maltage de l'orge. Mouillage	251

Effets du mouillage. Renouvellement de l'eau de mouillage	254
Durée et contrôle du mouillage	255
Lavage de l'orge	256
Conditions que doit remplir la malterie. Ventilation	257
Germination	258
Travail des tas	259
Influence de la lumière. Caractère de l'eau employée au maltage	261
Désinfection de la malterie	262
Préparation du malt long	263
Maltage du seigle	266
— de l'avoine	269
— du froment	270
— du maïs	271
— dans des conditions anormales	274
Broyage du malt vert. Broyeurs divers	275
Appareils à lait de malt	277
Dessiccation et tourailage du malt. Fanage	280
Concassage du malt sec	282
Transformations chimiques produites par le maltage	283
Transformation des matières azotées	283
Emploi du malt vert et du malt sec	286
Maltage pneumatique	287
— pneumatique et mécanique	289

CHAPITRE XV

Travail de la pomme de terre	290
Nature et composition de la pomme de terre	290
Conservation de la pomme de terre	295
Préparation mécanique de la pomme de terre	296
Traitement de la pomme de terre par les anciens procédés	298
Cuisson des pommes de terre sous pression	299
Appareil Hollefrund	300
Ancien appareil de Bohm. Appareil de Henze	303
Construction du cuiseur Henze	305
Distribution de la vapeur dans les cuiseurs	308
Dispositifs spéciaux pour la vidange du cuiseur	310
Pratique de la cuisson des pommes de terre	312

CHAPITRE XVI

Etude de la saccharification	318
Théorie de la saccharification	318
Principaux faits à retenir pour la conduite de la saccharification	326
Conditions à réunir pour obtenir une saccharification aussi complète que possible	329
Pratique de la saccharification par le malt	331
De l'emploi des broyeurs pour compléter l'action des cuiseurs	335
Broyeur Bohm	335
Macérateur Ellenberger	337
Macérateur Lwowski	340
Macérateur réfrigérant Eckert de Berlin	340
Appareils de Paucksch	342
Macérateur Pampe	345
— Hampel, de Drede	347
Appareil Schmidt, de Cüstrin	348

Macérateur réfrigérant Venuleth et Ellenberger	350
— Camin et Neumann	350
— Egrot	352
— réfrigérant de Pluntsch.	354
— avec dépeleur et appareil à lait de malt	355
— réfrigérant de Bohm	356
— — de D'Heureuse.	357
Malterie pneumatique système Pampè.	358

CHAPITRE XVII

Refroidissement des moûts jusqu'à la température de fermentation	360
Refroidissement par rayonnement et par contact de l'air	361
— par l'eau.	363
— par l'eau et par l'air combinés	366
— par la glace.	367

CHAPITRE XVIII

Travail de la patate douce	368
Origine et composition.	368
Traitement de la patate douce	370

CHAPITRE XIX

Travail des céréales	371
Composition des diverses céréales. Orge	372
— du seigle.	375
— de l'avoine	377
— du froment	378
— du maïs	379
— du riz	381
— du dari et du sarrasin	382
Traitement des céréales	383
Empâtage.	384
Travail à moût clair	386
Méthode anglaise de travail à moût clair.	387
Réduction des grains en farine	389
Travail des grains par moûts troubles	390
Traitement des grains entiers sans cuisson sous pression par l'acide sulfureux ou les sulfites	390
Tableau résumant les modes de travail à moût trouble.	391
Macérateur Lacambre	392
Traitement des grains entiers avec cuisson sous pression	397
Cuisson sous pression des grains concassés	401
Procédé Mandl.	402
Cuisson du seigle	408
Travail simultané du seigle ou du maïs et des pommes de terre	410
Travail des grains par le procédé Porion	411

CHAPITRE XX

Saccharification par les acides	412
Saccharification directe à l'air libre	413
Saccharification à l'air libre après transformation en empois ou après cuisson sous pression.	415

Saccharification directe sous pression	416
— sous pression après formation d'empois.	417
— sous pression après cuisson sous pression	418
— des patates douces par les acides	419
Refroidissement du moût saccharifié	419
Neutralisation du moût après refroidissement	421
Saccharification par les acides et le malt combinés	421
Procédés divers de saccharification par les acides	422
ERRATA DU TOME I.	424

Nota. — Le nouveau mode de travail de MM. Collette et Boidin, à l'*Amylomyces Rouxii*, étant un procédé de saccharification et de fermentation simultanées, ce système sera étudié à sa place naturelle, c'est-à-dire dans le Tome II, après le chapitre sur la fermentation.

Le Tome II sera accompagné d'une table alphabétique des matières contenues dans les deux volumes.



LILLE. — IMP. LE BIGOT FRÈRES.
