

P. Petit

Brasserie

et

Malterie

Paris

Gauthier-Villars

1-11  
1-11  
1-11  
1-11  
1-11



# BRASSERIE

ET

# MALTERIE.



---

PARIS — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

33728      Quai des Grands-Augustins, 55.

---

№ 386948 / - 102446

P. PETIT,  
PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ,  
DIRECTEUR DE L'ÉCOLE DE BRASSERIE DE NANCY.



# BRASSERIE

ET

# MALTERIE.

Bmic 39



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE  
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,  
Quai des Grands-Augustins, 55.

1904

(Tous droits réservés.)

LIBRARY  
UNIVERSITY OF LILLIAD  
LILLE

BRITISH

LIBRARY



---

## INTRODUCTION.

---

La brasserie constitue une industrie importante, car elle fournit soit exclusivement la boisson usuelle comme dans le Nord et une partie de l'Est de la France, soit un appoint non négligeable dans les autres régions. En outre, elle est en relations étroites avec l'agriculture, puisqu'elle utilise l'orge et le houblon comme matières premières, et qu'elle offre à l'alimentation des animaux deux résidus de haute valeur, les germes de malt et les drêches.

Les procédés de fabrication ont suivi la même évolution de progrès que dans la plupart des autres industries; d'abord rudimentaires et empiriques, ils deviennent de plus en plus rationnels et perfectionnés. Les découvertes de Pasteur ont eu, pour la brasserie, une très grande importance, elles ont inspiré d'autres travaux; les études d'ordre chimique ou mécanique se sont multipliées, et l'industrie de la bière possède maintenant ses écoles techniques, ses stations de recherches, sa presse spéciale, c'est-à-dire les instruments d'enseignement et d'étude, dont l'utilité a été démontrée depuis longtemps par l'exemple de l'Allemagne.

L'École de Brasserie de Nancy et son laboratoire ont été les premiers créés en France et, depuis 10 ans que je les dirige, j'ai eu l'occasion d'un assez grand nombre d'observations pratiques, d'essais dont beaucoup n'ont pas été publiés; d'autre part, les cours techniques que je fais m'ont obligé à me former une opinion documentée sur les transformations variées qui s'effectuent en brasserie et en malterie.

Beaucoup de mes anciens élèves, et des brasseurs avec lesquels je

suis en relations, m'ont engagé à condenser, dans un livre, les observations que j'ai faites, ainsi que mon sentiment sur l'interprétation scientifique des phases de la fabrication, et j'ai pensé que cet Ouvrage pourrait peut-être présenter quelque intérêt.

J'ai toujours eu en vue l'application pratique et n'ai considéré les recherches et les essais que comme un moyen de rendre la fabrication plus rationnelle, plus sûre et plus éclairée ; aussi, me suis-je contenté pour chaque question d'indiquer la thèse qui me paraît la mieux fondée et la mieux vérifiée par l'expérience industrielle, sans entrer dans la discussion des théories émises.

Dans le même esprit, je me suis efforcé d'éliminer toute terminologie scientifique, car mon désir est que ce livre fournisse aux industriels des renseignements utiles, et qu'il leur prouve les services mutuels que se rendent la science et la pratique.

*Plan du Volume.* — Le Chapitre I comprend les diverses notions générales qui seront utilisées ultérieurement, et qui portent soit sur les composants chimiques, soit sur les agents de transformation, soit enfin sur les ferments ; on y a joint quelques définitions d'usage constant.

Le Chapitre II renferme l'étude de l'eau, au point de vue de ses multiples utilisations, en brasserie et malterie, pour les machines comme pour la fabrication. On y a traité avec quelque détail l'épuration et la correction des eaux.

Dans le Chapitre III nous passons en revue les matières premières les plus importantes, orge, maïs, riz, sucres, en mentionnant les bases de l'appréciation de ces substances au point de vue pratique et leur influence sur la qualité ou la conservation de la bière.

Le Chapitre IV, suite de l'étude des matières premières, traite du houblon et des accessoires, tels que colorants, clarifiants, poix, vernis, antiseptiques pour le nettoyage.

Le Chapitre V, « Maltage de l'orge », est consacré à l'étude des diverses opérations de la malterie, trempe, germination, touraillage, et comprend des tableaux ou des courbes provenant de la pratique

industrielle. Ce Chapitre, très étendu, se termine par l'appréciation du malt et le contrôle de fabrication.

Dans le Chapitre VI, « Brassage », on examine successivement le matériel, les méthodes de brassage et de filtration, le rendement avec les meilleures conditions d'épuisement à réaliser, puis les transformations effectuées, et enfin on en déduit les conséquences pratiques.

Les Chapitres VII et VIII sont consacrés respectivement à « Cuisson et houblonnage » et à « Oxygénation et refroidissement du moût » ; ils comprennent, à côté du matériel, l'étude des transformations produites et la conclusion pratique de cette étude.

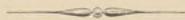
Dans le Chapitre IX, « Fermentation », on a deux grandes divisions, la fermentation basse et la fermentation haute classe, traitées tout à fait séparément, et l'on n'a pas négligé de tirer les conséquences de la discussion des divers systèmes.

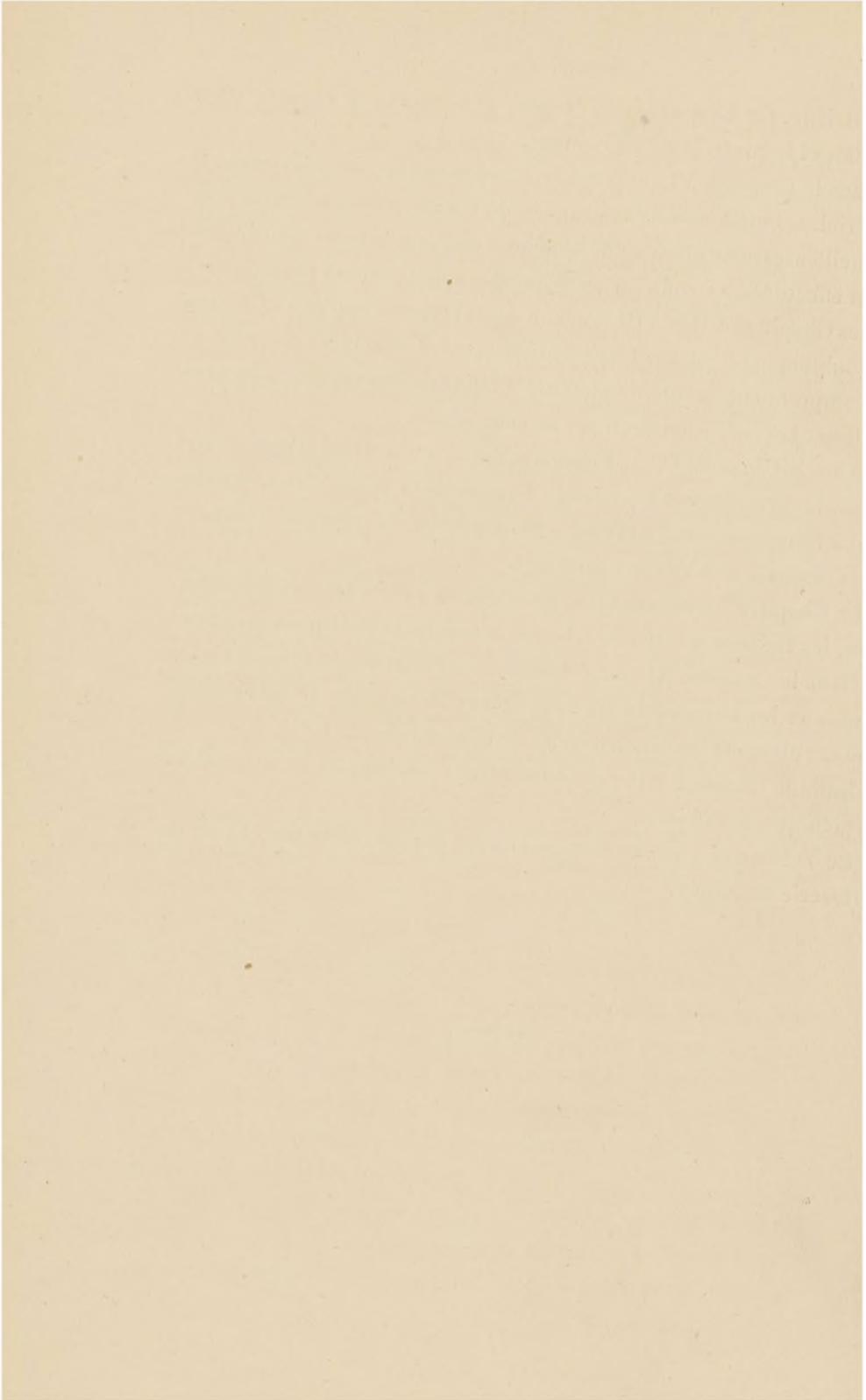
Le Chapitre X comprend la clarification par collage et par filtration, les traitements divers, tels que le soutirage et la pasteurisation.

Dans le Chapitre XI, on a étudié les altérations de la bière, leurs causes et les moyens de les supprimer ; le contrôle de fabrication, comme plan, est la suite naturelle de cette étude.

Enfin le Chapitre XII est consacré aux statistiques et à la valeur hygiénique de la bière.

Le Volume se termine comme annexe par une Note sur l'École de Brasserie de Nancy.





# BRASSERIE

ET

## MALTERIE.

---

### CHAPITRE I.

#### NOTIONS GÉNÉRALES.

---

La bière a été fabriquée d'abord exclusivement avec du malt ou orge germée, mais soit pour des raisons d'économie, soit pour donner à la bière un caractère spécial, on a été conduit à remplacer quelquefois une partie du malt d'orge par des grains crus : riz, maïs, blé, ou par des sucres : glucose, sucre de canne ou de betterave.

Nous considérerons d'abord le cas du malt d'orge seul et nous indiquerons très sommairement les principales opérations du maltage et du brassage, de façon à pouvoir employer ensuite les termes techniques nécessaires.

L'orge laissée pendant 3 ou 4 jours au contact de l'eau absorbe une certaine dose d'humidité, et si, ensuite, on l'abandonne sur un sol imperméable, elle commence à germer; après un temps variable de 6 à 10 jours, le grain possède de petites radicules ayant de une fois et demie à deux fois et demie la longueur du grain, et un bourgeon (*plumule*) atteignant de deux tiers à trois quarts de cette longueur.

Dans cet état, l'orge germée prend le nom de *malt vert*; celui-ci est séché par l'air chaud, dans une sorte d'étuve, la *touraille*; des appareils nommés *dégermeuses* enlèvent les radicules séchées, *germes* ou *touraillons*, puis le malt dégermé s'emmagasine dans des *silos* en planches, en maçonnerie ou en fer.

Le brassage a pour but de rendre solubles et de dissoudre dans l'eau une grande partie des principes contenus dans le malt; cette dissolution constitue la *saccharification*. Pour cela, le malt est réduit en farine à l'aide d'un *concasseur*, la farine est empâtée avec de l'eau, à l'aide d'un *hydrateur*, et l'on élève progressivement la température du mélange jusque vers  $75^{\circ}$ ; ce traitement, qui s'effectue de plusieurs manières, a lieu dans la *cuve matière* ou dans le *macérateur*; ces deux appareils sont munis d'un agitateur ou *vagueur*, pour rendre bien intime le mélange de malt et d'eau.

Une fois la saccharification terminée, le contenu de la cuve matière, soit laissé dans celle-ci, soit envoyé dans la cuve à filtrer, se sépare en deux parties, un liquide coloré, le moût ou *bouillon*, et une matière solide, formée par les portions insolubles du malt et qui constitue la *drêche*.

Le moût est filtré à travers la drêche et amené dans une chaudière; les drêches sont lavées à plusieurs reprises avec de l'eau chaude (*arrosages* ou *trempe de lavage*) et l'on envoie aussi dans la chaudière ces trempes filtrées sur la drêche. Le moment où le bouillon et les trempes de lavage sont rassemblés dans la chaudière s'appelle la *réunion des métiers*.

Le contenu de la chaudière est porté à l'ébullition, additionné de houblon, et la cuisson maintenue un temps plus ou moins long. Le moût, séparé du houblon par le *panier à houblon*, est envoyé dans des réservoirs larges et peu profonds, les *bacs*, où il dépose les matières en suspension et commence à se refroidir (*oxygénation du moût*); on achève de le refroidir en le faisant couler en nappe mince sur une série de tubes métalliques dans l'intérieur desquels circule de l'eau froide ou glacée (*réfrigérant*) et on l'amène ainsi à une température d'environ  $5^{\circ}$  s'il s'agit de fermentation basse, et de  $15^{\circ}$  à  $23^{\circ}$  s'il s'agit de fermentation haute (bières du Nord).

On ajoute de la *levure* au moût refroidi (*mise en levain*) et on le répartit soit dans des cuves, soit dans des tonneaux.

La levure provoque une *fermentation* qui donne naissance, entre autres produits, à de l'alcool et de l'acide carbonique, ce dernier se dégageant sous forme de mousse à la surface. C'est la *fermentation principale*; la bière est alors soit clarifiée par *collage*, soit conservée de plusieurs jours à plusieurs mois dans des foudres, à température constante. Dans ces foudres, se produit une nouvelle fermentation, moins active, *fermentation secondaire* ou *complémentaire*; il ne reste plus qu'à filtrer la bière et à la débiter en petits fûts ou en

canettes, à l'aide d'appareils à contre-pression pour conserver l'acide carbonique.

#### Substances existant dans le moût.

On peut distinguer parmi les substances existant dans le malt, le moût et la bière, trois grandes catégories, savoir :

- 1° Matières organiques non azotées;
- 2° Matières azotées;
- 3° Matières minérales.

Nous rappellerons brièvement ici les caractères et propriétés principales de ces diverses matières.

#### I. — MATIÈRES ORGANIQUES NON AZOTÉES.

Ce groupe comprend des sucres, des dextrines, l'amidon, les celluloses, les acides organiques, etc.

*Glucose.* — Produit de l'action des acides sur l'amidon : matière sucrée, cristallisée, fermentant complètement et directement, réduisant la liqueur de Fehling.

*Lévulose.* — Corps de même composition que le glucose, se trouve avec lui dans le miel, et reste sous forme de sirop quand le glucose a cristallisé. Le lévulose fermente plus lentement que le glucose; il réduit la liqueur de Fehling à peu près comme le glucose.

*Saccharose.* — C'est le sucre de canne et de betterave : corps cristallisé, dédoublé en parties égales de glucose et de lévulose par les acides dilués : ce mélange prend le nom de *sucré inverti*; la même transformation est opérée par toutes les levures industrielles à l'aide d'une diastase particulière, la *sucrase* ou *invertase*.

*Maltose.* — Corps de même composition que la saccharose, cristallisé; il réduit la liqueur de Fehling; les acides chlorhydrique et sulfurique, étendus et bouillants, le changent en glucose; la même transformation est opérée par toutes les levures industrielles, à l'aide d'une diastase particulière, la *maltase*. Le maltose n'est pas coloré par les solutions d'iode, non plus que le sucre précédent.

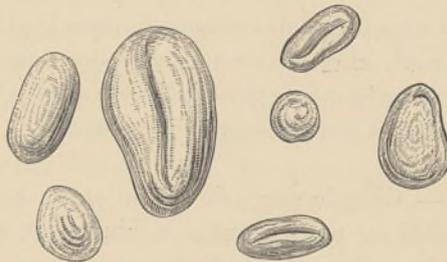
*Dextrines.* — Corps blancs, non cristallisés, saveur un peu farineuse, incomplètement fermentescibles; les dextrines sont transformées par les acides étendus et bouillants en glucose; elles sont solubles dans l'eau, très peu dans l'alcool concentré; il en existe un grand nombre prenant naissance dans l'action exercée sur l'amidon, soit par la chaleur, soit par les acides, soit par les diastases; nous aurons d'ailleurs à revenir ultérieurement sur ce genre de corps.

*Amidon.* — Existe dans tous les grains employés en brasserie, orge, riz, maïs, blé; il possède la même composition chimique que la féculé de pomme de terre; l'amidon constitue ce que l'on nomme l'*amande* de ces grains, et il se présente sous forme de granules microscopiques, formés de couches superposées et dont la constitution varie suivant le genre de grain, le sol, le climat, et même l'année où ils ont été récoltés.

La forme des granules d'amidon est caractéristique de chaque espèce de grain, ce qui permet de reconnaître, même dans une farine, un mélange d'amidon de diverses origines, par exemple de la féculé dans du riz, ou du riz dans du blé.

Les figures 1, 2, 3, 4 représentent les formes de granules d'amidon, pour l'orge, le maïs, le riz et la pomme de terre.

Fig. 1.



Amidon d'orge.

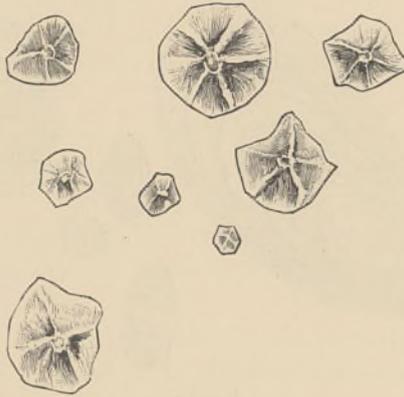
L'amidon est insoluble dans l'eau froide, et, délayé dans celle-ci, il se dépose sans modification.

Dans l'eau chaude, les granules d'amidon se gonflent, et, si la température est assez élevée, ils se fondent en un liquide visqueux, un peu louche, qui, par refroidissement, forme une masse opaline (colle d'amidon). On dit alors que l'amidon est transformé en *empois*.

La température à laquelle se produit le changement complet en empois n'est pas la même pour toutes les espèces d'amidon, et il faut

faire intervenir ici la notion de *résistance* de l'amidon. Les granules sont formés, avons-nous vu, de couches superposées, et les parties externes du granule sont moins facilement changées en empois que les portions voisines du centre; il y a là une différence de constitution, d'ordre physique ou mécanique, la structure de ces couches externes étant plus dense, de sorte qu'elles s'imprègnent plus lentement d'eau.

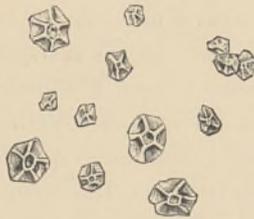
Fig. 2.



Amidon de maïs.

Entre les granules d'amidon de céréales différentes, ou bien entre les granules d'une même céréale récoltée dans des climats variés, il se présente des écarts analogues, qui ont une répercussion considérable sur

Fig. 3.



Amidon de riz.

la façon dont s'opère la saccharification, et la proportion d'eau utilisée exerce également une influence sur les granules : les moins résistants sont les premiers changés en empois.

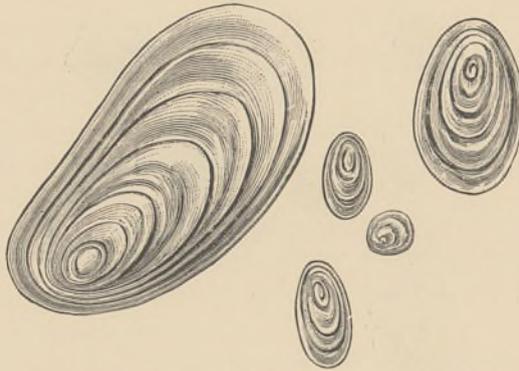
Bornons-nous pour le moment à indiquer que la transformation en empois n'est complète pour l'amidon de riz et de maïs que vers

85°-90°, tandis que pour l'amidon de malt elle est réalisée déjà vers 62°-65°, suivant le genre de malt considéré.

L'amidon est insoluble dans l'alcool, soluble dans la soude et la potasse; les acides étendus et chauds le changent en glucose.

L'amidon, soit brut, soit changé en empois, donne, au contact d'une solution étendue d'iode, une coloration bleue très intense; cette teinte

Fig. 4.



Fécule.

constitue une réaction extrêmement sensible de l'amidon; elle ne se produit qu'à froid, et disparaît si l'on chauffe.

*Cellulose.* — Elle existe sous des formes très variées et plus ou moins condensées : le coton, le papier, les masses filtrantes employées en brasserie sont constitués par de la cellulose, de même les enveloppes extérieures des grains d'orge, de blé, de riz et de maïs, mais on rencontre aussi des formes moins résistantes dans l'intérieur du grain, et on leur donne alors le nom d'*hémi-celluloses*.

La cellulose n'est pas un composé défini, c'est un mélange de pentosanes et d'hexosanes, substances que l'on retrouve également dans la gomme des arbres fruitiers. Les formes les moins condensées se dissolvent un peu dans l'eau bouillante et plus encore dans la cuisson sous pression. La cellulose, traitée par les acides chauds et bouillants, fournit un mélange de divers sucres, notamment le xylose, ou sucre de bois, le glucose, le galactose, ce dernier étant l'un des constituants du sucre de lait.

En présence de l'iode, la cellulose donne une coloration brune, parfois même rosée, quand la matière est très divisée.

## II. — MATIÈRES AZOTÉES.

Les grains, le moût, la bière, la levure renferment des matières azotées appartenant à des genres très différents, et nous indiquerons seulement les propriétés pratiquement utilisables des principaux groupements, savoir les *corps amidés* et les *albuminoïdes*.

En dehors de ces catégories, on rencontre de petites quantités de sels ammoniacaux, de composés xanthiques, et des traces d'un très grand nombre d'autres substances; le rôle de ces divers corps est insignifiant par rapport aux corps amidés et aux albuminoïdes.

**CORPS AMIDÉS.** — Ils comprennent des amides comme l'asparagine, et des acides amidés comme la leucine, l'acide aspartique, tyrosine, etc. Ils sont solubles dans l'eau pure, et leur dose est toujours assez petite, pour qu'à aucun moment de la fabrication ils ne se précipitent. Les corps amidés constituent un aliment pour la levure.

**ALBUMINOÏDES.** — C'est le groupe le plus important, mais aussi le plus complexe, et, à cause de la difficulté de différencier les divers types, il existe dans la littérature de nombreuses confusions, surtout en ce qui concerne les peptones, les albumines, la caséine et la fibrine; souvent les deux derniers ont été pris pour des peptones, à cause d'une réaction commune, alors que toutes les autres propriétés sont très différentes, et, en fait, les peptones ne paraissent exister qu'à très faible dose dans le malt, les moûts et la bière.

On distingue ordinairement les types suivants :

*Albumine.* — Soluble dans l'eau froide, mais précipitée, ou, comme l'on dit, coagulée par la chaleur, elle se rapproche à cet égard du blanc d'œuf. La coagulation commence vers 40° et se continue à mesure que la température s'élève, sans pouvoir même se terminer à 100°. Si une solution d'albumine est maintenue à 100°, puis filtrée, le liquide peut être soumis de nouveau à l'ébullition; une coagulation se produit encore et ainsi de suite, presque indéfiniment. Mais la quantité d'albumine, précipitée à chaque reprise d'ébullition, se réduit de plus en plus. On obtient, au contraire, une coagulation définitive en chauffant sous pression, environ 1 heure à 120°. La quantité de matière coagulée dépend du reste de l'action du milieu; l'albumine, une fois coagulée, ne se redissout plus dans l'eau pure.

*Fibrine.* — Matière visqueuse et gluante, représentant à peu près 15 à 18 pour 100 de l'azote de l'orge. Elle se dissout un peu dans l'eau, surtout chaude et bouillante, et facilement dans les acides étendus, notamment acides lactique, acétique, tartrique, se dissout également dans la soude et la potasse diluées, et dans l'alcool à une concentration de 30 à 50 pour 100. Les solutions dans l'eau ou l'alcool faites à chaud se troublent par refroidissement.

Les solutions de fibrine précipitent en présence de sels métalliques ; mais, si la dose de métal est faible, la combinaison métallique de fibrine peut ne se précipiter qu'au bout de quelques heures ou de quelques jours. Le tannin donne aussi avec la fibrine une combinaison peu soluble.

*Caséine.* — On la rencontre sous deux formes : la caséine proprement dite et la légumine ; la première contient du phosphore organique combiné.

La caséine est insoluble dans l'eau, se dissout facilement dans les acides étendus, et abondamment dans la soude ou la potasse très étendues. Elle est précipitée de ses solutions par les sels métalliques comme la fibrine. La caséine forme la plus grande partie des matières azotées restant dans la drêche.

*Légumine.* — Insoluble dans l'eau froide, très soluble en présence de phosphate acide de potasse, qui existe dans les grains d'orge et surtout de malt, donne avec le phosphate neutre de potasse des solutions troubles. Soluble dans les acides très étendus, et précipitée par une acidité plus grande.

*Globulines.* — Corps un peu soluble dans l'eau, les solutions des divers sels. Les acides et les alcalis les dissolvent et forment avec elles des combinaisons. Les globulines dissoutes, grâce aux sels contenus dans le malt, se coagulent en partie par la chaleur, en même temps que l'albumine.

*Peptones et albumoses.* — Solubles dans l'eau, ne se coagulent pas par la chaleur. Les albumoses sont précipitées de leurs solutions par le sulfate de zinc, et constituent un produit intermédiaire entre les albuminoïdes proprement dits, albumine, caséine, fibrine, globuline, et les peptones.

Les corps qui jouent le rôle le plus important sont les corps amidés, la caséine, la légumine, la fibrine, car les peptones et albumoses

n'existent qu'en très faible quantité; la caséine, la fibrine et la légumine, soumises à une température élevée, perdent momentanément leur solubilité dans l'eau acidulée ou additionnée de phosphates, et recouvrent peu à peu leurs propriétés normales, mais la période d'insolubilisation est d'autant plus longue que la température est plus élevée, et que le chauffage a été fait sur des matières plus humides.

### III. — MATIÈRES MINÉRALES.

Les matières minérales existant dans le moût et la bière peuvent provenir soit des matières premières, soit de l'eau employée au brassage. Dans le malt il y a surtout à considérer les phosphates de potasse et de chaux, sous leurs diverses formes, phosphates acides, neutres, et, en outre, le phosphate tricalcique insoluble. Le phosphate tricalcique peut être changé en phosphate neutre et ce dernier en phosphate acide, c'est-à-dire en deux composés solubles, par l'action d'acides organiques quelconques, et même par l'acide carbonique sous pression. De même, le phosphate neutre de potasse est transformable, dans les mêmes conditions, en phosphate acide.

Inversement les phosphates acides sont réduits partiellement à l'état neutre, ou même de phosphate tricalcique pour celui de chaux, par le carbonate de chaux; les phosphates neutres de potasse et de chaux sont également précipités pour une fraction par le sulfate de chaux, tandis que les phosphates acides ne sont pas modifiés dans les mêmes conditions.

L'eau apporte du bicarbonate et du sulfate de chaux, un peu de chlorure de sodium, parfois du carbonate, du sulfate de magnésie et du sulfate de potassium. Le bicarbonate de chaux est naturellement précipité par l'action de la chaleur; le même effet est produit à froid par la chaux.

Quand on soumet à l'ébullition une eau contenant du bicarbonate de chaux, avec du chlorure de sodium ou des sels alcalins, il se forme une petite quantité de carbonate alcalin, c'est-à-dire que l'eau prend une réaction alcaline.

#### Agents de transformation. Diastases.

Les transformations les plus importantes de la fabrication se produisent sous l'influence de *diastases* existant soit dans le malt, soit dans la levure.

Les diastases possèdent les propriétés communes suivantes :

1° Elles sont solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool concentré;

2° Une quantité très faible d'une diastase peut provoquer la transformation d'une quantité très grande et non définie des corps sur lesquels elle agit;

3° Dans certaines conditions il y a proportionnalité entre la quantité du corps transformé, la dose de diastase agissante et la durée de l'action. Cette proportionnalité n'a lieu que si une fraction seulement du corps a subi la transformation;

4° L'action diastasique s'élève avec la température jusqu'à un maximum variable, mais généralement compris entre 45° et 60°; puis elle diminue rapidement et cesse complètement à un degré également variable, souvent voisin de 70°-75°, et en tous cas inférieur à 100°;

5° L'action des diastases est ralentie ou entravée par de faibles doses d'acide ou d'alcali, par le tannin, par les acides, les sels métalliques. Les phosphates acides de potasse et de chaux exerceront, au contraire, en général, une influence favorable;

6° Une diastase séchée à très basse température, 30°-35°, peut être ensuite portée à une température bien supérieure à celle qui ferait cesser son action, à l'état dissous; la destruction complète n'a lieu alors qu'à un degré compris entre 85° et 140° suivant la diastase; on observe simplement un affaiblissement croissant avec la température.

Les diastases les plus importantes dans la fabrication de la bière sont :

*Amylase.* — Elle prend naissance pendant la germination de l'orge, se trouve par conséquent dans le malt vert et à dose plus ou moins réduite dans le malt sec.

L'amylase possède la double propriété de *liquéfier* et de *saccharifier* l'empois d'amidon, tandis que son action est insignifiante ou nulle sur l'amidon qui n'est pas à l'état d'empois.

Si l'amylase se trouve en contact, à une température donnée, avec de l'amidon, elle attaquera seulement les portions de cet amidon qui se réduisent en empois à la température considérée, c'est-à-dire en commençant par les parties les moins résistantes de l'amidon.

Si elle agit, au contraire, sur un empois préparé à l'avance, elle liquéfiera et saccharifiera complètement l'empois. On prend comme caractère d'une saccharification complète la cessation de toute colora-

tion avec l'iode, et l'on appelle durée de saccharification ou de dissolution le temps qui s'écoule depuis le début de la réaction jusqu'au moment où l'iode ne fournit plus aucune coloration.

Il en résulte que, pour l'amidon non réduit préalablement en empois, on ne pourra obtenir une saccharification complète que si la température à laquelle l'amidon se change entièrement en empois est inférieure à celle à laquelle l'action saccharifiante de l'amylase est détruite.

La durée de saccharification, pour un même empois et une même proportion d'amylase, décroît quand la température s'élève, et atteint son minimum au voisinage de 60°; ensuite elle augmente de nouveau et la saccharification se termine à une température variable de 71° à 78°, suivant la quantité d'amylase.

L'action liquéfiant, faible à basse température, augmente au contraire d'intensité jusqu'au voisinage de 80° et ne cesse qu'au delà de 90°.

*Produits de saccharification par l'amylase.* — Ces produits comprennent: maltose libre et maltodextrines, formées de maltose combiné et de dextrines; les proportions de ces divers produits et la nature des maltodextrines sont sous l'influence de deux facteurs :

- 1° Température de saccharification;
- 2° Nature et résistance de l'amidon.

Le maltose libre est toujours identique, il est fermenté par toutes les levures d'une façon complète, et il ne subit aucune transformation par une nouvelle action de l'amylase.

Les maltodextrines sont au contraire très variées et en nombre illimité; elles sont modifiables par la maltase de la levure et par une nouvelle action de l'amylase. Si l'on fait réagir, sur une telle combinaison de maltose et de dextrine, de l'amylase à température basse, une partie du maltose combiné devient libre, et une portion correspondante de dextrine est changée en maltose également libre, de telle sorte que la proportion de maltose combiné reste la même dans le résidu. En d'autres termes, si nous faisons agir l'amylase sur une combinaison contenant 20 pour 100 de maltose et 80 pour 100 de dextrine, nous formerons du maltose libre et le résidu comprendra encore 20 pour 100 de maltose et 80 pour 100 de dextrine.

Cette production de maltose, à laquelle on donne le nom d'action complémentaire ou secondaire de l'amylase, est d'autant plus consi-

dérable que la maltodextrine considérée se forme à température plus élevée et qu'elle provient d'un amidon plus résistant; on voit que les maltodextrines sont plus ou moins résistantes. La production de maltose libre aux dépens des maltodextrines, d'abord très active, ralentit peu à peu, et l'on ne peut jamais produire une transformation complète en maltose libre; la limite, dans ce cas-là plus favorable, ne dépasse guère 72 pour 100 du poids de dextrine initial.

En second lieu, la maltase de la levure agit sur les maltodextrines de deux manières; la plus fréquente de beaucoup, et qui répond aux conditions pratiques, consiste en ce que la maltase attaque uniquement le maltose combiné, le change en glucose, qui est ensuite fermenté; dans ce cas la proportion de maltose combiné diminue. L'intensité de cette action dépend surtout de la température et de la race de levure employée, et la limite peut être atteinte, suivant la température, soit en quelques jours, soit après plusieurs mois. Cette action s'exerce d'abord sur les maltodextrines contenant en plus forte proportion du maltose combiné. Le deuxième mode d'action, beaucoup plus rare, résulte d'une action simultanée de la maltase sur le maltose combiné et sur la dextrine; les parties attaquées étant changées en glucose qui fermente. Dans ce cas, la proportion de maltose dans le résidu de l'attaque peut diminuer ou augmenter; cette attaque dépend, comme intensité, de la race de levure et du temps d'action. Elle ne semble se produire qu'avec une extrême lenteur et à un degré très faible dans les conditions pratiques.

Considérons donc un empois ou un amidon déterminé et indiquons l'influence de la température sur les produits de saccharification par l'amylase.

A. Au-dessous de 55° il se forme une forte proportion de maltose libre; peu de maltodextrines, celles-ci sont très résistantes et contiennent une faible proportion de maltose combiné.

B. De 55° à 68° la proportion de maltose libre diminue lentement, les maltodextrines augmentent en sens inverse, leur résistance diminue et la proportion de maltose combiné augmente.

C. Au-dessus de 68° et jusqu'à la température à laquelle la saccharification cesse de se terminer, le maltose libre diminue très rapidement et finit par s'annuler; les maltodextrines augmentent, mais en contenant des proportions de plus en plus faibles de maltose combiné et celui-ci n'existe plus qu'à l'état de traces à la température où la

saccharification ne s'achève plus. La résistance des maltodextrines s'abaisse fortement.

Nous voyons donc que la quantité et la résistance des maltodextrines sont en raison inverse de la quantité de maltose libre formé.

Si maintenant nous considérons des empois ou des amidons différents, la même loi se continue, c'est-à-dire que, si la résistance de l'amidon ou de l'empois s'élève, on obtiendra, à une même température, moins de maltose libre, tandis que la dose de maltodextrines s'élèvera; et inversement, avec une résistance moindre de l'empois, on aura des maltodextrines en quantité très faible mais plus résistantes.

Notons que les amidons de riz et de maïs sont plus résistants que celui de malt et que la résistance d'un empois se réduit à mesure qu'il est moins concentré, préparé à une température plus élevée, avec un amidon plus divisé et qu'elle s'abaisse également quand l'empois a été d'abord liquéfié.

Si, au lieu d'envisager l'action de l'amylase sur un empois formé d'avance, nous considérons le cas où l'amidon est chauffé graduellement au contact de l'amylase, nous voyons qu'aux températures basses, les portions les moins résistantes de l'amidon étant seules réduites en empois, on aura une forte proportion de maltose libre, peu de maltodextrines, celles-ci étant très résistantes. Au contraire, quand on arrivera par une élévation progressive aux températures hautes, l'amylase devra attaquer uniquement l'amidon le plus résistant et il se créera peu de maltose libre, beaucoup de maltodextrines, faiblement résistantes.

Enfin, si nous examinons l'action d'une même solution d'amylase sur de l'amidon brut, la température restant constante, mais la durée d'action s'élevant, nous trouvons une augmentation de la dose d'amidon saccharifiée, d'abord proportionnelle au temps, puis elle se réduit peu à peu et arrive à une limite qui dépend de la température et de l'amidon employé.

En résumé, si l'on compare les résultats obtenus en saccharifiant un même amidon, d'une part en chauffant progressivement avec l'amylase, d'autre part en attaquant un empois fait à l'avance, on n'aura dans le premier cas saccharification totale, que si la température finale est assez élevée pour empeser tout l'amidon, l'amylase n'étant pas alors détruite, tandis qu'avec un empois, on aura une saccharification intégrale pour toutes les températures inférieures à celle pour laquelle l'amylase est détruite. Mais si nous considérons seulement la partie

saccharifiée, on aura, à basse température, une proportion relative plus forte de maltose libre, avec l'amidon cru, et les deux saccharifications s'égalent peu à peu jusqu'à devenir identiques aux températures où tout l'amidon est empesé.

*Cytase.* — Diastase qui se développe pendant la germination et qui a pour rôle de dissoudre les enveloppes cellulosiques et les couches externes des granules d'amidon. Ceux-ci deviennent ensuite beaucoup moins résistants. Cette action de la cytase produit ce que l'on appelle la *désagrégation* du malt.

*Peptase.* — Elle prend naissance dans la germination et elle est, dans cette période, capable non seulement de faire passer les albuminoïdes à l'état soluble, mais encore de former à leurs dépens des corps amidés. Dans le malt sec, la peptase déjà affaiblie par chauffage au-dessus de 80° environ, n'est plus capable que de favoriser la dissolution des albuminoïdes, sans pouvoir créer des corps amidés.

*Sucrase.* — Existe dans l'intérieur des cellules de levure, mais peut se diffuser partiellement dans le liquide qui baigne la paroi cellulaire. On la rencontre aussi dans le malt vert, et parfois dans les malts faiblement touraillés; elle change le saccharose en sucre inverti, c'est-à-dire en un mélange à parties égales de glucose et de lévulose. Toutes les levures industrielles fabriquent de la sucrase.

*Maltase.* — Contenue dans les cellules de toutes les levures employées pratiquement, peut se diffuser à l'extérieur, mais encore moins que la sucrase. Elle change en glucose le maltose libre, le maltose combiné et quelquefois une partie de la dextrine. L'attaque du maltose combiné commence par les maltodextrines qui renferment la plus forte proportion de ce sucre, et elle cesse pratiquement de s'exercer pour les maltodextrines renfermant moins de 20 pour 100 de maltose combiné.

*Zymase.* — Diastase existant dans les cellules de levure mais ne se diffusant pas à l'extérieur. Elle change le glucose, le lévulose en alcool, acide carbonique et en divers acides organiques parmi lesquels l'acide succinique est constant. On lui attribue aussi la formation de glycérine, à la fermentation, mais celle-ci peut être aussi due à l'action d'une diastase spéciale, la *lipase*, sur la matière grasse existant dans

la levure. La proportion des produits accessoires, c'est-à-dire autres que l'alcool et l'acide carbonique, varie avec la race de levure employée.

La zymase est sensible à l'action des acides, elle se détruit avec le temps et d'autant plus vite que la température est plus élevée; c'est l'agent véritable de la fermentation alcoolique.

*Diastase protéolytique.* — Existe dans la cellule de levure; elle est capable d'une double action, savoir : changer en albuminoïdes les amidés ou acides amidés absorbés par la levure, et, inversement, transformer les albuminoïdes de la cellule en albuminoïdes plus simples et acides amidés qui se diffusent à l'extérieur; elle détruit même la zymase.

*Oxydases.* — Il en existe dans le malt vert et dans la levure. Ces diastases, en présence de l'oxygène, soit dissous, soit contenu dans l'air, peuvent transformer les sucres en acide carbonique, eau et divers acides organiques. La dose de ces derniers dépend de l'intensité de l'action oxydasique.

#### Ferments et fermentations.

Si l'on abandonne à l'air du moût ou de la bière, on constate rapidement une altération du liquide. Son odeur et son goût se modifient, il devient trouble et un dépôt apparaît. Si l'on examine au microscope le liquide ou le dépôt, on y constate invariablement la présence de corpuscules de formes et de dimensions variables, tantôt des globules arrondis ou elliptiques, tantôt des bâtonnets très petits, c'est-à-dire des ferments.

Pasteur a montré que ces ferments pouvaient être apportés par le liquide, par les parois du vase, ou par l'air et qu'il étaient universellement répandus; il a montré également que toute altération était évitée quand on détruisait les ferments contenus dans le liquide ou sur les parois du vase et dans l'air revenant au contact du liquide. Cette destruction des ferments porte le nom général de *stérilisation*; parmi les ferments qui peuvent s'implanter dans le moût et la bière, il y en a d'utiles, la levure par exemple, tandis que les autres sont nuisibles; il est donc important de pouvoir stériliser les liquides et les appareils.

*Stérilisation des liquides.* — Le seul procédé pratique est l'action de la chaleur. Pour le moût, l'ébullition produit la stérilisation com-

plète au bout de 30 minutes environ, la destruction des ferments étant facilitée par la réaction faiblement acide du liquide.

Pour la bière, l'ébullition n'est naturellement pas praticable, puisque la destruction des ferments doit se faire sans altérer le goût ni le caractère du liquide. On applique dans ce cas la *pasteurisation*. Elle n'est employée que pour la bière en bouteilles, et la fermeture de celles-ci doit être assurée, soit par un capsulage soigneux, soit à l'aide d'étriers à vis appliqués pendant le traitement sur les bouchons, qu'il s'agisse de liège ou de fermetures mécaniques; encore le liège seul permet-il d'obtenir une étanchéité suffisante. On chauffe la bière à une température variable de 55° à 70° suivant la durée de conservation cherchée et suivant le genre de bière. A ces températures, la stérilisation n'est pas absolue, mais pratiquement elle est suffisante.

*Stérilisation des appareils.* — On peut opérer par la chaleur ou par les antiseptiques. Dans le premier cas, on s'adresse soit à un courant de vapeur, soit à l'eau bouillante. La vapeur est suffisante, à condition de tenir compte des points suivants :

1° Le passage de la vapeur doit avoir lieu après un nettoyage mécanique sérieux, ayant enlevé les dépôts de moût, bière ou résines qui protégeraient les ferments.

2° Il doit être assez prolongé pour que la température s'élève à 75°-80° dans toutes les parties de l'appareil à stériliser.

3° Pour le cas des tuyauteries, il ne doit pas y avoir de coudes nombreux et prononcés, dans lesquels puisse s'accumuler l'eau de condensation, ou celle provenant d'un rinçage antérieur. Cette eau empêcherait en effet la paroi de s'échauffer au degré nécessaire pour la destruction des ferments. Lorsqu'il s'agit d'appareils en bois ou de tuyaux en caoutchouc, la vapeur ne produit que très difficilement une stérilisation suffisante, car elle ne pénètre pas dans les pores du bois ni dans les fentes capillaires que présentent les tuyaux, et l'eau bouillante présente alors des avantages.

On peut renforcer l'effet stérilisateur de l'eau en lui ajoutant 5 à 10 pour 100 de carbonate de soude, mais cette substance détériore assez vite le caoutchouc, et même un peu le bois, lorsqu'elle n'est pas éliminée immédiatement et complètement.

La stérilisation par les antiseptiques emploie surtout le bisulfite de chaux, le fluorure d'ammonium, le chlorure de zinc, la chaux, l'acide sulfurique, quelquefois le sulfate de cuivre.

La chaux est utilisée pour les murs et le sol, et on la mélange parfois à l'état de lait avec un peu de sulfate de cuivre pour renforcer l'effet antiseptique et le prolonger, puisque la chaux se change bientôt en carbonate inactif, surtout dans les caves de fermentation.

Le chlorure de zinc doit être surtout utilisé pour les parties d'appareils qui ne restent pas en contact avec la bière ou le moût; il forme en effet avec le bois une véritable combinaison que l'eau seule ne détruit pas, tandis que la faible acidité de la bière est en état de dissoudre une petite quantité de zinc restée dans le bois. Le chlorure de zinc sera donc utilisable pour les parois externes des fûts, le sol, les supports des cuves ou des fûts de fermentation.

Le bisulfite de chaux, très employé, est un antiseptique assez faible; d'une part, en effet, il se trouve dans le commerce à une concentration de 10° à 11° Baumé, et ensuite il s'oxyde rapidement en passant à l'état de sulfate de chaux, sans aucune valeur antiseptique. On l'emploie cependant beaucoup, soit étendu de 8 à 10 fois son volume d'eau, soit pur; dans ce dernier cas, il sert à rincer une dernière fois les fûts, cuves et foudres, avant l'arrivée du moût ou de la bière. A l'état dilué, on l'utilise pour laver les tuyaux de caoutchouc et presque tous les appareils. L'odeur du bisulfite de chaux rend son maniement pénible. On remplace quelquefois, pour les foudres ou fûts, le bisulfite par un soufrage à l'aide d'une mèche de soufre et ce procédé est certainement préférable.

Le fluorure d'ammonium s'emploie pour stériliser les tuyaux de caoutchouc, les cuves non vernies, les ovales ou minettes à levures. La dose ordinaire pour ces usages est de 50<sup>g</sup> à 80<sup>g</sup> par hectolitre d'eau, d'autant plus forte que l'eau contient plus de sels de chaux, puisque ceux-ci précipitent immédiatement une partie du fluorure à l'état de fluorure de calcium, presque insoluble. La durée de contact avec cette solution doit être d'au moins une heure, pour produire une stérilisation réelle.

L'acide sulfurique à 2-3 pour 100 donne de bons résultats pour les fûts non vernis ni goudronnés, à condition d'être employé presque bouillant.

Après l'emploi d'un antiseptique dans un appareil devant recevoir du moût, de la bière ou de la levure, on fait naturellement un ou plusieurs rinçages à l'eau, pour entraîner toute trace de ces produits.

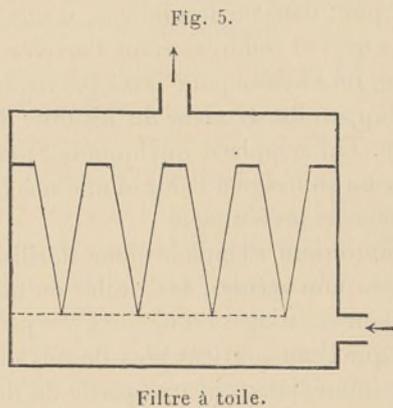
Enfin, en ce qui concerne les cuves, les fûts et les foudres, on peut produire une stérilisation assurée par le goudronnage; celui-ci a le double avantage de détruire les germes et de rendre imperméable la

paroi de bois. Ce dernier point est réalisé aussi pour les cuves, et quelquefois les fûts, par l'emploi d'un vernis à la gomme laque, mais cet enduit se fendille rapidement et n'est d'ailleurs renouvelé, en général, qu'une fois par an. Ce n'est donc pas une protection suffisante ni certaine.

*Stérilisation de l'air.* — Pasteur a indiqué deux procédés de stérilisation :

1° *Par la chaleur.* L'air passant lentement dans un tube chauffé au rouge, tous les germes doivent être détruits. Ceci n'est réalisé que si la vitesse du courant est faible et le tube suffisamment étroit. Ce procédé est très rarement employé maintenant ;

2° *Par la filtration.* C'est la méthode la plus habituelle. Le filtre se compose de sacs de toile à tissu serré, placés l'un à la suite de l'autre, et précédés parfois de cloisons en chicane, de façon que l'air soit



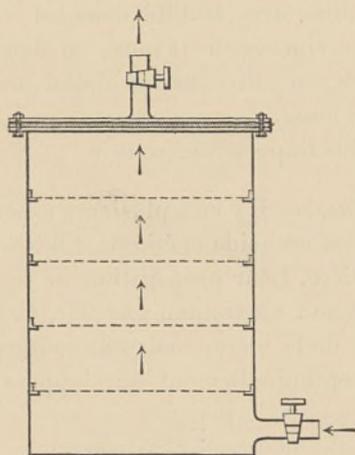
obligé, non seulement de traverser les toiles, mais encore de faire un long trajet le forçant à abandonner les germes ou poussières qu'il renferme (*fig. 5*).

Les filtres à toile sont d'un démontage assez compliqué, d'une stérilisation malaisée et on leur préfère souvent le filtre à coton (*fig. 6*) ; il est composé d'une caisse ou d'un cylindre en tôle portant un certain nombre de plateaux perforés, et l'on remplit de coton stérilisé par la chaleur l'intervalle des plateaux. L'air arrive par le bas et sort filtré par le haut.

Le coton des filtres doit être changé très souvent, tous les 10 ou

15 jours au plus, surtout en été, et il faut veiller à ce que le coton soit bien régulièrement tassé. Le filtre doit être disposé le plus près possible de l'appareil devant recevoir de l'air pur, et l'on stérilise l'intérieur de la caisse en y allumant un peu d'alcool, puis on regarnit les plateaux de coton stérilisé, avant le refroidissement complet des parois.

Fig. 6.



Filtre à coton.

Pour diminuer le travail du filtre, il convient d'aspirer l'air aussi peu souillé que possible; on ne doit donc pas placer l'aspiration au voisinage du sol, ni dans les locaux de la brasserie, mais, au contraire, à quelques mètres de hauteur, et, si possible, au-dessus du toit.

*Propriétés générales des ferments.* — Les ferments qu'on rencontre en brasserie peuvent se diviser en trois catégories d'importance inégale : bactéries, moisissures, levures alcooliques. Les moisissures ne présentent qu'un intérêt très faible, tandis que les bactéries jouent un grand rôle, comme causes d'altération, et les levures sont également des plus importantes, à la fois comme agents actifs de la fabrication et comme facteurs des maladies de la bière.

Nous rappellerons très brièvement les principales espèces de bactéries, les propriétés les plus importantes des levures, en nous arrêtant peu aux moisissures.

*Bactéries.* — Elles se présentent sous forme soit de bâtonnets, soit

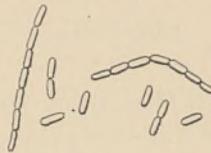
de globules microscopiques, tantôt isolés, tantôt accouplés, et formant des chaînes ou des amas.

Les bactéries se reproduisent avec une extrême rapidité et elles sont très peu exigeantes pour leurs aliments, puisqu'elles peuvent utiliser une matière azotée quelconque, une matière organique non azotée presque quelconque, et qu'elles se contentent de très petites doses de ces substances, pouvant se multiplier dans les liquides les plus dilués. Elles se propagent donc avec facilité dans les restes de bière ou de moût provenant d'un rinçage de tuyaux, ou dans les parois des appareils en bois ; on les rencontre aussi en abondance dans les eaux, dans l'air, sur le sol et les murs.

Les espèces les plus importantes sont :

*Bactéries acétiques.* — Il y en a plusieurs espèces, toutes capables de transformer l'alcool en acide acétique. Elles se développent donc seulement dans la bière. Leur propagation ne se fait pas au-dessous de 5° et elle atteint son maximum vers 35°. Ces bactéries donnent rarement un trouble de la bière, mais une acidité anormale. On ne les rencontre qu'exceptionnellement développées dans les bières de

Fig. 7.



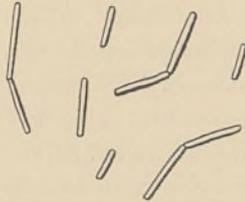
Bactéries acétiques.

fermentation basse, tandis qu'elles sont très fréquentes dans celles de fermentation haute (*fig. 7*).

*Bactéries lactiques.* — Il en existe un grand nombre d'espèces ; ce ferment se trouve sur les enveloppes des grains, dans l'air, souvent dans les eaux, et il est constant dans tous les résidus de moût, de bière, ou de drèches. Il forme, aux dépens des sucres, de l'acide lactique et de l'acide acétique. Ce dernier est en faible proportion, lorsque le développement a lieu dans une couche épaisse de liquide, avec accès d'air peu abondant, tandis qu'il y a, au contraire, beaucoup d'acide acétique si le liquide présente une large surface de contact avec l'air. La forme la plus habituelle des bactéries lactiques est celle de bâtonnets. Ce ferment se développe jusqu'à 55° environ.

Une espèce se propage très bien dans la bière, c'est celle que Van Laer a nommée *Saccharobacillus Pastorianus* et que Henneberg nomme *Bacterium Lindneri*; ce ferment, représenté figure 8, est commun dans les bières de fermentation haute et assez fréquent

Fig. 8.



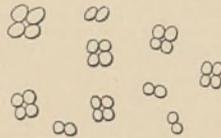
Une espèce de bactérie lactique  
(*Saccharobacillus Pastorianus*).

dans celles de basse. Il provoque un trouble considérable, avec des nuages chatoyants dans la bière.

*Bactéries butyriques.* — Plusieurs espèces existent à la surface des grains et se développent dans les milieux non aérés ou en couches profondes. Certaines espèces donnent de l'acide butyrique, avec une odeur caractéristique de beurre rance, un dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène; d'autres espèces fournissent de l'alcool butylique. Ce ferment se développe bien jusqu'à 48° environ. Il n'est pas fréquent à l'état développé dans les bières.

*Sarcines.* — Elles se présentent sous forme de globules très petits

Fig. 9.



Sarcines ou *pediococcus*.

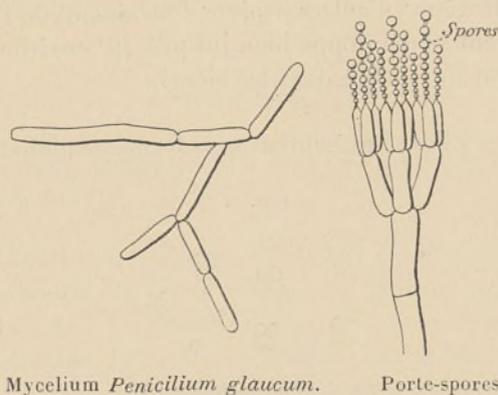
associés deux à deux, quatre à quatre, et parfois par groupes de huit. On les rencontre sur les résidus de drèches, dans la poussière des routes, sur le fumier, notamment de cheval, et dans l'air. Il existe plusieurs espèces de sarcines, inégalement nocives pour la bière, et, en général, elles ne provoquent un trouble qu'après avoir subi une accli-

matation au contact de la levure pendant la fermentation. Les sarcines provoquent un trouble et communiquent un goût spécial appelé souvent *goût de vieux* ou *goût d'été*. Ces ferments se développent même à très basse température et c'est vers 18° qu'elles causent le trouble le plus intense (*fig. 9*).

*Ferments visqueux*. — On connaît, depuis Van Laer, deux espèces de ce type, formées par des bâtonnets de très petite dimension. Ces ferments se développent dans la bière, comme d'ailleurs les sarcines, et la rendent filante et visqueuse comme de l'huile; ils s'introduisent par l'air et par les parois des fûts incomplètement stérilisés, parfois par l'eau; on ne les rencontre qu'en fermentation haute.

*Moisissures*. — Elles apparaissent à peu près exclusivement sur les murs des caves, parfois sur la paroi externe des fûts, quand ceux-ci sont vides pendant un certain temps. En malterie on rencontre fréquemment des moisissures, soit sur les grains, soit sur les murailles et les voûtes; les germes de moisissures existent constamment dans l'air. La moisissure la plus commune, formant un duvet blanc ou verdâtre sur les murs, est le *penicilium glaucum* (*fig. 10*); on ren-

Fig. 10.

Mycelium *Penicilium glaucum*.

Porte-spores.

contre aussi divers *aspergillus*, et parfois des *mucors*. Ces ferments ont une certaine influence en malterie, mais en brasserie ils sont sans intérêt, indiquant simplement un défaut de propreté et de soins.

Les moisissures résistent fortement aux antiseptiques : le goudron de gaz, l'antinnonine (dérivé sulfoné du crésyl), la chaux mélangée

de sulfate de cuivre et le chlorure ou le sulfate de zinc sont les produits qui réussissent le mieux.

### Levures. Ferments alcooliques.

Les ferments alcooliques de la brasserie appartiennent au groupe des *Saccharomyces*, qui comprend à la fois les levures hautes et basses, les levures industrielles ou de culture, comme aussi les levures dites *sauvages*, ces dernières étant capables de provoquer dans la bière des troubles ou des altérations de goût.

La levure se présente sous forme de cellules rondes, elliptiques ou allongées, quelquefois de configuration irrégulière. Chaque cellule comprend une masse, dite *protoplasma*, dans laquelle se trouve un noyau, et elle est entourée d'une membrane; celle-ci est perméable, c'est-à-dire qu'elle laisse pénétrer, dans l'intérieur, les sucres, les matières azotées et minérales, et inversement permet la diffusion à l'extérieur de certaines substances contenues dans le protoplasma.

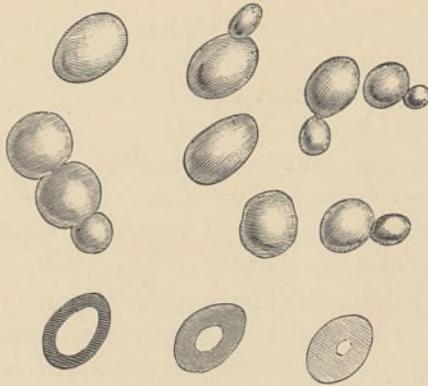
Les levures se reproduisent pratiquement par bourgeonnement: on voit apparaître, en un point de la cellule, un renflement qui grossit peu à peu et finit par donner une cellule identique à la première; parfois les deux restent soudées, et il en est de même pour les nouvelles cellules formées comme deuxième, troisième, etc. génération: dans ce cas, on aperçoit des chapelets, constitués par des articles plus ou moins nombreux; cette apparence est beaucoup plus fréquente pour les levures hautes que pour les basses.

Un second mode de reproduction est la *spore*, que l'on n'observe jamais dans le travail industriel; il se manifeste, pour les cellules jeunes et vigoureuses seulement, quand elles sont privées de tout aliment, et largement exposées à l'air humide; il se forme alors dans la cellule des granulations en nombre variable suivant les espèces, granulations qui grossissent jusqu'à remplir presque complètement la cellule, et qui constituent les spores; celles-ci peuvent résister pendant un temps très long à l'inanition et rester vivantes, même si les parois de la cellule sont déchirées ou détruites. Quand la spore se trouve de nouveau dans un milieu favorable comme aliments, elle donne naissance à une cellule normale. On peut dire que la spore est la forme destinée à mieux assurer la conservation de l'espèce.

L'aspect de la cellule diffère suivant son âge et sa période de développement: dans les cellules très jeunes, l'intérieur apparaît comme une masse de couleur uniforme; un peu plus tard, le dévelop-

pement étant arrivé à son terme, et la levure étant, comme on dit, *mûre*, il apparaît une tache plus claire ou *vacuole* se détachant sur le fond plus sombre et comme granuleux ou protoplasma; cette période répond au moment où le nombre de cellules en voie de bour-

Fig. 11.

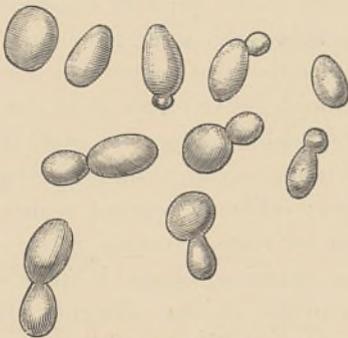


Levure de culture.

geonnement se réduit et c'est alors que la levure, recueillie pour une fermentation suivante, possède son maximum d'énergie et donne la meilleure clarification.

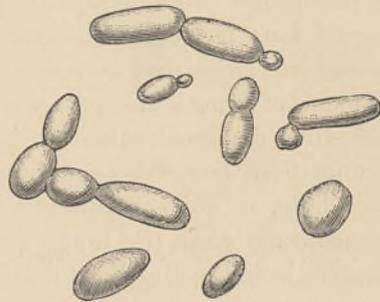
Quand la cellule vieillit, le protoplasma se retire de plus en plus vers la membrane, de sorte qu'une vieille levure montre un intérieur

Fig. 12.



Levure de culture.

Fig. 13.

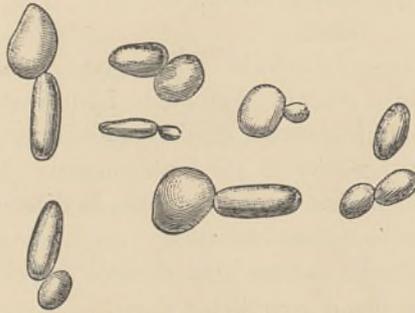
*Sacch. Ellipsoïdeus* II Hansen.

uniformément clair, sauf une bande très étroite et sombre touchant la paroi cellulaire (*fig. 11*).

La plupart des levures dites *sauvages* sont amenées originellement

par l'air, exceptionnellement par l'eau, et proviennent soit du sol, soit des fruits; un grand nombre d'entre elles ont des formes irrégulières et des dimensions plus petites qui permettent de les différencier par l'examen microscopique direct. D'autres espèces, comme les *Sacch. Pastorianus* décrites par Hansen, ont des formes mixtes,

Fig. 14.

*Sacch. Pastorianus* III Hansen.

rondes, elliptiques ou allongées, et des dimensions comparables à celles des levures de culture. Les figures 11, 12, 13, 14 montrent divers types de levures.

*Action de la chaleur et des antiseptiques.* — M. Kayser a étudié l'action de la chaleur sur des levures de diverses origines en s'adressant soit à des cellules, soit à des spores, et nous indiquons ci-dessous les températures pour lesquelles la destruction a lieu au bout de 5 minutes :

Espèces.	Cellules.	Spores.
Pale-ale .....	60-65°	65°
Saint-Émilien .....	55-60	60-65°
Augustinerbrau .....	50	60-65
Spatenbrau .....	50-55	55-60
<i>Sacch. Pastorianus</i> .....	50	55-60

Il résulte de là qu'à 65° ces levures, soit cellules, soit spores, sont tuées au bout de 5 minutes.

Parmi les *antiseptiques*, les sels de cuivre et de zinc sont les plus actifs; l'hydrogène sulfuré, l'acide nitreux, la soude, la chaux sont aussi des toxiques très énergiques.

L'acide fluorhydrique et les fluorures gênent simplement la reproduction de la levure à la dose de 2<sup>g</sup> environ par hectolitre, et ne l'arrêtent que pour des doses de 5<sup>g</sup> environ; encore l'action est-elle

très lente; l'acide sulfureux arrête la vie de la levure à la dose de 6<sup>s</sup> à 7<sup>s</sup> par hectolitre et les bisulfites agissent à peu près de la même façon.

Les acides minéraux, sulfurique et chlorhydrique, arrêtent la reproduction de la levure à la dose de 1<sup>s</sup> à 2<sup>s</sup> par litre, lorsqu'ils sont à l'état libre; enfin certains acides organiques, notamment l'acide butyrique, sont toxiques à 2<sup>s</sup> par litre environ.

*Vie de la levure.* — La cellule se comporte comme un être vivant, c'est-à-dire qu'elle a besoin d'aliments hydrocarbonés, azotés et minéraux pour sa reproduction et l'accomplissement des fonctions vitales; ces aliments pénètrent par l'intermédiaire de la membrane, sont transformés à l'intérieur par une série de diastases, et l'on peut dire, avec Delbrück, qu'une substance n'est un aliment pour la levure que si celle-ci contient une diastase capable de mettre la substance sous une forme assimilable.

Les éléments transformés sont pour une partie changés en matières de réserve, restant dans la cellule et destinées à être solubilisées et employées ultérieurement, quand les aliments du dehors viendront à manquer. Mais la portion de beaucoup la plus grande subit des dédoublements plus ou moins profonds, suivant l'abondance des aliments et le mode d'existence de la cellule, et sert ainsi à l'accomplissement des fonctions vitales et à la reproduction. Les résidus sont rejetés à l'extérieur et repassent dans le liquide ambiant.

Les aliments *minéraux* les plus importants de la levure sont l'acide phosphorique, la potasse et la chaux, celle-ci pouvant être remplacée par la magnésie; ces substances existent d'une façon presque constante en quantité suffisante dans les moûts de brasserie et il n'y a donc pas à s'en inquiéter; toutefois, lorsque l'eau de brassage est dépourvue de chaux ou n'en renferme que des traces, la levure s'affaiblit au bout de quelques générations, mais c'est là un cas exceptionnel.

Comme aliments *azotés*, la levure peut utiliser les sels ammoniacaux, les amides et notamment l'asparagine, les acides amidés, tels que la leucine et la tyrosine, les peptones; la diastase protéolytique transforme à l'intérieur ces substances en matières albuminoïdes constituant le protoplasma, de façon à suffire à la création de cellules nouvelles; mais inversement, cette même diastase protéolytique est capable d'attaquer les albuminoïdes du protoplasma pour les changer en acides amidés et en peptones, qui sont rejetés à l'extérieur. La

diastase protéolytique est susceptible d'attaquer de la même manière les autres diastases de la cellule, et aussi d'agir en dehors de celle-ci sur les matières azotées qui constituent la membrane. Cette activité externe de la diastase protéolytique joue un grand rôle dans le phénomène pratique connu sous le nom de *tranché*.

L'énergie de la diastase protéolytique est exaltée par une élévation de température, et si la levure se trouve placée dans un milieu ne contenant pas de matières azotées assimilables, l'eau pure ou une solution de saccharose par exemple, c'est uniquement la matière albuminoïde interne qui est attaquée, et la levure perd de plus en plus de son énergie; cet affaiblissement augmente de rapidité à mesure que la température s'accroît.

Les aliments hydrocarbonés de la levure sont, pour toutes les espèces industrielles, le glucose, le lévulose, le saccharose et le maltose; en outre beaucoup d'entre elles peuvent utiliser le maltose combiné des maltodextrines, quelques-unes même consomment partiellement la dextrine de ces maltodextrines.

Ces substances hydrocarbonées donnent pour une petite part une matière de réserve, le glycogène, analogue à l'amidon. Mais elles servent surtout à l'accomplissement des fonctions vitales, et sont comme on dit *productrices* d'énergie. D'abord le glucose et le lévulose seuls sont aptes à ce service sans modification préalable; le saccharose et le maltose doivent être préalablement changés, le premier en sucre inverti, dans l'intérieur, par la sucrase, le second en glucose par la maltase.

De même, d'après Delbrück, le maltose combiné des maltodextrines est libéré et changé en glucose par une diastase spéciale qu'il appelle *maltodextrinase* et qui n'existe que dans les levures du type Froberg. C'est le cas de presque toutes les levures de brasserie haute ou basse.

Enfin, quelques levures, appartenant au type Logos, transforment à l'intérieur de leurs cellules, en glucose, la dextrine des maltodextrines, à l'aide d'une diastase que Delbrück nomme *dextrinase*.

L'utilisation finale du glucose et du lévulose, soit préexistants (tous les moûts en renferment un peu), soit formés aux dépens du saccharose, du maltose et des maltodextrines, peut se faire de deux façons suivant l'intervention de l'une des deux diastases que l'on nomme *oxydase* et *zymase*.

L'oxydase de la levure a besoin de la présence de l'oxygène, et elle transforme le glucose et le lévulose en acide carbonique, eau, et de

petites quantités d'acides organiques ; elle peut même attaquer, dans une certaine mesure, l'alcool, en donnant de l'aldéhyde et de l'acide acétique. Cette oxydation se fait avec dégagement de chaleur, c'est-à-dire élévation de température ; on constate celle-ci soit dans la fermentation, soit plus vive encore quand on fait passer sur de la levure pressée un courant d'air. La zymase, au contraire, fonctionne en l'absence d'oxygène ; elle transforme le glucose et le lévulose en alcool et acide carbonique ; on observe aussi la production de petites quantités d'acides organiques, parmi lesquels l'acide succinique est constant.

La glycérine, qui est aussi toujours présente dans les liquides fermentés, peut être considérée soit comme produit accessoire de la zymase, soit comme résultant de l'action d'une diastase particulière, la *lipase*, sur les matières grasses, qu'on trouve très fréquemment comme matière de réserve dans les cellules.

Ces divers produits de l'oxydase et de la zymase sont rejetés à l'extérieur de la cellule, et les transformations qui leur donnent naissance se passent exclusivement à l'intérieur.

Ces vues sur la vie des cellules, d'après Delbrück, montrent bien que la production d'alcool et d'acide carbonique, pendant la fermentation alcoolique, est uniquement la conséquence de la vie de la levure : celle-ci rejette à l'extérieur, soit des substances définitivement inutilisables pour elle, l'acide carbonique par exemple, soit des corps comme l'alcool, la glycérine, l'acide succinique, etc., qu'elle emploie seulement à défaut d'autres. Les produits d'excrétion constituent aussi une protection de la levure contre les autres ferments, puisqu'ils possèdent une action antiseptique plus ou moins forte.

Il est bien certain, d'après cela, que les deux phénomènes de formation de nouvelles cellules et production d'alcool ne seront pas séparables. Nous examinerons cependant les circonstances qui peuvent influencer sur la reproduction.

*Reproduction de la levure.* — 1<sup>o</sup> Le nombre de cellules que l'on trouve, à la fin de la fermentation dans un moût, est le même quelle que soit la quantité initiale de levure employée. Si cette quantité est faible, toutes les cellules se reproduisent et donnent même plusieurs générations ; si au contraire la quantité initiale est grande, une partie seulement des cellules se multiplie. La formation de nouvelles cellules est plus rapide quand le liquide est maintenu en mouvement, soit mécaniquement, soit par injection d'air. Les levures formées dans un

milieu aéré, et plus encore avec injection d'air, sont plus énergiques et donnent une meilleure clarification.

2° La quantité de levure formée augmente avec la richesse du moût en matières azotées assimilables, jusqu'à une certaine limite, au-dessus de laquelle le poids de levure final reste constant; cette limite n'est pas la même pour les diverses substances azotées. La récolte de levure s'accroît aussi avec la dose de sucre existant dans le moût jusqu'à une concentration de 15 pour 100 environ d'après Stern.

3° La richesse en azote de la levure recueillie s'élève également jusqu'à une certaine limite, avec la richesse du moût en azote assimilable, et avec la concentration en sucre. La quantité totale d'azote contenue dans la levure récoltée est indépendante du poids de levure initiale, mais elle dépend de la race de levure employée.

4° La quantité totale de levure récoltée augmente avec la durée de la fermentation, c'est-à-dire qu'il se forme d'une façon continue des cellules nouvelles, jusqu'à la fin de la fermentation.

5° La quantité de sucre fermenté augmente en même temps que le poids de levure formée et l'azote total que renferme celle-ci. Nous pouvons citer, pour la marche de la formation de levure dans les moûts de brasserie, les nombres suivants d'après une communication particulière de M. Griffuel. Ils se rapportent à une fermentation où le liquide était agité plusieurs fois par jour, et l'on a indiqué le nombre de cellules par unité de volume en admettant que cette unité avait reçu 100 cellules au début :

	Levure haute.	Levure basse.
Levure initiale.....	100	100
15 heures.....	205	142
24 heures.....	415	180
2 <sup>e</sup> jour.....	550	360
3 <sup>e</sup> jour.....	1310	460
4 <sup>e</sup> jour.....	1450	560
5 <sup>e</sup> jour.....	1610	620
6 <sup>e</sup> jour.....	1770	690
7 <sup>e</sup> jour.....	»	740
8 <sup>e</sup> jour.....	»	760
9 <sup>e</sup> jour.....	»	780

Ces nombres montrent bien la formation continue et très active encore à la fin des cellules nouvelles, de sorte que cette création n'est limitée que par la richesse du milieu en matières azotées assimilables.

*Races de levures.* — On peut d'abord distinguer, d'après Delbrück, les races de levures d'après les diastases qu'elle possèdent, la zymase et l'oxydase étant communes à toutes les levures industrielles. Si l'on considère en premier lieu les diastases agissant sur les hydrates de carbone, nous pouvons distinguer :

1° Les levures du type *Saaz*. Elles ne possèdent que la maltase et la sucrase.

Ces levures ne fermentent donc que les sucres proprement dits et n'attaquent pas les maltodextrines. Elles sont représentées par un petit nombre de races, par exemple quelques levures de Munich, et l'on peut y rattacher les levures de Liège.

2° Le type *Frohberg*. Elles possèdent, outre la maltase et la sucrase, une diastase qui peut changer en glucose le maltose combiné des maltodextrines.

Ces levures fermentent donc les sucres proprement dits, et une partie du maltose combiné des maltodextrines; elles n'attaquent ces derniers corps que si la proportion de maltose combiné dépasse une certaine limite, variable avec la race de levure considérée.

C'est au type *Frohberg* qu'appartient l'immense majorité des levures de brasserie, soit hautes, soit basses.

3° Le type *Logos*. Elles possèdent à la fois une diastase attaquant le maltose combiné, et une diastase agissant sur la dextrine des maltodextrines. Delbrück appelle ces diastases respectivement *maltodextrinase* et *dextrinase*.

Ces levures fermentent le maltose combiné beaucoup plus complètement que celles du type *Frohberg*, et en outre une partie de la dextrine des maltodextrines.

Elles ne sont pas représentées dans les levures de brasserie employées en Europe.

Une deuxième base de différenciation est donnée par l'énergie de la diastase protéolytique dans certaines levures; si cette diastase agit peu ou pas à l'extérieur des cellules, celles-ci restent soudées entre elles par un réseau de matière azotée; ces levures se déposent bien et rapidement; pour d'autres levures, au contraire, la diastase protéolytique exerçant son influence énergiquement à l'extérieur, dissout le réseau de matières azotées; les levures ont des cellules isolées et se déposent lentement sous forme peu compacte (Delbrück).

Enfin, nous pouvons considérer une distinction pratiquement encore plus importante, c'est celle qui résulte du goût particulier, de la mousse plus ou moins belle, que fournissent les diverses levures,

et nous pouvons encore y ajouter leur résistance plus ou moins grande aux bactéries. Ces caractères ne peuvent être définis jusqu'ici que par l'expérience pratique, et leur appréciation est la base la plus importante du choix entre diverses variétés ou races de levure.

On ne peut d'ailleurs considérer comme une race qu'une levure pure, issue d'une cellule unique d'après la méthode de Hansen, soit originale, soit modifiée par Lindner, et encore faut-il ajouter que cette levure pure doit être très récemment sortie de l'appareil de propagation, car dans le travail pratique il se forme souvent des variétés, suivant la composition du moût.

### Fermentation alcoolique.

Nous pouvons maintenant nous représenter la fermentation alcoolique et les phénomènes qui s'y produisent. La levure étant introduite dans un moût qui contient tous les aliments nécessaires, y compris de l'oxygène dissous, il y a d'abord une absorption considérable d'azote assimilable, de l'oxygène dissous, et une pénétration faible de sucres; l'oxydase entre en jeu, et en même temps commence la formation de cellules nouvelles; l'assimilation de matières azotées continue et ne s'arrête qu'au moment où tout l'azote assimilable a été absorbé, et il en est de même de la création de cellules, mais celle-ci se ralentit cependant à mesure que l'azote susceptible de servir d'aliment devient plus rare; l'agitation permet d'accélérer et la formation de levure et l'absorption de matière azotée.

Quelques heures après la mise en levain, plus ou moins vite suivant la température et l'énergie de la levure, la sucrase, la maltase et la zymase entrent en jeu, et leur activité est naturellement proportionnelle au nombre des cellules formées et ayant atteint leur complet développement. La cellule rejette dans le moût l'alcool, l'acide carbonique et les produits accessoires, acides organiques, glycérine, dont la proportion est d'ailleurs faible à cette période.

Quand les sucres libres sont à peu près épuisés, la levure s'adresse aux maltodextrines en commençant par celles qui contiennent la proportion la plus élevée de maltose combiné; celui-ci seul est attaqué, changé en glucose, que la zymase dédouble encore; à cette période répond un ralentissement de fermentation, à cause de la rareté croissante d'hydrates de carbone assimilables, et aussi, dans les conditions pratiques, parce qu'une partie de la levure s'est déposée (fermentation

basse) ou a été enlevée (fermentation haute); il y a donc moins de cellules et, par suite, des actions diastasiques moins énergiques.

A cette même période, les aliments azotés étant devenus rares, la levure utilise ses réserves de matière azotée, et rejette à l'extérieur des acides amidés et des peptones, mais la formation de cellules nouvelles continue à se faire encore; elle est d'ailleurs aussi ralentie par la présence de doses croissantes d'alcool. L'attaque des maltodextrines se fait de plus en plus lentement à mesure que la proportion de maltose combiné se réduit, et elle finit par devenir insensible ou par s'arrêter complètement. La fermentation du maltose combiné peut être accélérée par une élévation de température ou par une agitation du liquide.

Cette limitation de la fermentation peut être également attribuée à l'action que la diastase protéolytique exerce sur les autres diastases de la levure; nous savons, en effet, que la diastase protéolytique détruit les autres diastases, au même titre que les matières azotées de réserve.

Il existe donc, pour un moût et une levure donnés, une limite au delà de laquelle la fermentation devient insensible ou nulle, et cela correspond, en général, à l'absorption de tout l'azote assimilable. On peut déterminer expérimentalement, d'une façon pratiquement suffisante, cette limite, en faisant la fermentation à 25°-27° et en 4 jours environ et l'on atteint ainsi ce que l'on appelle l'*atténuation limite* du moût pour la levure employée.

Cette atténuation limite ainsi déterminée est quelquefois légèrement dépassée, lorsqu'il s'agit de levures extrêmement énergiques, ou voisines du type Logos; mais, dans la pratique, elle doit être atteinte sensiblement au moment de la livraison.

*Produits de la fermentation.* — Lorsqu'il s'agit d'une levure pure de culture, on a, comme produits normaux, l'alcool, l'acide carbonique, la glycérine, l'acide succinique et divers acides organiques: l'acide acétique, l'aldéhyde éthylique et des traces de divers éthers éthyliques.

Si la levure est impure et mêlée de bactéries, on a en plus, non seulement les produits particuliers à ces bactéries, mais encore les substances qui résultent de la combinaison des produits bactériens avec ceux que forme normalement la levure.

Les levures dites *sauvages* donnent naissance, dans beaucoup de cas, à des matières d'une amertume spéciale et désagréable.

Les produits accessoires des levures de culture, notamment glycé-

rine et acide succinique, augmentent fortement à la fin de la fermentation.

*Quelques définitions.* — On appelle *extrait* d'un moût ou d'une bière, la quantité de matières solides dissoutes dans 100<sup>s</sup> du liquide. On le détermine ordinairement à l'aide du saccharomètre; l'un des plus employés est celui de Balling; lorsque cet instrument affleure, dans du moût, au degré 14, par exemple à 17°, 5, cela veut dire que 100<sup>s</sup> du moût contiennent à peu près 14<sup>g</sup> de matières solides dissoutes. Le résultat ne serait tout à fait exact que si l'on cherchait l'extrait d'une solution de saccharose pur.

On appelle *extrait apparent* d'une bière, le degré Balling de la bière débarrassée de son acide carbonique par agitation; cela veut dire que la densité de la bière contenant encore l'alcool est la même que celle d'une solution de saccharose pur, ayant le degré Balling indiqué par l'instrument.

L'extrait réel de la bière est l'extrait de la bière privée d'alcool et d'acide carbonique, et il indique alors vraiment la quantité de matières solides dissoutes dans 100<sup>s</sup> de bière.

L'extrait d'un malt est la quantité de matières que 100<sup>s</sup> de ce malt laissent dissoudre dans l'eau par saccharification.

Depuis la loi fiscale de 1899, on emploie souvent, au lieu du Balling, le densimètre légal. Quand on dit qu'un moût pèse 4°, cela signifie que le densimètre légal, plongé dans ce moût à 15°, affleure au degré 4, et aussi que la densité vraie du moût est 1,040.

De même la densité apparente d'une bière est le degré auquel affleure ce densimètre légal à 15° dans la bière privée d'acide carbonique, etc.

Pour les malts, on considère souvent, au lieu de l'extrait, le nombre de *degrés-hectolitres* qu'ils peuvent fournir par 100<sup>kg</sup>, c'est-à-dire le nombre d'hectolitres de moût pesant 1° au densimètre légal, que l'on peut obtenir avec 100<sup>kg</sup> du malt.

Il est évident que si un malt donne 25 degrés-hectolitres par quintal on peut en tirer soit 25<sup>hl</sup> de moût pesant 1°, soit 5<sup>hl</sup> de moût pesant 5°.

*Atténuation réelle.* — C'est la proportion de l'extrait du moût qui a disparu par fermentation. Si donc B est le degré Balling, ou le degré densimétrique d'un moût, b l'extrait réel ou le degré densimétrique de la bière privée d'acide carbonique, l'atténuation réelle sera

$$A = \frac{B - b}{B} \times 100.$$

On considère plus volontiers en pratique l'atténuation apparente.

Si  $M$  est l'extrait ou le degré densimétrique du moût,  $m$  l'extrait apparent ou le degré densimétrique de la bière privée d'acide carbonique, on considère encore comme atténuation apparente :

$$\frac{M - m}{M} \times 100.$$

*Rendement pratique.* — Il peut s'exprimer de deux manières, suivant que l'on considère l'extrait ou le nombre de degrés-hectolitres :

Dans le premier cas, le rendement pratique est la quantité de matières dissoutes que 100<sup>kg</sup> de malt cèdent au moût dans les conditions pratiques.

Si l'on désigne par  $V$  le nombre d'hectolitres de moût obtenus mesurés à une certaine température, ayant un extrait  $b$  et une densité  $d$  correspondant à la même température, et que l'on ait employé  $P$  quintaux de malt, le rendement pratique sera

$$R = \frac{V \times b \times d}{P}.$$

Si par exemple, avec 10<sup>qs</sup> de malt, on a obtenu 40<sup>hl</sup> de moût mesurés à 17°,5 et pesant 15° Balling, la densité à 17°,5 répondant à l'extrait 15 est de 1,0614, et le rendement pratique sera

$$R = \frac{40 \times 15 \times 1,0614}{10} = 63,68.$$

Si l'on considère les degrés-hectolitres, le rendement pratique sera le nombre de degrés-hectolitres formés dans ces conditions pratiques par un quintal de malt.

Si donc  $V$  est le nombre d'hectolitres de moût mesuré à 15° et  $D$  le degré densimétrique de ce moût pris à 15°, et que l'on ait employé  $P$  quintaux de malt, le rendement pratique sera

$$\frac{V \times D}{P} \text{ degrés-hectolitres.}$$

Dans la loi fiscale belge, on exprime le rendement en disant qu'un malt *rend tel nombre de litres* : cela signifie que 1<sup>kg</sup> de malt peut donner ce nombre de litres de moût à 1° densimétrique, c'est donc exactement la même chose que le degré-hectolitre par 100<sup>kg</sup> de malt.



---

## CHAPITRE II.

### L'EAU.

---

En considérant, au point de vue le plus général, les usages de l'eau, nous devons envisager une brasserie fabriquant elle-même son malt, possédant un générateur et une machine frigorifique, et nous trouvons :

- Trempe de l'orge;
- Brassage;
- Réfrigération du moût;
- Alimentation du générateur à vapeur;
- Condenseur de la machine frigorifique;
- Lavage des appareils et de la levure.

Dans beaucoup de cas la question se simplifie, car un grand nombre de brasseries ne fabriquent pas leur malt et ne possèdent point de machine frigorifique; quelques-unes même se servant de moteurs à gaz ou à pétrole n'ont pas de générateur de vapeur; mais il reste toujours, au moins, le brassage, la réfrigération du moût et le lavage des appareils.

Les conditions requises sont naturellement différentes pour les usages de l'eau. Indiquons d'abord les principales substances que celle-ci contient. Elles peuvent se rattacher à trois catégories :

- Matières organiques,
- Matières minérales,
- Ferments.

*Matières organiques.* — Elles comprennent les substances que l'eau a dissoutes dans son trajet à travers le sol, et elles ont pour origine normale les débris végétaux ou les restes d'engrais plus ou moins décomposés dans la terre; mais ces matières organiques peuvent aussi provenir d'infiltration, telles que fosses d'aisance, écuries, eaux résiduaires de la brasserie, etc.; fumier, amas de drèches, etc.

Dans le premier cas, ces matières organiques ne contiennent que très peu de matière azotée, et pas d'ammoniaque; dans le second, au contraire, les matières azotées sont abondantes; on trouve souvent de l'ammoniaque, parfois d'autres corps caractéristiques d'une infiltration déterminée, comme le sel pour les fosses d'aisance, l'acide phosphorique pour les eaux d'égout ou les fosses, et très souvent des ferments nuisibles.

*Matières minérales.* — Le calcaire dissous à l'état de bicarbonate de chaux, le sulfate de chaux ou gypse, le chlorure de sodium ou sel ordinaire à faible dose, quelquefois du carbonate et du sulfate de magnésie; les nitrates de chaux, de soude ou de potasse, sont les éléments minéraux normaux de l'eau. On peut y rencontrer en outre l'ammoniaque, les nitrites de chaux, soude ou potasse, des silicates alcalins ou du silicate de chaux, du fer, du chlorure de calcium et très exceptionnellement du carbonate de potasse.

*Ferments.* — Toutes les eaux contiennent des ferments; normalement ceux-ci sont constitués par des bactéries se développant uniquement dans le moût et lentement, et par des torulas. On peut trouver aussi, mais comme éléments anormaux, des bactéries capables de se développer avec une très grande vitesse dans le moût, des bactéries vivant dans la bière et l'altérant comme goût ou limpidité; enfin des levures soit de culture, soit sauvages, et des moisissures variées.

Nous pouvons maintenant examiner les conditions requises pour chacun des usages de l'eau, en commençant par celles qui sont les plus simples.

*Réfrigération du moût.* — La seule condition à envisager a trait à la température de l'eau; lorsque la réfrigération se fait sans emploi de glace, et sans machine frigorifique, il est évidemment indispensable que la température de l'eau soit inférieure à celle que l'on désire donner au moût à la mise en levain, et la différence doit être d'autant plus grande que l'on dispose d'un volume d'eau moins considérable.

En fermentation haute, où ce cas se présente, une eau à 10°-12° est excellente, et l'on travaille même avec des températures de 22°-24°; ce ne sont plus cependant des circonstances favorables et l'eau devrait être toujours à une température inférieure à 18°.

*Condenseur de la machine frigorifique.* — C'est encore la tem-

pérature qui intervient; plus elle est basse, moins la dépense d'eau est grande, et plus le rendement de la machine frigorifique est élevé. Une eau à 10°-12° est excellente et l'on fonctionne encore parfaitement à 18°-20°, mais avec perte de rendement surtout pour les machines à acide carbonique.

Quand le condenseur de la machine frigorifique est à ruissellement, il se produit une forte évaporation de l'eau, de sorte qu'une partie du calcaire se dépose dans les trous ou les fentes de la gouttière de distribution.

Pour éviter des obstructions de ces orifices il est donc bon que l'eau ne soit que faiblement calcaire et gypseuse.

*Alimentation du générateur.* — Ici nous n'avons à envisager que la question des incrustations et la présence éventuelle de substances capables d'attaquer les tôles de la chaudière. L'eau ne doit donc pas contenir de chlorures de calcium ou de magnésium; la quantité de sel ordinaire ou chlorure de sodium doit être faible, et la dureté aussi petite que possible. On peut admettre qu'une eau dont le degré hydrotimétrique dépasse 20° sera utilement épurée avant de servir à l'alimentation ou nécessitera l'usage d'un désincrétant convenable, soit généralement la soude caustique et le carbonate de soude.

C'est l'épuration préalable qui devient la seule solution quand le degré hydrotimétrique atteint 35° environ, pour éviter les entraînements de carbonate de chaux par la vapeur, entraînements qui abîment les valves et peuvent détériorer même le moteur.

*Lavage des appareils et de la levure.* — Nous considérons seulement les appareils pour lesquels l'eau froide est utilisée et qui reçoivent ensuite immédiatement du moût ou de la bière. C'est ce qui arrive pour les cuves et fûts de fermentation, les ovales ou bacs à levure, les fûts et canettes, etc. Il reste, naturellement, de l'eau sur les parois, et par suite les ferments contenus dans cette eau peuvent pénétrer dans le moût ou la bière : de même, la levure peut être infectée en englobant les germes apportés par l'eau dans laquelle les cellules sont mises en suspension.

Il y a lieu de distinguer les ferments se développant uniquement dans le moût et ceux qui peuvent se propager dans la bière.

Toutes les eaux sans exception renferment des ferments capables de se développer dans le moût, mais qui sont tués ou engourdis tout au moins dès le moment où la fermentation alcoolique commence;

les ferments ne produiront donc d'effet nocif que si leur nombre est très grand ou leur propagation très rapide, et s'ils sont en état de fournir des produits qui modifient le goût, ou soient toxiques pour la levure.

Lorsqu'il s'agit de bières de fermentation haute, mises en levain, à une température élevée, 20°-25°, ce développement des ferments de l'eau est évidemment facilité, mais la fermentation alcoolique se manifeste au bout de quelques heures, de sorte que le résultat final est sensiblement le même en général que pour les moûts de fermentation basse mis en levain vers 5°-6°.

On peut admettre qu'une eau dont une goutteensemencée dans 1 litre de moût stérile ne fournit pas, au bout de 12 heures à 25°, un changement de goût appréciable, ou une acidité sensible, peut être sans inconvénient employée au lavage des cuves ou fûts de fermentation, ou des cuves guilloires.

Il y a lieu de considérer simplement comme suspectes les eaux qui dans le moût fournissent un nombre de colonies supérieur à 600 par centimètre cube, le moût s'altérant d'une façon visible en moins de 24 heures à 25°, par l'addition de  $\frac{1}{200}$  de son volume d'eau.

La plupart des eaux satisfont à la condition relative au moût.

En ce qui concerne les ferments susceptibles de se développer dans la bière, il faut être beaucoup plus sévère, et une eau fournissant de tels ferments doit être considérée comme inutilisable ou tout au moins dangereuse pour le lavage de la levure, le rinçage des fûts, cuves ou canettes, et le lavage de la masse filtrante.

Les ferments de cette catégorie sont ordinairement amenés dans l'eau par des infiltrations; ainsi, par exemple, la présence de *Saccharobacillus Pastorianus* répond le plus souvent à une infiltration d'eaux de lavage des caves, du rince-fûts ou de la canetterie, quelquefois du débit de la brasserie; les sarcines proviennent de fumier, d'écuries, de glaciers, amas de drèches, etc.

La suppression de ces infiltrations fait disparaître les ferments nocifs contenus dans l'eau, mais généralement après un temps assez long, puisque le sol chargé de ces ferments ne s'épure que peu à peu.

Pour le lavage des appareils, la composition chimique de l'eau n'a évidemment aucune importance; lorsqu'il s'agit de la levure, l'eau ne doit pas contenir de nitrites, toxiques violents pour la cellule, et il est préférable que l'eau renferme une certaine dose de sulfate de chaux pour éviter l'affaiblissement qui résulterait d'un contact prolongé de la levure avec une eau trop peu minéralisée; cette dernière condition

n'est pas absolue. Il est également désirable de ne pas utiliser pour laver les levains une eau trop riche en nitrates, une dose d'acide nitrique supérieure à 40<sup>mg</sup> par litre affaiblissant déjà la levure dans une eau douce, tandis que, pour l'eau dure, la dose nocive ne commence guère qu'à 70<sup>mg</sup>-80<sup>mg</sup> par litre, en acide nitrique.

*Brassage.* — Ici les ferments n'ont en général aucune importance, puisque toute l'eau est soumise à une ébullition prolongée à l'état de moût. Il faudrait que l'eau de brassage fût infectée au plus haut point, pour donner, pendant la saccharification et jusqu'au moment où la température atteint 55° environ, une altération du moût. C'est là un cas tout à fait extraordinaire, et une telle eau serait rejetée simplement au goût ou même à l'odeur.

Pour le brassage, c'est la composition chimique de l'eau qu'il faut envisager.

*L'ammoniaque* ne doit exister que comme quantités indosables, c'est-à-dire à  $\frac{1}{10}$  de milligramme par litre au plus. Lorsque cette proportion est dépassée, il y a lieu de craindre et de rechercher des infiltrations de fosses d'aisance, de purin, ou d'eau d'égout. De telles infiltrations peuvent se produire à une grande distance d'un puits ou d'une source en suivant les couches géologiques du sol.

Les *nitrites* ne se trouvent guère que dans les eaux insuffisamment aérées, dans les puits très profonds, ou bien dans les eaux qui fermentent des matières organiques en décomposition et appartiennent à une nappe sans contact avec l'air.

Les nitrites sont des poisons violents pour la levure, mais il n'y a guère à craindre que, de l'eau employée au brassage, ils parviennent au contact de la levure; en effet, les nitrites s'oxydent très facilement par le simple contact de l'air; en outre, le moût a toujours une réaction acide, et les nitrites sont certainement décomposés pendant l'ébullition des trempes ou du moût.

Les *nitrites* se trouvent à peu près dans toutes les eaux, provenant soit de la nitrification des engrais azotés ou des matières végétales dans le sol, soit du nitrate de soude employé de plus en plus par la culture; la dose de nitrates a, en effet, augmenté beaucoup, dans un grand nombre d'eaux, depuis l'usage de cette substance fertilisante.

Les nitrates agissent sur la levure d'une façon défavorable, tant au point de vue de l'atténuation que de la clarification. Les effets nocifs commencent déjà pour une dose de 40<sup>mg</sup> par litre en acide nitrique avec une eau douce, tandis qu'une eau dure peut être employée sans mau-

vais résultats, bien que contenant 60<sup>mg</sup>-80<sup>mg</sup> d'acide nitrique par litre.

On peut donc combattre l'action des nitrates, d'une part en augmentant la dose de levain, et l'on peut aller jusqu'à 500<sup>g</sup> de levure pressée par hectolitre; d'autre part en ajoutant du sulfate ou du chlorure de calcium, si l'eau est faiblement minéralisée. Lorsque la dose de nitrates atteint cependant 120<sup>mg</sup>-150<sup>mg</sup> en acide nitrique, les levures dégèrent très rapidement et doivent être renouvelées fréquemment; dans une brasserie possédant des eaux très nitratées, un levain ne pouvait faire qu'une seule génération; dès la seconde, l'atténuation baissait fortement, et la clarification cessait d'être normale.

Les nitrates ne peuvent être éliminés de l'eau par aucun traitement.

*Carbonate de potasse.* — C'est un élément très rare à l'état de sel tout formé dans l'eau qui possède alors une réaction alcaline. Le carbonate de potasse, au contact du phosphate acide de potasse ou de chaux apporté par le malt, transforme les phosphates acides en phosphates neutres, mais il n'arrive jamais pratiquement qu'une eau contienne assez de carbonate alcalin pour que le moût prenne une réaction alcaline. C'est dans ce cas seulement qu'un accroissement de coloration se produirait avant houblonnage. Cette création de phosphate neutre a cependant une influence: d'une part, en effet, les actions diastatiques se produisent au mieux en présence de phosphates acides, ceux-ci jouant, dans une certaine mesure, un rôle accélérateur; si donc le malt contient peu d'amylase, il se produira un ralentissement dans la saccharification, et par conséquent une réduction de la dose de maltose libre. Il est évident, en effet, que si l'amidon n'est pas saccharifié à mesure qu'il se réduit en empois, les résidus s'accumulent jusqu'au moment où la température cesse de monter, et ils ne sont plus saccharifiés qu'à cette température; or au delà de 55° la dose de maltose libre diminue quand la température monte.

D'autre part, les caséines contenues dans le malt sont plus solubles dans les phosphates neutres que dans l'eau pure, ou que dans les solutions de phosphate acide, et par conséquent l'eau contenant du carbonate de potasse fournira un accroissement de matière azotée à l'état de caséine dans le moût.

*Carbonate de chaux.* — Il existe dans le plus grand nombre des eaux employées en brasserie, et se trouve en réalité à l'état de bicarbonate de chaux, dissous grâce à la présence d'un excès d'acide

carbonique. Le carbonate de chaux se précipite donc quand l'acide carbonique dissous est éliminé, c'est-à-dire par chauffage ou bien en ajoutant un lait de chaux en quantité juste égale à celle qui existe déjà à l'état de carbonate dans l'eau.

Le calcaire, quand il est seul dans l'eau, réduit la coloration du moût et de la bière, précisément parce que la précipitation entraîne en chaudière une partie des matières colorantes du malt; il fait passer, à l'état de phosphate tribasique de chaux, les phosphates acide et neutre de potasse du malt; grâce à la création de phosphate tribasique insoluble, l'eau calcaire dissout une proportion de matières azotées moindre que l'eau douce.

L'eau calcaire réduit d'une façon très notable la quantité de maltose libre créé par la saccharification, c'est-à-dire qu'elle réduit l'atténuation principale.

Enfin, elle dissout une plus forte dose de matières amères de houblon, de sorte que les bières fabriquées avec ce genre d'eau ont un arrière-goût un peu âcre et plus amer.

L'action du calcaire, au point de vue du goût de la bière, se fait sentir déjà pour une eau renfermant 11<sup>g</sup> de chaux à cet état par hectolitre.

Lorsque l'on veut augmenter l'atténuation avec une eau calcaire, on peut ou bien faire bouillir préalablement celle-ci, puis la décanter avant l'emploi au brassage, soit ajouter à l'eau froide la quantité de lait de chaux correspondant à la chaux déjà existante à l'état de carbonate; l'un et l'autre de ces traitements peut amener un accroissement d'atténuation supérieur à 5 pour 100.

Lorsque l'eau calcaire contient en même temps une proportion notable de chlorure de sodium ou de sulfate de potasse, il se produit par ébullition une double décomposition et formation d'un peu de carbonate de soude ou de potasse. Dans ce cas, l'eau chaude a une réaction alcaline et elle se comporte alors comme les eaux renfermant du carbonate de potasse tout formé.

Les eaux calcaires, devenant alcalines par chauffage, conviennent particulièrement aux bières brunes; lorsqu'elles ne deviennent pas alcalines, elles réussissent surtout aux bières dont le cachet particulier est une amertume un peu forte, mais non pas celles que l'on désire très douces.

*Sulfates.* — On rencontre, d'une façon presque générale, le sulfate de chaux, quelquefois ceux de magnésie et de potasse.

Le sulfate de chaux augmente la proportion de maltose libre, et il

fournit des maltodextrines, plus facilement fermentescibles, c'est-à-dire des atténuations plus fortes et une fermentation secondaire plus énergique; il précipite à l'état de phosphate bicalcique une partie du phosphate neutre de potasse du malt, tandis qu'il n'exerce aucune action sur le phosphate acide de potasse; il se forme en même temps une petite quantité de phosphate neutre de chaux. Les bières fabriquées avec des eaux riches en sulfate de chaux contiendront donc notablement moins de phosphates.

Le sulfate de chaux dissout un peu plus de matières azotées que l'eau pure; il favorise ce que l'on appelle la *cassure*, c'est-à-dire la séparation rapide des matières coagulées pendant l'ébullition du moût. Il en résulte que les eaux gypseuses ont une tendance à fournir des bières alcooliques et sèches, mais de clarification rapide et généralement de bonne conservation. Cependant, les eaux presque saturées de gypse agissent sur la levure et l'atténuation devient faible.

Le sulfate de magnésie donne, même à faible dose, un arrière-goût amer et comme métallique à la bière et il agit, à part cela, d'une façon analogue au sulfate de chaux.

*Chlorures.* — Toutes les eaux renferment du chlorure de sodium, mais généralement à dose très faible. Lorsque la quantité de chlore correspondant à ce sel dépasse 35<sup>mg</sup>-40<sup>mg</sup> par litre, elle peut provenir soit du sol (salines, voisinage de la mer), soit d'une infiltration d'eau d'égout ou de fosse d'aisance. Dans le cas d'infiltration, l'excès de chlorure est généralement accompagné de quantités plus ou moins fortes d'ammoniaque.

Le chlorure de sodium à doses modérées n'agit pas sur la levure, il augmente la dose de maltose libre, donne des maltodextrines facilement attaquables par la levure, c'est-à-dire que l'atténuation principale s'élève et que la fermentation secondaire devient plus courte et plus vive; en présence de chlorure de sodium, une petite partie de la dextrine des maltodextrines est fermentée.

Pour les eaux fortement chlorurées, l'action du sel se porte aussi sur la levure, les fermentations deviennent peu énergiques, la clarification défectueuse. La dose à laquelle se produit cet effet nocif dépend des autres sels existant dans l'eau, et, lorsqu'il s'agit d'une eau dure, renfermant surtout une dose considérable de sulfate de chaux, cette influence sur la levure peut déjà se manifester avec 125<sup>mg</sup> de chlorure de sodium par litre. Avec les eaux douces, elle ne commence guère que pour 500<sup>mg</sup> de sel environ.

Le chlorure de sodium est le sel qui donne la plus forte dissolution de matières azotées, et il réduit même la dose d'albumine coagulable par la chaleur; il en résulte qu'avec ce sel les moûts et les bières sont très riches en azote.

Le chlorure de calcium agit à peu près de la même façon que celui de sodium, mais la dose nocive pour la levure est beaucoup plus faible.

*Fer.* — Il existe à l'état de traces indosables dans presque toutes les eaux, et il n'a alors aucune importance. On rencontre cependant quelques eaux renfermant jusqu'à 3<sup>ms</sup> de fer par litre; il se produit alors une coloration verdâtre, ou même noire, à cause du tannin apporté par le houblon; l'amertume et le goût du houblon s'atténuent beaucoup. La présence du fer gêne également les actions diastasiques.

Une bonne eau ne doit renfermer que des quantités indosables de fer.

Il résulte de ces propriétés qu'une bonne eau de brassage ne doit renfermer ni fer, ni ammoniacque; qu'elle peut être faiblement calcaire, contenir du sulfate de chaux, très peu de chlorure de sodium et une dose aussi faible que possible de nitrates.

*Trempe de l'orge.* — Ici, les ferments de l'eau disparaissent devant ceux qu'apportent les grains, et la seule condition désirable au point de vue bactériologique est que l'eau renferme peu ou pas de moisissures, de manière à éviter les altérations de ce genre au germe.

La composition chimique de l'eau de trempe n'est pas très importante : il faut se borner à exclure le fer, l'ammoniacque et les nitrites; les eaux contenant plus de 150<sup>ms</sup> d'acide nitrique par litre auront une mauvaise influence sur la germination et les eaux presque saturées de sulfate de chaux donnent en général des malts se saccharifiant lentement.

Enfin, l'eau de trempe doit avoir une température aussi constante que possible, et l'on préfère celle qui a une température de 10° à 13°.

#### Traitement des eaux.

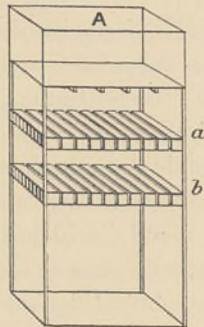
On peut arriver, dans quelques cas, à améliorer une eau par un traitement simple et peu coûteux, mais il faut bien noter que les traitements efficaces et pratiques sont assez rares, et que l'on doit examiner avec attention, à ce double point de vue, un grand nombre de procédés et d'appareils, ayant une vogue momentanée.

*Récupération de l'eau.* — Il arrive assez souvent que la quantité d'eau dont dispose une brasserie est insuffisante pour tous les besoins, la réfrigération du moût, le condenseur de la machine frigorifique et, éventuellement, du moteur à vapeur exigeant de très grands volumes d'eau fraîche.

On peut refroidir économiquement l'eau qui a servi, par exemple, au condenseur de la machine frigorifique ou de la machine à glace. Pour cela on s'appuie sur ce principe que l'évaporation de l'eau produit une absorption de chaleur considérable et, par conséquent, un refroidissement sensible de l'eau restée liquide. Si donc, l'eau chauffée par le condenseur circule en nappes minces ou en filets au contact de l'air, elle se refroidira suffisamment pour qu'on puisse l'utiliser de nouveau, seule ou en mélange avec une petite quantité d'eau froide.

On réalise cette récupération à l'aide de plusieurs dispositifs. L'un des plus simples consiste à garnir complètement de zinc une toiture à pente faible. L'eau arrive au faite, coule en nappe très mince sur le toit et elle est recueillie à la partie la plus basse.

Fig. 15.



Récupérateur d'eau.

A, réservoir collecteur d'eau chaude.  
a, b, pièces de bois, séparées par intervalle, forçant l'eau à couler en lames minces.

Ce système un peu primitif peut être remplacé par une charpente métallique élevée au-dessus d'un réservoir en tôle. La charpente supporte soit des lames de bois, soit des fagots, et une pompe déverse l'eau chaude dans une rigole perforée, placée à la partie supérieure; l'eau, divisée en minces filets par les chicanes ou les fagots, se re-

froidit par forte évaporation et elle est recueillie dans le réservoir inférieur (*fig.* 15).

La concentration de l'eau par ce traitement peut se calculer facilement : si nous supposons que la température initiale soit de 35°, et que l'on veuille la ramener à 21°, la température moyenne à laquelle se fera l'évaporation est de 28°. Or la formule connue

$$Q = 606,5 - 0,695 T$$

donne le nombre de calories qu'il faut fournir à 1<sup>kg</sup> d'eau pour la vaporiser à la température T, c'est-à-dire ici à 28°. On en déduit que

$$Q = 587^{\text{Cal}}, 1.$$

Il suffit d'écrire que le nombre de calories absorbé par la volatilisation de  $x^{\text{kg}}$  d'eau à 28° est égal au nombre de calories dégagé par suite du refroidissement de  $1 - x^{\text{kg}}$  d'eau entre 35° et 21°. On a donc

$$(1 - x) \times 14 = x \times 587,1, \quad \text{d'où} \quad x = 23^{\frac{2}{3}}, 3, \quad \text{soit } 2,3 \text{ pour } 100.$$

Comme l'unique dépense du traitement est la force nécessaire à l'élévation de l'eau au sommet de la charpente métallique, ce procédé est peu coûteux et très recommandable dans tous les cas où la brasserie est un peu juste en eau.

*Filtration.* — Ce traitement s'applique dans deux cas bien distincts, suivant qu'il s'agit d'enlever à l'eau trouble des matières en suspension ou bien des ferments nocifs.

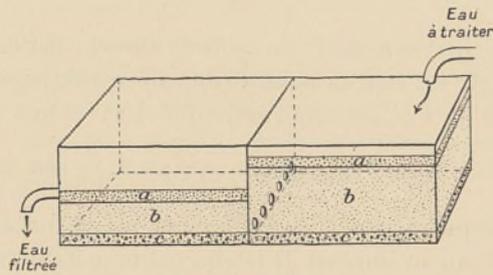
La filtration n'est guère praticable industriellement que dans le premier cas, et c'est alors aux filtres à sable qu'on s'adresse le plus volontiers. Ils se composent d'un réservoir en maçonnerie, garni sur le fond d'une couche de gros cailloux ; par-dessus on place des couches de cailloux de plus en plus petits et finalement du gros gravier surmonté lui-même de cailloux moyens. L'eau, arrivant à la partie supérieure, se filtre sur le gravier et s'écoule claire à la partie inférieure. On peut aussi employer deux réservoirs conjugués comme le montre la figure 16.

Lorsque ces filtres ont une grande épaisseur, ils produisent, surtout après quelque temps de fonctionnement, une certaine épuration au point de vue des ferments, ou plus souvent une séparation de ces germes. Certaines bactéries sont retenues, tandis que d'autres espèces traversent le filtre ou même s'y multiplient. On ne peut donc compter

sur une action certaine, en ce qui concerne les ferments, tandis que la clarification s'opère bien dans ces appareils.

L'élimination des ferments de l'eau par filtration n'est pour ainsi dire pas réalisable pratiquement, sauf le cas où l'on veut obtenir de très petites quantités d'eau pure; en effet, des innombrables filtres existants, les seuls qui retiennent vraiment les ferments sont constitués par de la porcelaine dégourdie, de la porcelaine d'amiante ou par des pierres à grain fin; mais, naturellement, le débit de tels filtres est très faible et, en outre, ils ne fournissent que pendant peu d'heures de l'eau réellement stérile.

Fig. 16.



Filtre à sable.

*a*, gravier fin. — *b*, sable fin. — *c*, gravier gros.

Il faudrait donc monter un grand nombre de ces filtres et les soumettre, chaque deux jours au plus, à un nettoyage et une stérilisation efficace. On conçoit aisément que cela ne puisse se faire dans une usine.

Les autres matières filtrantes, charbon, toile d'amiante, etc., ne produisent jamais de l'eau stérile, et, ordinairement au bout de quelques jours, l'eau filtrée contient un plus grand nombre de germes qu'avant son passage dans l'appareil.

On peut déduire de là qu'il n'est pas possible d'éliminer d'une eau les ferments nocifs, dès qu'il s'agit de volumes comme ceux qu'exige une brasserie, rien que pour la fermentation ou le lavage des appareils; d'ailleurs, comme ces ferments ont une origine presque constante, une infiltration d'eaux résiduaires, d'égout, de fosses d'aisance, d'écurie ou d'un captage défectueux, il est toujours indispensable de rechercher l'origine de l'infiltration et de la supprimer aussi vite que possible. Provisoirement, on peut faire bouillir l'eau qui sert au lavage de la levure, l'infection par celle-ci étant spécialement dangereuse et facile.

*Épuration des matières organiques.* — On a beaucoup recommandé, il y a quelques années, l'emploi des permanganates de potasse ou de chaux, mais ces produits n'ont à froid qu'une très faible action; à peine  $\frac{1}{4}$  des matières organiques est détruit au bout de 24 heures; il faut préférer le permanganate de chaux, car il laisse comme résidu du carbonate de chaux et de l'oxyde de manganèse, qui peuvent être séparés tous deux par décantation, tandis que le permanganate de potasse donne du carbonate de potasse; dans la plupart des cas, l'eau contient assez de sulfate de chaux pour que le carbonate alcalin ne subsiste pas, et qu'il se forme du carbonate de chaux et du sulfate de potasse; mais nous savons que les eaux calcaires, en présence du sulfate de potasse, se comportent à l'ébullition à peu près comme les eaux renfermant des carbonates alcalins.

Enfin, un ennui du traitement au permanganate est qu'il faut détruire le sel non décomposé. On y arrive le plus simplement en ajoutant à l'eau un peu de charbon de bois finement pulvérisé et, après quelques heures de repos, on décante l'eau claire.

Ce traitement ne paraît donc guère pratique ni efficace.

Le procédé Anderson a été appliqué surtout aux eaux résiduaires; il pourrait également convenir aux eaux chargées de matières organiques. Dans ce procédé, l'eau est agitée dans un cylindre, mobile autour de son axe horizontal, avec de la grenaille de fer, et, si l'eau contient suffisamment d'acide carbonique, une certaine dose de fer entre en dissolution. On fait alors subir à l'eau une forte aération qui décompose le carbonate de fer, et le sesquioxyde de fer qui se précipite sous forme gélatineuse entraîne une partie des matières organiques et toutes celles en suspension. On termine par une décantation et mieux par le passage sur un filtre à sable.

Enfin, l'épuration par l'ozone a été indiquée assez récemment, mais il ne paraît pas que les eaux de brasserie soient jamais assez chargées de matières organiques pour valoir la dépense considérable d'installation du traitement à l'ozone.

D'ailleurs, nous avons signalé plus haut que le rôle des matières organiques est assez faible; si ces matières organiques ont une origine normale, c'est-à-dire dissolution des substances humiques du sol, il n'y a pas à s'en inquiéter; si, au contraire, elles proviennent d'une infiltration de matières en décomposition, il faut toujours rechercher et supprimer celle-ci: c'est donc seulement quand on étudie l'eau, en vue de l'installation d'une brasserie, qu'il convient de donner la préférence à celle qui contient le moins de matières organiques; c'est générale-

ment aussi celle qui renferme le moins de ferments et dont les chances d'infection sont les plus réduites.

*Épuration des eaux calcaires.* — L'eau calcaire fournit des bières plus faiblement atténuées et, si la dose de carbonate de chaux est forte, il se produit souvent un arrière-goût amer et brûlant. Il est donc assez souvent utile d'éliminer au moins partiellement le carbonate de chaux qui est maintenu en dissolution par un excès d'acide carbonique. Il suffit d'éliminer ou de saturer cet acide carbonique pour amener la précipitation du carbonate de chaux. De là deux procédés : l'action de la chaleur et le traitement par la chaux.

*Action de la chaleur.* — Dans un certain nombre de brasseries on fait bouillir la veille, dans une chaudière, l'eau calcaire destinée au brassage; celle-ci se dépouille de carbonate de chaux qui se dépose pendant la nuit et il suffit de la décanner. Ce procédé est évidemment coûteux et il ne peut être appliqué qu'à une petite quantité d'eau; on en limite l'emploi à l'eau de brassage proprement dit, tandis que pour les arrosages on se contente du chauffage à 80°-85° dans une bûche; quelquefois même, on chauffe simplement l'eau de brassage jusqu'à la température de 60°-70° à l'aide de vapeur d'échappement.

Dans ces conditions, la précipitation du calcaire est très incomplète, et atteint ordinairement la moitié du carbonate de chaux dissous, de sorte que l'eau fortement calcaire n'est pas suffisamment épurée.

*Action de la chaux.* — Ce traitement est presque toujours réservé à l'eau destinée aux générateurs, bien qu'il soit très recommandable aussi pour l'eau de brassage. Il suffit de déterminer de temps en temps, par l'analyse ou par tâtonnements, la quantité de chaux éteinte dont on dispose, nécessaire pour précipiter entièrement le calcaire dans 1<sup>m</sup> d'eau, et d'ajouter cette dose dans un réservoir de volume connu; cette addition peut se faire en une fois, ou d'une façon continue à l'aide d'un distributeur. On abandonne au repos quelques heures et il suffit ensuite de décanner. La dépense est très faible et l'épuration peut être faite avec une grande régularité.

*Épuration des eaux de chaudières.* — Les matières à éliminer sont le carbonate et le sulfate de chaux, quelquefois le carbonate et

le sulfate de magnésie, c'est-à-dire les substances capables de former des incrustations.

Les carbonates se précipitent par simple ébullition, tandis que les sulfates se déposent lorsque l'eau, de plus en plus concentrée dans le générateur, atteint son point de saturation, et il en résulte naturellement que les sulfates forment des croûtes plus compactes que le carbonate.

Les incrustations sont à éviter à deux points de vue. D'une part, elles diminuent l'utilisation de la chaleur, celle-ci étant obligée de se transmettre à l'eau, à travers une couche saline mauvaise conductrice, et, d'un autre côté, elles peuvent donner lieu à des coups de feu ou à des explosions.

On peut se proposer deux objectifs : 1<sup>o</sup> empêcher les incrustations, en alimentant uniquement avec de l'eau épurée à l'avance, et débarrassée de sels de chaux; 2<sup>o</sup> supprimer les incrustations ou empêcher l'adhérence des dépôts.

La première solution est la seule qui supprime à la fois les chances d'explosion et les déperditions de chaleur, elle est relativement rare en brasserie, malgré tous les avantages qu'elle présente.

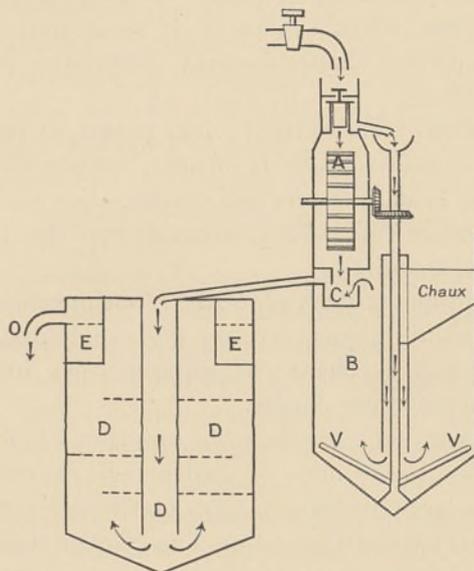
On utilise deux bassins d'épuration, l'un étant en traitement, l'autre en vidange. Le volume d'eau de chaque réservoir étant connu, on ajoute la dose de chaux éteinte et de carbonate de soude nécessaire à la précipitation du calcaire et à la décomposition du sulfate de chaux en carbonate de chaux insoluble et sulfate de soude très soluble. Après quelque repos, on peut décantier ou même alimenter directement si l'on dispose d'un siphon à flotteur. Si le dosage de réactifs a été fait soigneusement, l'eau ne contient plus de chaux dissoute et, par conséquent, il ne se produit plus d'incrustations. Lorsque l'eau contient de fortes doses de sulfate de chaux ou de magnésie, elle conserve une quantité appréciable de sulfate de soude; et cette solution se concentre peu à peu dans le générateur; il est alors prudent de faire de temps en temps des purges partielles pour éviter que la saturation ne se produise.

On peut employer aussi pour cette épuration des appareils continus (*fig. 17*), qui permettent un mélange plus intime du lait de chaux et de l'eau, mais le résultat est sensiblement le même et la dépense moindre avec de simples bassins de décantation.

*Désincrustants.* — La deuxième solution consiste à supprimer les incrustations de sulfate ou à empêcher l'adhérence des dépôts et le

traitement se fait dans ce générateur même, le désincrustant étant introduit avec l'eau d'alimentation.

Fig. 17.



Épurateur d'eau calcaire, appareil Desrumaux.

A, roue à aubes actionnée par la chute de l'eau à épurer. —  
 B, préparateur d'eau de chaux avec vagueur V actionné  
 par la roue A. — C, mélange de l'eau et d'eau de chaux. —  
 D, décantation. — E, matière filtrante. — O, sortie de  
 l'eau épurée.

Un premier procédé consiste à ajouter de la lessive de soude caustique et éventuellement du carbonate de soude pour achever la précipitation du sulfate de chaux; il se forme du carbonate de chaux qui se précipite en même temps que le calcaire de l'eau et du sulfate de soude reste dissous. Les doses de soude caustique et de carbonate de soude se déduisent des degrés hydrotimétriques de l'eau.

Ce procédé réussit bien pour les eaux de dureté moyenne, mais il se produit par son application des entraînements de carbonate de chaux, qui détériorent les vannes de vapeur et même peuvent gêner la fonctionnement des moteurs. Ces inconvénients deviennent très sensibles si la dureté de l'eau dépasse 30°-35°.

Il convient, pour ce procédé comme pour tous les autres désincrustants, d'effectuer des purges partielles très fréquentes, quotidiennes même quand on le peut.

Un autre produit essayé depuis peu de temps, l'aluminate de baryte, paraissait, au point de vue théorique, très séduisant, en ce qu'il insolubilisait complètement l'acide sulfurique et la chaux du sulfate de chaux, mais les réactions qui se produisent sont loin d'être complètes, les résultats observés en pratique sont contradictoires, des plaintes assez vives ayant été émises par quelques usines.

Nous avons ensuite à signaler l'immense légion des désincrusters commerciaux dont la composition n'est pas donnée, et qui se recommandent principalement par ce fait que leur prix de vente représente 8 à 10 fois leur valeur réelle. La base habituelle de ces produits est le carbonate de soude, associé à de la mélasse, des jus de tannerie, du tan, des extraits végétaux, quelquefois à des corps gras. Quelques-uns ne se contentent pas d'avoir un effet utile hors de proportion avec leur prix de vente, mais renferment des sels de chaux, ou des sels capables d'attaquer les tôles des chaudières, ou des matières entraîna- bles par la vapeur. On ne saurait donc être trop prudent avant d'acheter et surtout d'employer ce genre de produits décorés de noms ronflants et bizarres.

Il résulte de là que, pour les eaux destinées à l'alimentation du gé- nérateur, l'épuration préalable avec la chaux et le carbonate de soude est le procédé de beaucoup le plus recommandable; ensuite, pour les eaux de dureté moyenne, on peut encore conseiller l'usage de la soude caustique et éventuellement du carbonate de soude introduit avec l'eau d'élimination dans le générateur même; des purges parti- elles fréquentes doivent être pratiquées.

*Eaux attaquant le fer.* — Lorsque les eaux sont chargées d'acide carbonique, elles attaquent énergiquement le fer et cela se produit surtout quand la dose de calcaire est peu considérable; dans les tuyauteries, il se forme rapidement un dépôt de carbonate de chaux et d'oxyde de fer, et il en résulte soit des obstructions, soit des perforations; celles-ci se manifestent beaucoup plus aisément encore dans les réservoirs et pour les serpentins des condenseurs de machines frigorifiques.

Pour les réservoirs et tuyauterie, c'est l'asphaltage appliqué à chaud qui constitue la meilleure préservation et la plus durable. Lorsque l'eau n'est pas destinée à la fabrication de la bière, on peut convenablement préserver les tôles des réservoirs en y suspendant des lames de zinc, au voisinage des parois; c'est alors le zinc qui se dissout.

Ce même traitement s'applique aussi avantageusement aux condenseurs de machines frigorifiques, l'attaque est au contraire rapide si l'on fabrique des serpentins en fer galvanisé extérieurement.

*Calcification des eaux.* — Lorsqu'on veut employer des eaux très douces, et surtout si celles-ci contiennent une forte dose de nitrate, il est parfois utile de les enrichir en sels de chaux ; on s'adresse soit au chlorure de calcium, soit au sulfate de chaux ; ce dernier sel est préférable, en ce qu'il n'agit pas d'une façon nocive sur la levure, et aussi parce qu'il n'augmente pas autant que le chlorure l'atténuation et la dissolution de matières azotées. On peut se borner à faire passer l'eau dans une caisse ou un réservoir garni de gypse concassé de la grosseur d'une noisette et l'on arrive facilement à introduire en dissolution de fortes doses de sulfate de chaux, suivant la vitesse d'écoulement.

*Traitements divers.* — Pour les eaux ferrugineuses, on obtient une assez bonne épuration en aérant fortement, et en ajoutant ensuite une petite quantité d'eau de chaux, de façon qu'une partie du calcaire soit précipitée et entraîne le carbonate de fer. Il suffit ensuite de décanter ou de filtrer au sable. L'aération se pratique en faisant couler l'eau en minces filets à travers une plaque perforée, ou en nappes minces.

L'aération pratiquée de la même manière élimine également la majeure partie des nitrites, et ce traitement n'est nécessaire que si la dose de ces sels est considérable, ce qui est rare.

Pour les nitrates et les chlorures, il n'existe aucun procédé d'épuration, et ceux qui ont été proposés sont illusoires.



---

## CHAPITRE III.

### ORGE. RIZ. MAIS. SUCRES.

---

La matière première principale est le malt d'orge; beaucoup de brasseurs l'emploient exclusivement. Cependant, soit par raison d'économie, soit pour satisfaire à des conditions particulières, on remplace quelquefois une portion de malt par du riz, du maïs, du glucose, et bientôt l'usage du sucre cristallisé se répandra, du moins pour les bières légères.

Nous devons donc examiner d'abord l'orge.

#### Orge.

On emploie, en brasserie, soit des orges de printemps, soit des orges d'hiver. La première catégorie comprend presque exclusivement les espèces dites à *deux rangs*, la seconde des *escourgeons*.

L'aspect seul des grains permet de reconnaître l'orge de l'escourgeon. En effet, dans l'orge, les grains ont des formes semblables, la dimension seule différant suivant les épis, le mode de culture et la variété. On peut dire que les grains sont des solides homologues. Au contraire, dans l'escourgeon, le mode d'association des grains sur l'épi implique des différences de forme. Ces escourgeons sont souvent nommés orges à *six rangs*, c'est-à-dire que de chaque côté de l'axe de l'épi les grains sont associés trois par trois : celui du milieu ayant une section en forme de losange, et de volume plus grand, tandis que les grains extrêmes sont plus allongés et plus petits (*fig. 18*).

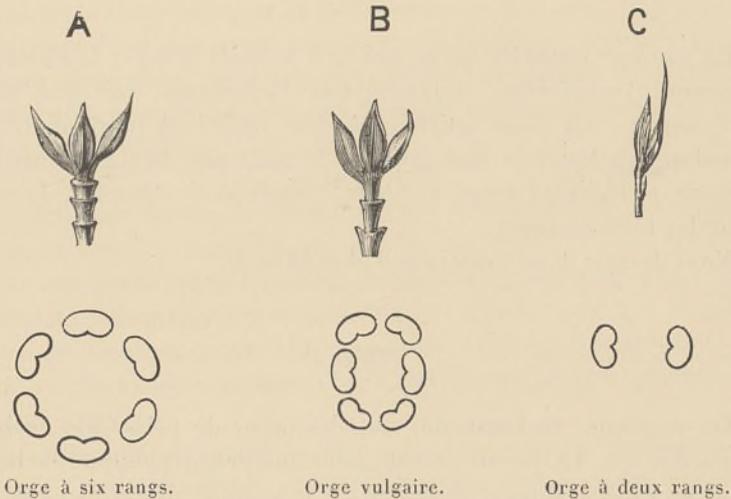
L'escourgeon est employé à peu près uniquement pour la brasserie de fermentation haute; il est généralement plus pailleux que l'orge et se recommande en ce qu'il fournit une drêche moins compacte et une filtration plus rapide des moûts.

Les orges de printemps appartiennent presque toutes au genre bota-

nique *Hordeum nutans*. Elles forment des races très variées, obtenues soit par sélection, orge Chevalier, orge Hanna; soit par une longue série de cultures dans les mêmes sols, et dans ce dernier cas on les distingue par le pays d'origine : orges de Champagne, de Sarthe, d'Auvergne, etc.

Ces races indigènes, réalisées par une acclimatation prolongée au sol, ne sont pas en réalité des espèces botaniques définies, elles sont constituées par un mélange de très nombreuses variétés, dont la valeur

Fig. 18.



au point de vue culture, comme au point de vue industrie, est très différente. Ces variétés prennent naissance d'après les conditions de culture, de climat, d'engrais, et il arrive souvent que certaines d'entre elles prennent le dessus si l'on n'apporte pas des soins spéciaux au choix de la semence. Par exemple, on constate fréquemment qu'une orge de semence, de forme arrondie et peu pailleuse, donne une proportion de plus en plus considérable de grains allongés, pailleux et de valeur industrielle beaucoup plus petite.

Cette transformation peut également se produire avec des races de sélection, lorsque celles-ci ne constituent pas un type botanique défini, créé par sélection spontanée, et c'est là une cause fréquente de la dégénérescence rapide des orges importées dans une région.

L'étude des variétés d'orge, faite à l'Institut de Svalöf, a permis à la sagacité du D<sup>r</sup> Nilsson, l'éminent directeur de cet Institut, d'établir

l'existence de ces types botaniques créés par la sélection naturelle, de les isoler et de les propager. Il en résulte la possibilité d'obtenir, pour chaque région, des races dont les caractères sont fixes et héréditaires, et de choisir parmi ces types celui qui réunit le mieux les conditions désirées par la culture et par la brasserie.

Ces méthodes de Svalöf constituent donc un très grand progrès : en effet, jusqu'à leur découverte, on s'efforçait de choisir dans une récolte soit les grains les plus beaux et les plus réguliers, soit, par des cultures séparées, les grains qui fournissaient le plus haut rendement, mais on ne s'inquiétait pas de savoir si les grains étaient de simples variétés transitoires ou des types définis. Il en résultait que ces semences étaient extrêmement sensibles aux variations de sol, de climat et d'engrais, et que leur dégénérescence était très rapide. Lorsqu'on avait essayé dans une région l'une de ces orges sélectionnées, le résultat était souvent satisfaisant à la première récolte, ensuite la forme se modifiait aussi bien que la composition du grain, et si l'on persévérait, bien souvent, après quelques années, l'orge récoltée était inférieure comme rendement et comme qualité aux grains indigènes.

Au contraire, d'après les méthodes de Svalöf, on part de l'orge indigène, et l'on y détermine, avec toute certitude, un certain nombre de types botaniques définis dont les caractères sont fixes, héréditaires et très peu sensibles aux conditions de culture, de climat et de sol. Ils ont d'ailleurs prouvé cette résistance et cette stabilité persistant après des années de culture, sans renouvellement de semence.

Si maintenant les types définis, isolés, de l'orge d'une région, sont cultivés séparément, on pourra apprécier leur rendement, leur qualité industrielle, leur résistance à la gelée, à la verse et à la sécheresse, et choisir définitivement parmi eux celui qui répond le plus complètement aux vœux de la culture comme à ceux de la brasserie. Ce type peut être alors propagé et il réalise une amélioration durable de l'orge dans la région.

Nous croyons utile d'indiquer ici très brièvement la supériorité des types définis fournis par l'application de la méthode de Svalöf, parce que tout récemment un effort considérable a été fait en vue de l'amélioration des orges françaises, par la fondation de la Société d'encouragement à la culture de l'orge de brasserie en France ; alors que, depuis bien des années, les autres pays producteurs d'orges de brasserie se livraient à de nombreuses expériences et perfectionnaient les semences et les méthodes de culture d'une manière méthodique et rationnelle,

nous n'avions, en France, que des essais faits sans idée préconçue et sans plan d'ensemble. Les uns essayaient une orge étrangère et considéraient comme acquis le résultat de la première récolte, alors que dans la plupart des cas une dégénérescence très rapide se produisait; d'autres étudiaient simplement l'élévation du rendement sans attacher aucune importance à la qualité; et il résultait de cette dispersion d'efforts une extrême confusion d'opinions contradictoires sans qu'une amélioration pratique quelconque ait été réalisée.

La Société d'encouragement à la culture de l'orge cherche avant tout à conserver les espèces indigènes, en améliorant leur qualité et leur rendement cultural, et, grâce à l'extrême obligeance de M. le professeur Nilsson, directeur de l'Institut de Svalöf, elle a pu envoyer à cet Institut des échantillons d'orges indigènes prises dans les principales régions. Lorsque le long travail de sélection nécessaire sera terminé, l'Institut de Svalöf rendra à chaque région un petit nombre de types botaniques fixes et définis, et un simple essai de culture, dont les résultats seront appréciés par les agriculteurs et les brasseurs, permettra de choisir parmi ces types celui qui conviendra le mieux à la région considérée. On aura ainsi conservé les qualités propres des orges indigènes, mais en les augmentant.

Pendant que s'effectuera cette séparation des types définis, opération longue et difficile, d'après les méthodes de l'Institut de Svalöf, la Société d'encouragement à la culture de l'orge, grâce aux sacrifices consentis par les brasseurs et au concours des agriculteurs et professeurs d'agriculture, organise dans chaque région des essais de variétés ou d'engrais. Ces variétés ont presque toutes été choisies parmi celles qui constituent des types botaniques définis. Si parmi elles on en rencontre qui, dans une région donnée, réalisent les desiderata de la culture et de la brasserie, il n'y aura pas besoin d'attendre pour cette région la sélection des espèces indigènes, et cette espèce pourra être propagée; l'amélioration sera ainsi plus rapide et quelques années pourront être gagnées; mais cela sera sans doute exceptionnel, et, dans la plupart des régions, il ne faut compter que sur les types définis isolés des orges indigènes.

*Composition de l'orge.* — L'orge comprend des enveloppes ou balles, entourant l'amande et le germe.

Les enveloppes sont formées de diverses espèces de cellulose, soutenues par un squelette siliceux et incrustées de matières minérales.

L'amande est formée d'amidon en granules, collés entre eux et entourés d'une couche de matière azotée et de cellulose. Enfin, le germe comprend tous les organes de la plante future.

Si l'on considère la composition globale de l'orge, on trouve, rapportés à la matière sèche, des chiffres compris entre les limites suivantes, déduits de 1 500 analyses environ :

Amidon.....	58	à	72,5	pour 100
Matières azotées.....	7,3	à	17,6	»
Cendres.....	1,8	à	3,2	»
Acide phosphorique.....	0,6	à	1,15	»

L'humidité de l'orge présente également des variations considérables, de 11 à 18 pour 100 au moment de la récolte; cette proportion diminue avec le temps, et elle se fixe ordinairement vers 12 ou 13 pour 100 après quelques mois.

Les enveloppes ou balles de l'orge représentent de 8 à 11 pour 100 du poids, pour les orges de printemps du continent; mais, pour les escourgeons et pour les exotiques, notamment pour les orges d'Afrique, ces chiffres sont largement dépassés. On arrive, pour les orges d'Afrique, à 15 ou 18 pour 100.

Examinons maintenant séparément les divers éléments de l'orge et leurs causes de variation :

*Amidon.* — Ce n'est pas seulement la proportion globale d'amidon qui varie, mais aussi sa nature et, comme nous l'avons dit plus haut, sa *résistance*, et il faut attribuer ces différences à l'espèce, au climat, au sol et au mode de culture.

Ainsi, les orges de Hanna, appartenant à l'une des espèces les plus appréciées et cultivées dans un sol excellent, avec un climat très favorable, fournissent une très grande richesse en amidon, celui-ci étant peu résistant; et l'on constate, par exemple, que les moûts provenant de malts d'orges de Hanna (Moravie), renferment une proportion de dextrine moindre que ceux fabriqués avec d'autres orges. De même une orge récoltée dans une année sèche donnera un amidon notablement plus résistant, caractère qui se manifeste par une désagrégation plus difficile à la germination et par des maltodextrines plus résistantes dans les moûts.

*Matières azotées.* — On attribue à ces matières une importance de plus en plus grande, non seulement pour la richesse totale, mais

encore quant à leur composition. En particulier, depuis les recherches de Kukla, on considère, en plus de l'azote total, ou protéine totale, les matières azotées solubles et les matières azotées coagulables. Les azotées solubles non coagulables comprennent les globulines, les caséines, la fibrine et les protéoses, ainsi que les amidés, acides amidés, albumoses et peptones; les coagulables répondent presque uniquement aux albumines.

Ici encore nous trouvons de fortes variations imputables à l'espèce, au climat, au sol et à l'engrais. Il semble résulter des expériences faites que la proportion d'azote total et la quantité de matières azotées non coagulables augmentent d'une manière générale lorsque le printemps est sec, lorsque les sols se dessèchent facilement et plus encore, dans ces conditions, quand on fait usage d'engrais chimiques, et plus particulièrement de nitrate de soude.

Cet accroissement de matières azotées non coagulables a donc lieu dans les circonstances où la nutrition de la plante se fait mal, et où l'assimilation est défectueuse.

Or, plus l'orge renferme de matières azotées solubles non coagulables, plus le malt en renfermera aussi, et il semble résulter, tant des travaux de Kukla que d'autres essais sur lesquels nous reviendrons, que la conservation des bières est en rapport inverse du taux de ces matières non coagulables.

Les matières azotées solubles de l'orge, en y comprenant les coagulables, représentent pour nos orges françaises de 15 à 35 pour 100 de la protéine totale.

Les matières azotées coagulables varient, elles aussi, dans des limites très étendues, de 10 à 40 pour 100 des azotées solubles, soit de 1,5 à 14 pour 100 de la protéine totale. Elles sont sous l'influence des mêmes causes de variations que les azotées solubles; la proportion de ces coagulables paraît être en rapport direct avec la quantité et l'énergie des diastases qui se produisent à la germination, et en particulier une orge riche en coagulables donne ordinairement une germination vive avec un fort dégagement de chaleur; on peut donc, avec ce genre de grain, former des malts très riches en amylase, mais aussi contenant souvent beaucoup de matières azotées solubles créées pendant la germination.

*Matières minérales.* — Elles ne présentent qu'un médiocre intérêt; les seules qu'il y ait lieu de considérer sont les phosphates, à cause de leur action favorable aux diastases, ou de leur influence sur la

solubilité des matières azotées. Le climat, le sol et l'engrais interviennent encore ici, et la proportion de phosphates acides semble être en relation directe avec la quantité de matières azotées solubles.

*Autres substances.* — A côté de l'amidon, l'orge renferme toujours une petite quantité de sucres : glucose, lévulose, saccharose, qui sont des résidus d'assimilation, le glucose et le lévulose représentent en moyenne et ensemble 0,5 pour 100 du poids de l'orge ; le saccharose varie un peu plus, mais n'atteint pas 0,5 pour 100.

*Caractères d'une bonne orge.* — On recherche une orge possédant des grains de forme arrondie, à enveloppes minces, peu pailleux, aussi réguliers que possible ; une couleur uniforme, sans bouts bruns ou noirs, et convenablement triée pour la débarrasser des grains étrangers, des petits grains, des débris de terre ou de pierre. L'odeur doit être franche sans soupçon de moisi et l'on apprécie une orge lourde, c'est-à-dire pesant suivant les espèces de 66<sup>ks</sup> à 71<sup>ks</sup> par hectolitre.

L'orge étant destinée à être maltée doit germer aussi complètement et régulièrement que possible, ce que l'on exprime en disant que son énergie germinative soit de 90 pour 100 au moins ; cela représente la proportion de grains capables de germer en 4 jours.

Comme composition, on doit préférer l'orge qui, pour des qualités extérieures égales, contient le moins de matières azotées solubles non coagulables, et, parmi celles-ci, l'orge possédant le taux d'amidon le plus considérable.

La connaissance de la composition de l'orge fournit d'utiles indications sur la méthode de germination qui lui conviendra le mieux, et pour le contrôle de la malterie.

*Indications particulières.* — On rencontre quelquefois des orges ayant une teinte verte, et, si l'on enlève l'enveloppe extérieure, teintée de jaune, on trouve au-dessous une deuxième balle présentant des taches bleuâtres. Cette coloration paraît provenir d'une maturation irrégulière ; on l'observe assez fréquemment dans des sols de composition non homogène, et par exemple dans ceux qui comprennent des bandes argileuses dans le terrain calcaire. Ces bandes argileuses, notamment dans les années sèches, conservent leur humidité plus longtemps, et par conséquent l'assimilation s'y continue, alors qu'elle est interrompue par la dessiccation dans le reste du champ.

La teinte verte paraît d'ailleurs se manifester plus volontiers pour certaines espèces d'orge.

Une teinte rougeâtre ou brune du grain indique le plus souvent une orge qui a été mouillée sur le champ, soit immédiatement avant, soit après la récolte; de tels grains sont fréquemment garnis d'abondantes moisissures.

Enfin, lorsqu'on coupe transversalement un grain d'orge, la section peut présenter trois aspects : elle est 1<sup>o</sup> farineuse, 2<sup>o</sup> glacée ou vitreuse, 3<sup>o</sup> demi-glacée.

Pour un certain nombre de grains, la nature glacée de la section est héréditaire et ordinairement liée à une richesse en azote plus considérable; mais le climat et le sol sont aussi en état de créer des grains glacés; la proportion de ceux-ci augmente dans les années sèches et chaudes, et aussi quand on a employé un sol trop copieusement fumé comme azote. On constate en effet un accroissement notable de la proportion de grains glacés ou demi-glacés, depuis que la culture de l'orge est devenue plus intensive, et il arrive que, dans certaines années très chaudes, 80 à 90 des grains pour 100 présentent cette apparence.

Bien que le glaçage des grains ne soit pas un vice rédhibitoire, il faut toujours préférer, au point de vue du maltage, l'orge à grains farineux.

La composition du grain d'orge n'est pas indépendante du degré de développement atteint par lui, et, d'une façon constante, les petits grains renferment plus de cellulose, plus de matières azotées, et moins d'amidon. Il y a donc là un motif de plus pour désirer une orge à grains arrondis, peu pailleuse et bien triée, de manière à comprendre des grains de dimensions régulières, et il faut considérer enfin que l'absorption d'eau à la trempe ne se fait également que pour des grains de même dimension.

### Riz.

Le riz est employé sous plusieurs formes : brisures, farine, semoules, pellicules.

Les *brisures* sont la forme la plus économique, car elles contiennent un pourcentage d'amidon à peu près aussi grand que la plupart des farines et leur prix est sensiblement moins élevé; mais elles présentent l'inconvénient de se réduire difficilement en empois et

de former des boules ou paquets, qui s'attachent souvent au fond des chaudières. Il est toujours préférable de les réduire en farine soit avec des meules, soit avec un concasseur spécial, ou bien de les employer dans un cuiseur.

Les brisures fournissent à l'analyse de 74 à 80 pour 100 d'extrait, avec un déchet notable en pratique à cause des débris de cellulose qu'elles introduisent et qui rendent la filtration difficile et l'épuisement moins complet.

Les *farines* de riz sont le plus souvent préparées en concassant finement les brisures, et avec une séparation imparfaite ou nulle des débris d'enveloppes. La cellulose s'y présente donc à l'état de fragments très fins. Ces farines rendent jusqu'à 85 pour 100 à l'analyse; mais en proportion un peu forte, soit au delà de 15 à 18 pour 100, elles entravent fortement la filtration, précisément à cause du feutrage que produisent dans la drêche les très menus débris de cellulose. Les farines se réduisent facilement en empois; mais, si l'agitation n'est pas très énergique, ou si l'on verse rapidement la farine, on obtient aisément des paquets d'empois qui résistent à la saccharification.

Les *semoules* de riz sont la meilleure forme; en effet, les débris de cellulose ont été en grande partie éliminés par les tamisages, et la farine fine par des blutages. On a donc des fragments n'adhérant pas les uns aux autres et moins de cellulose. Le rendement des semoules est à peu près équivalent à celui des farines. Il est recommandable de les verser lentement dans les chaudières pour obtenir un empesage régulier. Les semoules gênent moins la filtration que les farines.

Les *pellicules* sont fabriquées en faisant une pâte de farine de riz et d'eau tiède, et en faisant passer cette pâte entre des cylindres chauffés intérieurement. L'amidon de riz est dans ces pellicules partiellement changé en empois; il est rare cependant que les pellicules puissent se saccharifier complètement, et donnent tout leur rendement sans avoir subi une cuisson préalable.

Le rendement des pellicules, sans cuisson, varie de 65 à 80 pour 100 suivant leur mode de préparation; après cuisson préalable, on atteint 76 à 83 pour 100, c'est-à-dire à peu près autant que les autres formes.

Le riz, à l'état de brisures, de farines ou de semoules, ne peut être saccharifié qu'après avoir été changé en empois à une température minima de 85°, plus souvent à l'ébullition, ou même après une cuisson sous pression. Pour les pellicules on peut, à la rigueur, ne pas dépasser 73°-75°, mais en sacrifiant une partie du rendement.

*Composition du riz.* — Elle varie dans des limites assez étendues, suivant l'origine du grain.

Humidité.....	10 à 14 pour 100
Extrait.....	75 à 85 »
Matières azotées.....	6,5 à 11 »
Cendres.....	1,8 à 2,5 »
Matières grasses.....	0,8 à 1,2 »

Le riz renferme une proportion extrêmement petite de matières azotées solubles, environ 8-10 pour 100 du total, et des traces seulement de matières azotées coagulables; son amidon est parmi les plus résistants.

*Influence du riz.* — Lorsqu'on l'emploie à la dose de 10-12 pour 100 le riz n'exerce aucune action nuisible, il donne des bières plus pâles qu'avec le malt seul, et permet par conséquent d'utiliser des malts plus fortement touraillés, tout en conservant à la bière la même coloration; il donne aussi une saveur un peu douceâtre.

Si la proportion de riz augmente jusqu'à 15-20-25 pour 100, on aperçoit une action très nette sur les levures. Celles-ci perdent à chaque génération de leur vigueur et ne recouvrent leur énergie que si on les fait repasser par un moût de malt pur; lorsque ces alternances ne peuvent être réalisées, on est obligé à des changements fréquents de levain.

Cette action du riz sur la levure a été attribuée d'abord à un défaut d'acide phosphorique, mais il ne paraît pas que cette interprétation soit juste, car on peut faire vivre très normalement la levure dans des milieux beaucoup plus pauvres en acide phosphorique que les moûts fabriqués avec 25 pour 100 de riz.

Il paraît plus vraisemblable d'attribuer cette influence déprimante aux matières azotées du riz. Celui-ci ne contient que très peu de matières azotées solubles, et parmi celles-ci des traces seulement de substances assimilables pour la levure. Il en résulte donc que la levure se développe, par une forte proportion de riz, avec une alimentation azotée réduite. Or, Haydrick a montré que la richesse en azote et l'énergie de la levure augmentaient tant que les moûts ne renfermaient pas plus de 0,05 pour 100 d'azote à l'état de corps amidés et spécialement d'asparagine. Les moûts de malt pur contiennent en moyenne 0,08 à 0,09 pour 100 d'azote, dont  $\frac{1}{3}$  à  $\frac{1}{2}$  sont absorbés par la levure pendant la fermentation principale, c'est-à-dire que la levure assimile dans un moût de malt 0,027 à 0,040 d'azote par 100<sup>cm<sup>3</sup></sup>, dose inférieure

de beaucoup à celle que Haydrick indique comme n'exerçant plus d'action sur l'énergie de la levure. Pour l'emploi de 20 pour 100 de riz, n'apportant que très peu de matières azotées assimilables, la dose absorbable par la levure va donc se trouver réduite à 0,022-0,032, très voisine de celle signalée par Haydrick, comme n'exerçant plus d'action sur la multiplication de la cellule; or ces 22-32<sup>mg</sup> d'azote ne sont pas à l'état d'asparagine, tandis que les chiffres trouvés par Haydrick se rapportent à cette substance.

D'autre part, les matières azotées solubles du riz présentent une grande viscosité et il est admissible que ces substances réduisent la perméabilité de la membrane cellulaire et par conséquent sa puissance d'absorption pour les éléments nutritifs.

### Maïs.

Le maïs, utilisé depuis longtemps en Amérique, n'a été employé en France que vers 1890, et encore actuellement son usage est assez limité, non pas qu'il ait donné de mauvais résultats, mais à cause de l'élévation très considérable de prix du produit brut.

Le maïs n'est que rarement travaillé tel quel, et dans la plupart des cas il doit subir une transformation préalable, ayant pour but de le dégraisser; c'est qu'en effet le maïs contient en moyenne 5 pour 100 de matière grasse, localisée presque entièrement dans le germe, et que cette huile passant dans le moût donnerait vers 90° et au-dessus une odeur désagréable, dont le moût conserve la trace; en outre, cette même matière grasse procurerait une clarification difficile et nuirait à la mousse de la bière.

Un premier procédé de dégraissage, employé en Amérique, est utilisé dans quelques brasseries. Le maïs, concassé très grossièrement de façon à ne pas briser le germe mais à le détacher, est jeté dans une grande cuve contenant de l'eau; les germes, gorgés de matière grasse, ayant à cause de cela une densité plus faible et se mouillant mal, flottent en grande partie à la surface et peuvent être enlevés: au contraire, les fragments de grains tombent au fond de la cuve. Ce traitement, fort simple, réduit, suivant le concassage, à environ  $\frac{4}{3}$  la richesse en matière grasse.

Les fragments de maïs ainsi séparés du germe sont habituellement cuits sous pression.

Un autre procédé, utilisé dans les amidonneries, mais également praticable en brasserie, consiste à tremper les grains de maïs entiers,

pendant 50 heures environ, et d'autant plus longtemps que la température est plus basse, dans de l'eau additionnée d'un peu d'acide sulfureux; le germe se durcit tandis que les enveloppes du grain deviennent plus faciles à détacher. On fait ensuite passer les grains dans un concasseur spécial, en même temps qu'un jet d'eau. Le concasseur est suivi d'un tamis rotatif qui retient les germes, tandis que le maïs en farine entraîné par l'eau le traverse. Cette farine est dégraissée d'une façon très complète et ne retient plus que des traces de matière grasse, 0,02-0,05 pour 100.

Dans la plupart des cas le dégraissage du maïs se fait dans des usines spéciales et arrive à la brasserie à l'état de semoules plus ou moins fines, sous les noms de *grits* ou *meal*, ce dernier produit étant le plus divisé.

La teneur en graisse du produit destiné à la brasserie dépend à peu près uniquement de la quantité de grits ou de meal que l'on tire par 100<sup>kg</sup> de maïs brut. Si le fabricant de maïs extrait à 50 pour 100, par exemple, il peut avoir des grits à 0,5 pour 100 de matière grasse; si, au contraire, il tire 70-75 pour 100 de produit pour la brasserie, la teneur en matière grasse s'élève jusqu'à 1,5-2 et même 2,5 pour 100. Il en résulte évidemment que si deux mairies fournissent, au même prix, l'une des grits à 0,8 pour 100, l'autre des grits à 2 pour 100, cette dernière prélève simplement un bénéfice supplémentaire sur l'acheteur à prix de vente égal.

On admet généralement que, pour les bières fines, le maïs ne doit pas contenir plus de 1 pour 100 de matière grasse, c'est ce que l'on qualifie de qualité supérieure. Pour les bières ordinaires il n'y a pas d'inconvénient à admettre un taux un peu plus élevé, 1,5, ou même, s'il s'agit de petite bière, 2 pour 100, à condition bien entendu que les prix soient établis en conséquence, d'après le raisonnement fait plus haut.

On trouve aussi parfois, mais rarement, le maïs à l'état de pellicules préparées de la même manière et se comportant comme celles de riz.

Le rendement des grits et meal est très variable, suivant la nature du maïs et le degré de dégraissage. Il peut atteindre 83 pour 100 pour des maïs très riches et dégraissés à 0,4 pour 100, tandis qu'il tombe jusqu'à 73 pour 100 pour des maïs pauvres ou très peu dégraissés.

Le maïs ne peut être saccharifié qu'après avoir été exposé à une température minima de 85°, plus souvent à 100°, parfois, après cuisson sous pression; les pellicules sont à la rigueur utilisables au-dessous de 75°, à condition de sacrifier une partie plus ou moins importante de leur rendement.

*Composition du maïs.* — Nous mettons en regard l'analyse de deux maïs bruts, et ensuite celle de grits et de meal de diverses origines : les analyses de maïs brut d'après Dietrich et König.

*Maïs brut.*

	I.	II.	III.
Humidité.....	9,74	13,38	16,09
Matière grasse....	5,30	5,90	4,74
Amidon.....	67,29	62,00	59,03
Protéine totale....	7,95	8,89	15,12
Cendres.....	4,09	1,33	1,55

*Maïs dégraissé pour la brasserie.*

	I.	II.	III.	IV.	V.
Humidité.....	12	13	14,5	14	13,5
Matière grasse....	0,7	0,95	1,6	3,5	4,5
Extrait pour 100..	81,0	78,5	77,0	73,0	71,0
Protéine totale...	7,2	10,0	10	12,4	10,8

Le maïs, à l'état de grits ou de meal, renferme une proportion assez variable de protéine totale, la quantité de matière azotée soluble est un peu plus forte que pour le riz, mais avec plus de coagulabilité; le maïs fournit à peu près la même dose de matières azotées non coagulables que le riz; soit en moyenne  $\frac{1}{5}$  à  $\frac{1}{6}$  de ce que donne un malt.

*Influence du maïs.* — Le maïs renferme une plus grande quantité de débris celluloses que le riz et il a sur la filtration une action au moins aussi défavorable que ce dernier, dès que la dose de grains crus devient un peu forte, soit 15-18 pour 100; à cet égard, les semoules très fines, comme le meal, gênent plus que les semoules un peu grossières; cela tient à deux faits : le meal possède plus de cellulose et celle-ci est plus divisée. Il y a donc avantage à choisir des grits, c'est-à-dire des semoules assez grossières, qui ont encore l'avantage d'être habituellement mieux dégraissées.

Le maïs donne des empois moins visqueux que le riz et son action sur la levure est beaucoup plus faible, à peine sensible, tant qu'on ne dépasse pas 20 et même 25 pour 100; à dose modérée, il ne change pas d'une façon appréciable le caractère des bières, surtout si on a la précaution de le travailler avec des malts aromatiques et bien touraillés.

### Glucoses.

Le glucose est employé presque uniquement pour les bières de fermentation haute et quelquefois pour les petites bières telles que celles vendues au litre.

Il est utilisé le plus souvent sous forme de glucose massé, plus rarement comme sirop de fécule ou de maïs et provient soit de la fécule, soit du maïs, soit du riz; les prix élevés du maïs ont donné une certaine extension à la fabrication du glucose de riz.

La *composition* des glucoses massés est extrêmement variable, les différences portent non seulement sur le rendement et sur le taux de cendres, mais encore sur la proportion de sucre fermentescible et sur la nature des cendres.

Le rendement légal des glucoses massés a été fixé à 29 degrés-hectolitres par 100<sup>kg</sup>; suivant que la concentration des sirops a été poussée plus ou moins loin, le glucose massé retient une quantité plus ou moins grande d'eau et l'on rencontre des massés donnant 25 degrés-hectolitres, comme d'autres rendant 31 ou même 32. Ce dernier chiffre est cependant exceptionnel.

D'ailleurs le rendement étant déterminé par la densité d'une solution du glucose essayé, augmente en même temps que la richesse en matières minérales, tandis que celles-ci ne sont aucunement utiles au brasseur. La teneur en cendres est ordinairement comprise entre 0,4 et 1,5 pour 100.

Normalement les cendres sont constituées par du chlorure de sodium ou par du sulfate de chaux, mêlés d'un peu de phosphate de chaux, surtout pour les glucoses de maïs et de riz. Mais on rencontre quelquefois des glucoses mal fabriqués, fournissant des cendres brunes et contenant des quantités très notables de fer (jusqu'à 12<sup>g</sup> par 100<sup>kg</sup>); à cette dose de fer, le glucose est absolument inutilisable en brasserie, car il donne, en présence du tannin de houblon, une coloration noirâtre, et le goût de houblon disparaît près complètement.

On ne doit pas admettre qu'un glucose renferme plus de 1<sup>g</sup> de fer par 100<sup>kg</sup>. On a surtout constaté la présence de fer dans le glucose de riz sans qu'on puisse attribuer, bien entendu, cette dissolution de métal au grain employé comme matière première.

Le glucose massé n'est pas constitué par du glucose pur, et il renferme une proportion variable de corps non fermentescibles. Ordinairement, le glucose massé donne de 50 à 55 pour 100 de matières

fermentescibles; parfois on arrive à 60 pour 100 et un petit nombre d'échantillons descendent jusqu'à 30 pour 100, mais ce dernier cas est exceptionnel.

La composition du glucose comme matières fermentescibles mérite l'attention: si, en effet, l'on emploie ce produit pour rendre les bières plus alcooliques, il faut évidemment s'adresser aux glucoses les plus riches en fermentescibles; si au contraire on désire par cette addition donner de l'extrait à des bières trop faibles, c'est le glucose contenant la moindre proportion de corps capables de fermenter qui conviendra le mieux.

On peut admettre, d'après ces observations, comme composition d'un bon glucose massé:

Extrait pour 100 . . . . .	29-31 degrés-hectolitres
Sucre fermentescible.	50-55 pour 100
Cendres. . . . .	0,4 pour 100
Fer . . . . .	traces

Dans les achats de glucose, on devrait toujours stipuler le rendement, un maximum de cendres, soit 0,4 ou 0,5 pour 100 et la garantie que la dose de fer n'excédera pas 0<sup>g</sup>,5 par 100<sup>kg</sup>. Ces conditions sont facilement réalisables pour une fabrication convenable.

Les *sirops de fécule ou de maïs* renferment ordinairement une proportion de cendres plus grande, une quantité de fermentescibles plus faible que les massés, et leur valeur est en relation avec leur concentration.

*Influence du glucose.* — Le glucose ne renferme aucune trace de matières azotées et à peu près pas de phosphates, par conséquent il n'apporte aucun aliment azoté ni phosphaté, de sorte que les bières au glucose sont moins nourrissantes que celles faites avec des grains tels que le riz et le maïs, et moins encore que les bières de malt pur. Lorsqu'il est convenablement préparé et renferme une faible dose de cendres à l'état de chlorure de sodium, le glucose n'exerce cependant aucune action nuisible sur la santé, tandis que les glucoses riches en cendres, celles-ci formées plus ou moins complètement de chlorure de calcium, sont loin d'être à l'abri de tout reproche; le chlorure de calcium provient de ce que, pour neutraliser l'acide ayant servi à la production du glucose, on a employé de la craie par économie au lieu de carbonate de soude.

Mais les glucoses ont prêté il y a peu d'années à de graves critiques,

à la suite d'une longue série d'empoisonnements survenus en Angleterre, et qui ont pu être rapportés à l'emploi dans diverses brasseries de glucoses contenant de l'arsenic, ce toxique ayant été introduit par l'acide sulfurique impur utilisé par le fabricant de glucose. C'est là évidemment un fait accidentel, mais il doit suffire pour faire préférer en tous cas les glucoses préparés au moyen d'acide chlorhydrique et pour rendre désirable une grande prudence et beaucoup de modération dans l'utilisation de ce succédané.

Cet emploi de glucoses n'est d'ailleurs pas justifié par le désir d'abaisser le prix de revient de la bière, car l'extrait que fournit ce produit est plus cher que celui donné par la plupart des malts.

#### Sucre cristallisé et Inverti.

Le sucre cristallisé est utilisé en Angleterre et remplace en partie du moins le glucose; il existe même des produits commerciaux formés par un mélange de ces deux sucres (golden syrup). Jusqu'ici il est à peine employé en brasserie, à cause des droits de consommation qui le frappent.

La réduction du droit de consommation à 25<sup>fr</sup> pour 100 kilogrammes et plus encore l'exemption de ce droit pour les cristallisés employés en brasserie, ces sucres n'étant plus soumis qu'à la taxe de fabrication, permettront une utilisation considérable de sucres, surtout en fermentation haute, mais aussi pour les bières légères de fermentation basse.

Le sucre blanc n° 3 est du saccharose à peu près pur, à peine renferme-t-il quelques traces de cendres, d'humidité et de sucre inverti.

Ce sucre n'apporte pas évidemment de matières nutritives, azotées ni phosphatées, mais on est certain qu'il n'introduira pas de matières nocives, et il échappe par conséquent aux reproches faits en ce sens aux glucoses.

Le sucre cristallisé n'est pas seulement pour les bières, spécialement de fermentation haute, une matière première quelconque; il est capable de les améliorer au point de vue de la mousse, de la légèreté et même du goût; en effet, le saccharose est inverti par la levure même, agissant par sa sucrase, et le lévulose, l'un des éléments du sucre inverti, est fermenté moins rapidement que le glucose; il en résulte que, longtemps après la fin de la fermentation principale, la bière additionnée de sucre donnera un dégagement d'acide carbonique qui non seulement la

maintient gazeuse et mousseuse, mais favorise la conservation, et en outre la bière garde plus de corps.

Le sucre cristallisé peut être employé sans aucun inconvénient à une dose atteignant 2<sup>kg</sup> à 4<sup>kg</sup> par hectolitre, suivant la concentration des moûts, c'est-à-dire de manière que l'extrait fourni par ce sucre représente jusqu'à 30 pour 100 de l'extrait donné par le malt.

Il peut être utilisé sous deux formes, qui ont chacune leurs partisans : soit sucre cristallisé tel quel, soit sucre inverti préalablement et concentré à l'état de sirop ; en moyenne 150<sup>kg</sup> de ce sirop répondent à 100<sup>kg</sup> de cristallisé, et l'inversion est faite à l'aide d'acides sulfurique ou chlorhydrique, ceux-ci étant ensuite neutralisés par la craie ou le carbonate de soude.

On cite en faveur du sucre inverti l'avantage que la levure se trouve en présence de sucres directement fermentescibles et qu'elle a par conséquent un travail en moins à accomplir ; or, à la fin de la fermentation principale, en fermentation basse ou haute, il reste seulement des traces de sucre non inverti : pour une addition de 3<sup>kg</sup> de sucre cristallisé par hectolitre en chaudière, on ne trouve au collage ou au traversage que 0<sup>kg</sup>, 05 à 0<sup>kg</sup>, 2 par hectolitre de saccharose. L'inversion est donc réalisée d'une manière automatique pendant la fermentation principale ; on signale aussi que dans le sucre inverti il s'est formé, par l'action des acides sur ce glucose, des corps non fermentescibles, de telle sorte que la bière conserve plus de corps.

Mais le sucre cristallisé a pour lui d'autres avantages : d'abord, n'ayant pas à supporter les frais d'inversion ni le bénéfice du fabricant d'inverti, il est moins coûteux ; son transport en sacs est aussi plus économique que celui de l'inverti à l'état de sirop, ayant, à extrait égal, un poids une fois et demie plus considérable ; le cristallisé a encore une supériorité, c'est qu'il représente une matière bien définie le mettant à l'abri de toute espèce de mélange tels que sirop de fécule, mélasses, etc. Cet avantage n'est pas à dédaigner.

Le cristallisé comme l'inverti peuvent s'employer dans la chaudière pendant la cuisson du moût de malt ; on s'en sert encore après la fermentation principale, et c'est ici que dans certains cas le sucre inverti peut être utile : en effet, les bières de fermentation haute, généralement clarifiées par collage, ne renferment plus que très peu de levure et, si on leur ajoute à ce moment du cristallisé, l'inversion et la fermentation de ce sucre seront très lentes ; si au contraire on ajoute du sucre inverti, le glucose de celui-ci pourra fermenter immédiatement. Il en résulte que, si la bière doit être consommée de suite, elle sera plus

mousseuse et plus pétillante avec l'inverti qu'avec le cristallisé ; ce dernier au contraire conserve tous ses avantages quand la bière clarifiée n'est consommée qu'au bout de quelques jours.

L'inversion du sucre peut se faire très facilement avec l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique, plus lentement par l'acide tartrique. Il suffit d'environ 500<sup>g</sup> d'acide sulfurique, 200<sup>g</sup> d'acide chlorhydrique pour invertir à l'ébullition en quelques minutes une solution à 40 pour 100 comprenant 100<sup>kg</sup> de sucre.

On a proposé également d'utiliser la sucrase de la levure, c'est-à-dire de chauffer une solution sucrée à 55°-58° avec de la levure ; ce procédé présente deux inconvénients graves dus à la dissolution dans le sirop des matières empruntées à la levure ; en effet, l'infusion de levure possède un goût fort désagréable qui se communique au moût et à la bière, et ensuite l'infusion de levure constitue le milieu le plus favorable au développement de tous les ferments de maladie ; il en résulterait que le goût de la bière serait fâcheusement modifié, que la bière serait elle-même plus facilement altérable et se conserverait moins bien.

#### Mélasses.

On emploie, en brasserie de fermentation haute, une certaine quantité de mélasses, mais à peu près exclusivement des mélasses de raffinerie et surtout celles provenant du sucre de cannes. Ces dernières communiquent à la bière un goût particulier apprécié par quelques brasseurs.

Les mélasses rendent légalement 31 degrés-hectolitres par 100<sup>kg</sup>, et cela représente en effet à peu près leur production moyenne en extrait ; elles contiennent, quand elles ne sont pas avariées, 40 à 45 pour 100 de sucre cristallisable, avec 2 à 5 pour 100 de sucre inverti, 5 à 8 pour 100 de cendres, et une proportion variable mais faible de matières azotées.

Les mélasses sont très souvent avariées par suite du développement de ferments et, dans cet état, une grande partie du sucre a été invertie ; quelquefois même la mélasse est franchement acide. On rencontre des mélasses contenant du fer, du plomb ou du zinc, et elles sont alors capables de produire un trouble presque immédiat dans la bière, même à faible dose, 250<sup>g</sup> à 300<sup>g</sup> par hectolitre.

Les mélasses sont employées presque uniquement pour les bières à prix très bas, et l'on ne peut pas les considérer comme une matière première bien recommandable.

**Prix de revient des diverses matières premières.**

Dans l'établissement du prix de revient des matières premières, il faut évidemment tenir compte de leur rendement, des frais accessoires, nécessités par chacune d'elles et des sous-produits utilisables qu'elle peut laisser.

Ainsi, tandis que l'orge supporte d'abord les frais de maltage, puis ceux de mouture, de cuisson, de trempe, elle laisse comme sous-produits les germes de malt et les drèches. Au contraire, le riz et le maïs, achetés tout préparés comme farine ou semoules, ne donnent pas de drèches en quantité appréciable, mais doivent subir une cuisson; enfin les sucres ne sont grevés d'aucune dépense de combustible, mais ne fournissent non plus aucun résidu.

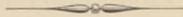
Nous donnerons dans un autre Ouvrage le calcul détaillé relatif à l'établissement du prix de revient, et nous supposons ici simplement que nous faisons abstraction des frais de traitement et que le malt soit acheté comme les autres matières premières considérées.

Nous inscrivons dans le Tableau ci-dessous le prix de revient de 100 degrés-hectolitres produits pratiquement dans le moût, taxe de fabrication de 0<sup>fr</sup>, 25 comprise, sauf les exceptions signalées. Les prix sont ceux des cours moyens en 1903 :

Malt-Afrique	23 D-H à 25,50	pour 100 <sup>kg</sup> ...	135	
Malt-Champagne	26 D-H à 29,50	pour 100 <sup>kg</sup> ...	138	
Riz	29 D-H à 25,50	.....	113	
Maïs	29 D-H à 25,50	.....	113	
Glucose massé	29 D-H à 36	.....	145	} taxe de fabrication et entrepôt.
»	»	.....	140	
Sucre cristallisé	37 D-H à 30	dégrevé.....	106	} taxe de fabrication seule.
»	37 D-H à 55	non dégrevé..	148	
Sucre inverti	26 D-H à 26	dégrevé.....	125	} taxe de fabrication seule.
»	26 D-H à 40	non dégrevé..	160	

Ces prix de revient varient naturellement suivant les cours, et, en particulier, pendant longtemps le riz était beaucoup moins cher que le maïs.

Il résulte néanmoins de cette comparaison que les grains crus sont la matière première la moins coûteuse, qu'il y a peu de différence entre les malts d'Afrique et ceux de provenance fine comme les Champagne, et que le sucre cristallisé dégrévé serait aussi avantageux que le riz.



---

## CHAPITRE IV.

### HOUBLON ET PRODUITS ACCESSOIRES.

---

Les cônes de houblon sont seuls utilisés en brasserie et représentent les fleurs femelles de la plante : un cône se compose d'un axe ligneux, sur lequel s'insèrent des bractées munies de folioles et celles-ci possèdent des nervures d'épaisseur variable. Entre les bractées se trouve une poudre visqueuse, jaune d'or, la lupuline, et quelquefois des graines ; enfin à l'axe adhèrent quelquefois des débris de branchettes qui supportaient le cône.

Au point de vue chimique, le houblon contient une huile essentielle, constituée par des carbures d'hydrogène, parmi lesquels l'humulène, un tannin, des résines, des matières azotées dont  $\frac{1}{3}$  environ sont assimilables par la levure ; enfin des celluloses, plus ou moins solubles dans l'eau et dans le moût ; ces celluloses sont fournies principalement par l'axe et, pour une partie, par les folioles.

Les résines sont généralement réparties en deux catégories : les résines molles, considérées comme ayant une valeur antiseptique très variable suivant les auteurs, et la résine dure, dont l'influence n'est pas exactement connue.

On désigne aussi les résines molles par les indices  $\alpha$  et  $\beta$ , la résine dure par l'indice  $\gamma$  ou  $\omega$ . La solubilité des résines est beaucoup plus grande à l'ébullition qu'à froid, et elles se précipitent donc en donnant au moût un aspect opalescent pendant son refroidissement. La plus grande partie des résines est rejetée avec les mousses pendant la fermentation ; mais, si ces matières ne sont pas éliminées par l'écumage, elles peuvent se redissoudre grâce à la présence de l'alcool, et donner alors à la bière une amertume plus prononcée et un peu âcre ; la levure peut les absorber.

Il paraît probable que les résines molles se transforment partiellement en résines dures par une ébullition prolongée.

L'huile essentielle constitue l'élément principal du bouquet de houblon ; elle est entraînable par la vapeur d'eau, et la dose en

est très faible : 0,1-0,15 pour 100 environ suivant les espèces. Le tannin, les résines et l'huile essentielle font partie intégrante de la lupuline, mais on rencontre aussi un peu de ces diverses substances dans les folioles.

La composition chimique du houblon présente des variations étendues suivant l'espèce, l'année et l'âge du houblon.

On peut admettre comme analyse moyenne :

Tannin.....	0,9- 4,5	pour 100.
Résines molles.....	9-14	»
Résine dure.....	9- 5	»
Huile essentielle.....	0,1- 0,15	»

La teneur en tannin, en huile essentielle et résines molles diminue assez rapidement par oxydation, celle-ci étant d'autant plus énergique que la température est plus élevée et l'accès de l'air plus facile. Ceci est utilisé pour la conservation du houblon, et nous revenons plus loin sur cette question.

La proportion de résines molles augmente jusqu'à la maturation des cônes et d'ailleurs tous les éléments du houblon subissent des modifications comme doses, suivant la nature du sol, les engrais et les conditions climatiques.

*Traitement du houblon.* — Les cônes, une fois récoltés, sont séchés d'une façon plus ou moins convenable : beaucoup de cultivateurs emploient encore de simples poêles, placés dans des greniers, tandis que les gros producteurs se servent de tourailles, réduction de celles employées pour le malt. La manière dont la dessiccation est faite a une grande influence sur la couleur du cône, et, si l'appareil de chauffage est défectueux, ou bien la température irrégulière, on risque de griller le houblon ; d'autre part, si le houblon est resté humide, ou que la dessiccation traîne trop longtemps, il peut s'échauffer et prendre une teinte rougeâtre avec une odeur d'acide valérianique désagréable.

Le houblon séché est ensuite comprimé soit en balles soit en cylindres, de manière à réduire le contact de l'air et par conséquent l'oxydation ; les cylindres clos hermétiquement se prêtent naturellement à une conservation plus prolongée.

Il arrive assez fréquemment que le houblon est soufré ; on y arrive en faisant brûler du soufre dans la touraille pendant la dessiccation ; cette opération a pour but d'aviver la couleur et de la rendre plus

uniforme; en même temps, le soufrage détruit une partie au moins des bactéries dont les folioles sont couvertes, et qui sont des agents d'altération.

On ne peut pas considérer cette pratique comme recommandable, d'autant moins qu'elle a souvent pour but réel de dissimuler des défauts de récolte ou de couleur, et même de rendre marchands des houblons surannés ou avariés. Le soufrage est cependant une opération sinon générale, du moins très commune.

*Conservation du houblon.* — Nous avons vu que les éléments importants du houblon s'altéraient par oxydation et d'autant plus que la température était plus élevée et le contact de l'air plus facile. Il en résulte que la conservation devra se faire à très basse température, à l'abri de l'air et de l'humidité.

Dans les brasseries de fermentation basse, ces conditions sont réalisées en plaçant dans une cave, au voisinage de 0°, le houblon comprimé en cylindres métalliques hermétiquement clos; le produit peut alors se conserver même plusieurs années sans diminution sensible de qualité.

Quand l'échantillon se trouve en simples balles pressées ou que l'on ne dispose pas de caves glacées, ce qui est le cas des brasseries de fermentation haute, il faut au moins placer ce houblon dans un local frais et sec, en le tassant autant que possible, de manière à restreindre l'accès de l'air; néanmoins, il se produit toujours une réduction des doses de résines et de tannin, et, le plus souvent, le parfum, comme la couleur, souffrent de la conservation dans des conditions imparfaites.

*Qualité du houblon.* — L'évaluation commerciale est basée en première ligne sur la provenance, c'est-à-dire qu'il existe pour le houblon, comme pour le vin, des crus de réputation plus ou moins grande. On donne la première place aux houblons de Saaz et de Spalt; ensuite viennent ceux de Bavière, d'Alsace, de Bourgogne, d'Alost, Poperinghe, etc.

Il est bien évident que des régions aussi étendues que la Bavière, l'Alsace et la Bourgogne, par exemple, ne fournissent pas une qualité uniforme et que les conditions locales de culture ou de sol, aussi bien que l'année, exercent une influence considérable.

On considère en seconde ligne, pour un cru donné, le parfum, la couleur et la forme des cônes.

La composition chimique des cônes, en résines, tannin et même huile essentielle, ne peut servir de base à l'appréciation, et elle ne permet même pas d'identifier avec sécurité deux échantillons; en effet, des houblons de valeur commerciale tout à fait différente peuvent donner à l'analyse des résultats identiques, et si l'on veut baser l'évaluation sur la richesse en résines molles, par exemple, elle ne concorde pas nécessairement avec l'estimation commerciale; celle-ci résulte d'ailleurs, au moins pour les grands crus, de l'expérience acquise par la fabrication avec des houblons de provenance différente.

L'origine du houblon jouant un rôle prédominant, on a cherché à caractériser les divers crus, et cette question est devenue d'autant plus intéressante que l'on a introduit dans beaucoup de régions des replants de Spalt ou de Saaz, afin d'améliorer la qualité du produit récolté.

Il ne semble pas que l'on ait réussi jusqu'ici à déterminer sûrement et d'une façon pratique si un houblon appartient à un cru déterminé et moins encore s'il provient d'un replant de race noble; les indications tirées de l'étude du parfum ont nécessairement un caractère subjectif, et si la comparaison des bouquets peut être démonstrative, pour deux houblons, l'un de premier cru, l'autre de race inférieure, il n'en est plus de même pour des provenances de valeur voisine.

La question du parfum a d'ailleurs de l'intérêt surtout pour les bières de marque, ce qui est le petit nombre.

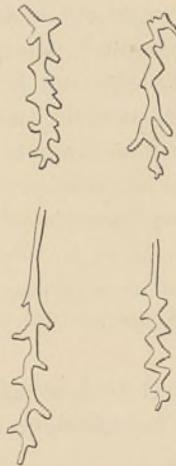
Mais il est un autre point important pour toute la brasserie, c'est ce que l'on peut appeler, avec Beckenhaupt, la  *finesse*  du houblon, et celle-ci peut être demandée à un houblon de race quelconque, car elle dépend pour une grande part des conditions de culture.

Les houblons de Saaz ou de Spalt, par exemple, fournissent de faibles rendements à l'hectare de la plante cultivée dans des sols maigres, peu fumés, c'est-à-dire avec une alimentation peu copieuse, qui concentre toute son activité sur la formation de la fleur, c'est-à-dire du cône; il en résulte que les parties ligneuses du cône sont réduites au minimum, l'axe est mince, les nervures des folioles peu épaisses, les bractées très rapprochées, et les cônes de petite dimension et tassés sur eux-mêmes; la graine n'apparaît presque jamais faute d'aliments suffisants et faute de fécondation. En outre, l'assimilation, portant sur de faibles quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse, se fait complètement. Comme, d'autre part, les houblons de grands crus

sont cultivés depuis de longues années dans les mêmes conditions de végétation, ils constituent maintenant des variétés, sinon des races, acclimatées et qui ont acquis un parfum spécial.

Si au contraire nous considérons ces mêmes houblons cultivés dans un climat différent, sur des sols fertiles ou copieusement fumés, les variétés initiales vont se transformer peu à peu sous l'influence d'une alimentation plus riche, les portions ligneuses prendront du développement, les bractées s'écarteront et les cônes s'allongeront; des graines apparaissent, et l'assimilation cesse d'être complète, puisqu'elle porte sur une nourriture surabondante. Le rendement à l'hectare s'élève fortement, le parfum se modifie et l'on a un houblon moins fin que la race primitive: c'est le fait connu de la dégénérescence des variétés, sous l'influence d'un changement dans les conditions de culture ou de climat.

Fig. 19.



Rachis ou axe de diverses sortes de houblon.

Quand il s'agit non pas d'une variété de grand cru, mais de variétés cultivées déjà depuis longtemps dans un sol fertile, avec de gros rendements, et une assimilation imparfaite, il est évident que la finesse peut encore moins exister puisque à l'origine elle manquait.

On peut donc dire que la finesse des houblons répond à une assimilation complète des aliments et à un développement limité des parties ligneuses; elle peut être réalisée le plus facilement avec les variétés

de grands crus, mais on peut aussi l'obtenir pour d'autres provenances, par un choix convenable du sol, des engrais et du climat.

Pour les brasseurs fabriquant des bières de marque, le bon parfum et la finesse sont évidemment exigibles, d'autant plus qu'il s'agit de houblons payés cher. Pour les bières courantes, on peut se montrer beaucoup plus tolérant en ce qui concerne le parfum, mais attacher une grande importance à la finesse du produit.

La forme du cône donne à ce point de vue des renseignements précieux, et Beckenhaupt a proposé de prendre comme mesure de la finesse l'écartement moyen des bractées; cet écartement est d'autant plus petit que les parties ligneuses sont moins développées et ce mode d'évaluation concorde dans la plupart des cas avec l'estimation commerciale et aussi avec les résultats de l'expérience pratique.

La figure 19 représente, d'après Chodounsky, les axes ou rachis de quelques crus, de manière à montrer cet écartement différent des bractées.

Il est bien entendu que l'on doit considérer dans un lot de houblon l'écartement moyen des bractées, déterminé sur un assez grand nombre de cônes, car ceux-ci ne sont jamais identiques, même s'il s'agit de houblon d'une seule parcelle, voire même d'un seul plant.

Accessoirement, on peut tenir compte de la richesse en résines molles, à cause de la valeur antiseptique et de l'amertume spéciale de ces substances, mais cette donnée ne doit venir qu'en seconde ligne, et les points d'appréciation les plus importants doivent être le degré de finesse, la couleur uniforme, le parfum, l'absence de graines, et le défaut de soufrage.

*Succédanés du houblon.* — Les seuls que l'on rencontre, et encore rarement, sont l'huile essentielle de houblon, les extraits et quelquefois la lupuline.

Les extraits sont obtenus à l'aide d'éther de pétrole, se présentent sous forme de pâte et comprennent la totalité des résines molles, une petite partie des résines dures, l'huile essentielle; mais le tannin y manque à peu près complètement. Ces extraits peuvent être utilisés pour renforcer en résines molles un houblon contenant peu de ces substances, mais parfumé.

Les extraits alcooliques renferment le tannin, les résines, et une bonne partie de la matière colorante des cônes; ils se rencontrent très rarement et sont moins fins que ceux à l'éther de pétrole.

Le grand défaut de ces préparations est qu'elles sont obtenues en

général avec des houblons surannés ou de basse qualité, que le brasseur ne voudrait pas employer s'ils lui étaient présentés en nature, et c'est seulement avec de tels houblons que les extraits peuvent être vendus à un prix abordable. En effet, si nous comptons une teneur moyenne en résines molles de 10 pour 100, les extraits du commerce titrant 80 à 85 pour 100 de ces matières proviennent d'un poids 8 fois plus grand de houblon. 1<sup>kg</sup> d'extrait a donc nécessité le traitement de 8<sup>kg</sup> de cônes, soit un prix d'achat de 30<sup>fr</sup> à 50<sup>fr</sup> suivant l'année, si l'on emploie du houblon fin. Il faudrait donc que le kilogramme d'extrait fût vendu au moins 50<sup>fr</sup> à 70<sup>fr</sup> pour tenir compte du prix de fabrication et d'un bénéfice modéré.

La lupuline se présente sous forme d'une poudre jaune pâle, obtenue au moment de la cueillette ou du triage ou encore en effeuillant les cônes par un simple tamisage. Dans ce dernier cas, on ne s'adresse naturellement pas à des houblons très fins.

Enfin l'huile essentielle se prépare en distillant le houblon dans un courant de vapeur d'eau; l'huile vient flotter à la surface de la vapeur condensée; elle peut être facilement séparée et séchée.

Pour tous ces produits, il y a lieu de faire la même observation relative à la qualité du houblon qui a servi à les fabriquer, et cette qualité est généralement très basse; en utilisant les extraits, la lupuline en nature ou l'huile essentielle, on introduit dans la fabrication un houblon que l'on n'aurait pas voulu acheter à l'état de cônes.

#### Produits accessoires.

*Colorants.* — Pour compenser l'emploi de grains crus, riz ou maïs, ou bien pour faire de la bière brune d'imitation, on emploie soit les malts couleur ou malts caramélisés, soit les colorants liquides.

Les malts couleur sont habituellement préparés en trempant du malt ordinaire dans l'eau tiède et en le soumettant ensuite à une surchauffe; les tourailles peuvent être utilisées s'il s'agit de malts caramélisés, tandis que pour les malts couleur, beaucoup plus foncés, on recourt à des cylindres rotatifs chauffés à feu nu, ou par double fond de vapeur surchauffée.

Dans quelques brasseries on prépare le malt couleur, à l'aide d'un appareil à griller le café, le malt ayant été trempé d'avance, et l'on s'arrête quand les grains montrent au milieu un globule de sucre

caramélisé. Ce procédé donne évidemment des produits assez irréguliers.

Le malt caramel est capable de fournir de l'extrait, au brassage, en quantité beaucoup plus grande que les malts couleur, mais ni l'un ni l'autre ne sont capables de se saccharifier seuls. Ces produits s'emploient en mélange avec le malt ordinaire à la saccharification, la dose varie suivant le malt et la teinte à obtenir. On compte 7 à 8 pour 100 de malt caramel et 1 à 1,5 pour 100 de malt couleur, en moyenne, évalués sur le malt ordinaire mis en œuvre.

Quelquefois, pour augmenter la couleur, on trempe le malt non pas dans l'eau, mais dans une solution de glucose ou de sucre cristallisé, voire même de mélasse et on le soumet ensuite à la surchauffe ou au touraillage brutal.

L'usage des malts caramels ou colorés vendus en grains est parfaitement correct; c'est en effet toujours du malt que l'on emploie, seulement, ceux-là ont été préparés d'une façon spéciale, afin de foncer la teinte de la bière ou de lui donner un goût particulier.

Les colorants à l'état de poudres sont loin de présenter la même sécurité, l'état pulvérulent permettant le mélange de toute autre substance que la farine de malt.

Les *colorants liquides* sont d'un emploi beaucoup plus aisé, puisqu'il suffit de les ajouter à la bière elle-même, en quantité correspondante à la teinte que l'on veut obtenir.

Ces produits sont à peu près universellement préparés au moyen de glucose caramélisé dans des chaudières en fer; l'emploi du fer n'est pas arbitraire, car de très petites doses de fer dissoutes dans le sirop en augmentent beaucoup le pouvoir colorant. Quelquefois, pour foncer le colorant, en réduisant la dose de glucose, on ajoute un peu de chaux ou de carbonate de soude.

Il n'est pas indifférent que les colorants contiennent du fer, parce que les sels de ce métal fournissent facilement, avec les matières azotées de la bière, des combinaisons insolubles, surtout si la température est basse, de sorte que les bières additionnées de colorants ferrugineux troublent parfois pendant l'hiver.

De même, la caramélisation a produit, entre autres substances, des corps agissant à la manière des tannins, et susceptibles de se combiner aux matières azotées, globulines, caséines ou protéoses. Lorsque les bières sont riches en azote, et qu'elles sont exposées au froid, il arrive que, grâce au colorant, elles se troublent et forment un dépôt.

Il y a donc lieu de tenir compte de ces deux actions possibles, dans

le choix d'un colorant liquide, quel que soit d'ailleurs le nom sous lequel il est vendu.

*Clarifiants.* — Ils sont employés uniquement dans la fermentation haute, pour le *collage*; celui-ci est pratiqué le plus souvent par le haut, quelquefois aussi par le bas.

On utilise surtout l'isinglass et la peau de raies. Le premier est préparé avec la vessie natatoire de divers poissons, suivant les régions, et l'une des colles de ce genre les plus connues est la Saliasky, dénomination qui s'applique souvent à des produits non originaires de Russie, et cela simplement parce que la Saliasky véritable est une colle bien préparée et se dissolvant facilement. Les isinglass se présentent sous forme de rubans ou de feuilles blanches ou jaunâtres.

Les divers isinglass contiennent une forte proportion de matières gélatineuses capables de former avec le tannin et les résines existant dans la bière des composés insolubles.

Les *peaux de raies* renferment de telles matières; on peut se les procurer soit brutes, et alors elles donnent lieu à un déchet assez important, soit préparées à l'état de rubans ou feuilles comme l'isinglass; à cet état, elles se dissolvent beaucoup plus rapidement et leur composition est sensiblement constante.

La *gélatine* animale, provenant du traitement des os, est aussi utilisée, spécialement dans le collage par le bas.

Ces divers produits sont naturellement altérables, et il est bon de les conserver au sec, en évitant d'en garder de trop fortes provisions à la brasserie; en effet, à la longue, la solubilité diminue et il faut par suite forcer la dose pour obtenir le même effet.

*Poix.* — La poix est employée pour recouvrir la surface interne de fûts ou foudres et quelquefois des cuves à fermentation, d'un enduit imperméable; comme l'application se fait à haute température, il résulte de là une stérilisation parfaite du vaisseau.

La poix constitue un résidu de fabrication de la térébenthine et de l'huile de résine; quelquefois aussi on la fabrique de toutes pièces à l'aide de colophane et d'huile de résine, et il existe enfin des poix naturelles (poix du Tyrol, par exemple).

La poix est vendue sous deux formes : poix translucide et poix opaque. Cette dernière s'obtient simplement par une injection de vapeur dans la poix translucide fondue, et par conséquent elle ne présente aucun avantage sur la translucide; elle renferme seulement

un peu plus d'humidité et son apparence opaque peut servir à dissimuler des débris de terre ou de sable, voire même d'autres substances en suspension. Il convient donc à tous égards d'employer uniquement la poix translucide.

La poix, soit naturelle, soit préparée avec de la colophane et de l'huile, ne doit être ni trop dure ni trop molle; en effet, si son point de fusion est trop élevé, l'enduit sur les fûts est dur et cassant et se brise pendant la manipulation des tonneaux; si au contraire le point de fusion est trop bas, la poix se ramollit quand on rince les fûts à l'eau tiède, ou même par l'exposition au soleil.

On peut considérer un point de fusion de 50° environ comme convenable.

En second lieu, la poix ne doit pas renfermer de quantités appréciables de matières inertes, sable, débris végétaux, charges éventuelles; c'est-à-dire qu'elle ne doit pas laisser de résidu sensible insoluble dans l'alcool concentré.

Dans la plupart des cas, la poix ne doit donner aucun goût à la bière qui est mise en contact avec elle; ce que l'on exprime en disant que la solubilité de la poix dans l'alcool à 5 pour 100 ne doit pas dépasser 0,1 pour 100 et que cette solution doit être neutre et posséder une saveur très faible et aromatique, non pas âcre et marquée.

Quelquefois, pour certaines espèces de bières brunes, on recherche les poix fortement aromatiques, et la solubilité de l'alcool à 5 pour 100 s'élève jusqu'à 0,5-0,8 pour 100, mais il s'agit alors d'un but spécial à atteindre.

La poix doit contenir le moins possible de matières volatiles à 180°-200°, et cela à plusieurs points de vue: en effet, ces matières volatiles, se condensant en dernier lieu dans le fût ou le foudre, forment parfois des plaques huileuses capables de donner à la bière un mauvais goût; en outre, si l'on veut les éliminer sûrement, il faut faire bouillir longtemps la poix à l'air libre avant de l'employer, d'où une perte de matière et une dépense de charbon; enfin les matières volatiles attaquent énergiquement le fer des appareils, et les combinaisons ferreuses ainsi formées se déposent quelquefois sous forme de poudre jaunâtre dans les fûts. Les sels de fer sont, comme nous le savons, capables de troubler la bière par union avec les matières azotées.

La proportion de volatil à 180°-200° est en général d'autant plus forte que le point de fusion de la poix est plus bas; un taux de 6-8 pour 100 est admissible pour une bonne poix.

Enfin la poix doit former sur les douves un enduit lisse et adhérent.

Pour obtenir une poix régulière, un certain nombre de brasseries fabriquent elles-mêmes ce dont elles ont besoin avec de la colophane, que l'on fait fondre dans une chaudière et à laquelle on ajoute 10-15 pour 100 d'huile de résine; on chauffe pendant quelques heures, en chaudière ouverte, jusqu'à ce que le dégagement de vapeur se ralentisse, et l'on coule dans des fûts ou des caisses en bois.

On ajoute parfois, pendant cette opération, une petite quantité de carbonate de soude ou même de soude caustique, 150<sup>g</sup> à 200<sup>g</sup> par 100<sup>kg</sup> de colophane; d'autres remplacent une partie de l'huile de résine par de l'huile de vaseline, ou incorporent à la masse 2 pour 100 environ de paraffine blanche; cette dernière addition a pour but de rendre la poix moins cassante.

Lorsqu'il s'agit de poix achetée, il est toujours recommandable de la faire bouillir quelques heures en chaudière ouverte avant de l'employer.

*Vernis et enduits divers.* — On emploie des vernis à divers usages. D'abord pour les cuves et parfois les fûts de fermentation haute; ce sont alors des vernis à l'alcool préparés avec la gomme laque. Ces vernis doivent simplement sécher complètement, et ne pas laisser de substances solubles dans la bière.

Quelquefois les vernis ont été fabriqués dans de l'alcool additionné d'une certaine dose d'huiles d'alcool, ou avec des alcools impurs, et ils renferment alors des substances peu volatiles qui empêchent la dessiccation complète du vernis et peuvent même communiquer un goût à la bière.

Les vernis à la gomme laque se fendillent assez facilement, de sorte qu'ils ne communiquent aux parois qu'une imperméabilité très momentanée; cela est surtout sensible pour les fûts en fermentation haute, à cause des chocs que subissent les appareils. La sécurité que procure le vernissage de ces tonneaux est donc illusoire, à moins qu'on ne renouvelle très fréquemment cette opération coûteuse.

On utilise également des vernis pour les bacs, et quelquefois les chaudières en fer. Ces vernis doivent résister à l'eau bouillante, et rester au contact du moût, adhérents à la paroi métallique. Enfin ils ne doivent donner aucun goût au moût et ne lui céder aucune substance. Ces conditions sont assez facilement réalisées, il faut seulement avoir soin de n'appliquer les vernis que sur une paroi absolument sèche, et il est préférable qu'elle ne soit pas polie, les

rugosités et les stries du métal facilitant grandement l'adhérence du vernis.

La brasserie emploie aussi des vernis-émaïls pour le revêtement des murs de façon à constituer une paroi imperméable d'un nettoyage facile, et sur laquelle les moisissures ne se développent pas ; les vernis ne peuvent s'appliquer que sur des murs parfaitement secs et rugueux ; sur le ciment ou le plâtre, il faut d'abord pratiquer des rayures à l'aide d'une brosse métallique et, dans les locaux très humides, il arrive parfois que l'enduit se crevasse ou se détache par plaques.

Les vernis-émaïls sont ordinairement préparés avec de la térébenthine et de la benzine tenant en suspension et en dissolution des résines ; on y ajoute quelquefois un peu de céruse pour que le produit couvre mieux. Il arrive que pour diminuer le prix de revient on se serve de benzines impures contenant du sulfure de carbone et l'application de tels vernis peut donner lieu à des intoxications graves pour les ouvriers.

Il faut avoir soin de laisser sécher complètement le vernis-émaïl, avant d'utiliser le local, soit pour y faire couler du moût (réfrigérant), soit pour y placer des bières en fermentation, car le moût ou la bière avec une extrême facilité absorbent les vapeurs émises par le vernis-émaïl pendant sa dessiccation.

Les principales conditions à demander à ces vernis sont de couvrir le mieux possible, de sécher rapidement et complètement et de ne pas contenir des matières toxiques comme le sulfure de carbone.

*Antiseptiques.* — Ces produits sont uniquement destinés à la stérilisation des appareils et des murs, et quelquefois au lavage de la levure.

Pour les murs, le plus employé est la chaux à l'état de lait ; on y mélange quelquefois un peu de carbonate de soude, 5<sup>kg</sup> par hectolitre de lait, pour former de la soude caustique et renforcer l'action antiseptique ; parfois aussi, pour les murs des caves, on ajoute au lait de chaux 4<sup>kg</sup> à 5<sup>kg</sup> de sulfate de cuivre par hectolitre et, si l'on veut rendre l'enduit plus adhérent, 1<sup>kg</sup> de gélatine.

Dans les caves de fermentation pour les murs à hauteur de 1<sup>m</sup> à 1<sup>m</sup>, 50, et pour les supports de foudres ou de cuves, on se sert parfois de goudron de gaz ; c'est un produit très efficace, mais il faut le laisser sécher pendant plusieurs semaines avant d'employer la cave.

Comme produits commerciaux, l'antinonine, sel de soude d'un dérivé du crésyl, est aussi un bon antiseptique.

Les antiseptiques pour la tuyauterie de caoutchouc, ou de cuivre, sont surtout le carbonate de soude, à la dose de 5<sup>kg</sup> par hectolitre, le cristal de soude, à 10<sup>kg</sup>-12<sup>kg</sup>, le chlorure de chaux additionné de carbonate de soude ou de soude caustique.

On vend, sous le nom d'*antiformine*, une solution d'hypochlorite de soude, alcalinisée par la soude; et l'on peut préparer facilement soi-même cette mixture, qui n'a d'ailleurs aucune supériorité sur le chlorure de chaux.

Le mélange que l'on obtient avec 3<sup>kg</sup> de chlorure de chaux et 5<sup>kg</sup> de carbonate de soude ou de soude caustique par hectolitre d'eau est un désinfectant extrêmement énergique; mais il faut avoir soin de rincer à plusieurs reprises, les hypochlorites ayant une action très vive sur la levure et pouvant gêner ou même arrêter la fermentation, si les dernières traces n'ont pas été éliminées avant le passage du moût ou de la bière.

Le bisulfite de chaux est aussi très fréquemment utilisé; ce n'est pas un antiseptique bien énergique pour la tuyauterie, et il a l'inconvénient de s'altérer très rapidement par oxydation dès que le fût de bisulfite est en vidange. Le bisulfite de chaux doit avoir, pour une concentration de 10°-11° Baumé, une teneur de 85<sup>g</sup> à 90<sup>g</sup> d'acide sulfureux par litre au moins.

Le chlorure de zinc se trouve dans le commerce à des concentrations différentes. C'est surtout un antiseptique pour l'extérieur des vaisseaux, parce que le bois retient facilement une certaine quantité de zinc, et que la bière peut ensuite dissoudre les combinaisons métalliques. Il faut simplement, dans la comparaison des prix avec la concentration, tenir compte des prix de transport moindres, à poids égal, pour le chlorure le plus dense.

Le chlorure de zinc à 38° B. s'emploie ordinairement à dose de 3<sup>l</sup> à 5<sup>l</sup> par hectolitre d'eau.

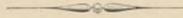
Le sulfate de zinc, souvent mélangé d'un peu de sulfate de fer, qui lui donne une teinte rouille, s'emploie dans les mêmes conditions que le chlorure.

Le fluorure d'ammonium, l'acide hydrofluosilicique, le fluorure d'aluminium sont des antiseptiques très puissants, que l'on peut utiliser pour la stérilisation des tuyaux de caoutchouc, des miniaux à levures, voire même des cuves à fermentation, à condition de faire des rinçages très soignés. Dose habituelle : 50<sup>g</sup> à 80<sup>g</sup> par hectolitre d'eau, suivant la dureté de celle-ci.

Enfin, pour le lavage des levains, on emploie quelquefois le fluorure

d'ammonium ou l'acide tartrique, le premier à dose de 5<sup>g</sup>-8<sup>g</sup> par hectolitre d'eau, le second à 300<sup>g</sup>-400<sup>g</sup> pour le même volume d'eau. La durée de contact est de 4 à 6 heures, et il faut également faire au moins un rinçage à l'eau pure.

Le brasseur devrait prendre comme règle de n'employer comme antiseptiques que les substances dont la composition est nettement indiquée; il saura ainsi exactement à quoi s'en tenir sur la valeur antiseptique du produit, et il y trouvera une grande économie.



---

## CHAPITRE V.

### MALTAGE DE L'ORGE.

---

L'orge arrivant à la malterie, même triée, contient généralement encore des débris de terre ou de pierre, des graines étrangères, des grains d'orge brisés, et en tout cas le triage n'a jamais été fait assez sérieusement pour éliminer les petits grains. Enfin, l'orge porte à sa surface des poussières de toute nature, y compris de nombreux ferments qui obstruent les pores des enveloppes extérieures.

Il est de la plus grande importance que le triage et le nettoyage soient faits sévèrement avant le maltage, et cela à divers points de vue.

D'abord les graines étrangères, si elles ne sont pas éliminées avant la germination, subsistent dans le malt et elles peuvent communiquer à la bière un goût particulier ou une amertume désagréable; les demi-grains sont les véhicules de moisissures qui risquent d'introduire celles-ci au germe et par conséquent de détériorer tout le malt. Les poussières, très riches en germes de toute sorte, fonctionneraient aussi comme foyer d'infection et celles qui sont collées aux enveloppes de l'orge rendraient irrégulière l'absorption de l'eau à la trempé.

Enfin, la présence dans l'orge de grains ayant des dimensions très différentes est aussi un obstacle à une germination régulière, car l'absorption d'eau pendant la trempé se fera d'autant plus vite que les grains seront plus petits. Avec une orge non calibrée, on se trouve donc en présence d'une double éventualité : ou bien donner la trempé qui convient aux plus petits grains, et alors les gros n'absorberont pas assez d'eau, ou bien, inversement, prolonger la trempé comme il convient aux grains les plus lourds, et dans ce cas les orges légères seront trempées avec excès.

D'ailleurs, lorsque le calibrage est effectué, il n'en résulte aucune perte : les orges légères sont simplement trempées et germées à part, et le malt sec qui en résulte est mélangé à celui qui provient des grains les plus gros; on a donc en fin de compte le même rendement en

malt, mais avec une meilleure qualité, une germination plus régulière et moins difficile à conduire.

Il en résulte que l'orge doit subir avant la germination un triage et un lavage très soignés.

Un autre traitement préliminaire très rarement employé en France peut s'appliquer aux orges fraîches que l'on germe dès le début de la campagne : c'est la dessiccation préalable. On constate, en effet, que, dans les premiers temps, suivant la récolte, l'énergie germinative de l'orge est souvent très faible et augmente peu à peu à mesure que se réduit l'humidité du grain. Cette défectuosité de germination n'est pas constante, elle dépend de l'espèce, de l'année, du sol et de l'époque de la récolte. Ainsi les orges de Moravie germent très convenablement dès le début de septembre, il en est souvent de même pour celles de l'Indre, tandis que, par exemple, la germination des orges du Midi ne se fait guère convenablement avant le mois de décembre.

Il y a donc intérêt pour le malteur, dont la durée de travail est limitée par la saison chaude, de pouvoir commencer à germer de bonne heure, et c'est à quoi tend la dessiccation du grain. Elle s'effectue dans les tourailles, à température très basse, 30°-38° au plus, avec une forte ventilation de façon à ramener le degré d'humidité vers 12-13 pour 100, alors que l'orge fraîche titre jusqu'à 17-18 pour 100.

Les opinions sont très partagées sur le résultat de cette dessiccation, les uns la considérant comme très efficace, tandis que d'autres ne lui accordent aucun mérite.

Il paraît fort douteux que l'énergie germinative soit simplement liée au taux d'humidité de l'orge, et, en effet, on voit souvent des orges de provenance différente, mais ayant toutes deux une forte humidité, 16-17 pour 100, se comporter très différemment au germoir : l'une se travaillant mal et laissant beaucoup de manquants, c'est-à-dire de grains non germés, tandis que la seconde se conduit normalement.

L'énergie germinative est sûrement liée aussi à la quantité et à la nature des matières azotées de l'orge et l'humidité, que l'on dose en bloc, comprend non seulement ce qu'on peut appeler l'eau mécaniquement contenue dans le grain, mais encore celle qui se trouve à l'état de combinaison plus ou moins stable ; comme la répartition de ces deux genres d'humidité nous est inconnue, il n'est pas surprenant que la dessiccation à basse température, en éliminant une partie de l'eau liée mécaniquement au grain, puisse modifier favorablement la germination de certaines orges, tandis qu'elle n'agira pas sur d'autres.

D'ailleurs, lorsque l'orge est conservée, elle ne se borne pas à une perte d'humidité; il se dégage en outre, d'une façon lente et continue, de l'acide carbonique et l'état des matières azotées se modifie, en ce qui concerne la répartition entre les formes solubles et coagulables. Le vieillissement du grain est donc un phénomène, au moins en partie biologique, que l'on ne peut accomplir en quelques heures par le touraillage du grain.

Il est donc beaucoup plus logique, au moins provisoirement, de choisir, pour le début de la campagne, les espèces ou les provenances qui sont en état de germer convenablement, en réservant pour les mois suivants les orges dont la maturation ne se termine que lentement.

*Nettoyage, triage et lavage de l'orge.* — Cette opération n'est pas toujours conduite avec le soin qu'elle mérite et dans un certain nombre d'usines elle n'est considérée que comme une formalité sans intérêt.

L'orge renferme de fines poussières, des grains étrangers, de la terre ou des cailloux, et des demi-grains; de plus, les grains d'orge sont de dimensions très différentes, et il y a, suivant les années, de 10 à 20 pour 100 de petites orges.

Il est indispensable de nettoyer convenablement l'orge de malterie, au point de vue des matières étrangères, y compris des demi-grains qui sont des véhicules de moisissures, car les poussières de toute nature comprennent beaucoup de ferments, bactéries ou moisissures, et en outre le frottement auquel les grains sont soumis pour le nettoyage rend les enveloppes des grains plus propres, plus perméables et permet une trempe plus régulière.

Le calibrage consiste à séparer les petits grains soit vendus pour le bétail, soit germés isolément. La première catégorie, grains les plus lourds, comprend 80 à 85 pour 100 du total.

Le nettoyage et le calibrage peuvent se faire en une seule opération, ou en deux; le calibrage nécessite un trieur, soit en fils métalliques, ou à alvéoles; les ouvertures sont réglées de façon à laisser passer les petites orges de deuxième catégorie, et l'on peut ainsi fixer d'avance le déchet, en faisant varier l'écartement des fils ou le calibre des alvéoles.

Le nettoyage proprement dit comprend utilement: une aspiration qui entraîne déjà les poussières les plus fines, ensuite un tamis fin qui laisse passer la terre et les plus petites graines, un tamis grossier rete-

nant les pierres et les grosses graines. Une aspiration élimine de nouveau les poussières et les débris d'enveloppes que le frottement des grains a pu détacher, un trieur séparant les demi-grains et les plus petites orges.

Lorsque les tamis sont plats, on les fait inclinés et on leur imprime généralement un mouvement de va-et-vient par un excentrique; s'il s'agit de cylindres, ceux-ci sont aussi inclinés et animés d'un mouvement de rotation, ou bien on les garnit d'une vis transporteuse.

L'aspiration par un ventilateur a l'avantage d'entraîner les poussières ou l'on veut, et le mieux est de les envoyer dans un foyer de générateur, car elles sont une source de contamination pour le moût ou la bière.

*Lavage de l'orge.* — C'est surtout ici que le traitement habituel est défectueux; en effet, le plus souvent, on se contente d'introduire l'orge dans une cuve servant à la trempe, de recouvrir le grain avec de l'eau, et de le remuer avec plus ou moins de soin. Après quelques heures, 6 à 8 en général, on vide l'eau par le bas, et cette opération constitue ce que l'on nomme le *lavage*.

Il est facile de constater que l'efficacité d'un tel traitement est à peu près nulle; les poussières collées aux grains ne peuvent être détachées que par une friction énergique au contact de l'eau, et celle-ci une fois chargée de ces poussières doit être séparée du grain propre, le plus vite et le plus complètement possible. Or, aucune de ces conditions n'est réalisée dans le procédé le plus commun.

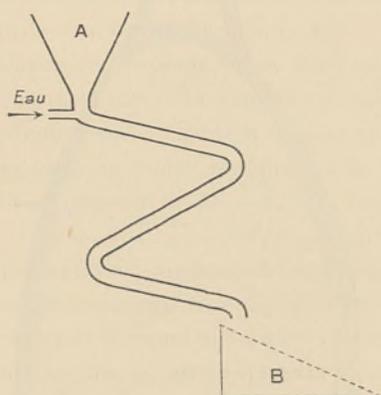
On peut se rendre compte, d'ailleurs, qu'une orge lavée comme il vient d'être indiqué, étant ensuite agitée énergiquement au contact de l'eau, cède à celle-ci une quantité de poussières à peu près la même que si aucun prétendu lavage n'avait eu lieu.

Il faut donc recourir à des laveurs spéciaux, capables à la fois d'une friction sérieuse de l'orge au contact de l'eau et d'une élimination rapide de l'eau sale.

Un tel lavage est réalisé par l'emploi de pompes centrifuges servant à élever l'orge mélangée d'eau; il en est de même pour un cylindre horizontal mobile autour de son axe et dans lequel on introduit l'orge et de l'eau. On peut également recourir à la disposition représentée figure 20 et dont le fonctionnement se comprend de lui-même; il est préférable d'opérer avec de l'orge laissée quelques heures au contact d'eau de façon à détremper les poussières adhérant au grain, elles se détachent ainsi plus facilement.

Pour la séparation rapide de l'eau chargée de poussières par son passage dans l'un des appareils précédents, le mieux est de faire tomber l'orge et l'eau sur un plan incliné en tôle perforée, qui élimine l'eau immédiatement; si, en même temps, on fait arriver sur le

Fig. 20.



Laveur d'orge.

A, trémie à grain. — B, plan incliné perforé.



plan de l'eau propre en pluie, on achève le lavage et l'on a un grain parfaitement nettoyé.

Pour compenser la déféctuosité fréquente du lavage, on ajoute parfois un peu de chaux à la première eau de trempe, soit environ 50<sup>g</sup> par hectolitre d'eau. Cette chaux joue un rôle antiseptique et se recommande surtout quand il s'agit de grains échauffés ou mouillés sur le champ, lesquels donnent facilement des développements bactériens dans l'eau de trempe.

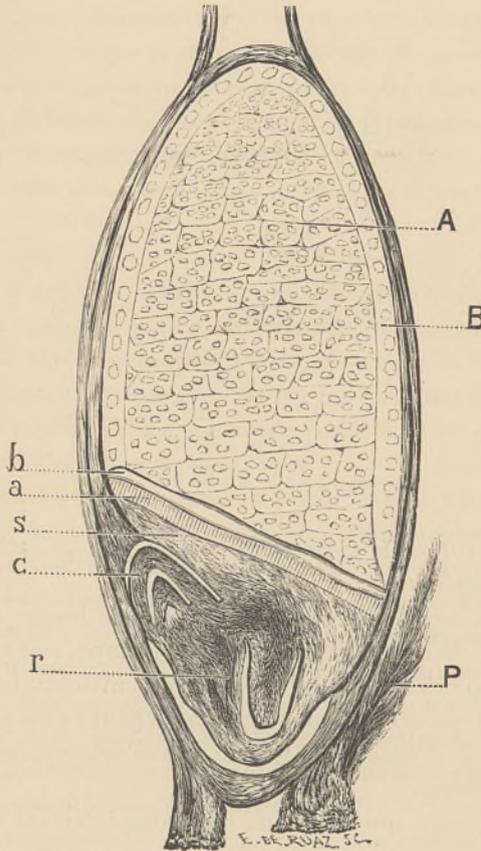
Il faut avoir soin que la chaux soit complètement dissoute avant d'ajouter l'orge, car les grains qui seraient en contact avec des fragments de chaux seraient attaqués par celle-ci et ne germeraient pas. En outre, dans la dose de chaux employée, on doit tenir compte de celle qui servira éventuellement à précipiter le calcaire de l'eau, c'est-à-dire considérer la dureté temporaire de l'eau.

#### Trempe de l'orge.

La trempe n'est plus un phénomène purement physique ou mécanique comme le nettoyage ou le lavage; elle est déjà accompagnée de

transformations chimiques qui ont une grande influence sur la germination. Examinons d'abord la constitution d'un grain d'orge, d'après la coupe longitudinale (*fig. 21*).

Fig. 21.



Coupe du grain d'orge.

P, pinceau ou brosse dorsale.  
*s*, scutellum. — *a*, cellules en palissade. — *b*, cellules vides.  
 — *c*, plumule. — *r*, radicelles.  
 A, endosperme et amidon.  
 B, couche d'aleurone.

L'un des côtés du grain est creusé par le sillon, tandis que la face ventrale est convexe régulièrement. Nous apercevons d'abord à l'extérieur trois enveloppes successives constituées en grande partie par de la cellulose, incrustée d'un squelette de silice, mais contenant aussi

de l'azote à l'état insoluble. C'est ce qu'on appelle les *balles* ou quelquefois le *péricarpe*.

Le grain est séparé en deux portions inégales par une cloison de cellules allongées et à parois droites que l'on nomme *cellules en palissade*; la plus petite partie contient l'embryon, avec ses rudiments d'organes, gemmule, radicelle, et son organe de nutrition, le scutellum qui s'appuie contre les cellules en palissade.

L'autre portion s'appelle l'*endosperme*. Elle est constituée par un réseau de cellulose, comprenant des granules d'amidon englobés dans de la cellulose et de la matière azotée. La proportion de matière azotée va en augmentant du centre du grain à la périphérie et il en est de même pour la proportion de phosphates. Juste contre les enveloppes, et séparant celles-ci de l'endosperme proprement dit, se trouve une couche de larges cellules, dites *cellules d'aleurone*, riches en matières azotées et contenant une diastase saccharifiante de l'amidon et une oxydase, c'est-à-dire une substance capable de servir à la fixation de l'oxygène de l'air sur des éléments du grain.

La trempée a pour but de faire absorber au grain l'humidité nécessaire à une germination limitée, comme celle que l'on réalise en malterie, et aussi l'oxygène qui n'est pas moins indispensable au développement du germe et aux phénomènes qui accompagnent sa vie.

Il ne suffit pas que l'absorption d'eau soit, en bloc, celle qui répond à la germination; il faut encore que la répartition de cette humidité soit faite régulièrement dans le grain. Nous avons donc à considérer la trempée comme devant procurer à tous les grains une absorption régulière d'eau et d'oxygène de l'air.

Or, l'eau pénètre principalement au voisinage de l'embryon par le pinceau et pour une partie à travers les enveloppes, c'est-à-dire que l'absorption dans l'amande ne se fait que par imbibition; les parties les plus voisines de l'embryon, ou celles en contact avec l'aleurone, seront donc beaucoup plus facilement et rapidement humectées que les portions centrales, et, quand les premières seront gorgées d'eau, elles s'opposeront à toute nouvelle introduction de liquide dans le grain. Ceci peut se comparer à ce qui se passe pour un papier buvard: au début, le papier boit le liquide très rapidement, puis de plus en plus lentement et il arrive un moment où il n'a plus aucune action.

Si alors on met ce papier trempé en contact avec un autre sec, ou moins humide, le premier perd une partie de son humidité et devient de nouveau capable d'absorber du liquide.

De même, quand les parties de l'amande les plus proches de l'em-

bryon sont gorgées d'eau, elles cessent de pouvoir momentanément en absorber, et cela dure jusqu'au moment où, par imbibition, une certaine fraction de cette eau a été bue par l'amande; naturellement ce dégagement se fait avec une lenteur bien plus grande que pour le papier, puisque l'amande est compacte.

Si, en effet, on détermine à intervalles réguliers la proportion d'humidité globale contenue dans des grains d'orge, que l'on a immergés dans l'eau, on constate pendant les premières heures un accroissement très rapide; mais, quand on est arrivé à faire absorber 35 à 40 pour 100 d'eau, par exemple en 24 heures, l'humidité n'augmente plus qu'avec une extrême lenteur, et il faut souvent 48 heures de contact ultérieur avec l'eau pour atteindre une absorption totale de 50 à 52 pour 100.

D'autre part, si l'on détermine l'humidité dans diverses parties du grain, on reconnaît qu'il existe des écarts énormes, pouvant atteindre 15 pour 100, et d'une manière constante; l'humidité, à un moment donné, va en décroissant depuis les cellules en palissade jusqu'à l'extrémité qui en est la plus éloignée; l'écart se réduit d'une manière appréciable à mesure que la durée de trempé augmente, mais on n'arrive jamais à une répartition régulière, quelle que soit la durée d'immersion du grain.

D'autre part, le grain sous l'eau ne peut utiliser que l'air dissous dans cette eau, air qui ne se renouvelle que si l'on change l'eau.

Si donc le grain se trouve immergé constamment, la répartition de l'eau dans ce grain sera toujours irrégulière, et, pour que les portions les plus éloignées du germe aient une humidité suffisante, il faudra que les plus voisines de ce germe soient bien gorgées d'eau; en outre le grain n'aura à sa disposition qu'une quantité insuffisante d'oxygène et encore d'une façon intermittente.

Il semble au premier abord que l'humidité des régions de l'endosperme à proximité de la pointe ait peu d'importance, puisque que le germe est la seule partie vivante du grain, mais il ne faut pas oublier que pendant la germination il se fait des transformations importantes portant sur l'amidon et sur l'aleurone, transformations provoquées par des diastases, et que l'état d'humidité de l'amidon influe très notablement sur sa facilité d'attaque.

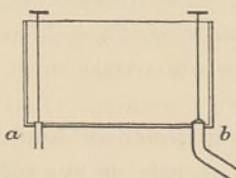
La méthode logique de trempé paraît donc consister à laisser d'abord le grain sous l'eau, tant que l'absorption d'eau est rapide, soit en moyenne 24 heures; ensuite à évacuer l'eau, l'orge restant à découvert pendant quelques heures; alors, les grains ont le contact

de l'air et l'eau s'absorbe peu à peu, en dégorgeant les parties voisines du pinceau. On remet sous l'eau, et une nouvelle absorption a lieu, suivie d'une période à découvert et ainsi de suite, la durée de séjour dans l'eau à chaque intermittence allant en décroissant (Windisch).

Il résulte de là une absorption d'eau aussi grande que par le séjour continu sous l'eau, mais en un temps beaucoup moindre, généralement 50 heures au lieu de 80 à 90 heures, et la durée totale de l'opération reste ainsi à peu près la même; la répartition de l'eau est plus régulière et, grâce au contact de l'air, la germination se fait elle-même d'une façon plus uniforme et meilleure au point de vue de la qualité du grain.

*Pratique de la trempe.* — Le système encore le plus répandu consiste à employer des cuves rondes ou carrées en tôle ou plus souvent en maçonnerie cimentée et de très grande capacité. Ces cuves sont découvertes et munies à la partie inférieure d'un orifice à grillage pour l'écoulement de l'eau et d'une ouverture commandée par un obturateur, pour le déchargement. Le remplissage se fait par un robinet d'eau au-dessus de la cuve (*fig. 22*).

Fig. 22.



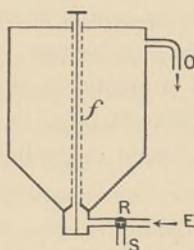
Cuve de trempe carrée.

*a*, écoulement d'eau. — *b*, écoulement de grain.

Un autre dispositif comprend les cuves cylindro-coniques en tôle; celles-ci possèdent un trop-plein pour le renouvellement de l'eau, et l'arrivée d'eau se fait par le bas. La cuve est munie à la partie inférieure et latéralement d'un orifice grillagé pour l'écoulement du liquide et d'une soupape pour le déchargement. Ces divers organes sont disposés d'une façon variable par les constructeurs (*fig. 23*). Enfin on peut voir depuis peu de temps un certain nombre de cuves très spéciales, qui se composent d'un récipient à faux fond perforé; dans l'intervalle des deux fonds se trouvent un ou plusieurs tuyaux à robinet pour l'écoulement de l'eau; à la partie supérieure, à une distance de 50<sup>cm</sup> à 80<sup>cm</sup> au-dessus du niveau du grain, se trouve dis-

posés ou bien des pommes d'arrosoir, ou bien un tourniquet hydraulique à branches perforées, qui porte le nom de *croix écossaise* et qui est également utilisé au brassage.

Fig. 23.



Cuve cylindro-conique.

R, robinet à trois voies, amenée d'eau par E, écoulement d'eau par S. — O, trop plein d'eau. — f, tube perforé pour distribution d'eau.

Ce dernier dispositif peut être employé comme cuve de trempé ordinaire, et il suffit pour cela de tenir fermés les robinets de vidange du double fond, ou bien, si ces robinets sont ouverts, l'eau débitée par la croix écossaise ruisselle d'une façon continue, mais sans jamais submerger le grain; on réalise ainsi une trempé avec forte aération.

On installe quelquefois aussi dans le fond des cuves de trempé, et quel qu'en soit le système, un tube ou une série de tubes perforés par lesquels on fait arriver de l'air sous pression. Cette injection a pour but à la fois de fournir de l'oxygène et de renouveler les surfaces des grains en contact avec l'eau, c'est-à-dire de rendre la trempé plus régulière.

Dans la méthode de trempé habituelle, l'orge étant versée dans la cuve, on fait arriver l'eau jusqu'à ce que le grain soit submergé et l'on agite un peu à l'aide de perches. On renouvelle l'eau chaque 12 heures, et la durée de trempé varie suivant la nature de l'orge, la composition et la température de l'eau, de 60 à 120 heures. On laisse très peu d'intervalle entre l'écoulement de l'eau et le remplissage de la cuve.

Cette méthode, comme nous l'avons vu plus haut, présente l'inconvénient de ne pas fournir à l'orge tout l'oxygène dont le grain a besoin, et aussi de ne pas donner une répartition d'humidité bien

régulière dans toute l'amande. Ce défaut est particulièrement sensible quand il s'agit d'orges non calibrées ou au début de la campagne, quand la germination n'est pas parfaite, et l'on obtient alors facilement des manquants en proportion très appréciable, parfois jusqu'à 15 pour 100. Nous avons vu une fois 40 pour 100 de manquants.

L'injection d'air améliore, dans une certaine mesure, la trempe ainsi comprise; mais, si elle fournit l'oxygène, elle ne remédie pas à la répartition irrégulière de l'humidité; on se trouve donc pris entre deux inconvénients: ou bien la trempe est prolongée de façon que toutes les parties de l'amande, même celles de la pointe, aient assez d'eau, et alors les portions voisines de l'embryon en sont gorgées; ou bien on s'arrête quand le centre de l'amande est suffisamment humide, et alors l'extrémité du grain n'est pas assez trempée. Dans le premier cas on a presque toujours une désagrégation trop poussée, dans le second cas une désagrégation grossière ou imparfaite, et la qualité du malt en souffre constamment.

Si l'orge mise en trempe n'est pas triée au point de vue du calibrage, une autre difficulté surgit: les plus petits grains sont assez trempés, bien avant que les gros aient leur quantum d'eau normal; ceux-ci étant le plus grand nombre, si l'on prolonge la trempe, les petits grains gorgés d'humidité, donnent une désagrégation trop poussée, ce qui constitue une perte de rendement comme de qualité.

Depuis quelques années, d'après les travaux de Windisch, la trempe aérée ou intermittente commence à se propager et elle donne presque toujours de très bons résultats; sa supériorité est spécialement marquée au début de la campagne, ou avec les orges d'une germination difficile, ou enfin dans les malteries qui avaient l'habitude de ne laisser presque aucun intervalle de découvert aux changements d'eau.

La trempe intermittente peut être pratiquée dans une cuve quelconque, mais il est préférable que cette cuve soit peu profonde.

On commence par tremper 24 heures avec un changement d'eau après 12 heures, le grain étant entièrement immergé; l'eau étant vidée, on laisse découvert 8 à 10 heures, en remuant si possible le grain, et, si la surface paraît se dessécher, on fait quelques légers arrosages avec une pomme d'arrosoir. Ensuite l'orge est immergée pendant 10 à 12 heures, découverte le même temps, remise sous l'eau, et ainsi de suite, la durée totale d'immersion étant ordinairement de 48 à 50 heures, et les périodes à découvert comprenant 30 à 40 heures.

Ce procédé permet, comme nous l'avons vu, une énergique absorp-

tion d'oxygène, et en outre, pendant que le grain est à l'air, il a le temps de se ressuyer, de sorte qu'une nouvelle quantité d'eau peut être ensuite absorbée et répartie plus régulièrement dans le grain.

Dans presque toutes les malteries où la trempe intermittente a été introduite, on a reconnu une réduction notable des manquants, une germination plus régulière, plus aisée à conduire et un accroissement de qualité et de rendement.

La trempe intermittente est poussée plus loin encore quand on fait usage de la cuve à faux fond et à croix écossaise. La trempe est donnée d'abord 24 heures avec immersion complète; ensuite, on ne fait plus qu'arroser le grain d'une façon continue, et l'on réalise ainsi une oxygénation très active et par l'état de saturation de l'eau en oxygène, et par le contact direct de l'air.

Ce procédé est ordinairement poursuivi jusqu'à ce que la germination commence, ou, comme on dit, jusqu'à ce qu'une grande partie des grains commence à *piquer*.

Le plus simple est de faire les 24 premières heures de trempe immergée dans une cuve quelconque et d'envoyer ensuite l'orge dans le bac spécial, à arrosage, ce bac devant avoir une faible hauteur et une grande surface pour conserver tous ses avantages.

Tandis que la trempe intermittente dans les cuves ordinaires tend de plus en plus à se propager en France, le système par arrosage n'est que peu ou pas utilisé; on ne peut que conseiller, à tous les points de vue, l'usage de la trempe aérée dans les cuves habituelles, telle que nous avons décrit cette opération.

*Caractères de la trempe complète.* — Ces caractères sont d'ordre pratique : le plus souvent c'est en mordant quelques grains ou en les coupant transversalement que le malteur reconnaît la fin de la trempe. On doit voir au centre du grain un point blanc, non mouillé, gros comme une tête d'épingle, tandis que le reste de la section apparaît grisâtre et mouillé; de même, cette section portée contre une planche laisse une trace crayeuse, et le praticien considère aussi la consistance du grain trempé.

D'autre part, on peut fixer la durée de trempe en déterminant, par une série de pesées, la proportion d'eau absorbée, soit par mille grains, soit par 5<sup>kg</sup> d'orge, plongés dans la cuve et contenus dans un panier de toile métallique taré. On admet ordinairement que la proportion d'eau absorbée de 50-52 pour 100 est convenable, mais, comme nous l'avons indiqué plus haut, cette détermination globale, pas plus que

les caractères pratiques, ne donnent de renseignements sur la répartition de l'humidité dans le grain.

Dans la plupart des malteries, on règle par tâtonnements la durée de trempé, et on la maintient telle quelle ensuite. Ce procédé expose à des mécomptes si la température de l'eau vient à varier, et c'est pourquoi il est recommandable d'amener toujours au même degré, par exemple 15°, l'eau de trempé; il suffit d'une faible injection de vapeur dans la cuve de trempé, avant d'y introduire l'orge.

Avec la trempé intermittente on risque beaucoup moins un excès d'humidité qu'avec l'ancien procédé, puisque la durée d'immersion réelle est fortement réduite et que la répartition de l'eau est plus régulière dans le grain; or, une orge soumise à une trempé exagérée germe irrégulièrement, donne des manquants et conduit à une solubilisation plus grande de matières azotées.

*Transformations pendant la trempé.* — La trempé n'est pas une simple absorption d'eau, destinée à rendre la vitalité au germe; elle est accompagnée de transformations physiques et chimiques importantes.

Si l'on détermine, sur l'orge en trempé, la teneur en sucres réducteurs et en saccharose, chaque 24 heures, on obtient les résultats suivants :

	Orge.	ap. 24 <sup>h</sup> .	48 <sup>h</sup> .	72 <sup>h</sup> .	96 <sup>h</sup> .	120 <sup>h</sup> .
Sucre réducteur en glucose.	24 <sup>mg</sup>	29 <sup>mg</sup>	30 <sup>mg</sup>	31 <sup>mg</sup>	32 <sup>mg</sup>	39 <sup>mg</sup>
Saccharose pour 100.....	214,7	230	260,3	307	384,8	406,6

Ces chiffres se rapportent aux grains séchés. Il en résulte que pendant la trempé il se produit une création importante de saccharose, puisqu'on arrive à doubler la quantité de ce produit existant dans l'orge brute : l'accroissement par 24 heures en pour 100 de la dose initiale représente :

	1 <sup>er</sup> jour.	2 <sup>e</sup> jour.	3 <sup>e</sup> jour.	4 <sup>e</sup> jour.	5 <sup>e</sup> jour.
Pour 100...	7,1	14,2	17,1	41,0	10,3

C'est donc du troisième au quatrième jour que s'est produite la plus forte création de saccharose; ensuite elle diminue beaucoup d'intensité.

Pour les sucres réducteurs, l'accroissement est plus faible et plus régulier, cependant il tend à s'activer le dernier jour de trempé.

Cette production de saccharose se fait naturellement aux dépens de l'amidon du grain, et nous la retrouverons pendant la germination;

bien que nous ne connaissions pas à l'état isolé l'agent de cette transformation de l'amidon, on peut la considérer sans hésitation comme de nature diastasique.

D'ailleurs, les valeurs du saccharose et du sucre réducteur ne sont pas indépendantes, puisque la formation de sucre inverti aux dépens du saccharose a été mise en évidence par Grüss, pendant la germination, et que le germe utilise, pour son développement et sa respiration, le sucre inverti et non pas le saccharose.

Cette respiration est tangible pendant la trempe déjà, puisqu'il se forme de l'acide carbonique et que l'acidité de l'orge augmente par la trempe suivant les recherches de Prior.

La destruction de sucre inverti doit être attribuée aux oxydases étudiées par Grüss pendant la germination, oxydases qui fixent l'oxygène de l'air sur les sucres, et servent ainsi d'intermédiaires à la transformation de l'inverti, soit en acide carbonique et eau, soit en acides organiques.

Nous trouvons donc, comme quantités de saccharose et de sucre réducteur, uniquement des différences; pour le saccharose, c'est la différence entre ce qui a été créé et ce qui a passé à l'état de sucre inverti; pour le sucre réducteur, la différence entre ce qui a été formé aux dépens du saccharose et l'inverti détruit par les oxydases.

Nous sommes donc déjà en présence de trois actions diastasiques : création de saccharose, inversion de saccharose, oxydation de l'inverti, et nous pouvons comprendre le rôle important que joue l'aération dans la trempe.

Pour les matières azotées, il est impossible actuellement de préciser leurs transformations, parce que leur dissolution par l'eau de trempe entre en jeu. Les analyses de Hilger et Van der Becke ont montré, en effet, que les fractions de l'azote total solubles sont respectivement de

6,7	pour	100	pour	l'orge	brute,
3,7	»	»	»	trempee.	

C'est-à-dire que la moitié environ des combinaisons azotées solubles a disparu pendant la trempe; suivant les mêmes auteurs, la réduction porte sur toutes les catégories de substances qu'ils ont dosées, savoir :

Albuminoïdes, acides amidés, peptones, sels ammoniacaux.

L'azote soluble restant dans l'orge trempée est certainement aussi une différence entre celui qui existait, ou bien a été créé, et celui qui a passé dans l'eau de trempe; nous ne possédons actuellement

aucun document qui permette d'établir le bilan des matières azotées pendant la trempé.

L'acidité de l'orge augmente, nous l'avons dit d'après Prior, pendant la trempé, mais cet auteur ne s'est pas contenté d'une estimation globale de l'acidité, il a déterminé aussi les catégories de corps qui la composent; ceci est important puisque nous avons dans les grains des phosphates acides ou primaires de potasse et de chaux, qui comptent dans l'acidité. Il suffirait donc qu'il se produisît pendant la trempé une création de phosphate primaire pour que l'acidité augmentât.

Prior cite les chiffres suivants pour une orge de Bohême :

	Orge		
	brute.	trempée.	
Acidité totale.....	36,98	38,31	en centimètres cubes de soude N/10
Acidité volatile.....	6,07	5,54	»
Acidité organique fine.	5,50	11,54	»
Phosphates primaires.	27,45	24,24	»

Il en résulte donc que l'orge a perdu, pendant la trempé, une fraction de phosphates primaires, et l'analyse de l'eau de trempé montre qu'il s'agit uniquement de phosphate de potasse.

En dehors de ces modifications d'ordre chimique, il s'en produit d'autres purement physiques ou, si l'on veut, mécaniques. En effet, les granules d'amidon de l'endosperme sont constitués, nous l'avons vu, par des couches superposées et de résistance différente; cette résistance varie elle-même avec la nature de l'orge, et aussi avec l'année. Or, les diverses diastases que nous avons vues apparaître dans la trempé et qui continueront leur action en la développant pendant la germination, attaquent l'amidon avec d'autant plus de facilité que les granules de celui-ci sont mieux imbibés d'humidité; de même, la couche d'aleurone séparant l'amidon des enveloppes, et les matières azotées mêmes, disséminées dans l'endosperme, se comportent comme la gélatine ou comme le gluten; elles constituent à l'état sec des produits presque complètement inattaquables, et elles n'absorbent l'eau qu'avec lenteur. Il en résulte que ces matières seront, elles aussi, d'autant plus aisément et plus régulièrement attaquées par les diastases, que leur état physique aura été mieux préparé par une absorption d'eau régulière.

C'est surtout à ce point de vue qu'intervient la répartition uniforme de l'eau dans le grain, car, au bout de très peu de temps, le germe, partie vivante, contient, et au delà, la proportion d'eau nécessaire au réveil de ses fonctions vitales.

On peut donc dire que la trempe prépare, au point de vue mécanique, l'amidon et les matières azotées à subir une attaque régulière et facile des différentes diastases.

D'autre part, pendant la trempe, il se produit aussi une création de substances destinées à alimenter l'embryon, et la vie de celui-ci commence déjà bien avant le décuvement.

L'opération considérée a donc une répercussion considérable sur la germination et sur la qualité du malt, et elle se lie, sans discontinuité, à la germination même.

*Composition et température de l'eau de trempe.* — Le fait constant est que l'eau de trempe dissout une faible quantité de substance empruntée à l'orge, et cette perte oscille entre 0,5 et 1 pour 100 au plus.

Les matières dissoutes par l'eau de trempe comprennent des hydrates de carbone, des matières azotées et des matières minérales, mais l'influence de la composition de l'eau est très minime : on admettait autrefois que l'eau contenant du sulfate de chaux était la plus recommandable, parce qu'elle réduisait la perte en phosphates : or Krützig a déterminé la quantité totale d'acide phosphorique passée dans l'eau de trempe, pour diverses compositions de celle-ci, et il a trouvé en 5 jours :

Eau distillée.....	58 <sup>mg</sup> ,5	acide phosphorique
Eau calcaire .....	59 <sup>mg</sup> ,9	
Eau gypseuse.....	63 <sup>mg</sup> ,0	

Les écarts sont donc extrêmement faibles, et si l'on veut tirer une conclusion c'est que l'eau gypseuse augmente plutôt la perte en phosphate. Le plus sage est d'admettre qu'il n'y a aucune différence perceptible à ce point de vue. Le même auteur n'a constaté de solubilisation importante pour les phosphates qu'en employant de l'eau très riche en sel marin, 2 à 8 pour 100 de ce sel, mais ce sont là des conditions qu'on ne voit jamais réalisées pratiquement.

Les matières azotées dissoutes dans l'eau de trempe appartiennent à toutes les catégories primitivement solubles dans l'orge : albumines, peptones ou albumoses, acides amidés et sels ammoniacaux, ceux-ci disparaissant complètement pendant la trempe.

Quant aux hydrates de carbone, ils comprennent surtout des substances empruntées aux enveloppes, pentosanes et hexosanes.

La perte de substance par la trempe peut être augmentée par la température de l'eau et aussi lorsque les changements d'eau de trempe sont

peu fréquents; en effet, le liquide constitue un milieu très favorable aux bactéries qui pullulent à la surface du grain, il se produit une fermentation acide, et dans ce cas les acides sont en état soit de solubiliser à l'état primaire du phosphate tricalcique, soit de dissoudre des caséines du grain. Dans quelques cas, l'acidité est devenue assez forte pour que la germination de l'orge en souffre gravement; il y a donc là une raison de plus pour apporter tous les soins au lavage préliminaire de l'orge.

D'autre part, comme nous l'avons vu, la composition chimique de l'eau a en général, et sauf des cas extrêmes, peu d'influence sur la germination.

Quant à la température de l'eau, elle agit à peu près uniquement sur la durée de trempage, c'est-à-dire sur la vitesse d'absorption par le grain. Luff a publié dans *Zeitschrift für gesammte Brauwesen*, 1901, une série de recherches sur ce point, et notamment le Tableau suivant :

Humidité totale de l'orge pour 100, après :	Température de l'eau.		
	10°.	15°,5.	21°.
16 heures.....	29,5	32,8	34,2
40 » .....	36,4	39,3	42,1
63 » .....	39,2	42,5	44,9
87 » .....	41,4	44,0	46,7
112 » .....	43,3	46,2	48,2

La composition de l'eau exerce également une influence sur la durée de trempage, c'est-à-dire que l'absorption se fait plus lentement pour les eaux chargées de calcaire ou de sulfate de chaux, que pour les eaux faiblement minéralisées, mais les écarts sont en réalité beaucoup moindres qu'on ne le pensait autrefois.

*Trempage complémentaire.* — Quand l'orge est sortie de la cuve de trempage, elle emporte avec elle une certaine quantité d'eau adhérente au grain, et, si on la dispose en couches épaisses, il se produit une trempage complémentaire, c'est-à-dire que le grain ressuyé absorbe cette eau entraînée; en outre, comme la vie du germe commence à se produire dans cette période, il y a une utilisation nouvelle d'humidité.

L'importance de cette trempage complémentaire dépend principalement de la température extérieure du local où se trouve placée l'orge. Luff a cité les chiffres suivants :

## Humidité pour 100 de l'orge.

Décuvage.	Piquage.	Température du germoir.
40,5	43,0	5 <sup>o</sup>
42,7	44,7	9
42,5	45,3	11
42,3	45,2	12
44,9	46,6	15

On peut donc admettre un trempage complémentaire moyen de 2 à 2,5 pour 100, diminuant quand la température de l'air en contact avec le grain humide s'élève; c'est probablement à une évaporation plus forte qu'il faut attribuer cette influence de la température extérieure.

Le trempage complémentaire se produit dans tous les systèmes de maltage.

## Germination.

Lorsque le grain d'orge a absorbé une quantité suffisante d'humidité, et qu'il se trouve placé dans des conditions d'aération et de température convenables, la germination commence: on voit donc apparaître, du côté de l'embryon, un point blanc, qui est l'amorce des radicelles; celles-ci s'allongent peu à peu en se bifurquant, et en même temps, dans l'intérieur du grain, se développe aussi la tige de la jeune plante: on lui donne le nom de *plumule*; le développement de la plumule et des radicelles, c'est-à-dire en somme de l'embryon, se continue tant que l'humidité du grain est suffisante et s'arrête au contraire, si, par un moyen quelconque, on réduit cette humidité (*fig. 24*).

Le but réel de la germination est la nutrition et le développement de l'embryon, à l'aide des matières contenues dans l'endosperme, mais celles-ci ne sont pas absorbables alors telles quelles, et doivent subir une préparation qui les amène à l'état soluble ou tout au moins diffusible; la solubilisation de ces substances de réserve se fait indépendamment des besoins de l'embryon, de telle sorte qu'une partie reste dans le grain, non utilisée; d'autre part, la vie de l'embryon donne naissance à des produits de désassimilation, dont quelques-uns subsistent aussi, tandis que d'autres sont rejetés définitivement.

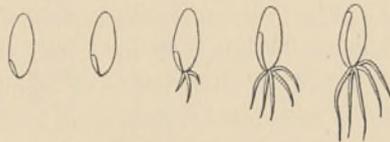
Les résidus de préparation des matières de réserve sont d'autant plus importants que la malterie effectue une germination très limitée, de façon à sacrifier la moindre quantité possible de l'amidon contenu dans ce grain.

La plupart des transformations dont le grain est le siège sont dues à des diastases, et l'activité de celles-ci, comme les transformations mêmes, dépendent de nombreux facteurs; les principaux sont :

- 1° Humidité initiale du grain, et répartition de celle-ci;
- 2° Conservation de l'humidité pendant la germination;
- 3° Température;
- 4° Accès de l'air;
- 5° Nature de l'orge;
- 6° Conduite de la germination.

DIASTASES DE LA GERMINATION. — Si nous reprenons la coupe du grain d'orge (*fig. 21*), nous constatons que, 12 heures à 24 heures après le décuvage, les granules d'amidon les plus voisins des cellules en palissade commencent à se corroder par leurs couches externes, et que cette action se propage peu à peu vers la pointe, c'est-à-dire l'extrémité opposée aux radicelles; c'est ce que l'on nomme la *désagrégation du grain*, provoquée par la cytase. Son action est favorisée par l'aération du grain pendant la germination.

Fig. 24.



Développement de la plumule et des radicelles.

En même temps, on constate aussi une attaque des granules d'amidon voisins de la couche d'aleurone, mais elle se traduit par des fentes concentriques dans ces granules; cette action est moins importante que la première, et c'est celle-ci surtout que l'on envisage au point de vue pratique.

On voit apparaître, dans l'embryon surtout et, pour une petite part, dans l'endosperme, une diastase saccharifiant l'amidon, en fournissant un sucre réducteur. Si l'on détermine les quantités d'oxyde de cuivre répondant au sucre formé, on trouve, avec Morris et Moritz :

	Oxyde de cuivre.
50 demi-grains comprenant l'embryon.....	9,797
» côté opposé.....	3,531
50 radicelles.....	0,068
50 plumules.....	0,045
50 scutellums.....	0,547

Cette diastase saccharifiante existe déjà à faible dose dans l'orge, augmente faiblement pendant la trempe, et fortement à mesure que la plumule s'allonge. Son accroissement est en rapport avec l'aération du grain pendant la germination : c'est l'amylase.

Un certain nombre d'expériences, dans les conditions de la pratique, ont été faites récemment sur les variations de la quantité d'amylase.

Nous citerons d'abord les recherches de M. Gordon Salamon (*Journ. of the feder. Institute of Brewing*, 1902), effectuées sur des orges anglaises. Les nombres se rapportent à la matière ramenée à 2 pour 100 d'humidité, et donnent le pouvoir diastasique, suivant Lintner :

Jours.	Orge		Sudbury,	Sudbury,
	Newark.	Ware.	50 heures de trempe.	60 heures de trempe.
0 (orge trempée).	0	0	24,6	25,7
1 <sup>er</sup> .....	6,5	6,5	25,6	24,6
2 <sup>e</sup> .....	7,0	7,0	24,8	24,9
3 <sup>e</sup> .....	10,7	10,7	24,8	25,5
4 <sup>e</sup> .....	51,1	49,2	49,4	39,5
5 <sup>e</sup> .....	77,8	78,1	75,8	78,2
6 <sup>e</sup> .....	71,9	74,1	80,7	78,8
7 <sup>e</sup> .....	»	»	87,4	89,2
8 <sup>e</sup> .....	84,3	90,4	99,2	87,8
9 <sup>e</sup> .....	112,4	81,4	83,8	94,1
10 <sup>e</sup> .....	78,8	77,4	92,5	84,1
11 <sup>e</sup> .....	86,5	85,5	»	76,2
12 <sup>e</sup> .....	»	108,2	110,7	65,6
13 <sup>e</sup> .....	»	125,0	»	»

D'autre part, M. Evans (*Journ. of the feder. Institute of Brewing*, 1901), donne le Tableau suivant pour le pouvoir diastasique, rapporté à la matière sèche :

Orge.	Jours.										
	1 <sup>er</sup> .	2 <sup>e</sup> .	3 <sup>e</sup> .	4 <sup>e</sup> .	5 <sup>e</sup> .	6 <sup>e</sup> .	7 <sup>e</sup> .	8 <sup>e</sup> .	9 <sup>e</sup> .	10 <sup>e</sup> .	11 <sup>e</sup> .
8....	21	53	91	58	53	69	52	45	37	28	12

Dans les expériences de M. Gordon Salamon il y a des irrégularités qui semblent peu explicables, comme, par exemple, les oscillations qui se produisent du 1<sup>er</sup> au 3<sup>e</sup> jour, pour l'orge Sudbury trempée 50 heures; les nombres cités par M. Evans indiquent une décroissance après le 3<sup>e</sup> jour, suivie d'une nouvelle augmentation au 6<sup>e</sup> jour et ensuite d'une diminution continue. M. Evans attribue la diminution

à ce que l'embryon absorbe de l'amylase comme une matière azotée quelconque, mais on ne peut expliquer de la même façon l'accroissement ultérieur, et d'ailleurs, à la fin, le pouvoir diastasique s'abaisse, alors que la vie de l'embryon se ralentit.

Dans l'embryon surtout, scutellum compris et aussi, à moindre dose, sous la couche d'aleurone et l'endosperme, on constate l'existence de saccharose, tandis que le sucre inverti apparaît dans les cellules en palissade et l'endosperme; une partie du saccharose est changée en amidon, dans l'embryon : c'est ce que l'on nomme l'*amidon transitoire*, parce qu'il disparaît aussi en partie, en donnant des sucres réducteurs, et notamment du glucose et du lévulose. La création du saccharose ne se fait probablement pas directement, elle n'est qu'un produit second de l'attaque de l'amidon contenu dans l'endosperme. Comme indication de la possibilité d'une telle production de saccharose aux dépens d'un autre sucre, Grüss a constaté qu'un embryon d'orge, séparé du grain, et alimenté par une solution de glucose, donne naissance à du saccharose et à de l'amidon transitoire.

Une partie du glucose et lévulose est changée, au contact de l'oxygène de l'air, en acide carbonique, vapeur d'eau et, pour une portion variable, en acides organiques. C'est l'action des oxydases que l'on rencontre non seulement dans l'embryon, mais encore dans l'endosperme; elle donne lieu à un dégagement de chaleur considérable. C'est ce que l'on appelle la *respiration du grain*.

Les matières azotées du grain subissent une solubilisation donnant naissance non seulement à des albumines, protéoses, globulines, mais encore à des acides amidés, amides et bases xanthiques.

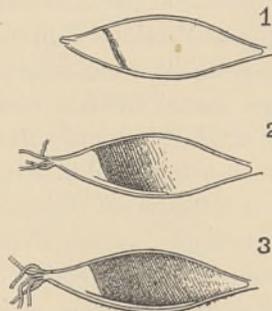
Les amides passent presque intégralement à la production de nouveaux tissus ou dans les radicules, de sorte qu'il s'en trouve fort peu dans le grain lui-même. L'action sur les matières azotées est exercée par la *peptase*.

Nous considérerons maintenant isolément les diverses transformations pendant la germination, en signalant les causes qui les modifient.

*a. Désagrégation.* — L'action de la cytase, se portant sur les parois externes des granules d'amidon, rend ceux-ci moins résistants et les prépare, par suite, à la saccharification; en outre, en dissolvant les cloisons de cellulose, elle crée entre les granules des intervalles qui, au touraillage, se rempliront d'air, de sorte que, dans un grain complètement et régulièrement désagrégé, l'amande sera friable et fondante en toutes ses parties, la consistance restant la même.

La cytase se propage dans l'endosperme avec une vitesse qui dépend de la température; elle peut donc atteindre l'extrémité du grain soit en 4 ou 5 jours, soit en 10 jours, soit même en un temps plus long, suivant le degré de chaleur des couches. Si la germination n'a pas, pour une température donnée, une durée suffisante, les portions de l'endosperme les plus voisines de la pointe ne seront pas attaquées par la cytase, et leur amidon restera tel qu'il était dans l'orge, c'est-à-dire dur et compact; la désagrégation sera donc incomplète, et l'on dit en pratique que le malt présente des *bouts durs* (*fig. 25*).

Fig. 25.



Marche de la désagrégation.

1. Après 36 heures.
2. Après 6 jours.
3. Après 10 jours.

Le même fait peut encore se présenter quand la trempé a été irrégulière, c'est-à-dire que certains grains ne sont pas imprégnés d'eau complètement; la diffusion de la cytase et la désagrégation sont encore incomplètes.

D'autre part, la désagrégation n'est parfaite et régulière que si les enveloppes externes des granules d'amidon et les cloisons de cellulose ont été complètement dissoutes: or, si la germination se fait à température élevée, c'est-à-dire très rapidement, la diffusion étant accélérée, il arrive souvent qu'une partie des couches consistantes de l'amidon échappe à la dissolution et l'on constate alors la présence dans l'amande de granulations dures, l'amande paraissant comme sableuse.

L'action de la cytase dépend aussi du degré d'humidité du grain, puisque l'amidon sec échappe complètement à son attaque. Si donc la trempé est irrégulière ou trop faible, on observe encore des por-

tions non désagrégées et, en fait, on voit souvent, en pratique, la désagrégation très fine pour les petits grains et, au contraire, sableuse et grossière pour les plus gros, quand l'orge n'a pas été convenablement calibrée; c'est alors la trempe qui a été défectueuse.

Enfin, la nature même de l'orge est à considérer, car la cytase attaque d'autant mieux les granules d'amidon que ceux-ci sont moins résistants; ainsi, par exemple, une orge du midi de la France ou une orge d'Afrique se désagrègent beaucoup moins facilement, d'une façon parfaite et régulière, qu'une orge de Moravie; de même dans les années où le printemps est sec, ou bien l'été très chaud, la désagrégation est beaucoup plus malaisée à obtenir.

La perfection de la désagrégation se fait sentir dans la composition des moûts : en effet, si l'on chauffe progressivement de l'amidon de malt en présence d'une dose constante d'amylase et que l'on détermine la proportion de maltose formé, on reconnaît qu'il y a des différences importantes jusque vers 60°-65°, et que l'on produit d'autant plus de maltose que la désagrégation est plus parfaite.

Il en résulte donc qu'un malt finement désagrégé se saccharifiera à des températures plus basses et en fournissant plus de maltose libre; au contraire, les portions grossièrement désagrégées et, plus encore, les bouts durs ne se saccharifieront qu'entre 60° et 75° et donneront par suite plus de maltodextrines.

C'est la germination, lente à basse température, qui peut seule procurer une désagrégation fine et complète; la durée nécessaire est en moyenne de 8 à 9 jours, mais, certaines années, ou pour les orges à amidon résistant, il faut aller jusqu'à 11 et 12 jours, et même, si l'on germe à température très basse, 12° à 13° comme maximum, une germination de 14 à 15 jours devient utile.

La désagrégation est d'autant plus fine et régulière que la germination est plus lente et, par conséquent, conduite à plus basse température. On peut le constater en particulier pour les malts anglais fabriqués d'après les anciennes méthodes en 14 à 15 jours à une température de 10° à 13° et dont la désagrégation est en général parfaite.

*b. Formation de sucres et respiration.* — Nous sommes ici en présence de deux phénomènes inverses, la respiration ayant justement comme effet la destruction des sucres; si celle-ci était exactement égale à la formation, il ne resterait aucun sucre dans le malt; si au contraire la respiration est moins active que la formation de sucres,

une quantité plus ou moins considérable de ceux-ci persistera à la fin de la germination.

D'autre part, plus nous aurons de sucres oxydés ou brûlés, plus nous perdrons de matière sèche, c'est-à-dire d'amidon, et plus la température s'élèvera dans les couches; or, comme nous le verrons, la quantité de matière sèche qui disparaît à la germination varie entre 8 et 18 pour 100 du poids de l'orge.

La quantité de sucre formée augmente avec la température des couches, avec le degré d'humidité, avec la régularité de la trempe; elle diminue au contraire quand l'amidon est très résistant, soit par suite de la nature de l'orge, soit par suite d'un travail irrégulier de la cytase.

La respiration, elle, augmente d'intensité avec la température, avec l'accès de l'air.

Considérons maintenant une couche d'orge d'une épaisseur de 15<sup>cm</sup> par exemple au germoir, et supposons qu'elle vienne d'être aérée; l'atmosphère des grains, c'est-à-dire l'air compris dans leurs intervalles, est constituée par de l'air ordinaire à 21 pour 100 d'oxygène. La respiration s'effectuant, cet oxygène est absorbé peu à peu, et remplacé par de l'acide carbonique, qui s'accumule, et au bout de quelques heures, d'autant plus vite que la température sera plus élevée, l'atmosphère des couches ne comprendra plus que des quantités de plus en plus faibles d'oxygène; celui-ci finira même par disparaître totalement.

Pendant ce temps, la température de la couche s'est élevée par le fait même de la respiration, de sorte que la formation de sucre va en croissant; or, comme la respiration se ralentit et finit même par s'interrompre, il s'accumule dans le grain des quantités de sucre de plus en plus grandes; l'amidon de l'endosperme se corrode et disparaît en partie, dans les régions les plus voisines de l'embryon; c'est ce qui se produit, quand on laisse l'orge sans renouveler l'atmosphère pendant 12<sup>h</sup> à 24<sup>h</sup> (c'est ce que l'on appelle la prise des couches), au moment où la germination est très active, soit vers le 3<sup>e</sup> ou le 4<sup>e</sup> jour, ou bien quand, par suite d'une trempe exagérée ou d'arrosages trop copieux, les enveloppes du grain, gorgées d'eau, ne permettent pas un accès d'air suffisant.

Le résultat de cette asphyxie du grain à température élevée est donc d'y accumuler de grandes quantités de sucre, comme saccharose surtout, et en outre, après touraillage, l'amande apparaîtra comme vidée et sans consistance sur une longueur plus ou moins grande à partir des cellules en palissade.

Supposons maintenant que l'on aère fréquemment la couche en la pelletant par exemple; ceci produit un double effet, renouvellement d'oxygène, refroidissement et dessiccation du grain; en effet, les grains étant dispersés par la pelle au contact de l'air, il se produit une évaporation d'eau, et par suite un abaissement de température sans compter celui qui provient de la simple conductibilité ou du contact avec le sol froid du germoir; ces deux dernières causes sont d'ailleurs relativement peu importantes. Le renouvellement d'air étant fréquent, la respiration est toujours active et par conséquent la quantité de sucre détruite est fortement augmentée: on a donc moins de sucre préexistant dans le malt à la fin de la germination, mais une plus grande quantité d'amidon a disparu, et l'évaporation d'eau sera aussi augmentée par suite des pelletages.

Dans ce cas, la perte de matière sèche dépendra donc de la température initiale et de la fréquence des pelletages; or la température initiale sera réglée à la fois par la température du germoir et par l'épaisseur des couches, car il existe un refroidissement par conductibilité et par évaporation, d'autant plus faible que la surface extérieure de la couche sera plus petite, c'est-à-dire la couche plus épaisse.

Comme conclusion, une température élevée de germination conduira donc à une forte accumulation de sucre, si l'on ne fait pas de fréquents pelletages, et si l'orge est en couches épaisses; elle donnera une grosse perte à la germination, si l'on renouvelle souvent l'atmosphère des grains.

Il faut donc, au point de vue économique d'abord, avoir une germination froide et des couches minces, de manière à réduire au minimum les pelletages et la perte par respiration. La conduite froide présente aussi des avantages au point de vue de la qualité du malt et de la conservation des bières.

En effet, un malt contenant beaucoup de sucres tout formés, ou, comme on dit, de sucres préexistants, ceux-ci peuvent être caramélisés au touraillage et fournir un malt plus coloré. Ceci est utilisé dans le cas des malts bruns, genre Munich.

En outre, les sucres préexistants ne sont pas modifiés sensiblement au brassage, et ils disparaissent dès le début de la fermentation principale; il en résulte que de tels malts, riches en sucres préformés, donneront une atténuation principale plus forte, indépendamment de tout travail de brassage, et une fermentation secondaire réduite, c'est-à-dire souvent des bières peu chargées d'acide carbonique.

L'oxydation des sucres, par respiration, est toujours accompagnée

d'une formation d'acides organiques comme produits accessoires, et ces acides agissant sur les phosphates, créent une quantité de phosphates acides ou primaires de potasse et de chaux, d'autant plus grande que la respiration a été plus active; ces phosphates influent grandement sur la solubilité des matières azotées du malt pendant le brassage.

Nous arrivons donc pour la formation des sucres à la même conclusion que pour la désagrégation, c'est-à-dire à la nécessité d'une germination froide et lente.

Pour donner une idée de la formation des sucres, nous citerons les dosages suivants en milligrammes de saccharose et de sucre réducteur en glucose, effectués sur un même nombre de grains, aux diverses phases de la germination.

	Jours.								
	1 <sup>er</sup> .	2 <sup>e</sup> .	3 <sup>e</sup> .	4 <sup>e</sup> .	5 <sup>e</sup> .	6 <sup>e</sup> .	7 <sup>e</sup> .	8 <sup>e</sup> .	9 <sup>e</sup> .
Saccharose.....	413	420	426	433	437	453	476	542	642
Sucre réducteur en glucose.	49	86	187	269	319	363	394	417	402

D'après ce que nous venons de dire, il est bien évident que ces dosages n'ont pas une portée générale et que les chiffres varieront suivant l'orge, la trempé et la marche de germination. Nous voulons simplement noter que, pendant la période active de la germination, le saccharose a ici un peu augmenté, tandis que le sucre réducteur s'accroît constamment. Dans les derniers jours de germination où la vie du germe est très ralentie, c'est l'inverse, de sorte que nous retrouvons la même marche à la fin de la germination et pendant la trempé, commencement et fin de l'existence de l'embryon.

*c. Transformation des phosphates et acidité.* — L'acidité totale augmente pendant la germination, mais cet accroissement ne se rapporte pas aux acides libres; comme nous l'avons signalé plus haut, et d'après les recherches de Fernbach et de Prior, il s'agit surtout d'une formation de phosphates acides.

Nous reproduisons, d'après Prior, la marche de l'acidité en centimètres cubes de soude N/10 par 100<sup>g</sup> de matière sèche pour une couche.

	Orge.	2 <sup>e</sup> jour.	4 <sup>e</sup> jour.	6 <sup>e</sup> jour.	8 <sup>e</sup> jour.
Acidité totale.....	42,79	45,73	62,24	66,73	66,48
Acidité volatile.....	7,52	5,45	5,03	5,09	4,63
Acidité organique fixe.....	6,65	7,63	6,41	9,51	7,71
Phosphates primaires.....	32,67	34,20	53,32	51,94	56,80
Acide phosphorique correspondant en milligrammes.	2320	260	379	369	403
Acide phosphorique total..	968	882	1038	923	941

Il en résulte que la quantité de phosphates primaires ou acides a presque doublé pendant la germination; les acides organiques créés comme produits accessoires de la respiration agissent, en effet, soit sur les phosphates secondaires, soit même sur le phosphate tricalcique de l'orge. Dans le premier cas, ils fournissent un phosphate primaire et un sel de potasse ou de chaux; quand il s'agit de phosphate tricalcique, on obtient d'abord un phosphate secondaire, et ensuite, si la dose d'acide organique le permet, un phosphate primaire.

La quantité de phosphates secondaires varie donc aussi suivant la marche de germination et la nature de l'orge.

Quelques auteurs estiment que les phosphates acides n'existent pas en réalité dans le malt et se forment seulement pendant l'extraction du malt avec l'eau, et certaines expériences tendent à prouver aussi que les ferments du malt jouent un grand rôle dans la formation d'acidité, puisque celle-ci augmente avec le temps de contact, surtout aux températures inférieures à 60°, degré critique pour les bactéries. Au point de vue pratique, cette distinction ne paraît pas avoir une grande importance, puisque le malt est toujours employé au contact de l'eau et il semble équivalent que les phosphates existent réellement dans le grain, ou se forment simplement en présence de l'eau. Nous continuerons donc à admettre que les phosphates se trouvent réellement dans le malt.

*d. Matières azotées.* — Ces transformations constituent un chapitre encore très obscur à cause de l'insuffisance de nos connaissances sur les albuminoïdes et sur la séparation des divers termes de cette série.

Le fait certain c'est qu'il se produit pendant la germination une solubilisation importante d'azote, et qu'il se forme des matières azotées assimilables par la levure.

Nous citerons à cet égard les nombres fournis par divers auteurs: Behrend indique les proportions suivantes d'azote à l'état soluble pour 100 de l'azote total :

		Heures.					
Orge.	Orge trempée.	41.	89.	113.	137.	185.	209.
13,1	10,7	17,0	33,5	35,2	36,2	38,2	41,6

La proportion d'azote soluble serait dans le malt vert trois fois plus grande qu'elle n'était dans l'orge, et la solubilisation subirait un

accroissement très énergique, entre le 2<sup>e</sup> et le 4<sup>e</sup> jour, c'est-à-dire au moment où la germination est la plus active. Ces nombres n'ont naturellement pas une portée générale, ils sont modifiés par la nature de l'orge et par la conduite de la germination.

Quant à la répartition de l'azote soluble, nous pouvons citer les nombres de Hilger et Van der Becke se rapportant à une germination de cinq jours seulement, c'est-à-dire anormale, les chiffres sont exprimés en milligrammes d'azote pour 100<sup>g</sup> d'orge; il y a lieu aussi de faire des réserves sur le taux de peptone, qui comprend certainement de la fibrine et des globulines:

	Azote				
	albuminoïde.	des peptones.	ammoniacal.	des acides amidés.	des amides.
Orge.....	60,0	4,6	16,9	41,7	»
Malt vert....	167,1	5,8	29,0	141,7	50,5

Les amides ne se trouvent pas dans le grain, mais seulement dans les radicules.

D'autre part, Osborne a étudié la composition des matières azotées albuminoïdes solubles; il indique comme existant dans le malt: la *leucosine*, soluble dans l'eau et coagulable par la chaleur, deux protéoses, insolubles dans l'eau, mais se dissolvant dans les solutions salines, et dont l'une est nommée *bynédestine*; un corps insoluble dans l'eau et les solutions salines, mais soluble dans l'alcool, la *bynine*.

Les séparations des diverses formes d'azote sont passablement aléatoires, notamment en ce qui concerne les acides amidés et les peptones, et la présence même de ces derniers n'est pas absolument démontrée; d'autre part, les méthodes de dosage, par précipitations fractionnées comme les a pratiquées Osborne, ne présentent pas non plus une grande certitude.

Kukla a introduit la notion de matières azotées solubles coagulables et non coagulables, en se basant sur ce fait d'observation pratique que certains malts, riches en azote soluble non coagulable, donnaient des bières défectueuses et comme qualité et comme conservation; cette distinction n'est pas non plus absolue, puisque nous savons que la quantité de matières azotées coagulées par la chaleur dépend de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu; elle dépend aussi des proportions de phosphates acides et neutres, même de la température et de la durée de chauffe; toutefois l'examen des matières solubles, coa-

gulables ou non, fait d'une façon toujours identique, permet d'obtenir des renseignements très utiles au point de vue pratique.

Kukla a montré que la proportion de matières azotées solubles augmentait très fortement quand la germination était conduite avec une grande humidité et à température élevée; d'autre part, elle s'accroît aussi avec la longueur des plumules et avec la température, tandis que les coagulables, s'élevant dans une germination normale, subissent une destruction quand la germination n'est pas conduite d'une manière convenant à l'orge employée. Kukla a constaté, entre autres choses, que la dose d'azote non coagulable devenait notablement plus grande quand le malt vert subissait une sorte d'asphyxie, avec élévation de température, c'est-à-dire quand on laissait prendre les couches, au moment où la germination est la plus active; ceci ne se produit pas, d'une manière sensible, si la prise a lieu vers le 5<sup>e</sup> ou 6<sup>e</sup> jour de germination, la germination ralentie donnant alors un échauffement faible de l'orge.

Enfin, la proportion d'azote soluble dépend aussi de la quantité de de ces matières existant dans l'orge, et pour les grains très riches, Kubla montre que la trempe avec de l'eau additionnée d'un peu d'acide sulfureux permet de réduire très sensiblement la dose de cet azote soluble non coagulable.

Enfin, Evans considère comme seules importantes les matières azotées absorbables par la levure et comprenant par exemple : la leucine, la tyrosine, peut-être la guanine et la vernine, etc. Evans a en effet constaté que la proportion de ces substances assimilables par la levure variait dans de larges limites, et que la conservation de la bière augmentait en raison inverse de l'azote restant à la livraison. C'est d'ailleurs aussi la conclusion de Kukla et la nôtre.

Une autre transformation intéressante des matières azotées a été signalée par Grüss, c'est la solubilisation pure et simple des matières azotées soit de l'endosperme, soit de l'aleurone, sans que ces substances cessent d'être à l'état d'albuminoïdes, et elles peuvent alors se répandre dans tout l'endosperme. Il en résulte au touraillage la production de grains glacés, ou bien de pointes glacées, ou même de granulations durcies dans l'amande.

Enfin, il paraît certain qu'une certaine quantité d'azote est éliminée par la respiration, et cette déperdition est très marquée, quand la germination a lieu avec une humidité excessive et une température élevée.

Nous reviendrons d'ailleurs sur les transformations de l'azote à

propos du malt sec; celui-ci est, en effet, la vraie matière première, et pendant le touraillage, les matières azotées subissent d'importantes modifications comme solubilité et comme touraillage; de plus les radicules étant éliminées, une quantité notable d'azote est ainsi enlevée; il paraît donc plus naturel de comparer le malt sec et dégermé à l'orge.

*e. Matières grasses.* — L'orge contient une petite quantité de matières grasses, soit 1 ou 2 pour 100, suivant l'espèce et la provenance; pendant le maltage, une portion plus ou moins grande de graisse disparaît, soit de 20 à 30 pour 100 suivant John, la température étant le facteur le plus important.

Il semble que les corps gras de l'orge soient dédoublés, peut-être par une diastase analogue ou identique à la lipase, en glycérine, utilisée pour la respiration, et matière grasse plus riche en acide combiné; on trouve en effet de telles substances dans les radicules.

Les modifications de la matière grasse paraissent avoir jusqu'ici peu d'intérêt pratique.

*f. Formation de pentosanes et d'hexosanes.* — Tollens a constaté pendant la germination un accroissement de pentosanes et avant lui, Stein avait indiqué une augmentation de cellulose.

Grüss a signalé que pendant la germination les radicules étaient entourées d'une gaine visqueuse de pentosanes et hexosanes, qu'il considère comme formés aux dépens du saccharose; cette modification semble elle aussi de peu d'importance au point de vue pratique; on peut la rapprocher de la création de pentoses aux dépens du saccharose, déjà observé pendant la conservation des betteraves.

#### CONDITIONS A RÉALISER.

Le but du malteur est évidemment de réaliser économiquement un malt de bonne qualité, c'est-à-dire de réduire autant que possible la perte d'amidon provenant de la respiration et d'obtenir un malt contenant peu d'azote soluble non coagulable, peu de sucres préexistants (sauf pour le malt Munich), et présentant une désagrégation complète et régulière, sans exagération, ou comme on dit *sais forçage*; nous avons vu quels étaient pour le brasseur les inconvénients d'un malt riche en sucres et en azote soluble; quant à la désagrégation, si elle est imparfaite, l'amidon étant plus résistant, on obtient une

saccharification se faisant seulement à haute température et qui fournit plus de maltodextrines peu fermentescibles. Si, au contraire, la désagrégation a été trop poussée, on a ce que l'on appelle un *malt forcé*, se saccharifiant déjà à basse température, et donnant beaucoup de maltose libre et peu de maltodextrines, c'est-à-dire conduisant à des atténuations principales très élevées et à une fermentation secondaire peu active et courte.

La perte de matière sèche par les radicules est également inévitable, mais elle importe à la qualité du malt, car les radicules renferment de 20 à 22 pour 100 de matière azotée ainsi enlevée au malt, et l'on doit chercher à produire des radicules fortes, contenant beaucoup de matière sèche, et par conséquent d'azote. C'est ce que l'on obtient avec les radicules *frisées*, et non avec celles qui sont *filantes*, c'est-à-dire minces et allongées. La germination doit se poursuivre régulièrement et il faut par conséquent donner au grain, par la trempé, une humidité suffisante, répartie aussi uniformément que possible, et conserver ce degré d'humidité au moins pendant toute la durée de la germination.

La respiration exige un accès d'air assez grand, et donne lieu à un dégagement de chaleur considérable; on calcule que si aucune perte de chaleur n'avait lieu, même par évaporation d'eau, la température s'élèverait de 200° environ; il faut donc renouveler l'air et modérer l'échauffement, en réduisant cependant, autant que le permet le souci de la qualité, la perte par respiration.

La longueur des plumules est presque toujours employée comme caractère pratique pour juger de la durée et de la température de germination. Cela est insuffisant, car le développement des plumules dépend dans une très large mesure de la température et de l'humidité, et nous savons que pour la désagrégation le temps est une nécessité. Comme la perte par respiration et la solubilisation d'azote augmentent avec la longueur des plumules, il y a intérêt à réaliser la désagrégation complète avec une longueur de plumule aussi petite que possible, sauf cependant le cas des orges très chargées d'azote. Nous arrivons donc à cette conclusion que les conditions à réaliser pratiquement sont les suivantes :

- 1° Assurer au grain, à la trempé, et lui conserver pendant toute la germination une humidité suffisante et régulièrement répartie.
- 2° Renouveler l'oxygène, éliminer l'acide carbonique, modérer l'échauffement.

3° Régler la durée et la température de façon à obtenir une désagrégation complète et régulière sans forçage.

4° Germer à basse température pour réduire les sucres préexistants, l'azote soluble et la perte de matière sèche par respiration au minimum.

5° Produire des radicules fortes, contenant beaucoup de matière sèche, et des plumules aussi courtes que le permettra la réalisation de la 3<sup>e</sup> condition : désagrégation complète et régulière.

Ces conditions peuvent être réalisées pratiquement de plusieurs manières, suivant que l'on emploie les germoirs, forme de beaucoup la plus répandue, ou les appareils pneumatiques; nous arrivons ainsi aux méthodes de germination.

*Germoirs.* — Ils se composent d'une aire avec une légère pente et constituée par des pierres calcaires ou granitiques à grain fin, ou par du ciment, quelquefois par de l'asphalte.

Le germoir est muni de cheminées d'appel destinées à la ventilation et il doit être installé de façon que sa température dépende le moins possible de celle de l'air extérieur; cela permet de prolonger la campagne de malterie, et d'obtenir en hiver une fabrication régulière.

Il convient donc que le germoir soit isolé thermiquement, ce que l'on obtient soit en employant des sous-sols, soit en donnant aux murs une épaisseur suffisante pour empêcher un refroidissement ou un échauffement excessifs.

Les anciens germoirs sont presque toujours obscurs et l'on attachait autrefois une grande importance à cette condition; actuellement, on préfère donner un éclairage modéré, le jour étant le mieux au nord, et cela rend possible un nettoyage beaucoup plus sérieux des locaux; aussi la moisissure a-t-elle complètement disparu, et l'odeur est-elle beaucoup plus saine.

Le choix du sol n'est pas absolument indifférent; les anciens malteurs estimaient que l'on ne pouvait remplacer les pierres calcaires, genre calcaire lithographique, et que le ciment non plus que l'asphalte ne donnaient jamais un malt parfait.

Les grands avantages de la pierre sont de constituer par son épaisseur un bon isolant du sol, c'est-à-dire que l'orge en contact avec elles ne se refroidit presque pas par conductibilité pendant l'hiver et ne se chauffe pas non plus au printemps; en second lieu, la

Pierre calcaire n'est pas entièrement imperméable; quand l'orge est étendue sur le sol, une partie de l'eau adhérente aux grains est bue par la pierre, et peut être restituée aux radicelles à une période plus avancée de la germination, de sorte que les couches sèchent moins facilement.

Il est certain que ni le ciment ni l'asphalte ne possèdent la même propriété; mais en ce qui concerne l'isolement thermique, celui-ci peut être réalisé tout aussi bien qu'avec la pierre, si l'on a soin de drainer la terre au-dessous du germoir, et de mettre une couche de béton assez épaisse, soit 15<sup>cm</sup> à 20<sup>cm</sup>, le ciment ou l'asphalte ne constituant qu'une simple chape imperméable. Il est clair qu'un germoir installé sur une couche de béton de quelques centimètres ne peut être considéré comme isolé de la terre.

La ventilation du germoir présente aussi une grande importance: si en effet elle est trop faible, l'acide carbonique et la vapeur d'eau s'accumulent, il y a des condensations d'eau, et la couche prend volontiers un mauvais goût ou moisit. Si au contraire la ventilation du local est trop énergique, la surface extérieure des couches se dessèche et l'on doit recourir aux arrosages.

Il est donc indispensable que les cheminées d'appel soient munies de registres, et en second lieu on doit préférer une ventilation qui ne balaie pas toute la longueur de la couche, lorsque celle-ci affecte, comme cela arrive souvent, une forme rectangulaire; les cheminées d'appel et les ouvertures d'air doivent être placées alors transversalement à la plus grande dimension.

Ajoutons enfin que le germoir doit être, au début de chaque campagne, blanchi à la chaux, ou nettoyé complètement si les murs sont laqués, et que le sol doit être lavé à grande eau, entre deux couches consécutives.

*Travail au germoir.* — L'orge décuvée est disposée en tas, d'une épaisseur variable entre 30<sup>cm</sup> et 60<sup>cm</sup>, suivant la nature des grains et les usines; c'est alors que se produit la trempe complémentaire et l'on plonge un ou plusieurs thermomètres dans le tas à diverses hauteurs.

Au bout de 24 à 36 heures le tas commence à s'échauffer, et l'on voit des grains qui piquent. On étale alors la couche à la pelle, sur une épaisseur de 20<sup>cm</sup> à 25<sup>cm</sup>, et l'on suit les variations de température soit à l'aide de thermomètres coudés, soit parfois à la main.

Les thermomètres doivent être plongés de manière que le réservoir

se trouve à mi-hauteur de la couche, car la température est plus basse soit à la surface, soit au voisinage du sol.

Pour modérer l'élévation de température et renouveler l'atmosphère des couches, on procède à des pelletages, c'est-à-dire que la couche est déplacée tout entière, avec la pelle, et on lui donne soit la même épaisseur, soit une épaisseur moindre, suivant que l'on veut restreindre plus ou moins l'échauffement. Si même il se produit un refroidissement, on augmente cette épaisseur.

Le nombre des pelletages est de 3 ou même 4 par 24 heures, au moment de la germination la plus active, c'est-à-dire du troisième au cinquième jour; ensuite on le réduit ordinairement à 2 par 24 heures.

L'épaisseur des couches est ramenée peu à peu à 7<sup>cm</sup>-12<sup>cm</sup>, suivant l'énergie de la germination; quant aux températures elles sont assez variables, dans quelques usines elles ne dépassent pas 16°-17°.

Le plus souvent la température s'élève jusqu'à 20° environ, et parfois même jusqu'à 25°.

La durée de germination est naturellement en raison inverse des températures, c'est-à-dire qu'atteignant 10 et même 12 jours avec un minimum de 15°-16°, elle ne dure plus que 7 à 8 jours avec un maximum de 20°-21°, et on la réduit à 5 jours quand on arrive à 25°.

C'est seulement dans la première méthode, c'est-à-dire la germination la plus lente et la plus froide, qu'on obtient la désagrégation complète et régulière, sans forçage, et sans les inconvénients correspondants, tels que forte perte au maltage, ou accumulation de sucres, azote soluble abondant, atténuations principales très élevées et conservation défectueuse.

On pratique souvent au germoir la *prise* des couches, c'est-à-dire qu'on s'abstient de pelletages pendant 12 à 24 heures, et cette opération peut être répétée deux ou trois fois pendant la germination.

Pendant la prise, la respiration se ralentit de plus en plus et finit par cesser; cependant, la température s'élève, et par suite les actions diastasiques prennent de l'importance: il en résulte en particulier une création de saccharose, de sorte que la prise augmente la quantité de sucres préexistants dans le malt; cet accroissement est d'autant plus marqué que l'élévation de température est plus grande, c'est-à-dire que la prise est faite à un moment de végétation plus active. On obtiendra donc une dose notable de saccharose, en faisant la prise vers le troisième ou quatrième jour; beaucoup plus faible sera l'augmentation de sucre, si la prise est faite seulement après le cinquième jour.

De même pour les matières azotées solubles et pour l'acidité, les formations de sucre, d'azote soluble et d'acidité seront d'autant plus grandes que la température même des couches avant la prise sera elle-même plus élevée.

La prise des couches, accélérant l'action des diastases, produit aussi une amélioration de la désagrégation très appréciable et à ce titre elle est pratiquée chaque fois que la nature de l'orge le permet; mais il est à recommander de ne l'effectuer que tard, soit après, au plus tôt, le quatrième jour de germination, et l'on peut encore la faire une seconde fois.

Ce qui vient d'être dit au sujet de la prise ne s'applique pas aux malts, genre Munich, pour lesquels les sucres préexistants sont désirables; la prise du troisième au cinquième jour est alors utile.

*Variations d'humidité.* — L'orge décuée contient en moyenne 42 à 45 pour 100 d'humidité; une fois placée au germoir, elle commence par subir une trempe complémentaire, c'est-à-dire qu'elle absorbe une partie de l'eau adhérent mécaniquement aux enveloppes, et cette absorption a une importance variable suivant les températures du germoir, comme le montre le Tableau suivant de Luff (*Ges. Brauwesen*, 1901, p. 353).

Au décuage.	Au piquage.	Température du germoir.
40,5	43,0	5 <sup>0</sup>
42,7	44,7	9
42,5	45,3	11
42,3	45,2	12
44,9	46,6	15

Ensuite le degré d'humidité est modifié par deux causes inverses : d'une part, l'évaporation d'eau des grains à la surface de la couche, et surtout pendant le pelletage; d'autre part, la vapeur d'eau formée par la respiration, ce qui constitue la sueur du grain. Suivant que la première cause de variations sera plus grande ou plus petite que la seconde, nous aurons une diminution ou une augmentation de l'humidité pendant la germination.

Or, si l'on détermine directement l'humidité du grain jour par jour, on constate que dans une germination normale la proportion d'eau va en augmentant : c'est ce qui résulte des essais de Luff et de ceux

de Gordon Salamon. Luff a fait ces dosages pour diverses températures du germoir et trouvé les nombres suivants :

	Température du germoir.		
	9°.	12°,5.	15°.
Décuvage .....	42,7	42,5	44,9
1 <sup>er</sup> jour.....	44,7	45,0	45,9
3 <sup>e</sup> » .....	»	45,3	»
4 <sup>e</sup> » .....	44,8	45,7	»
7 <sup>e</sup> » .....	»	»	46,5
8 <sup>e</sup> » .....	45,0	»	46,3
9 <sup>e</sup> » .....	»	46,3	»

En tenant compte de l'apport d'humidité fourni par la respiration, Luff trouve que la quantité d'eau vraiment évaporée pendant toute la germination, quand celle-ci est normale et que la sueur se produit, représente de 2 à 2,8 pour 100 du poids de l'orge mise en trempé; au contraire, elle s'élève jusqu'à 5 pour 100 si la sueur disparaît et dans ce cas la couche se dessèche.

M. Gordon Salamon indique pour l'orge de Sudbury, trempée 50 et 60 heures, les nombres ci-dessous :

	Décuvée.	Jours.					
		1 <sup>er</sup> .	2 <sup>e</sup> .	3 <sup>e</sup> .	4 <sup>e</sup> .	5 <sup>e</sup> .	6 <sup>e</sup> .
Trempée 50 heures...	41,50	42,6	41,97	41,7	40,8	40,3	41,0
Trempée 60 heures...	41,99	42,7	42,2	42,5	41,5	42,1	39,6

	Jours.					
	7 <sup>e</sup> .	8 <sup>e</sup> .	9 <sup>e</sup> .	10 <sup>e</sup> .	11 <sup>e</sup> .	12 <sup>e</sup> .
Trempée 50 heures.....	39,3	43,3	43,2	42,6	42,1	42,2
Trempée 60 heures.....	40,5	42,8	43,6	43,1	43,3	42,4

Nous avons, ici, la trempé complémentaire du début, mais très faible, puis une diminution et tout à coup au huitième jour un accroissement, qu'on n'avait pas dans les essais de Luff; en outre, pour l'orge trempée 60<sup>h</sup>, nous observons au cinquième jour une augmentation subite, suivie le sixième jour d'une baisse considérable; il y aurait donc là une germination anormale et l'on ne peut guère expliquer ces variations que par des arrosages de l'orge au germoir.

La grande cause de perte d'humidité est l'évaporation par les couches et surtout par le pelletage. L'évaporation superficielle sera d'autant plus grande que la température sera plus haute; de même, le nombre de pelletages s'accroîtra pour une température élevée.

Il en résulte donc que pour conserver l'humidité nécessaire à une

germination normale, les couches devront être conduites lentement et froidement, c'est-à-dire que nous arrivons toujours à la même conclusion donnée déjà par l'étude de la désagrégation, de la respiration et des transformations de matières azotées.

*Arrosages.* — Quand, par suite d'une trempe insuffisante ou d'une évaporation trop grande, on voit la couche se dessécher et la germination se ralentir, on pratique souvent un arrosage, soit avec une simple pomme d'arrosoir, soit avec un pulvérisateur.

C'est évidemment la pulvérisation qui remplit le mieux ce but; il s'agit, en effet, de donner le plus régulièrement possible, à tous les grains, l'eau qu'ils peuvent absorber, sans qu'il y ait par places un excès d'eau baignant le grain.

Cette pratique n'est pas recommandable même avec un pulvérisateur, *a fortiori* avec un arrosoir, sauf le cas où elle doit remédier à un défaut de trempe. On pratique alors l'arrosage tout à fait au début de la germination, au moment de la trempe complémentaire.

Plus tard, quand la germination est très active, c'est-à-dire vers le quatrième ou le cinquième jour, ou même plus tard, quand les couches se flétrissent, l'arrosage empêche l'accès de l'air dans le grain, et par conséquent il agit pour augmenter la dose de sucres préexistants, la quantité de matières azotées solubles, et celle de phosphates primaires.

Quand les arrosages sont fréquemment répétés ou trop abondants, il se produit du forçage, c'est-à-dire que les granules d'amidon sont dissous, sur une étendue plus ou moins grande à partir des cellules en palissade, et dans ce cas on a un malt riche en sucres, contenant beaucoup d'azote soluble et de phosphates primaires; au brassage, ce malt fournit des atténuations principales exagérées, une bière peu mousseuse sensible au froid et très altérable.

*Développement de la plumule et des radicelles.* — Le développement des radicelles s'apprécie non seulement comme longueur, mais encore comme vigueur, et le malteur recherche des radicelles frisées, épaisses, contenant beaucoup de matière sèche. On les obtient surtout avec les orges riches en azote et la germination lente et froide: la longueur moyenne est de 1,5 à 2,5 fois celle du grain.

Si au contraire la germination est très humide, les radicelles s'allongent, cessent de s'enchevêtrer, et l'on dit qu'elles sont filantes; elles sont alors très riches en humidité et comme matière sèche représentent une proportion moindre du poids d'orge. Il en résulte

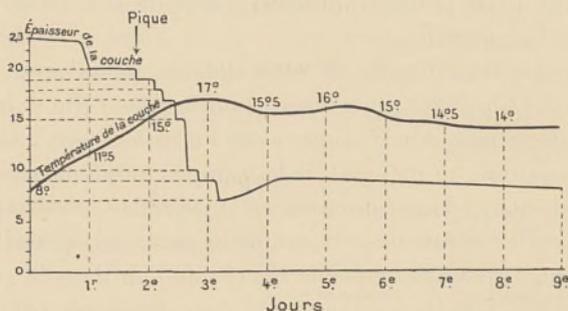
entre autres choses une moindre élimination d'azote pour le malt dégermé.

Les radicelles sont aussi souvent filantes quand les orges sont pauvres en azote.

Il en résulte que la longueur même des radicelles dépendra du temps, de la température et du degré d'humidité et qu'elle ne peut servir par conséquent de criterium unique pour juger si la germination a été faite correctement.

De même la plumule s'allonge très vite à température et à humidité fortes, de sorte qu'on ne peut plus se baser sur elle.

Fig. 26.



Malt Pilsen. Gerموir.

*Nota.* — On laisse 18 heures depuis le 2<sup>e</sup> jour, de 4<sup>h</sup> du matin à 10<sup>h</sup> du soir. Arrosage complémentaire chaque fois que la sueur n'est pas faite (60<sup>l</sup> à 70<sup>l</sup> par 130<sup>kg</sup> d'orge).

Dans la plupart des malteries on considère que le malt vert doit compter 85 à 90 pour 100 de plumules comprises entre  $\frac{2}{3}$  et  $\frac{9}{10}$  de la longueur du grain; le plus grand nombre dépassant  $\frac{3}{4}$ . On cherche à éviter ce qu'on appelle les *hussards*, c'est-à-dire les plumules sortant du grain et dépassant sa longueur, comme aussi les manquants, c'est-à-dire les grains non germés, ou ayant une plumule inférieure à la demi-longueur; mais on ne doit pas considérer comme une règle absolue que la germination doit donner des plumules très longues; au contraire, toutes les fois que la désagrégation complète peut être réalisée avec des plumules courtes, il y a avantage à le faire, tant au point de vue de la perte au maltage que de la qualité du malt; nous voulons parler de 40 à 50 pour 100 des plumules  $\frac{3}{4}$ , et 50 à 40 pour 100 des plumules  $\frac{2}{3}$ .

Toutefois, si l'orge est riche en azote, ou que son amidon soit très résistant, on est conduit à des plumules plus longues, soit 65 à

So pour 100 de  $\frac{3}{4}$  à  $\frac{9}{10}$  pour obtenir une désagrégation plus complète et une plus grande élimination d'azote par les radicules.

Nous donnons ci-dessous des Tableaux ou diagrammes représentant des marches de germination dans divers cas (*fig.* 26, 27, 28, 29).

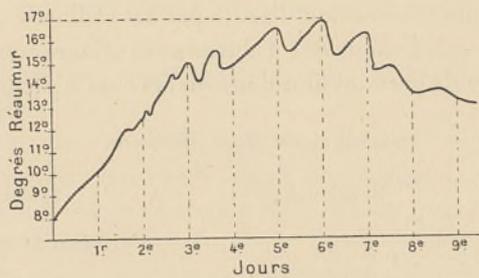
GERMOIR. — *Malt Moravie.*

Jours.	Tempé- rature R.	Retournages.		Fenêtres.	
0...	8 <sup>o</sup>	2 <sup>h</sup> matin.	Rien.	Fermées.	Soupiraux ouverts.
1...	8,5	2 <sup>h</sup> »	Retournage.	»	»
»...	9	10 <sup>h</sup> »	»	»	»
»...	9	4 <sup>h</sup> soir.	»	»	»
2...	9,5	2 <sup>h</sup> matin.	»	»	»
»...	10	10 <sup>h</sup> »	Tournée et élargie.	»	»
»...	10,5	4 <sup>h</sup> soir.	»	»	»
3...	11	12 <sup>h</sup> ,	arrosage avec 2 pour 100 d'eau.	»	»
»...	12	7 <sup>h</sup> matin.	Élargie.	»	»
»...	12,5	1 <sup>h</sup> soir.	»	»	»
»...	13	7 <sup>h</sup> »	à 8 <sup>h</sup> . Arrosages 2 pour 100 d'eau.		Ouvertes.
4...	14,5	3 <sup>h</sup> matin.	Labourée.		Soupirail bas.
»...	14	11 <sup>h</sup> »	»		»
5...	12,5	2 <sup>h</sup> »	»		»
»...	12,5	1 <sup>h</sup> soir.	»		»
6...	13	3 <sup>h</sup> matin.	»		Ouvertes. Soupirail fermé.
»...	12,5	4 <sup>h</sup> soir.	»		»
7...	12	12 <sup>h</sup> matin.	»		»
8...	11,5	12 <sup>h</sup> soir.	»		Fenêtres fermées.
9...	12	9 <sup>h</sup> mat.	Labourée avec fanage. Puis fanage au grenier de 24 à 36 heures.		»

GERMOIR. — *Malt pâle.*

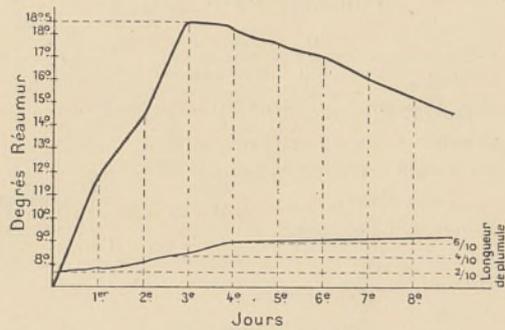
Jours.	Température centigrade.				Pelletages.		Hauteur de la couche après pelletage.	
	Gerموير.		Couche.		— Heures.		— cm	
	matin.	soir.	matin.	soir.	matin.	soir.	matin.	soir.
					<sup>h</sup>	<sup>h</sup>	cm	cm
1....	6,5	6,5	12	12,5	6	5	20	20
2....	6,7	7	12,5	12,7	6	5	20	20
3....	8	8,5	12,7	13,0	6	5	18	15
4....	9,5	9,7	13,0	14,7	6	5	15	13
5....	10,5	10,5	17,0	17	6	5	11	10
6....	10,5	10,5		17,5		5		10
7....	10,5	10,5		18		5		10
8....	10,5	10,5		17		5		10

Fig. 27.



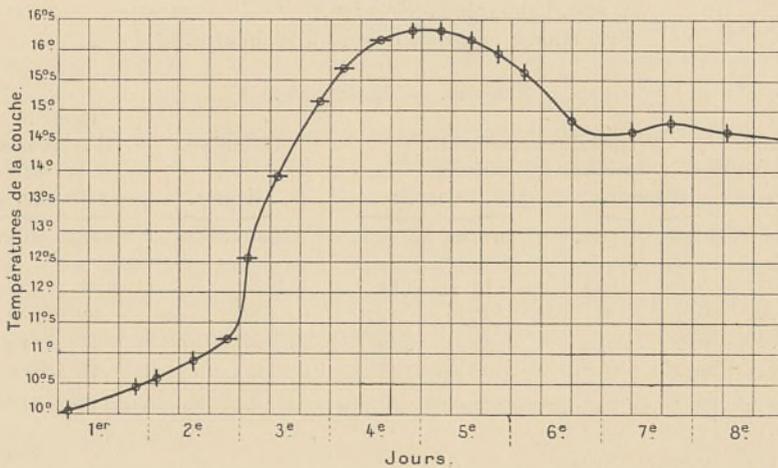
Germeir. Malt pâle.

Fig. 28.



Germeir. Malt brun.

Fig. 29.



Germeir. Température Réaumur (les pelletages sont figurés par des traits).

*Appareils pneumatiques.* — Les deux types de ce genre d'appareils sont les cases Saladin et les tambours Galland; leur principe est le même, c'est d'effectuer la germination dans un courant d'air saturé de vapeur d'eau et dont la température peut être réglée à volonté.

Dans le germoir, nous avons vu que le renouvellement d'oxygène et l'élimination d'acide carbonique se faisaient d'une façon intermittente par les pelletages et de même la température présente des variations brusques, puisque après chaque pelletage elle subit une chute souvent considérable.

Dans les appareils pneumatiques au contraire, au moins en principe, l'élimination d'acide carbonique est continue, et le refroidissement se fait à chaque instant, la température de l'air s'élevant pendant que celle de la couche s'abaisse d'une manière correspondante. Le refroidissement est accentué par l'évaporation d'eau empruntée à la couche, car l'air sortant saturé et plus chaud contient à l'état de saturation une quantité de vapeur d'eau plus grande par mètre cube.

Dans les deux systèmes, la ventilation a lieu mécaniquement, et l'on a toujours un *échangeur* destiné à saturer l'air d'humidité et à régler au besoin sa température.

*Échangeurs.* — Il en existe divers types : l'ancien modèle comprenait simplement une tour à coke ou remplie de piles de bois. L'eau coule en filets minces de haut en bas, tandis que l'air circule de bas en haut, appelé par un ventilateur. Comme ces dispositifs présentaient l'inconvénient de prêter au développement, dans l'échangeur, de moisissures passant en partie dans l'air, et que, d'autre part, l'air était imparfaitement saturé, on a construit d'autres appareils, par exemple une série de planches verticales séparées par de faibles intervalles ou bien de la paille de bois ou de fer, constamment arrosés de haut en bas et l'air passant en sens inverse. Ces deux derniers dispositifs fournissent une saturation complète, c'est-à-dire de l'air ayant un degré hygrométrique de 99,5 à 100.

Les échangeurs doivent présenter une très grande surface de contact entre l'air et l'eau. Les pulvérisateurs conviennent également bien, et il ne suffit pas, par exemple, pour obtenir la saturation, d'aspirer l'air, à la surface d'un cours d'eau circulant sous voûte.

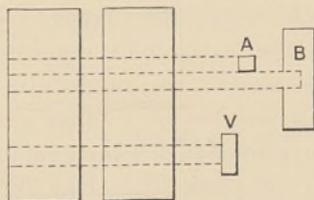
L'air est aspiré avec une dépression très faible, 5<sup>mm</sup>-10<sup>mm</sup> d'eau pour les cases Saladin, 15<sup>mm</sup>-40<sup>mm</sup> d'eau pour les tambours Galland.

La germination dans les appareils pneumatiques peut se faire théoriquement en toutes saisons, à condition de régler en conséquence la température de l'air; en hiver, cela ne présente point de difficultés, et l'on en est quitte pour réchauffer un peu l'eau, et pour réduire aussi un peu le débit de l'air. En été, au contraire, l'emploi de glace ajoutée à l'eau de l'échangeur serait insuffisant, l'air extérieur étant à une température très élevée. On a recours alors à des faisceaux de tuyaux à l'intérieur desquels circule le liquide incongelable à  $-5^{\circ}$  ou  $-8^{\circ}$  fourni par une machine frigorifique et l'on fait passer sur cette tuyauterie l'air, soit avant son entrée dans l'échangeur, soit entre l'échangeur et les cases. Il se refroidit en abandonnant aux tuyauteries, la vapeur d'eau, en excès, de sorte que l'on évite ainsi les gouttelettes d'eau entraînées mécaniquement. Quelquefois on se contente de disposer dans le local des cases une tuyauterie frigorifique, mais le réglage est naturellement beaucoup moins parfait.

*Cases Saladin.* — On doit avoir autant de cases que l'on veut consacrer de jours à la germination, soit ordinairement 8 ou 9, quelquefois 10.

Chaque case est en maçonnerie cimentée, munie d'un faux fond

Fig. 30.



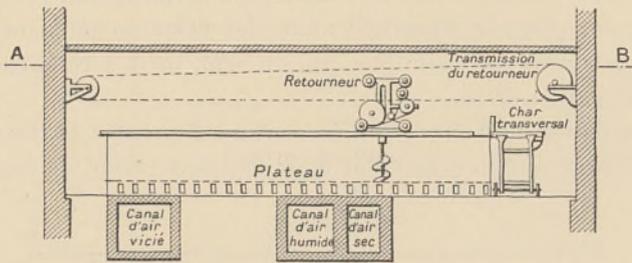
Cases Saladin.

A, prise d'air sec. — B, échangeur.  
V, ventilateur aspirant.

en tôle perforée, et communique à l'aide d'une vanne avec un canal souterrain, relié lui-même au ventilateur; d'autre part, les cases étant placées dans un local clos, soit toutes ensemble, soit deux par deux, un deuxième canal communique avec l'échangeur, de sorte que, par aspiration du ventilateur, l'air saturé d'humidité se répand dans le local, traverse les cases de haut en bas, et par le double fond est évacué vers le ventilateur. Les vannes permettent de régler pour chaque case, d'une façon indépendante, le débit d'air.

Pour 3 ou 4 cases, on dispose en outre d'un retourneur mobile, qui peut être facilement transporté d'une case dans une autre. Ce retourneur est constitué par plusieurs hélices, suivant la largeur de la case, et monté sur un chariot commandé par une crémaillère et une transmission. Le retourneur est ainsi animé d'un double mouvement, translation, suivant la longueur de la case, et rotation des hélices autour de leur axe. La longueur des hélices est calculée de telle sorte qu'elles rasant la surface du faux-fond, sans peser sur celui-ci.

Fig. 31.

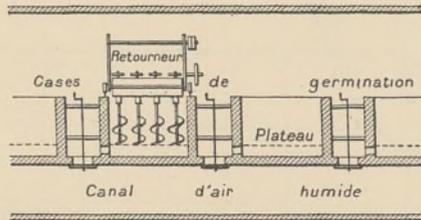


Malterie pneumatique, cases Saladin.

Échelle  $\frac{1}{200}$ .

Les figures 30, 31, 32 montrent la disposition du retourneur et des cases suivant deux coupes, ainsi que le plan d'installation.

Fig. 32.



Malterie pneumatique, cases Saladin.

Échelle  $\frac{1}{200}$ .

L'effet de ce retourneur est facile à comprendre, il empêche les radicelles de s'enchevêtrer, et, par conséquent, la couche de prendre en masse; d'autre part, il amène à la surface de la case le grain voisin du faux-fond, tandis que les parties superficielles sont ramenées en profondeur.

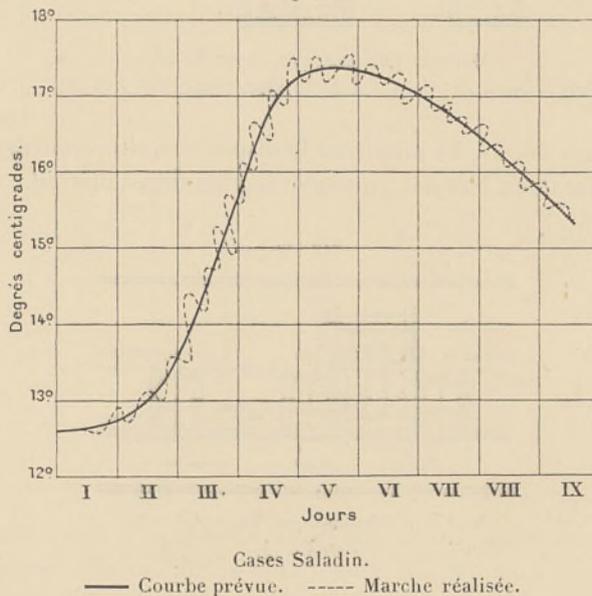
L'orge est décuvée dans les cases, formant une épaisseur de 40<sup>cm</sup>

à 50<sup>cm</sup>; on fait un peu de ventilation intermittente, pour favoriser la trempe complémentaire et fournir déjà l'oxygène nécessaire au jeu des diastases et à la vie du germe.

Dès que la température constatée par un ou plusieurs thermomètres commence à s'élever dans les couches, on augmente la ventilation et l'on règle le débit de celle-ci de façon à suivre aussi exactement que possible la marche de température tracée d'avance. Les retournages se font à peu près comme les pelletages au germoir, c'est-à-dire 2 fois par jour au début, 3 ou 4 fois au moment de la germination la plus active, et ensuite 2 fois vers la fin de la germination. C'est précisément pour pouvoir retourner toutes les cases au moment voulu, qu'il est nécessaire d'avoir non pas un seul, mais 2 retourneurs au moins par jeu de cases.

La ventilation doit être exercée continuellement à partir du moment où l'orge pique, et le débit d'air seul doit varier, de façon que,

Fig. 33.

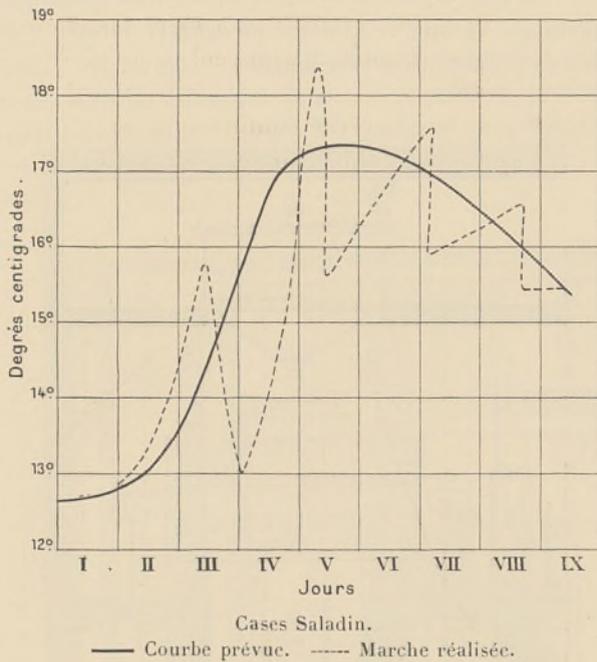


si l'on construit une courbe ayant comme abscisses les temps et pour ordonnées les températures, on ait un tracé sinueux, mais s'écartant le moins possible de la courbe tracée d'avance, pour représenter la marche théorique de la germination. Avec des hommes soigneux, on peut arriver à n'avoir pas d'écart dépassant 1 degré entre la courbe pra-

tique et la courbe théorique. Dans la figure 33 on a marqué en plein la courbe théorique, et en pointillé la courbe réalisée pratiquement dans une bonne marche.

Dans quelques usines, on ne fait pas de ventilation continue par raison d'économie, et l'on attend que la couche se soit notablement échauffée pour faire une forte ventilation qui abaisse la température de 4°-10° en une fois; ensuite on interrompt et l'on attend un nouvel échauffement pour envoyer de l'air. La figure 34 répond à cette

Fig. 34.



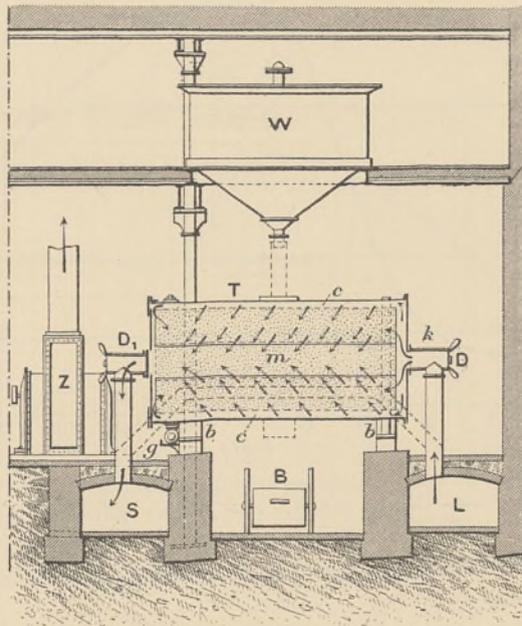
marche tout à fait mauvaise et qui ne permet pas d'obtenir un malt de bonne qualité.

Toujours par raison d'économie, on supprime aussi parfois le retourneur mécanique, et l'on se contente de monter une case en sur-nombre; on fait alors passer chaque jour, et à la pelle, le contenu d'une case dans la suivante, ce qui revient à faire un pelletage par 24 heures; ce procédé est acceptable pour le début et la fin de la germination, ou encore à la rigueur pour des orges à germination peu active; mais, si l'orge pousse vigoureusement, il se forme des mottes plus ou moins volumineuses, qu'on a beaucoup de peine à briser sans

rompre en même temps une partie des radicules, et les grains qui ont perdu leurs radicules deviennent naturellement incapables de continuer leur développement. En tout cas, pour que ce système sans retourneur mécanique donne de bons résultats, il faut des ouvriers entièrement soigneux et habitués à ce travail. Il en est de même, *a fortiori*, si l'on retourne dans la case même, comme cela se fait dans quelques malteries.

D'après ce que nous venons de dire, il est évident que des cases sans ventilation d'air saturé d'humidité correspondent à un très mauvais germeoir, où l'on travaillerait en couches très épaisses, avec très peu de pelletages, et que ce système ne saurait donner que du malt forcé, avec une germination très inégale.

Fig. 35.



Malterie pneumatique système Galland : coupe d'un tambour.

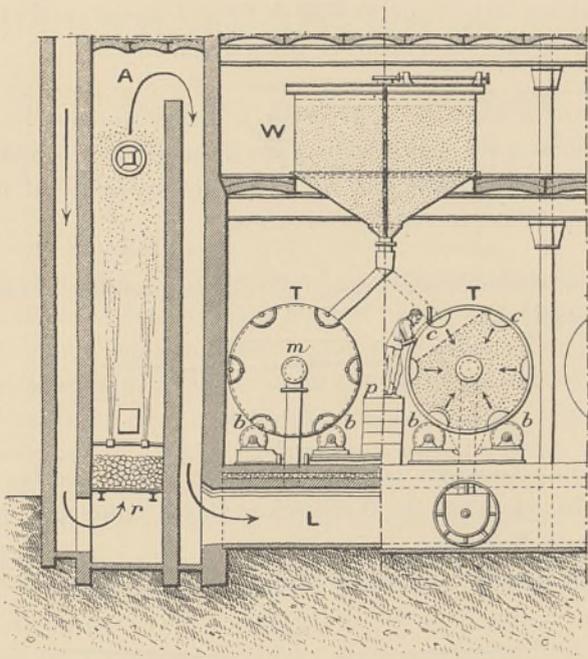
Dans quelques installations de cases, les canaux sont munis de registres permettant d'interchanger le sens de la ventilation, c'est-à-dire qu'après avoir fait passer pendant quelque temps l'air à travers les couches de haut en bas, on le fait ensuite arriver de bas en haut. Ceci a pour but d'assurer une répartition plus régulière de l'humidité et de l'air. En effet, si l'on opère toujours dans le même sens, l'air qui

entraîne toujours avec lui une certaine quantité d'eau en gouttelettes dépose cette eau sur les premiers grains qu'il rencontre, c'est-à-dire en général à la surface extérieure; et ceux-ci sont alors dans des conditions d'humidité très grande.

De même, avec un sens unique, ce sont toujours les grains de la surface qui reçoivent de l'air frais tandis que ceux du fond n'ont plus que de l'air mélangé plus ou moins fortement d'acide carbonique. Ce dernier point a peu d'importance, les volumes d'air employés étant très grands, de sorte que la teneur en acide carbonique à la sortie est toujours faible.

*Tambours Galland.* — Appareils se composant de cylindres horizontaux, mobiles autour de leur axe, et celui-ci, perforé, communique avec un ventilateur aspirant. Le tambour est muni d'une double

Fig. 36.



Malterie pneumatique système Galland.

enveloppe perforée à l'intérieur, et de deux valves, permettant de faire pénétrer de l'air saturé d'humidité dans cette double enveloppe. L'air

passé de la double enveloppe à travers le grain, rejoint l'axe perforé, et de là le ventilateur.

Le retournage est effectué par la rotation du tambour; celle-ci se fait à intervalles éloignés et pendant 1 heure ou 2 heures à la fois au début, ensuite on augmente le nombre et la durée de ces périodes et l'on finit par une rotation presque continue. Les figures 36 et 37 représentent la marche de l'air dans l'appareil. Pour que le retournage s'effectue dans ces conditions, il est nécessaire que le tambour conserve un certain vide, permettant à l'orge de se déplacer facilement, et d'autre part, pour que la ventilation soit effective, il faut que l'axe perforé soit constamment couvert. La quantité d'orge versée dans chaque tambour doit donc être réglée en tenant compte de ces deux conditions et l'on est quelquefois amené pour y satisfaire à augmenter ou à diminuer la quantité de grain pour laquelle ce tambour a été prévu par le constructeur.

Le réglage des températures se fait justement comme pour les cases, en faisant varier le débit d'air de façon à suivre aussi exactement que possible le tableau de marche tracé d'avance.

*Variations d'humidité.* — D'après divers auteurs les cases se comporteraient à cet égard comme un germoir, avec conduite normale des couches, tandis que les tambours fourniraient une perte d'humidité pendant toute la germination.

Luff (*Gesammte Brauwesen*, 1901) donne comme Tableau d'humidité pour une case

Décuvage.	Jours.				
	1 <sup>er</sup> .	3 <sup>e</sup> .	5 <sup>e</sup> .	7 <sup>e</sup> .	8 <sup>e</sup> .
42,7	43,2	43,9	48,0	47,1	48,5

En ce qui concerne les tambours, on peut citer les essais de Pfahler et Nauck, ceux de Windisch et Hasse, enfin ceux de Gordon Salamon et de Seldmayr.

Pfahler et Nauck donnent les proportions d'humidité suivantes :

Jours.									
1 <sup>er</sup> .	2 <sup>e</sup> .	3 <sup>e</sup> .	4 <sup>e</sup> .	5 <sup>e</sup> .	6 <sup>e</sup> .	7 <sup>e</sup> .	8 <sup>e</sup> .	9 <sup>e</sup> .	
45,6	48,0	46,5	46,4	46,8	46,8	45,7	45,5	44,4	

et ils concluent à une évaporation d'eau de 6 à 7 pour 100 en tenant compte de la vapeur fournie par la respiration.

D'autre part, Windisch et Hasse ont étudié la répartition d'humidité séparément pour les deux moitiés du grain et cela dans deux cas : trempé continue de 72 heures et trempé aérée et arrosée, celle-ci dans le tambour lui-même, après 24 heures de trempé ordinaire dans la cuve :

*Trempé continue en dehors du tambour : 72 heures.*

	Orge.	Trempé.		
		24 heures.	48 heures.	72 heures.
Moitié de l'embryon.....	14,4	38,4	43,4	44,3
Moitié opposée.....	16,7	29,0	37,2	37,8

	Germination.					
	1 <sup>er</sup> jour.	3 <sup>e</sup> jour.	4 <sup>e</sup> jour.	5 <sup>e</sup> jour.	6 <sup>e</sup> jour.	8 <sup>e</sup> jour.
Moitié de l'embryon....	44,6	48,5	49,7	55,5	56,7	57,3
Moitié opposée.....	41,7	43,7	40,0	41,8	41,4	40,5

*Trempé aérée dans le tambour.*

	Orge.	Jours.							
		1 <sup>er</sup> .	2 <sup>e</sup> .	3 <sup>e</sup> .	4 <sup>e</sup> .	5 <sup>e</sup> .	6 <sup>e</sup> .	7 <sup>e</sup> .	8 <sup>e</sup> .
Côté embryon....	37,6	43,7	49,7	50,2	56,2	56,4	53,3	50,3	46,0
Côté opposé... ..	37,6	38,2	41,7	41,2	41,8	41,8	41,3	40,6	39,4

L'arrosage est interrompu après 5 jours écoulés.

Windisch et Hasse en concluent que la répartition de l'humidité est très différente dans les deux moitiés du grain. Elle augmente dans le côté de l'embryon pendant la période de germination, de la même façon qu'en pratiquant des arrosages du grain, tandis qu'il y a diminution d'humidité dans la moitié ne comprenant pas le germe.

La conclusion de Pfahler et Nauck, comme aussi de Windisch et de Luff, est que, dans les tambours, il se produit un arrosage continu par l'eau entraînée à l'état liquide dans l'air sortant de l'échangeur; et, en effet, Pfahler et Nauck ont constaté que cet air contenait jusqu'à 1,5 fois la proportion d'eau répondant à la saturation comme vapeur; au contraire, à la sortie, l'air est simplement saturé, c'est-à-dire que les gouttelettes liquides ont été en partie retenues par la couche, et en partie employées à saturer l'air échauffé. Ces auteurs pensent par suite que, dans le tambour, l'air doit être non seulement saturé, mais chargé de gouttelettes liquides, et que ce système de germination est très favorable au forçage d'une grande partie des grains.

Gordon Salamon cite comme humidités dans un tambour :

Décuvage.	Jours.							
	1 <sup>er</sup> .	2 <sup>e</sup> .	3 <sup>e</sup> .	4 <sup>e</sup> .	5 <sup>e</sup> .	6 <sup>e</sup> .	7 <sup>e</sup> .	8 <sup>e</sup> .
43,69	44,45	43,25	43,44	46,06	44,31	46,33	44,41	43,85

Il y a une variation brusque d'humidité du 3<sup>e</sup> au 4<sup>e</sup> jour, puis constance presque complète et enfin une légère diminution le dernier jour, mais l'humidité finale est sensiblement égale à celle de l'orge décuvée. On peut dire cependant, en tenant compte de la trempe complémentaire, qu'il y a eu perte d'humidité, mais très petite.

Enfin, Seldmayr a déterminé la quantité d'eau existant dans l'air au moment où il arrive au contact de l'orge, et constaté que cet air est le plus souvent simplement saturé, et contient, par moment seulement, 2<sup>s</sup> à 3<sup>s</sup> d'eau entraînée par mètre cube; il fait remarquer qu'une grande partie de l'eau venant de l'échangeur se dépose, avant d'arriver au grain, dans la valve d'admission de la tuyauterie, et que cela explique les quantités d'eau de sursaturation très grandes trouvées par Pfahler et Nauck. Seldmayr, en opérant avec des volumes d'air suffisants pour que l'échauffement soit d'environ 4°, n'a pas constaté d'évaporation d'eau, aux dépens de l'humidité apportée par l'orge trempée, et il donne comme teneur en eau du malt vert terminé 43 pour 100. Le même auteur considère que la sursaturation de l'air n'est nullement nécessaire et il conseille de refroidir légèrement, de 0°,5 par exemple, l'air avant son entrée dans le tambour, de façon à le débarrasser de l'eau entraînée à l'état liquide.

Si nous examinons maintenant ces diverses conclusions, nous voyons que, le tambour étant alimenté par de l'air à une dépression beaucoup plus forte que les cases, il est naturel que cet air entraîne une plus grande quantité d'eau liquide, mais on ne comprend pas bien comment la germination serait entièrement normale dans le cas des cases, et tout à fait anormale dans les tambours, puisque les échangeurs sont les mêmes, et qu'en somme, l'air amené aux cases doit être lui aussi un peu sursaturé.

Il paraît probable que nous sommes en présence d'expériences faites dans des conditions différentes, et, en effet, dans les essais de Pfahler et Nauck, la température de l'air à la sortie est à certains moments de 8° ou 9° supérieure à celle de l'entrée, tandis que Seldmayr n'avait qu'un écart de 4° et nous ne savons pas avec quelles différences de température Luff a opéré sur les cases.

On rencontre des malts soit de cases, soit de tambours, qui présentent un forçage très notable, tandis que d'autres sont parfaitement corrects; dans le premier cas, on ne prend aucune précaution pour débarrasser l'air de l'eau mécaniquement entraînée et l'on opère avec un grand écart de température entre la sortie et l'entrée, de telle sorte que la sursaturation est indispensable pour maintenir l'humidité du grain. On travaille évidemment alors dans des conditions anormales et le forçage est obligatoire.

Dans d'autres usines on prend les précautions nécessaires pour réduire ou supprimer la sursaturation, on emploie des volumes d'air suffisamment grands pour n'avoir que peu d'échauffement, et l'on obtient une germination et une désagrégation régulières.

Nous pensons cependant que le forçage par suite de la sursaturation est moins fréquent dans les cases, à cause de la dépression moins grande, et qu'il peut être évité aussi en alternant le sens du courant, c'est-à-dire en le faisant arriver tantôt par la partie supérieure, tantôt par le fond de la case. Ceci ne peut être obtenu dans les tambours, et il importe, par conséquent, de veiller à ce que l'eau entraînée puisse se déposer avant l'arrivée au tambour, soit en installant des ralentisseurs, soit en refroidissant légèrement, comme le conseille Seldmayr.

*Volumes d'air employés.* — La germination pneumatique nécessite d'énormes volumes d'air, d'autant plus grands que l'on veut maintenir une plus faible différence de température entre l'entrée et la sortie de l'appareil et que la température de l'air à l'entrée est plus haute.

On peut admettre que pour de l'air pris à 12°-13° et par 100<sup>kg</sup> d'orge mise en trempé, il faut compter en moyenne 4500<sup>m</sup> d'air si la différence de température atteint au maximum 8° à 9°, et 10000<sup>m</sup> à 11000<sup>m</sup> pour une différence de 4° à 5°. Il faut tenir compte de ces valeurs pour la section de l'échangeur, celle des canalisations et la puissance du ventilateur.

*Comparaison du malt de germoir et d'appareils pneumatiques.* — Au point de vue de la main-d'œuvre, les appareils pneumatiques sont certainement plus économiques et, en outre, ils exigent, pour une production identique, une surface moins grande. Cela se comprend aisément, car, d'une part, les couches dans les cases, par exemple, ont une épaisseur de 80<sup>cm</sup> et même 1<sup>m</sup>, au moment du gon-

flement le plus grand, tandis qu'au germoir les couches sont réduites jusqu'à 7<sup>cm</sup> ou 10<sup>cm</sup>; en outre, les appareils pneumatiques peuvent travailler toute l'année, tandis qu'on ne peut se servir du germoir que pendant 7 à 8 mois.

Pour la surveillance des appareils pneumatiques il faut des hommes très consciencieux, très soigneux, ayant constamment l'œil au thermomètre, et la main sur la vanne de réglage, et capables de suivre scrupuleusement un tableau de marche rationnellement établi; au germoir le personnel est plus nombreux, mais le travail est intermittent, puisque même au moment de la plus active germination on ne fait pas plus de trois ou quatre pelletages par 24 heures, et il n'y a pas besoin d'une surveillance aussi minutieuse.

Nous pensons donc qu'avec les germoirs il est plus facile de faire un malt de qualité convenable, et que les négligences momentanées ont moins d'influence qu'avec les appareils pneumatiques. Ceux-ci sont susceptibles de fournir un produit excellent, mais à condition d'une conduite et d'une installation parfaites; les moindres défauts d'installation et les négligences, même de courte durée, ont une répercussion immédiate et grande sur la qualité du malt et le forçage y est très facile.

Comme différences entre les malts fabriqués soit au germoir, soit dans les appareils pneumatiques, on peut citer la possibilité de réduire dans les pneumatiques la perte de germination, puisqu'il est beaucoup plus aisé qu'au germoir de maintenir des températures peu élevées et d'avoir une respiration régulière; on constate, en effet, que dans les cases la proportion de sucre réducteur est régulièrement plus faible qu'au germoir, tandis que celle de saccharose est constamment un peu plus élevée.

Au point de vue du pouvoir diastasique, nous citerons l'essai fait sur deux couches de même orge, travaillées 9 jours, l'une au germoir, l'autre dans des cases Saladin, celle-ci ayant une trempée moindre de 24 heures. On a pris le pouvoir diastasique du malt vert, fait au germoir égal à 100, à la fin de la germination.

	Jours								
	1 <sup>er</sup> .	2 <sup>e</sup> .	3 <sup>e</sup> .	4 <sup>e</sup> .	5 <sup>e</sup> .	6 <sup>e</sup> .	7 <sup>e</sup> .	8 <sup>e</sup> .	9 <sup>e</sup> .
Germoir . . .	0	0	0	5,5	13	21	37	91	100
Cases . . . . .	0	0	0	5,9	16	24	47	100	110

Dans cette expérience le pouvoir diastasique a donc augmenté plus rapidement dans les cases et il a atteint une valeur finale plus grande

de  $\frac{4}{10}$  environ à la fin de la germination. Cela concorde avec ce que nous avons dit plus haut, savoir que la quantité d'amylase s'accroissait avec l'accès d'oxygène.

Nous donnons ci-après les tableaux de marche d'une case Saladin et d'un tambour.

CASES. — *Tableau de germination.*

R = retournage. Températures centigrades.

Jours.	Heures.											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
I	matin...	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	soir.....	"	"	"	"	"	R	"	"	"	"	"
II	matin...	"	"	"	"	10,5	10,5	11	"	"	11	10,5
	soir.....	10,5	"	10	"	9,5	"	R	"	10	"	10
III	matin...	10	9,5	"	"	"	10	"	"	"	"	"
	soir.....	10,5	11	"	11,5	"	"	"	11,5	"	"	11,5
IV	matin...	R	"	12	"	"	"	11,5	"	"	"	11,5
	soir.....	11,5	R	"	12,5	12	"	12,5	12,5	"	"	12,5
V	matin...	12,5	R	"	14	13,5	13	12	"	"	12,5	12,5
	soir.....	12,5	R	"	15,5	15	14,5	12,5	"	"	"	12,5
VI	matin...	13	R	"	14	14,5	"	13,5	12,5	"	12,0	12
	soir.....	11,5	"	12	R	"	14,5	13,0	"	"	"	13
VII	matin...	12,5	"	"	13,0	"	"	12,5	"	"	R	14,5
	soir.....	15,0	14,5	13,5	"	14,5	"	"	14,0	13,5	13	13,0
VIII	matin...	13	"	"	12,5	"	"	R	"	14,0	13,0	13,0
	soir.....	13,5	"	"	"	13,0	"	"	"	12,5	"	13,0
IX	matin...	13,0	12,5	"	13,0	"	R	"	13,5	"	"	13,0
	soir.....	12,5	"	"	"	"	"	14,0	"	13,5	"	12,5
X	matin...	R	"	R	"	"	"	"	"	"	"	"

Température de ventilation : 9°.

*Tableau de marche d'un tambour.*

Jours.	Rotation.	Températures centigrades.		Observations.
		<sup>h</sup>	<sup>o</sup>	
I.....	6 à 10	<sup>h</sup>	<sup>o</sup> 14	
».....	12 à 2		14	
».....	5 à 7		15	
II.....	10 à 2		16	arroser
».....	4 à 6		16	
».....	9 à 11		16	
».....	1 à 3		17	
».....	6 à 8		17	

Tableau de marche d'un tambour (suite).

Jours.	Rotation.	Températures centigrades.	Observations.
III.....	<sup>h</sup> 11 à <sup>h</sup> 4	<sup>o</sup> 16	arroser
» .....	7 à 9	18	
» .....	11 à 1	17	
» .....	3 à 5	18	
» .....	7 à 8	18	
IV.....	1 à 3	19	
» .....	6 à 12	18	arroser
» .....	1 à 4	18	
» .....	7 à 9	19	
V.....	12 à 2	20	
» .....	5 à 7	18	
» .....	10 à 12	18	
» .....	2 à 4	17	
VI.....	6 à 8	19	
» .....	10 à 12	19	
VII.....	3 à 5	19	
» .....	8 à 10	20	
» .....	12 à 2	20	
» .....	4 à 6	19	
» .....	9 à 11	18	
VIII.....	2 à 4	20	
» .....	6 à 8	19	
» .....	10 à 12	19	
» .....	2 à 4	18	
» .....	7 à 9	19	
IX.....	12 à 2	20	
» .....	5 à 7	20	
» .....	10 à 12	21	
» .....	2 à 4	20	} à partir de 6 <sup>h</sup> du soir tourner constamment et faner à 20°.

## Fanage du malt.

Lorsque le malt a atteint la longueur de plumule répondant, dans les conditions de travail adoptées, à la désagrégation complète et régulière du malt, nous avons vu que l'humidité est au moins égale, et même supérieure à ce qu'elle était au décuvage, et, par conséquent, la vie du germe peut encore continuer; pour l'arrêter et empêcher une perte sensible de matière sèche, ou une action nocive des dias-

tases, on enlève une partie de l'humidité par le fanage, c'est-à-dire par une forte ventilation d'air non saturé d'humidité.

Cette opération se fait très facilement et complètement dans les appareils pneumatiques, puisqu'il suffit d'aspirer de l'air n'ayant pas passé par l'échangeur, et comme les volumes d'air sont très grands, on peut enlever rapidement au malt vert 10 à 15 pour 100 d'eau; le froid provoqué par cette évaporation contribue encore à restreindre l'action des diastases et la vie de l'embryon.

Dans les germoirs, on ouvre tous les orifices de ventilation, les couches étant aussi minces que possible, et l'on voit bientôt les racicelles se flétrir: c'est ce que l'on appelle *tuer la couche*; la dessiccation est naturellement bien moins grande et l'on arrive à réduire seulement de 4 à 8 pour 100, perte suffisante pourtant pour entraver la vie du germe.

Enfin, quelquefois, on fait une installation spéciale pour le fanage, en se servant d'un local dont le plancher est remplacé par un treillage sur lequel on place le malt vert en couche mince; un fort appel d'air est effectué soit à l'aide des cheminées, soit avec un ventilateur.

En dehors de l'arrêt de la vie du germe, le fanage présente l'avantage de rendre le touraillage plus facile pour les malts pâles, puisque ceux-ci arrivent moins humides à la touraille; ce fanage ne convient pas au contraire pour les malts bruns type Munich.

Pendant le fanage, l'activité des diastases est ralentie mais non pas complètement arrêtée, de sorte que la désagrégation peut encore se compléter, mais il ne serait pas prudent de compter trop sur cette action. C'est au germe seul que la désagrégation doit s'effectuer complètement.

#### Touraillage du malt.

La dessiccation du malt est toujours effectuée par un courant de gaz chaud, traversant le malt vert, celui-ci est disposé sur des plateaux en tôle perforée ou mieux en fils de fer ou d'acier entrecroisés et le tirage est provoqué soit par une cheminée surmontant la touraille, soit parfois par un ventilateur.

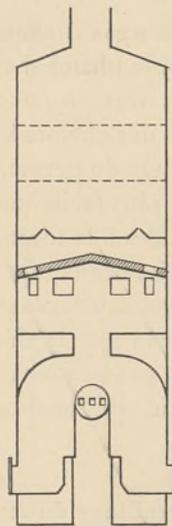
On peut distinguer plusieurs espèces de tourailles suivant le système de chauffage, le nombre de plateaux et la manière dont le tirage est obtenu. Nous avons ainsi les tourailles *à feu nu* et *à air chaud*, les tourailles à un ou à plusieurs plateaux, le tirage naturel et le tirage forcé.

Les appareils industriels sont presque tous discontinus; il en existe cependant quelques-uns dont la marche est automatique et continue.

*Touraille à feu nu.* — C'est le système le plus ancien que l'on trouve encore en France dans beaucoup de brasseries; les gaz de la combustion, produits dans un foyer, sont mélangés en proportion convenable à de l'air froid et sont amenés en contact direct avec le malt vert.

L'appareil comprend un foyer placé à la partie inférieure d'un bâtiment à section rectangulaire ou carrée et terminé à la partie supérieure par une cheminée; transversalement se trouvent le ou les deux plateaux. Dans la figure 37, représentant une touraille à feu nu,

Fig. 37.



Touraille à feu nu.

les gaz de la combustion arrivent dans un bâti en briques, appelé *cochon*, qui divise le courant gazeux en le faisant passer dans diverses ouvertures ménagées sur ses parois latérales, tandis que la surface supérieure est pleine. Ces gaz parviennent dans la chambre chaude C, où ils se mélangent à l'air froid, appelé par les registres *a*, disposés sur 2, ou mieux, 4 faces de la touraille. Ils traversent le plateau D et s'échappent par la cheminée E.

Ces tourailles sont à un ou à deux plateaux.

Les gaz du foyer étant en contact direct avec le malt, il faut

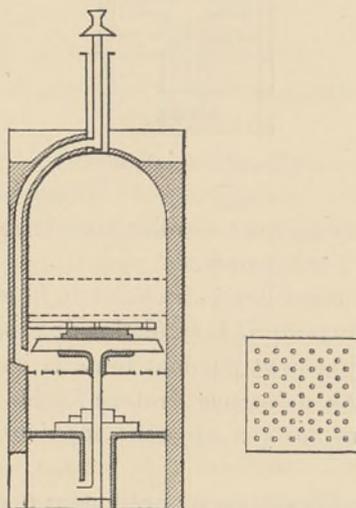
employer un combustible ne donnant pas de goudron capable de colorer le malt et de lui donner un goût particulier. On utilise exclusivement le coke, qui doit être choisi contenant peu de soufre, et des traces de matières volatiles seulement.

Le tirage des anciennes tourailles à feu nu est très souvent mauvais et irrégulier, il arrive même que l'eau s'échappant du malt aille se condenser à la voûte et retombe sur le malt; les dimensions de la cheminée comme diamètre et hauteur par rapport à la section du plateau sont le plus ordinairement mal calculées et la forme de la chambre au-dessous du plateau est aussi défectueuse.

*Tourailles à air chaud.* — Elles se présentent sous deux formes, tourailles à tubes et à calorifère; ces deux dispositions sont représentées figures 38 et 39.

Dans la touraille à tubes, les gaz du foyer circulent à l'entour de tubes en tôle, qui amènent l'air chaud dans un cochon semblable à

Fig. 38.

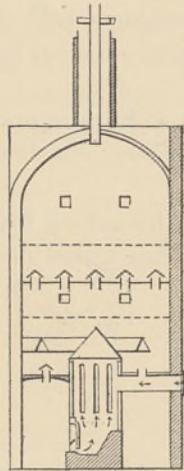


Touraille à tubes.

celui des tourailles à feu nu et qui divise cet air chaud avant de l'envoyer au plateau. Les ouvertures des tubes sont recouvertes de chapeaux, pour empêcher la chute des radicelles du malt; les gaz s'évacuent ensuite par une cheminée placée latéralement et rejoignent la grande cheminée de la touraille en faisant appel d'air.

Dans la touraille à calorifère, les gaz du foyer circulent dans une série de tubes métalliques, présentant une grande surface et autour desquels passe l'air froid; ils se dirigent ainsi vers un canal latéral qui rejoint la cheminée principale; inversement, l'air froid peut passer à l'intérieur des tubes. Il existe encore un cochon pour assurer une égale répartition de l'air chaud.

Fig. 39.



Touraille à calorifère.

On peut utiliser, pour les tourailles à air chaud, un combustible quelconque, houille par exemple.

Il existe quelques tourailles à air chaud où la source de chaleur est représentée par une tuyauterie à circulation de vapeur; on peut utiliser de la vapeur d'échappement pendant toute la durée de l'opération, sauf pour le maintien de la température finale. Si celle-ci est très élevée, on peut alors envoyer un petit supplément de vapeur vive dans les radiateurs.

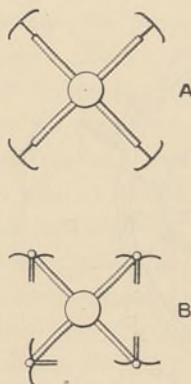
Les tourailles chauffées à vapeur présentent une facilité de réglage parfaite, par un simple robinet; elles sont cependant très peu répandues, parce qu'elles sont d'une installation un peu plus coûteuse et qu'elles fournissent un malt peu aromatique et très pâle.

Un organe très utile de la touraille est le retourneur mécanique; il se compose d'un arbre horizontal portant, perpendiculaire à son axe, une série de bras formant cuiller; l'arbre reçoit, par une chaîne, un double mouvement, l'un de translation horizontale, guidé par une

crémaillère, et l'autre de rotation autour de son axe (*fig. 40*). Il en résulte que le malt vert saisi par les bras est soulevé, puis rejeté sur le plateau, ce qui mélange la couche et assure la régularité de la dessiccation.

Dans beaucoup de brasseries, le retourneur mécanique n'existant

Fig. 40.



Retourneurs mécaniques.

A, palettes fixes. — B, palettes articulées.

pas, on se contente de faire à la main quelques pelletages. Ce travail devient extrêmement pénible dès que la température est un peu élevée, l'ouvrier étant obligé d'entrer dans la touraille. Il en résulte l'écrasement de grains et un pelletage très incomplet.

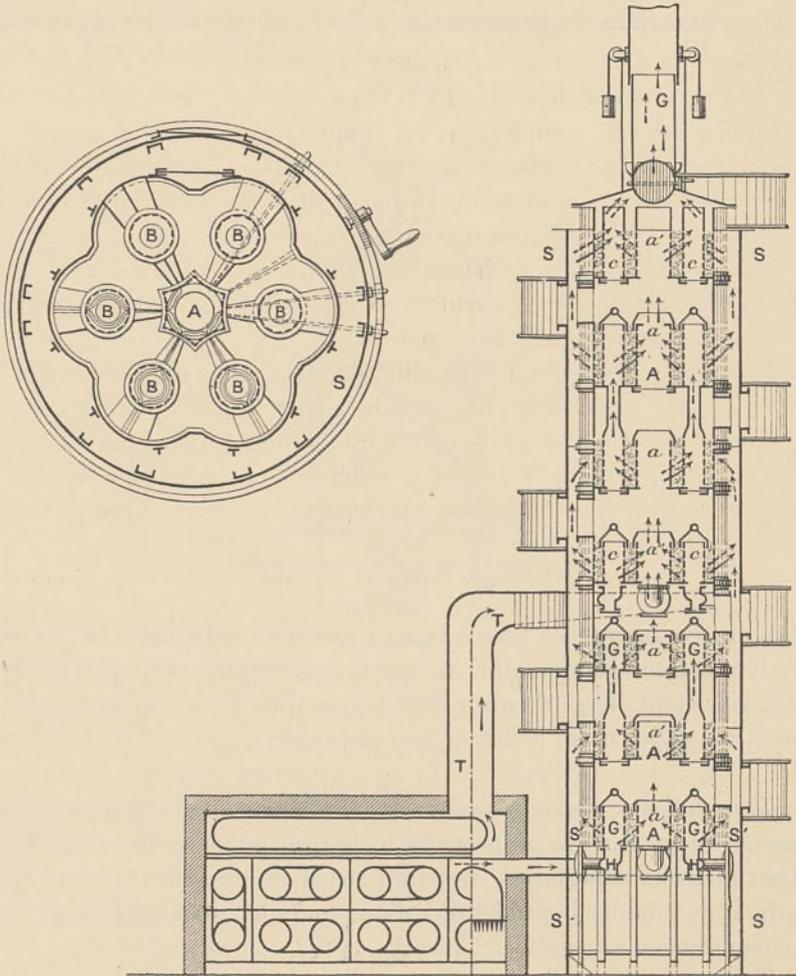
*Tourailles à plusieurs plateaux.* — Dans un grand nombre de brasseries et dans la plupart des malteries, les tourailles possèdent deux plateaux superposés, avec un écartement de 2<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>,50, ce qui permet de doubler la production d'une touraille, sans augmenter son encombrement en surface.

Presque toujours, la touraille à deux plateaux possède un seul jeu de registres placés à la partie inférieure pour l'admission d'air, et une seule chambre chaude, au-dessous du plateau inférieur. Il en résulte évidemment que les deux plateaux sont solidaires comme température et comme ventilation, ce qui présente de graves inconvénients sur lesquels nous reviendrons bientôt.

Il existe enfin des tourailles à sept plateaux, celles imaginées par M. Lauth, et dans lesquelles le malt passe successivement d'un pla-

teau à l'autre de haut en bas. La figure 41 montre la disposition de cet appareil peu répandu et dont le prix est d'ailleurs élevé.

Fig. 41.



Touraille Lauth.

*Tirage des tourailles.* — Le tirage est, dans le plus grand nombre de cas, naturel, c'est-à-dire provoqué par l'ascension des gaz chauds dans la cheminée; mais le débit d'air est alors fortement influencé par les conditions atmosphériques, d'autant plus que, comme nous l'avons dit, la construction n'est pas toujours parfaite; il en résulte

que la marche de la dessiccation peut varier dans des limites très étendues, surtout s'il n'y a pas de travail de nuit.

On a monté dans quelques malteries le tirage artificiel, à l'aide d'un ventilateur aspirant au-dessus du plateau supérieur, et, dans ce cas, la cheminée peut être fermée par un registre, le ventilateur rejette à l'extérieur l'air qu'il enlève au-dessus du malt, et appelle ainsi constamment de l'air chaud. On peut ainsi obtenir un énorme débit d'air et l'on compte en effet jusqu'à  $10^m$  d'air par minute et par mètre carré de surface du plateau. Ce dispositif semble le meilleur; en effet, si l'on place le ventilateur dans la cheminée, le tirage est souvent défectueux par les temps humides.

L'intervention du ventilateur est ordinairement limitée au début du touraillage, ensuite on peut se contenter du tirage naturel, même avec une cheminée de hauteur réduite.

Le tirage forcé s'applique indifféremment avec un ou plusieurs plateaux, et l'opération a toujours lieu au-dessus du plateau le plus élevé. Quand il y en a plusieurs, il est préférable que chacun d'eux possède des registres d'admission indépendants pour l'air froid, de façon à pouvoir régler à volonté la température pour chaque plateau.

*Fonctionnement des tourailles à un plateau.* — Nous considérerons d'abord le cas du malt pâle ou ambré, qui est presque le seul fabriqué en France.

Le malt vert à 40 pour 100 d'eau en moyenne est chargé sur le plateau avec une épaisseur de 15<sup>cm</sup> environ; les registres sont ouverts au maximum, le feu allumé de manière à obtenir une température de 25°-30° dans le malt, et l'on met en marche continue le retourneur mécanique. La température est élevée progressivement jusqu'à un degré variant de 75° à 110° dans le malt, et la durée de l'opération est de 24 à 96 heures; cette dernière n'est guère usitée qu'en Angleterre et les temps les plus fréquents sont 24 à 48 heures. On réduit progressivement l'ouverture des registres, à partir du moment où le malt est à la main, sec, ce qui répond à 5 à 7 pour 100 d'eau environ. A partir de ce moment, on peut faire fonctionner le retourneur mécanique d'une façon intermittente, 1 tour chaque 2 heures, par exemple. Lorsqu'on atteint le degré final, tout accès d'air est fermé, le retourneur marche de nouveau constamment et cette période dure de 1 heure pour les malts pâles à 3 heures pour les malts ambrés.

Dans beaucoup d'usines, on charge le malt vers 4<sup>h</sup> ou 5<sup>h</sup> du soir et, vers 7<sup>h</sup> ou 8<sup>h</sup>, on couvre le feu, pour le raviver seulement le matin

suisant; on reprend alors l'élévation progressive de température jusqu'à 7<sup>h</sup> ou 8<sup>h</sup> du soir, pour couvrir de nouveau le feu, et ainsi de suite. Dans ce cas, la durée de touraillage doit être d'au moins 48 heures, car, pendant la nuit, il ne se produit qu'une dessiccation très faible. Avec un tirage artificiel et une marche de nuit, on peut se contenter de 24 à 36 heures.

Cependant, on doit reconnaître que les malts touraillés très lentement, par exemple les malts anglais à 96 heures, sont beaucoup plus farineux et friables. On reproche parfois aux malts de 24 heures d'avoir des amandes un peu granuleuses et donnant du glaçage.

*Fonctionnement de la touraille à deux plateaux.* — Supposons-nous placés au début de la campagne : on charge le plateau supérieur avec du malt vert, et l'on effectue la dessiccation jusqu'à 5 ou 6 pour 100 d'eau avec grande ventilation et température peu élevée, en 12 heures, le plus souvent en 24 heures, surtout s'il n'y a pas travail de nuit; la température finale est de 45° à 60° suivant les usines.

Le malt est alors déchargé sur le plateau inférieur, tandis qu'on remet du malt vert sur le supérieur et l'on monte alors la température, jusqu'à atteindre 75° à 100° à la fin d'une nouvelle période de 12 ou respectivement 24 heures. S'il n'y a pas d'admission d'air spéciale au-dessous du plateau supérieur, on voit que celui-ci ne peut être réglé d'une façon indépendante; il faut donc, ou bien donner trop de chaleur et trop peu d'air au malt vert, ou bien laisser longtemps le malt du plateau inférieur à une température basse, souvent inférieure à celle qu'il avait au moment où il a quitté le haut de la touraille.

Ces inconvénients sont encore augmentés si le feu est couvert pendant la nuit, parce qu'alors le malt déjà presque sec se refroidit très notablement, sans profit pour le malt vert.

Le fonctionnement des retourneurs est toujours le même, c'est-à-dire continu sur le plateau supérieur, intermittent sur le plateau inférieur, avec intervalle de 1 à 2 heures, puis de nouveau continu pendant le maintien de la température finale.

*Malts Munich.* — Le plateau supérieur reçoit une couche plus épaisse de malt vert, 20<sup>cm</sup> à 25<sup>cm</sup>, et, après une période de 6 à 8 heures avec grande ventilation et température de 25° à 30°, le malt est ramené à une humidité de 14-18 pour 100. On élève alors la température en réduisant la ventilation, pour arriver à 75°-80° au bout de

18 à 24 heures. Le malt passe alors sur le plateau inférieur, où il est chauffé progressivement jusqu'à 95°-100°, cette température étant maintenue 3 ou 4 heures tous registres fermés. Lorsque la germination n'a pas été faite spécialement, on augmente l'épaisseur du malt vert, et l'on chauffe rapidement; quelquefois aussi on élève la température finale jusqu'à 110°-115°.

*Distribution et contrôle des températures.* — Lorsque la ventilation est très forte, on peut arriver à avoir une température peu différente dans le malt et dans l'air, mais c'est là un cas tout à fait rare, et il y a ordinairement des écarts considérables depuis 5 jusqu'à 30 degrés; ces écarts sont d'autant plus grands que la température de l'air est elle-même plus élevée et ils sont plus notables quand le tirage se fait mal.

D'autre part, la température dans le malt lui-même est presque toujours fort inégale par suite d'un tirage irrégulier et de causes de refroidissement plus ou moins prononcé.

Nous donnons ci-dessous la répartition des températures relevées en divers points des plateaux d'une touraille d'ailleurs médiocre comme tirage.

*Températures en divers points du plateau supérieur.*

9 <sup>h</sup> .....	39,5	37 <sup>0</sup>	26 <sup>0</sup>	29,0	33 <sup>0</sup>
10 <sup>h</sup> .....	33,0	40,5	33,7	30,5	35
11 <sup>h</sup> .....	40,5	40,5	31,5	38,0	40,5
Midi.....	38,0	40,5	33,7	42,0	44,5
1 <sup>h</sup> .....	45,5	43,0	39,7	44,0	42,0
2 <sup>h</sup> .....	46,7	44,0	40,0	46,7	43,0
3 <sup>h</sup> .....	46,7	44,2	40,0	43,0	47,0
4 <sup>h</sup> .....	52,0	46,7	45,5	44,2	46,7
5 <sup>h</sup> .....	54,0	50,7	46,7	48,0	50,7
6 <sup>h</sup> .....	60,7	61,2	44,2	34,5	46,7
7 <sup>h</sup> .....	62,0	59,5	46,7	46,7	47,0

Le contrôle le meilleur est celui d'un thermomètre enregistreur; mais, comme le réservoir ne peut être installé dans le malt lui-même à cause des retourneurs, on le dispose dans l'air, généralement entre les deux plateaux. Les indications sont naturellement au-dessous de la température du malt au plateau inférieur et supérieures à celles du malt placé sur le plateau du haut. On admet donc qu'il y a toujours un écart constant entre la température de l'air, entre les plateaux et

celle de chacun des plateaux; ceci n'est exact qu'avec un tirage uniforme et indépendant des conditions atmosphériques, c'est-à-dire le tirage forcé.

Nous donnons ci-dessous les indications comparées pour un touraillage de 12 heures sur chaque plateau.

Heures.	Air entre plateaux.	Malt	
		plateau inférieur.	plateau supérieur.
6 1.....	»	»	»
7 2.....	»	»	»
8 3.....	37	41	»
9 4.....	41	44	»
10 5.....	45	50	»
11 6.....	49	56	19
12 7.....	52	61	24
1 8.....	56	70	27
2 9.....	65	81	31
3 10.....	72	86	34
4 11.....	76	87	40
5 12.....	76	87	42

Comme, suivant les usines, les thermomètres sont placés différemment, il se crée facilement des confusions; par exemple, les indications de température finale données par un thermomètre disposé au-dessus du cochon ne sauraient être comparées en aucune façon à celles fournies par l'air entre plateaux, et moins encore par l'air au-dessus du plateau supérieur, et pas davantage pour le malt de l'un des plateaux. En indiquant, comme degré final, 120°, 90°, 75°, il pourra très bien se faire que le touraillage soit identique, et le thermomètre placé seulement à des points différents.

Nous indiquons ci-dessous quelques tableaux de touraillage et des courbes d'enregistreur pour divers cas.

#### *Touraillage.*

Heures.	Température air entre plateaux.	Malt	
		2 <sup>e</sup> plateau.	1 <sup>er</sup> plateau.
6.....	»	»	»
7.....	»	»	»
8.....	30 <sup>o</sup>	33 <sup>o</sup>	»
9.....	33	35	»
10.....	36	40	»
11.....	39	45	15 <sup>o</sup>

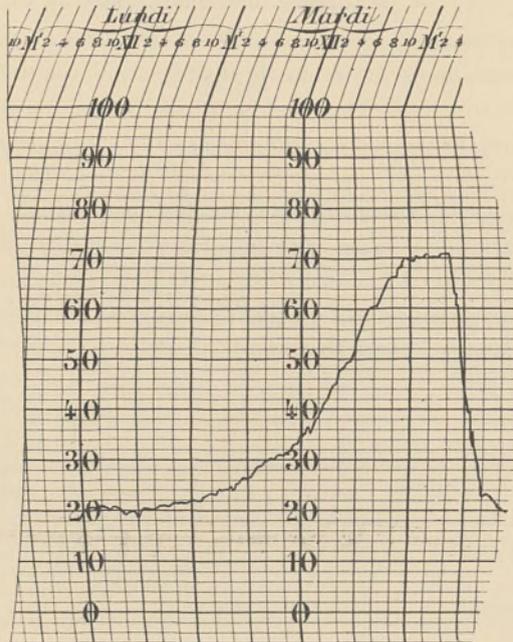
*Tourailage* (suite).

Heures.	Température air entre plateaux.	Malt	
		2 <sup>e</sup> plateau.	1 <sup>er</sup> plateau.
12.....	42 <sup>0</sup>	49 <sup>0</sup>	19 <sup>0</sup>
1.....	45	56	22
2.....	52	65	25
3.....	58	69	27
4.....	61	70	32
5.....	61	70	34
6.....	45	déchargé	descendu

Tourailage en 24 heures, 12 heures sur chaque plateau. Retour-  
nage continu sur le premier.

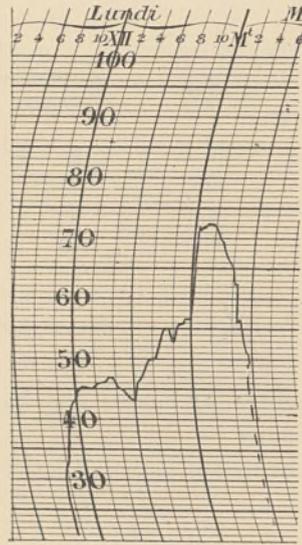
Retournage chaque heure sur le deuxième.

Fig. 42.



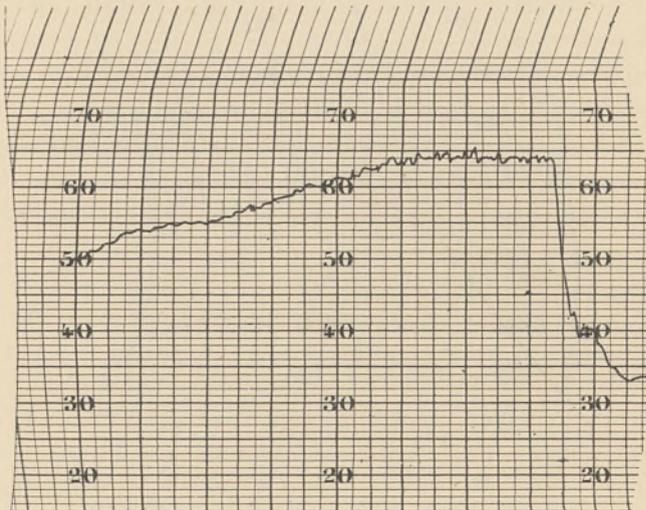
Malt pâle. Degrés centigrades.

Fig. 43.



Malt ambré. Degrés centigrades.

Fig. 44.



Malt Munich. Degrés Réaumur.

*Malt pâle. Munich.*

Heures.	Air.	Malt.
0.....	26°	28°
2.....	27	29
4.....	28	30
6.....	27	29
8.....	30	32
10.....	33	36
12.....	33	41
2.....	43	45
4.....	47	54
6.....	54	62
8.....	54	62
10.....	refroidissement	refroidissement
12.....	»	déchargement

Plateau inférieur (Réaumur).

Le ventilateur marche au début 2 heures de plus que pour le malt brun.

Retournage chaque 2 heures pendant les 14 premières heures, puis chaque heure les 10 suivantes, sur le plateau supérieur.

Sur le plateau inférieur on retourne chaque 2 heures pendant les 14 premières heures, puis chaque heure les 3 suivantes et chaque demi-heure jusqu'à la fin.

Registre ouvert jusqu'à la 17<sup>e</sup> heure, puis à moitié ou aux trois quarts fermé jusqu'à la 19<sup>e</sup> heure.

Ventilateur cesse de marcher à la 14<sup>e</sup> heure.

*Transformations pendant le touraillage.* — Le touraillage doit donner un malt sec, avec une amande farineuse, ayant une couleur et un arôme variables suivant la bière à laquelle le malt est destiné, et dans lequel l'amylase soit partiellement conservée, les matières azotées solubles étant réduites.

Or, nous savons que si les diastases sont portées encore humides à une température de 75° pour l'amylase, et inférieure à 75° pour les autres enzymes, ces agents de transformation sont détruits; d'autre part, si les matières azotées, du type protéose ou caséine, sont chauffées encore humides, elles se durcissent et l'amande du grain, au lieu d'être farineuse, devient dure et, comme on dit, glacée ou vitreuse. Il importe donc que la dessiccation, presque complète, soit opérée à température basse et avec une forte ventilation.

Les transformations qui s'opèrent au touraillage peuvent être divisées en quatre périodes :

- 1° La vie de l'embryon et l'activité des diastases continuent ;
- 2° Les actions diastasiques persistent ;
- 3° Affaiblissement ou destruction des diastases ;
- 4° Continuation de la phase précédente, transformation des matières azotées et caramélisation éventuelle.

1° La vie de l'embryon n'est suspendue qu'à une température de 35°-38° et, jusqu'au moment où ce degré est atteint, la vie et l'activité diastasiques sont d'autant plus grandes que la teneur en humidité reste plus élevée.

Pendant cette phase, le développement des radicules et de la plumule se continue, la transformation de l'amidon en sucres, la respiration, la solubilisation des matières azotées et éventuellement l'action de la cytase persistent, et elles sont d'autant plus énergiques que la température est plus élevée pour une même humidité.

Si donc un malt se trouve placé sur le plateau d'une touraille où la ventilation est faible, il conservera, pendant de longues heures, une humidité assez grande pour que les actions diastasiques aient un effet marqué et qu'il se produise un véritable forçage dans la touraille même.

C'est ce qui a lieu lorsque, dans une touraille, le feu reste couvert pendant la nuit et que le tirage naturel est insuffisant, soit à cause d'un défaut de construction, soit par suite des circonstances atmosphériques.

Ces actions diastasiques se produisent d'une manière appréciable tant que l'humidité du malt reste supérieure à 12-14 pour 100.

Quand il s'agit de malt pâle, on doit chercher à éviter cette germination complémentaire forcée, et c'est pourquoi l'on doit employer une très forte ventilation qui permette d'arriver aussi vite que possible à 35°-38° en éliminant l'eau, c'est-à-dire qu'on abrège autant qu'on le peut cette première phase ; pour les malts Munich, il n'en est pas de même, car la présence d'une forte dose de sucres est désirable, de sorte qu'on ne réduit l'humidité qu'à 14 ou 18 pour 100 dans cette première période, au lieu de descendre à 6 ou 8 pour 100 comme pour les malts pâles.

On constate d'autre part que si la dessiccation a lieu à une température inférieure à 35°-38°, l'acidité ainsi que le pouvoir diastasiique augmentent avec le temps passé à la dessiccation.

2° Une fois atteinte la température de 38° ou 40° au plus, la vie de l'embryon est sinon arrêtée, au moins suspendue, mais les diastases ne sont nullement détruites et leur action peut se continuer dans les limites où le permet l'humidité restante.

Si cette humidité a été ramenée à 6 ou 8 pour 100, comme c'est le cas pour le malt pâle, les actions diastasiques sont, au delà de 40°, très faibles, souvent même négligeables, de sorte que la deuxième phase n'exerce presque aucune influence.

Au contraire, pour le malt Munich, on arrive à 40° avec une humidité de 14 à 18 pour 100, l'on élève la température en réduisant la ventilation et en conservant l'eau plus longtemps par des couches de malt plus épaisses; dans ce cas, la fonction respiratoire est très faible ou nulle, tandis que la saccharification se fait énergiquement, et l'on formera du saccharose qui persistera dans le grain, en quantité d'autant plus grande que la température montera plus vite, et que l'humidité sera plus forte.

Toutes les diastases ont leur maximum d'activité pour une température inférieure à 60°, de sorte que la deuxième phase sera terminée au plus tard à 60°.

3° Pour les températures supérieures à 60°, nous aurons un affaiblissement progressif des diastases, qui sera fonction et de la température même et du temps pendant lequel celle-ci aura été maintenue; la sucrase est à peu près complètement détruite vers 70°-72°, aussi bien que la cytase; quant à l'amylase, elle est réduite d'environ moitié jusqu'à 80°; la peptase subit une diminution un peu plus grande dans les mêmes limites.

On peut donc dire que, jusqu'à une température voisine de 80°, on conserve au malt une action diastasique très forte au point de vue de l'amidon et des matières azotées.

4° Au-dessus de 80°, l'affaiblissement de l'amylase et plus encore de la peptase progresse rapidement, et, en effet, les pouvoirs diastasiques prennent les valeurs suivantes, au bout du même temps :

Températures dans le malt....	80°	85°	90°	95°	100°
Pouvoirs diastasiques.....	72°	54°	31°	18°	9°

Quant à la peptase, son action devient très faible pour les malts touraillés à 90° et au-dessus.

Cette même température de 80° est aussi celle où commencent les transformations de matières azotées et toujours dans le même sens, réduction de la solubilité des protéoses et caséines; la réduction

augmente proportionnellement à la température finale et au temps pendant lequel la température est maintenue; elle peut atteindre jusqu'à 25 pour 100 de l'azote restant soluble par un touraillage au-dessous de 80°.

L'insolubilisation par le touraillage n'est pas absolue; c'est plutôt un changement d'état physique qui rend la dissolution beaucoup plus lente.

Lorsque le malt est étudié à diverses époques, à partir de la sortie de la touraille, on constate que la solubilité des matières azotées augmente peu à peu, à mesure que le grain reprend de l'humidité; mais à cet égard les malts fortement touraillés ne se comportent pas de la même façon que ceux séchés à basse température; il y a entre ces deux genres de malt la différence qui sépare une transformation d'état physique, de changements dus à une reprise d'action diastasique.

Avec le touraillage à basse température, la cytase, l'amylase, la peptase reprennent leur énergie à mesure que l'humidité augmente, et il arrive même que l'embryon n'ayant pas été tué, le malt est capable de germer à nouveau; dans ces malts peu touraillés, on constate avec le temps une désagrégation complémentaire, dissolution d'amidon et solubilisation de matière azotée, de telle sorte qu'un véritable forçage peut se produire pendant la conservation, et parfois même la plumule s'allonge. De tels malts, employés à l'arrière-saison, donnent des bouillons opalescents par suite de matières azotées plus solubles à chaud qu'à froid, caséines par exemple, et fournissent souvent des bières de médiocre conservation.

Lorsque le touraillage a été fait à haute température, la cytase, la sucrase sont définitivement détruites, l'embryon est mort et la peptase est, ou nulle, ou très fortement affaiblie. Il en résulte que, pendant quelques semaines, les matières azotées reprennent de l'humidité, deviennent plus vite solubles, mais l'accroissement est peu considérable et limité. L'amylase participe aussi à ce changement d'état, car le pouvoir diastasique d'un malt fortement touraillé augmente sensiblement pendant quelques semaines après la sortie de la touraille, et il en est de même pour l'extrait du malt.

Nous devons donc en conclure que le touraillage doit être fait à température spécialement haute quand il s'agit de malts qui ne seront employés qu'après plusieurs mois.

Pendant la dernière période du touraillage, il se produit aussi une caramélisation des sucres, mais seulement si la dose de ceux-ci est grande, et si la température est montée jusqu'à 95° environ, comme

minimum. C'est à cette caramélisation qu'il faut attribuer la couleur et l'arome spécial des malts bruns.

Si la température s'élève encore plus, les enveloppes du malt et l'amidon sont attaqués, et le malt prend une teinte brune, avec un goût amer; l'insolubilisation des matières azotées, du type protéose, peut être poussée assez loin dans ce cas pour que la mousse de la bière devienne défectueuse. Cela revient à dire que, par suite de la haute température supportée, les matières ne se dissolvent que très peu dans le temps que dure le brassage.

*Conditions les plus favorables. Malt pâle ou ambré.* — Il résulte de l'étude des transformations, que l'on doit abrégé autant que possible la période pendant laquelle l'embryon continue à vivre, et aussi celle pendant laquelle les diastases agissent encore. Cette dernière sera supprimée si la dessiccation est assez avancée, quand on arrive vers 38°-40°, c'est-à-dire si le malt est alors ramené à une humidité de 5 ou 6 pour 100. La température doit donc être amenée le plus vite possible à 35°-37° et maintenue à ce degré jusqu'à dessiccation complète; mais, pour que cela n'ait point d'inconvénient au point de vue du glaçage, il est indispensable d'avoir une ventilation extrêmement énergique, c'est-à-dire d'apporter un soin particulier au tirage de la touraille, ou de le compléter par l'emploi d'un ventilateur. La dessiccation peut alors être amenée à 6 pour 100 d'eau en 6 ou 8 heures. Le travail à feu couvert pendant la nuit est peu recommandable, le forçage du malt étant alors très fréquent et, lorsqu'on l'emploie avec des plateaux, il est préférable de faire le chargement le matin, de manière à pouvoir activer la ventilation et élever la température. A la nuit, le malt sera déjà amené à 5 à 7 pour 100 d'eau, et le forçage ne pourra plus s'exercer faute d'humidité.

Avec le tirage forcé, le touraillage peut s'effectuer en 24 heures, à marche continue, sur un seul plateau ou bien deux plateaux avec admission d'air indépendante.

La température finale de touraillage dans le malt ne devrait jamais être inférieure à 85° et devrait être maintenue 2 à 3 heures, tous registres fermés.

La dessiccation est d'autant plus rapide et régulière que l'épaisseur du malt sur le plateau supérieur est plus faible, soit 12<sup>cm</sup> à 15<sup>cm</sup>, et le retournage continu sur ce plateau.

*Malts Munich.* — Comme on s'attache à conserver l'humidité

pour la deuxième phase, c'est-à-dire l'action des diastases, les couches doivent être plus épaisses, 20<sup>cm</sup> à 22<sup>cm</sup> : une première période de forte ventilation pendant 6 à 8 heures, pour atteindre 35°-40° en laissant dans le malt 15 à 18 pour 100 d'eau, puis monter à température avec ventilation réduite jusqu'à 75°-80°.

Température finale 95°-100°, maintenue 4 heures avec retournage continu, tous registres fermés.

*Dégermeuses.* — Le malt sortant de la touraille ne contient plus que 1,5 à 2,5 pour 100 d'eau et ses radicules sont sèches et cassantes; on les élimine à l'aide de dégermeuses, et celles-ci fonctionnent également comme polisseuses, c'est-à-dire qu'elles enlèvent les poussières et les matières étrangères. L'opération doit être faite sans délai, car, dès que les radicules absorbent un peu d'humidité, elles ne peuvent plus se détacher aisément.

La dégermeuse se compose essentiellement d'un cylindre ou d'une sphère à parois cannelées intérieurement; dans l'intérieur se déplace, à grande vitesse, un axe muni de couteaux aussi cannelés, ou de bras en acier; dans les deux cas le malt est projeté contre les parois par la force centrifuge, et les radicules se détachent; le mélange passe alors dans un tamis cylindrique incliné qui laisse passer les radicules tandis que le malt sort à l'extrémité opposée; il est alors soumis à un fort courant d'air pour enlever le reste des poussières. Les polisseuses sont simplement des tamis cylindriques en toile métallique ou en tôle perforée, dans l'intérieur desquels un axe muni de bras tourne à grande vitesse, et le frottement des grains qui entrent par une extrémité et sortent par l'autre détache une quantité considérable de poussière riche en ferments de toute nature; on dispose souvent une polisseuse avant le concasseur dans la salle de brassage.

*Conservation du malt.* — Le malt sortant de la dégermeuse est conduit dans des silos; ceux-ci doivent être parfaitement secs, isolés par conséquent de tout endroit où se fait une production de vapeur d'eau et convenablement ventilés. Les parois sont en bois, en fer ou quelquefois en briques creuses, pour que les variations de température extérieure ne se fassent que peu sentir.

Lorsque le malt est conduit aux silos par une transporteuse, il fait un trajet assez long et subit un refroidissement à peu près complet et arrive froid aux silos; il n'y a plus alors d'inconvénient à l'amasser en tas de grande hauteur. Si au contraire le silo est près de

la touraille ou que le transport se fasse par wagonnets, une fois entassé, le refroidissement est très lent et l'on observe fréquemment, de ce chef, une augmentation de couleur, avec, il est vrai, plus d'arome, et le malt a besoin d'un temps plus long pour arriver à son état d'équilibre comme composition.

*Composition du malt par rapport à l'orge.* — Les matières perdues au cours de la germination et du touraillage sont, d'une part, les hydrates de carbone, la matière grasse, consommés par la respiration, la matière sèche enlevée avec les radicelles, et enfin les substances dissoutes pendant la trempe; d'un autre côté, il y a eu transformation d'amidon en sucres, saccharose et sucre réducteur, de matières azotées insolubles à l'état soluble, soit comme acides amidés, soit comme albumine, protéoses, etc., et de matières minérales, comme phosphates acides et secondaires.

Les transformations d'azote peuvent porter non seulement sur l'azote primitivement insoluble de l'orge, mais encore sur les matières initiales solubles; et en particulier il peut se faire, suivant les conditions du travail, une création ou une destruction de l'azote coagulable.

La perte de matière sèche entre l'orge et le malt correspondant varie de 8,2 à 17 pour 100 sur lesquels on peut compter 3 à 4 pour 100 de matière sèche des radicelles, ce qui correspond pour la respiration seule à un chiffre compris entre 5 et 13 pour 100; c'est surtout la température et l'aération qui influent sur ce nombre.

Quant aux matières azotées, si l'on compare l'orge et le poids de malt dégermé correspondant, on obtient des résultats très variables suivant la nature de l'orge et la marche de la germination et du touraillage. La perte d'azote total, y compris celle par les radicelles, représente ordinairement de 1,3 à 2,5 pour 100 du poids de l'orge; les matières devenues solubles dans la germination varient entre 1 et 2,50 pour 100, et les azotées coagulables sont tantôt diminuées, tantôt augmentées, parfois elles restent constantes.

La proportion de matières azotées solubles du malt pour 100 des azotées totales est comprise entre 32 et 55 pour 100; la dose d'azote coagulable par rapport à l'azote soluble oscille entre 9 et 35 pour 100; les chiffres moyens étaient d'environ 16 à 18 pour 100.

Quant à l'acidité du malt, elle comprend presque uniquement des phosphates acides ou primaires et représente en acide sulfurique de 0,220 à 0,350 pour 100<sup>g</sup> de malt sec.

Les sucres préexistants du malt montrent surtout pour le saccharose de fortes oscillations, puisque l'on trouve des doses de ce sucre, comprises entre 1<sup>g</sup> et 5<sup>g</sup>, 5 pour 100; pour le sucre réducteur en glucose, les variations sont moindres, et l'on a des nombres allant de 0<sup>g</sup>, 5 à 1<sup>g</sup>, 5 pour 100; des quantités supérieures sont exceptionnelles.

*Appréciation du malt.* — Le point principal est une désagrégation, complète et régulière sans bouts durs, et sans parties désagrégées à l'excès, c'est-à-dire forcées. Ce mot de forçage répond à deux sens apparents : beaucoup le prenaient comme désignant un travail forcé volontairement, une germination avec arrosages, faite à haute température, c'est-à-dire imputable à une fabrication rendue volontairement défectueuse par mesure d'économie.

En réalité, ce sens est exceptionnel, et le mot de forçage signifie dans la plupart des cas une désagrégation exagérée portant sur une partie des grains, et sans que le malteur ait recherché cela, bien au contraire; le forçage selon ce sens se produit toujours à un faible degré, parce que tous les grains ne sont pas identiques, mais alors il est limité à une longueur très petite de l'endosperme et à une proportion de grains ne dépassant pas 10 pour 100 environ. Si au contraire le nombre de grains présentant une désagrégation trop poussée est de 20 à 30 ou 40 pour 100, ou que cette désagrégation exagérée s'étende sur plus de la moitié du grain, alors on est en droit de considérer que la méthode de travail employée ne convenait pas à l'orge en question, et d'apprécier la désagrégation comme irrégulière.

En second lieu, il y a lieu d'envisager la *régularité de germination*; et l'on peut admettre qu'elle est satisfaisante quand 85 pour 100 au moins des plumules sont rangées dans des catégories consécutives, ordinairement  $\frac{2}{3}$  et  $\frac{3}{4}$ ; dans les malts très réguliers, cette proportion s'élève jusqu'à 90, parfois même 95 pour 100.

Il faut prêter attention aux manquants, ou, ce qui revient à peu près au même, aux grains dont la plumule figure dans la catégorie —  $\frac{1}{2}$  et, dans un bon malt, cette dernière proportion ne doit pas dépasser 3 pour 100, encore trouve-t-on facilement des malts avec 1 pour 100 seulement. Pour la nature de l'amande, un nombre élevé de farineux purs est toujours un bon indice, et cette proportion ne doit pas descendre au-dessous de 90 pour 100 en y mettant beaucoup de tolérance, car on trouve facilement des malts avec 95 à 98 pour 100 de farineux purs.

Lorsqu'on rencontre un nombre appréciable de grains farineux

grillés dans un malt pâle ou ambré, soit plus de 2 pour 100 dans le premier et plus de 4 pour 100 dans le second, on peut en conclure que le tirage de la touraille est peu régulier.

La *couleur du malt* est aussi un indice du genre de touraillage et de germination; sauf le cas de malts très frais dont la couleur est presque toujours louche, une teinte franche indique une germination conduite à une température modérée, avec respiration normale et un touraillage régulièrement conduit. La teinte varie pour les malts très pâles ou Pilsen, de 1<sup>o</sup>,7 à 2<sup>o</sup>,2; pour les malts dorés ou Vienne, de 2,5 à 3,5 exceptionnellement 4<sup>o</sup>; enfin pour les malts Munich, on a des chiffres allant de 6<sup>o</sup> à 12<sup>o</sup>, rarement plus. Dans les intervalles de ces nombres, il y a naturellement place pour les malts sans caractère nettement défini.

La durée de dissolution du malt oscille entre 8 minutes et 1 heure; elle correspond à des conditions assez complexes; en effet, une courte durée de dissolution indique en général une désagrégation en majorité très poussée, mais on trouve des malts ayant une courte dissolution et présentant des manquants ou une germination irrégulière; c'est simplement une moyenne, et elle est d'ailleurs fonction de la température à laquelle s'opère la saccharification et de la marche suivie pour arriver à cette température, ce qui fait que les durées de saccharification observées en pratique ne coïncident pas toujours avec celles notées à l'analyse. On doit considérer la durée de dissolution non pas isolément, mais avec la régularité de germination à l'état de désagrégation.

Au point de vue pratique, un malt à courte dissolution se prêtera à un brassage abrégé, tandis que, si cette durée est longue, 25, 30 et 40 minutes ou au-dessus, il faudra en déduire que le brassage devra être conduit lentement et avec certaines précautions.

En ce qui concerne la composition chimique, la proportion de maltose de l'extrait dépend non seulement de la quantité d'amylase, mais encore de l'état de désagrégation du malt et, de ce qu'un malt forme une proportion de maltose plus grande qu'un autre, on ne saurait conclure qu'il a un pouvoir diastasique forcément plus élevé; la proportion de maltose croît avec la longueur des plumules, à touraillage égal, et se réduit à mesure que la température de touraillage et la durée de la température finale augmentent; pour une même germination et une même orge, elle est en raison inverse de la résistance initiale de l'amidon de l'orge. Dans la plupart des cas, un malt avec beaucoup de maltose, soit par exemple 67 à 72 pour 100

de l'extrait, donnera une forte atténuation principale; les malts à maltose moyen, soit de 64 à 67 pour 100, fournissent des atténuations principales plus faibles et une fermentation secondaire assez énergique, enfin les malts à maltose faible procurent une atténuation principale basse, et une fermentation secondaire d'autant plus lente qu'ils contiennent moins de maltose.

L'appréciation à ce point de vue doit d'ailleurs tenir compte du travail de brassage et de fermentation, de sorte qu'elle est distincte pour chaque brasserie; il arrive donc souvent qu'un même malt conviendra parfaitement à une usine, tandis qu'il donnera de médiocres résultats dans une autre.

Pour le *pouvoir diastasique*, les mêmes considérations s'appliquent à peu près, c'est-à-dire qu'il faut largement tenir compte de la brasserie à laquelle le malt est destiné. Si celle-ci travaille des grains crus, il faut chercher un pouvoir diastasique d'autant plus élevé que la proportion de grains crus est elle-même plus forte, et l'on peut admettre que ce pouvoir diastasique doit atteindre au moins 25 dès que les grains crus entrent pour une proportion supérieure à 10 pour 100.

Pour le brassage à malt pur, on peut se contenter d'un pouvoir diastasique plus faible, mais l'indication qu'on tire de cette donnée est subordonnée aussi à la rapidité du travail et à la température initiale d'empâtage. On peut faire le brassage d'autant plus vite et débiter à une température d'autant plus haute que le pouvoir diastasique est plus considérable, mais, sauf des conditions particulières de fabrication, il est préférable d'avoir un pouvoir diastasique faible, indice d'un touraillage énergique, si la germination et la désagrégation sont satisfaisantes.

La proportion de *sucres préexistants* doit être faible dans un bon malt, c'est alors l'indice d'une aération convenable et d'une respiration régulière. Au contraire les malts à désagrégation exagérée ou à touraillage défectueux au début indiquent une forte dose de saccharose; ceci est à rapprocher de la proportion d'azote soluble.

Enfin, en ce qui concerne les *matières azotées*, il faut donner la préférence au malt qui contient la moindre quantité pour 100 d'azote soluble non coagulable. Exceptionnellement on arrive à 2,8 pour 100 du malt sec, plus souvent à 3,2 et 3,6 pour 100; cette dose est naturellement en rapport avec les taux d'azote de l'orge et du malt lui-même. Dans les années où l'orge est fortement azotée, on aura parfois jusqu'à 5 pour 100 et cette composition est loin d'être favorable à la conservation de la bière.

*Germes de malt.* — Les radicelles enlevées par la dégermeuse constituent un aliment de grande valeur pour les animaux et même pour les chevaux ; on les utilise ordinairement après les avoir trempées pendant 24 heures, de façon à enlever leur amertume. Ces germes ne sont pas beaucoup utilisés en France, et la plus grande partie est exportée vers l'Allemagne.

La composition moyenne des germes de malt est la suivante :

Humidité.....	3,5	à	5	pour 100
Matière azotée.....	20	à	25	»
Hydrates de carbone....	30	à	40	»
Cendres.....	5	à	8	»

Ces germes ont une valeur alimentaire presque égale à celle des tourteaux avec un prix moindre et l'on ne peut que regretter l'exode d'une substance si nutritive vers l'étranger.

#### Contrôle de fabrication.

Le contrôle de la malterie peut s'exercer soit complètement, soit d'une manière sommaire et cette dernière méthode peut donner, à côté d'indications économiques précises, aussi d'utiles renseignements sur la valeur du travail adopté ; elle consiste uniquement à déterminer la quantité de matière sèche perdue en passant de 100<sup>kg</sup> d'orge mise en trempé au poids de malt commercial correspondant.

*Perte de matière sèche.* — Si l'on dose l'humidité de l'orge, à la mise en trempé, soit  $a$  pour 100, on connaît par là même la matière sèche  $(100 - a)$  kilogrammes d'un quintal d'orge. De l'humidité  $b$  pour 100 du malt dégermé, on déduit de même qu'un quintal de ce malt contient  $(100 - b)$  kilogrammes de matière sèche. Enfin, si l'on détermine le poids de malt  $R$  fourni par 100<sup>kg</sup> d'orge, il est clair que la matière sèche de ces  $R$  kilogrammes sera

$$\frac{(100 - b) \times R}{100}$$

et que la différence

$$P = (100 - a) - \frac{(100 - b) \times R}{100}$$

représentera la perte de matière sèche totale au maltage.

Si, par exemple, l'orge a 14 pour 100 d'humidité, le malt 4 pour 100, et que l'on obtienne 77<sup>kg</sup> de ce malt par quintal d'orge, on aura évidemment  $P = 12^{\text{kg}}, 1$ .

On peut connaître R, rendement de l'orge en malt, par la pesée de l'orge et du malt dégermé, pour la couche étudiée.

La perte totale au maltage varie entre 8 et 18 pour 100, et il est facile de voir d'après cela l'intérêt qu'il y a pour le malteur à réduire cette perte au minimum, car c'est elle qui modifie le rendement en malt commercial, et fait varier, par suite, le prix de revient. On voit aisément que, pour une même orge à 14 pour 100 d'humidité et un malt à 4 pour 100 d'eau, le rendement, qui était de 77<sup>kg</sup> pour une perte de 12,1 pour 100, serait seulement de 71,8 si la perte s'élevait à 17 pour 100, soit 5<sup>kg</sup> de malt perdu.

La perte de matière sèche comprend deux éléments : la matière sèche des radicelles, les hydrates de carbone détruits par la respiration.

Le poids des radicelles varie de 3<sup>kg</sup>,2 à 4<sup>kg</sup> pour 100 d'orge, comme matière sèche ; c'est là une perte qu'il ne faut pas regretter, car les radicelles éliminent de la matière azotée, 20 à 25 pour 100 de leur poids. Cette perte sera d'autant plus grande que les radicelles seront plus fortes, plus frisées et plus longues.

La perte par respiration subit, elle, les plus fortes variations, et l'on trouve des nombres compris entre 4,8 et 14 pour 100. Elle augmente surtout avec la température de germination et très peu avec la durée, si l'on germe froid. L'intérêt du malteur est donc de conduire la germination à basse température, et c'est pourquoi quelques malteries travaillant en été n'hésitent pas à installer une machine frigorifique pour refroidir l'air des germoirs et surtout des appareils pneumatiques.

Si l'on détermine le poids et l'humidité des radicelles fournies par une couche, on en déduira la matière sèche perdue dans les radicelles, et, par différence avec la perte totale, celle qui répond à la respiration. On compte ordinairement, comme répondant à un bon travail pratique, une perte totale de 10 pour 100, dont 4 pour 100 pour les radicelles et 6 pour 100 pour la respiration.

*Contrôle chimique.* — Il comprend l'analyse de l'orge, soit au point de vue physique, soit au point de vue de la composition et la détermination de l'azote soluble ; celle de l'azote coagulable, en plus de l'azote total, fournit d'utiles indications sur le travail.

En outre, on détermine le pouvoir germinatif, la quantité d'eau absorbée pendant la trempe, à intervalles égaux, en notant la température.

De même pour le malt, on fait l'analyse mécanique et chimique en y comprenant l'azote sous ses diverses formes et les sucres préformés et l'acidité, et, sur les radicules, on dose l'azote total et l'humidité.

Enfin, il est bon de déterminer de temps à autre, sur une couche et chaque jour, l'humidité, de façon à vérifier si celle-ci augmente normalement ou au moins reste constante sensiblement.

En rapprochant les doses d'amidon et les diverses formes d'azote contenues soit dans 100<sup>kg</sup> d'orge, soit dans le malt correspondant, on peut établir le bilan de la germination et du touraillage.

On connaît ainsi la quantité d'hydrates de carbone brûlés par la respiration, la matière azotée perdue, soit par les radicules, soit autrement, et la solubilisation de ces matières par le maltage.

Or, on constate d'une manière constante, que la quantité de matière azotée solubilisée augmente avec la température et avec la perte totale au maltage, c'est-à-dire qu'en germant chaud, le malteur non seulement perd du malt, mais encore diminue sa qualité.

Si l'on germe chaud et humide, on trouve une forte dose de sucre préformé, spécialement saccharose, jusqu'à 5 pour 100 du malt, alors qu'une fabrication normale donne 1 à 1,5 pour 100 au plus.

Enfin, dans une germination correctement conduite, froide et lente, il y a création ou tout au moins conservation des matières azotées coagulables de l'orge.

Par suite, le contrôle sommaire par la perte de matière sèche indique aussi l'importance relative de la solubilisation de matière azotée.

La quantité d'azote solubilisée dépend naturellement du taux d'azote initial de l'orge, et il est à remarquer que la germination est comme vigueur en relation avec la dose d'azote coagulable de l'orge.

Nous donnons ci-dessous, comme exemple, les bilans de maltage d'une orge travaillée différemment :

	Germination	
	froide et lente.	forcée.
Perte de matière sèche.....	10,3	14,8
Perte de matière azotée.....	1,32	2,2
Solubilisation de matière azotée...	1,20	3,1
Variation des coagulables.....	+ 0,08	- 0,15

Il faut noter que, pour obtenir une comparaison exacte, les échantillons d'orge et de malt doivent être pris avec beaucoup de soin, de façon à représenter exactement la composition moyenne de toute la couche.

---

## CHAPITRE VI.

### BRASSAGE.

---

Le brassage a pour but la préparation du moût soit par le malt seul, soit par le malt et une certaine proportion de riz, maïs, glucose, sucre cristallisé ou sucre inverti.

Les méthodes que l'on emploie peuvent se rattacher à deux types principaux : procédés d'infusion, dans lesquels le mélange de farine de malt et d'eau est échauffé progressivement à l'aide d'eau bouillante, ou parfois en faisant bouillir une portion du liquide, sans drèches ; et procédés de décoction, dans lesquels l'élévation de température est obtenue par étapes, en portant à l'ébullition des fractions du mélange de farine et d'eau, *trempe épaisse* ou *dickmaische*, que l'on ramène au contact du reste de la matière ; quelquefois on termine par une trempé claire ou *lautermaische*, qui comprend peu ou pas de drèches en suspension.

Ces deux méthodes, très nettement séparées, sont encore employées telles quelles dans la plupart des brasseries ; toutefois l'usage du macérateur a créé entre elles des points de contact nombreux et ceux-ci ont été encore accentués par l'emploi des grains crus, riz et maïs.

La composition des moûts est le facteur le plus important de la qualité et de la conservation de la bière, et, d'autre part, sa préparation doit être faite économiquement, c'est-à-dire en utilisant le mieux possible les matières premières : on cherche donc à réaliser deux conditions :

- 1° Préparation du moût le plus favorable à la qualité et à la conservation de la bière ;
- 2° Obtention du rendement le plus élevé possible.

Ces deux conditions sont sous la dépendance de la nature même des matières premières, ensuite interviennent les méthodes de brassage et le matériel d'usine, celui-ci tout particulièrement pour la question de rendement.

Nous sommes donc conduits à examiner sommairement le matériel, puis à étudier les transformations qui se produisent au brassage, et les méthodes de travail employées.

#### Matériel.

Le malt subit utilement un polissage avant d'arriver au concasseur, de celui-ci la farine tombe dans une trémie placée au-dessus de l'hydrateur, qui est alimenté d'un autre côté par l'eau provenant d'une bêche ou d'un mélangeur. Ce sont là les appareils que l'on appelle *préparatoires*.

La machine à polir est identique à celles que nous avons décrites à propos des dégermeuses, c'est donc un cylindre muni de palettes animées d'un vif mouvement de rotation, et qui lancent le malt contre les parois perforées; on élimine ainsi une grande partie des poussières mélangées au malt ou adhérentes aux grains, les premières étant détachées par le frottement.

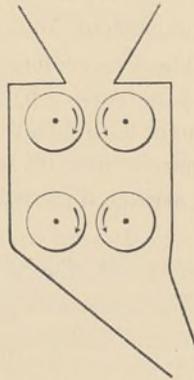
Parfois le malt poli passe sur une bascule automatique qui enregistre le poids total de grains mis en œuvre, et c'est là une excellente pratique, puisqu'elle permet de calculer le rendement avec une base précise. Ce procédé est bien supérieur à celui qui consiste à compter simplement le nombre de sacs de malt ou des wagonnets amenés au concasseur.

Le *conasseur* est à deux ou quatre cylindres, cette dernière forme étant de beaucoup la meilleure; l'appareil se compose dans ce cas de deux paires de cylindres horizontaux en acier et dont l'écartement peut être réglé à volonté, celui de la paire inférieure étant plus petit; les cylindres de chaque paire sont maintenus par des ressorts ou des contre-poids. Le malt amené à la partie supérieure passe sur une plaque de fer doux aimanté, qui porte le nom d'*appareil magnétique*, et doit retenir les clous ou débris métalliques fréquents dans les grains; ensuite il est déversé par une trémie sur la paire supérieure des cylindres, et entre ceux-ci le grain est simplement aplati et fendu; la deuxième paire continue le laminage au degré voulu suivant l'écartement adopté (*fig. 45*).

Il importe que les enveloppes du malt soient, dans les procédés habituels, aussi peu brisées que possible, puisqu'elles doivent servir à la filtration du moût, et que de la régularité et de la vitesse de cette filtration dépend en grande partie le rendement; d'autre part, le rendement augmente aussi avec la finesse de la farine, il faut donc

que les grains soient tous ouverts et aplatis pour que l'amidon qu'ils contiennent soit entièrement saccharifié au brassage et non brisés, pour que la filtration reste rapide et facile. C'est pour cette raison que les concasseurs à quatre cylindres sont préférables, car avec

Fig. 45.



Concasseur à 4 cylindres.

une seule paire, si l'écartement est grand, une partie des grains n'est pas touchée, et, si les cylindres sont très rapprochés, les enveloppes sont brisées.

La trémie dans laquelle tombe la farine doit avoir des parois bien lisses et se raccordant sans ressaut à celles de l'hydrateur, de façon à avoir une descente régulière et sans perte.

Le concassage et la chute dans la trémie produisant beaucoup de poussières, chargées de germes, il est recommandable de placer l'ouverture de la trémie en dehors de la salle de brassage, et au-dessus d'elle, dans un grenier aéré par exemple et éloigné des bacs refroidisseurs. Ces poussières et la perte en résultant peuvent être grandement réduites si l'ouverture de la trémie est munie d'un couvercle fermant bien et laissant juste passer le tuyau de déversement du moulin.

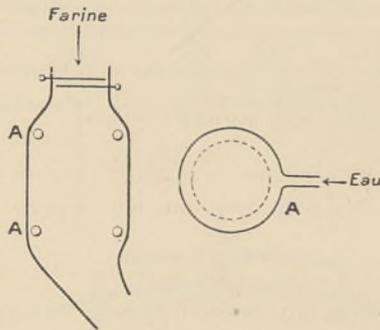
*Hydrateurs.* — Ils ont pour objet d'assurer un mélange intime de la farine et de l'eau, ou, comme on dit, un empâtage régulier; en outre chacune des portions de la farine est soumise dans l'hydrateur à la même température. Si au contraire on laissait tomber la farine dans de l'eau chauffée d'avance à un certain degré, les premières parties de la farine seraient portées à cette même température, tandis que les suivantes auraient un degré de plus en plus faible, la farine étant froide et ayant une chaleur spécifique voisine de 0,52.

Le type d'hydrateur commun se compose d'un récipient de fonte ou de cuivre, la partie supérieure se raccorde à la trémie de farine, et le débit de celle-ci peut être modifié à l'aide de réglettes mobiles réduisant à volonté la section d'entrée.

Dans l'intérieur de l'hydrateur se trouvent une ou plusieurs couronnes perforées en communication avec un réservoir à eau chaude placé à une certaine hauteur, ou avec un mélangeur d'eau et de vapeur; l'eau, jaillissant par les orifices de ces couronnes, humecte la farine et la pousse vers la sortie de l'hydrateur.

Il faut régler soigneusement les débits de farine et d'eau pour éviter les obstructions dans l'appareil; une des meilleures sauvegardes à cet effet est la présence d'une arrivée d'eau vers la sortie (*fig. 46*).

Fig. 46.



Hydrateur à deux couronnes A.

Quelquefois l'hydrateur se compose d'un cylindre horizontal dans lequel se déplace un agitateur à palettes; la farine et l'eau se mélangent intimement dans l'appareil et sont ensuite poussées à l'extérieur par le jeu des palettes disposées en hélice.

*Cuve matière.* — Dans les petites brasseries, surtout anciennes, on dispose simplement d'une cuve matière, qui sert à la fois à la saccharification et à la filtration des moûts. Au contraire, dans les usines plus importantes ou plus modernes, existe une cuve matière ou un macérateur uniquement destinés à l'empâtage et à la saccharification et une cuve à filtration spéciale.

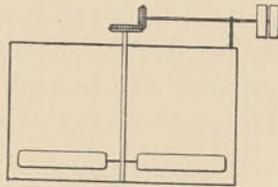
Considérons d'abord le cas de la cuve matière à plusieurs fins.

Elle affecte la forme ronde ou anciennement carrée à coins arrondis, et on la fait en tôle ou en fonte; la cuve possède un faux fond perforé

mobile, placé à 1<sup>cm</sup> du fond véritable : cette distance est la plus convenable.

La cuve est munie d'un vagueur ou agitateur, qui doit opérer un mélange parfait de la farine et de l'eau et égaliser presque instantanément les températures; les anciens vagueurs étaient à palettes (*fig. 47*), et lorsque, dans une cuve ronde, on n'avait qu'un seul

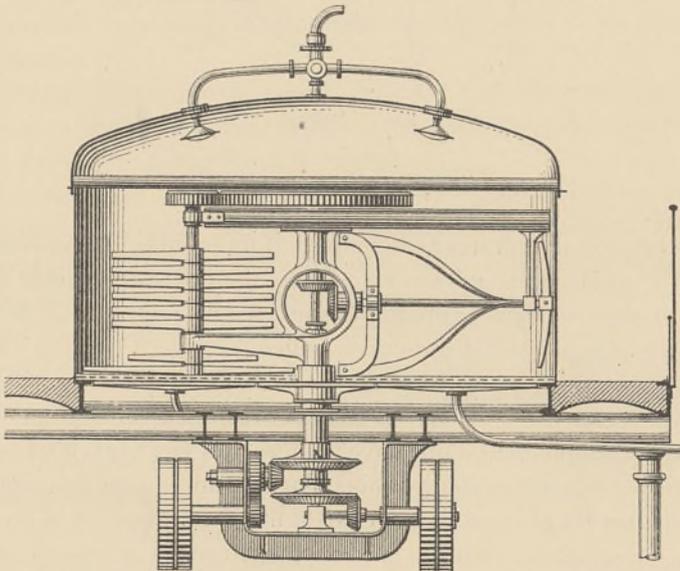
Fig. 47.



Cuve matière avec vagueur à palettes.

vagueur de ce type, la masse prenait un mouvement de rotation continue, sans qu'il y ait mélange réel. Aussi rencontrait-on souvent les

Fig. 48.



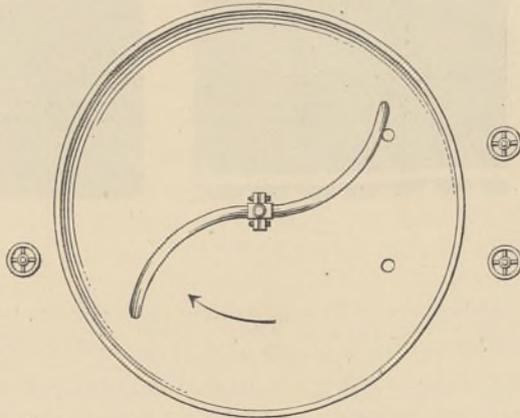
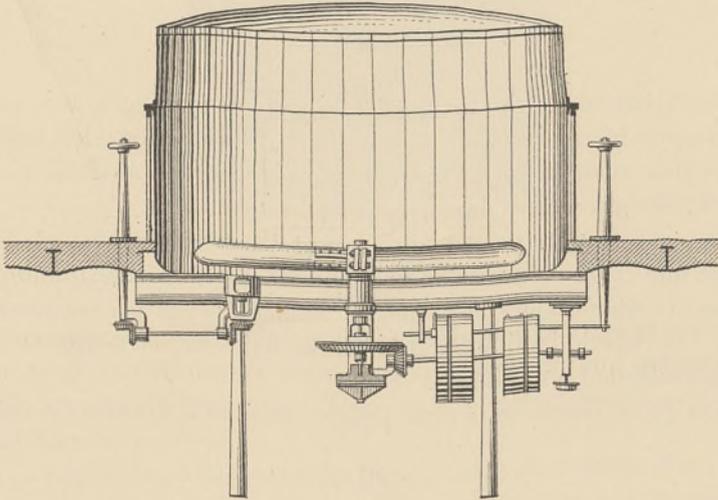
Cuve avec agitateur double.

cuves carrées à coins arrondis, malgré les défauts de cette forme, car la drêche s'accumule dans les coins. Pour y remédier, on était obligé

d'installer des vagueurs tournant en sens inverse ou bien agissant l'un dans le plan horizontal, l'autre dans un plan vertical (*fig. 48*).  
Avec l'agitateur Weigel, dont la hauteur des branches hélicoïdales

Fig. 49.

Élévation.



Plan.

Cuve matière avec agitateur Weigel.

ne dépasse pas 3<sup>cm</sup> à 5<sup>cm</sup>, on obtient même dans les cuves rondes un mélange parfait avec une vitesse de 25 à 40 tours par minute;

l'appareil est extrêmement simple et peu encombrant. C'est certainement le meilleur dispositif actuellement construit (*fig. 49 et 50*).

Fig. 50.



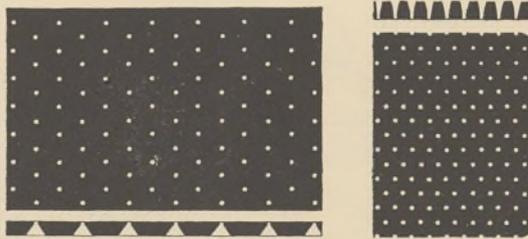
Agitateur Weigel vu par-dessus.

Les agitateurs sont commandés à l'aide d'engrenages, soit par le haut pour les petites cuves, soit par le dessous pour les installations plus importantes. Le dernier dispositif est bien meilleur à cause de la buée qui s'élève des cuves pendant le brassage.

La cuve matière possède un appareil d'arrosage qui est généralement une *croix écossaise*, c'est-à-dire un tourniquet hydraulique à branches démontables et perforées, alimenté d'eau par un réservoir placé en charge; la différence de niveau doit être au moins de 3<sup>m</sup> et préféablement plus grande.

Les *faux fonds* de la cuve peuvent être en fonte, fer ou cuivre,

Fig. 51.



Faux fonds à trous.

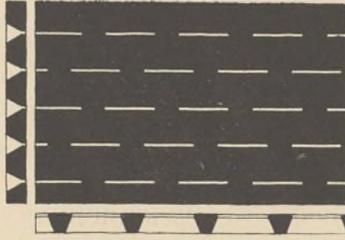
quelquefois en bronze; et ils sont perforés soit par des trous coniques, la petite ouverture dirigée vers le haut; soit par des fentes en biseau, la petite ouverture également en haut. Les faux fonds en cuivre sont meilleurs que ceux en fer ou en fonte, les orifices de ceux-ci se bouchant par la rouille; en outre le cuivre et plus encore le bronze permettent un plus grand nombre de perforations par unité de surface (*fig. 51 et 52*).

Les fentes donnent une filtration plus rapide à surface de faux fond égale et semblent préférables aux trous; le faux fond doit occuper

toute la surface de la cuve, la vitesse de filtration dépendant dans une large mesure de la surface totale.

Dans le fond de la cuve débouchent des tuyaux dont les orifices sont régulièrement répartis, et qui aboutissent d'autre part à autant

Fig. 52.



Faux fonds à fentes.

de robinets dits de *mise en perce*. Le nombre de ces robinets varie avec la surface de la cuve; on compte généralement 1 robinet par mètre carré pour les grandes cuves et 1,5, 2 et même 3 par mètre carré pour les petites.

Ces robinets se trouvent placés à l'extérieur, sur l'un des côtés de la cuve et au-dessus d'une rigole en métal, appelée souvent *reverdoir*. Dans les installations récentes, cette rigole est divisée en deux compartiments par une cloison longitudinale, et les robinets de mise en perce peuvent par un mouvement de leur bec couler soit dans l'un, soit dans l'autre de ces compartiments. L'un reçoit le moût trouble au début de la filtration et communique avec une pompe qui renvoie le liquide dans la cuve. Dès que le moût est clair, on change la disposition des robinets qui alimentent alors le deuxième compartiment.

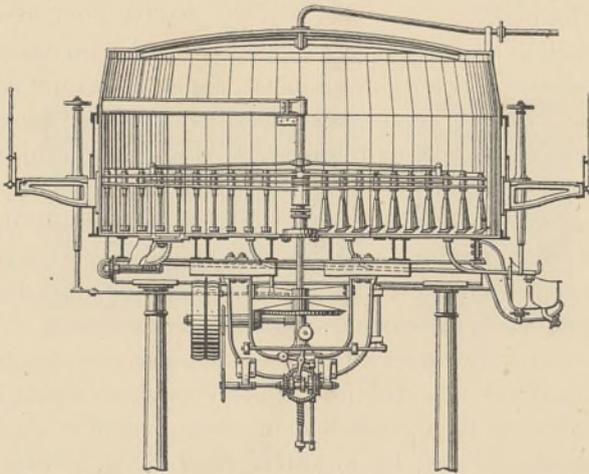
Dans les cuves destinées au brassage par infusion, les tuyaux qui aboutissent aux robinets de mise en perce sont en communication à l'extérieur avec un large conduit muni d'un raccord et d'une vanne, et qui s'appelle, suivant les localités, *faux-bucq*, *prêtre*, etc. Ce conduit est destiné à envoyer de l'eau chaude, par le faux fond, dans la cuve matière pour le réchauffage. Dans les cuves pour décoction, il existe latéralement une ouverture, commandée par une vanne, pour prendre les trempes. Les cuves matières modernes possèdent un appareil de réchauffage, sous forme d'un ou plusieurs larges tubes de cuivre faisant le tour de la cuve, appliqués contre la paroi de façon à ne pas gêner le vagueur, et où l'on peut faire circuler de la vapeur.

Quelquefois, mais rarement, le fond lui-même est à double enveloppe de vapeur.

Enfin, pour éviter le refroidissement, la cuve matière est recouverte d'un doublage en bois, et munie d'un couvercle, soit en bois, soit en tôle; celle-ci est évidemment beaucoup plus propre.

*Cuve à filtrer.* — On peut appliquer à la cuve à filtrer presque tout ce que nous venons de dire pour la cuve matière. Seulement le faux fond est fixe, le vagueur est supprimé et l'on dispose avantageusement une machine à piocher mue mécaniquement et commandée par le dessous. Cette piocheuse doit produire un labour de la drêche, de manière à boucher toutes les fissures qui peuvent se produire, mais sans retourner la drêche, puisque alors on amènerait à la partie supérieure les drêches les moins épuisées, et on les remplacerait au voisinage du faux fond par des portions superficielles et déjà dépouillées de la presque totalité de leur extrait. Un des meilleurs dispositifs actuellement existant est représenté figure 53.

Fig. 53.



Cuve à filtrer avec piocheuse.

La piocheuse peut s'élever et s'abaisser à volonté dans la cuve. Souvent celle-ci est munie d'une large ouverture fermée par un tampon, et, en enlevant ce tampon, la piocheuse évacue les drêches vers l'extérieur.

La cuve à filtrer possède les robinets de mise en perce, le reverdoir,

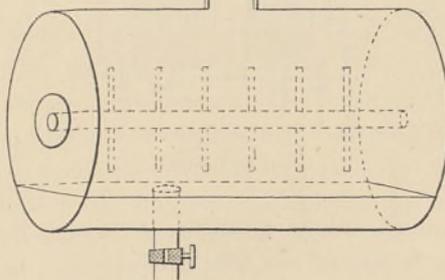
la croix écossaise et parfois le serpentin réchauffeur signalé plus haut; elle est isolée par une enveloppe de bois ou un calorifuge et couverte.

*Macérateur. Cuve matière.* — Lorsqu'on possède une cuve à filtrer, il suffit d'un autre récipient destiné à l'empâtage et à la saccharification, et il peut être représenté par une cuve matière ou un macérateur.

La cuve matière ronde avec agiteur soit Weigel, soit à palettes, mais double, n'a plus de faux fond, ni de robinets de mise en perce, ni de croix écossaise. L'orifice destiné à la prise des trempes s'ouvre dans le fond, et il est commandé par une vanne à tampon, manœuvrée de l'extérieur. Cette même ouverture sert à faire passer le contenu de la cuve matière dans la cuve à filtrer. Il est commode, dans ce cas, que le fond de la cuve, au lieu d'être horizontal, soit légèrement conique, ou présente une pente suffisante vers le déversement, de manière que la vidange puisse se faire complètement. La cuve matière est aussi utilement munie d'un serpentin réchauffeur.

Le macérateur est en forme de pétrin horizontal muni d'un vagueur à palettes verticales, celles-ci étant de préférence légèrement obliques à l'axe, et alternativement inclinées en sens inverse pour assurer un mélange plus parfait (*fig. 54*).

Fig. 54.



Macérateur.

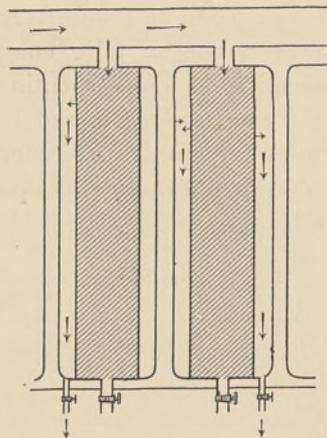
L'appareil est chauffé soit par un double fond, soit par des serpentin à vapeur; quelquefois, il est muni d'un tampon maintenu par un étrier à vis de manière à pouvoir y cuire sous pression. Un orifice fermé par une vanne permet de faire passer le contenu du macérateur dans l'appareil à filtration.

*Filtres-presses.* — La cuve à filtrer ne permet que l'emploi d'une

farine grossière pour éviter le feutrage de la drèche ; or le rendement est notablement augmenté, surtout dans les procédés d'infusion, par une farine fine, et celle-ci peut être utilisée lorsque la filtration a lieu dans un filtre-presse. L'appareil se compose d'un certain nombre de cadres métalliques, entre lesquels sont tendues des toiles de façon à constituer des chambres, le tout est serré par des écrous à vis, ce qui assure l'étanchéité du système. Chaque chambre possède un robinet de vidange.

Si, à l'aide d'une pompe, ou par simple différence de niveau, on refoule dans l'appareil le mélange de drèches et de moût, les chambres vont se garnir d'une couche de drèches, le bouillon s'écoulera filtré à travers les toiles, et, en envoyant ensuite de l'eau chaude

Fig. 55.



Filtre-presse.

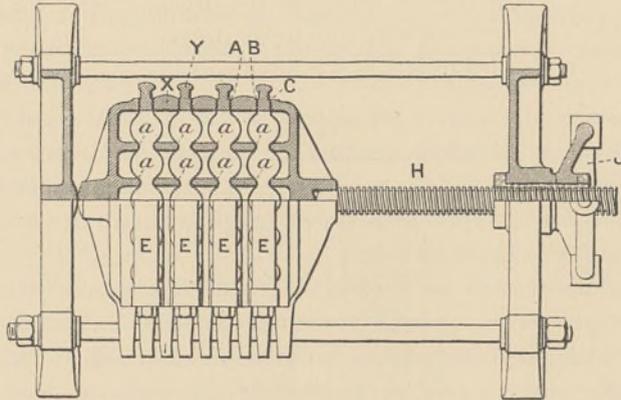
sous pression, on effectuera de même le lavage de la drèche. La figure 55 montre la disposition d'un filtre-presse ; la figure 56, celle d'un autre système, moins encombrant, à surface filtrante égale, et imaginé par M. Kolb, ingénieur aux Brasseries Réunies de Maxéville.

*Cuiseur.* — Il est employé pour les grains crus, riz ou maïs, et affecte une forme conique ou cylindro-conique en tôle d'acier ; l'appareil est muni à la partie supérieure d'un trou d'homme avec tampon autoclave, d'un robinet de purge pour l'air et d'une soupape de sûreté. A la partie inférieure fortement conique se trouve une

vanne à tampon, commandant le tuyau de vidange; cette vanne est naturellement manœuvrée par une forte vis.

La cuite des grains crus, ayant lieu avec peu d'eau, il est nécessaire que la matière soit agitée dans l'intérieur; lorsque le chauffage a lieu par des serpentins à vapeur, il y a donc un agitateur mécanique, à hélice par exemple, commandé mécaniquement par le haut. Si l'on emploie l'injection directe de vapeur, on peut, en cuisant à soupape

Fig. 56.



Filtre-pressé Kolb; plan.

soufflante, se dispenser d'agitateur: pour cela, on laisse entr'ouvert le robinet de purge, ou bien on charge un peu moins la soupape, de façon qu'il s'échappe constamment de la vapeur. Les bulles qui se dégagent à travers la masse produisent un brassage convenable, à condition qu'il y ait des arrivées de vapeur réparties à diverses hauteurs, et spécialement nombreuses dans le bas du cuiseur pour éviter la formation d'un tampon d'empois.

Quand on cuit à soupape soufflante, il est bon de n'introduire le grain qu'après avoir porté l'eau à l'ébullition, et il est plus commode d'utiliser les grains au moins grossièrement concassés, s'il s'agit de maïs.

La cuisson se fait ordinairement sous une pression de 2<sup>kg</sup>, 5 à 3<sup>kg</sup>, quelquefois 3<sup>kg</sup>, 5 à la fin, au moment de la vidange. Il n'est pas recommandable de monter trop la pression, parce qu'on donne alors facilement un goût de lessive ou de brûlé, et une pression de 1<sup>kg</sup>, 5 à 2<sup>kg</sup> est bien suffisante.

Le cuiseur se vide par la pression qui règne dans l'appareil.

*Chaudières.* — Elles appartiennent à deux types : les unes destinées à la fois à la cuisson des trempes épaisses et du moût clair sont munies de vagueur, les autres servant uniquement au moût clair en sont dépourvues.

Les chaudières peuvent être chauffées à feu nu ou à la vapeur, et c'est cette dernière disposition qui tend à se répandre de plus en plus comme économique et comme présentant de grandes facilités de réglage; en outre la bière cuite à la vapeur est plus pâle et plus fine, tandis que pour les bières brunes il n'y a aucune différence appréciable de goût, quel que soit le mode de chauffage. Quelquefois les chaudières à vapeur sont à fermeture autoclave et permettent de cuire sous pression de 1<sup>kg</sup> à 2<sup>kg</sup>. Les chaudières à feu nu sont presque toujours en cuivre, ou tout au moins ce métal est-il employé pour le fond et les parois jusqu'à la hauteur des carneaux, car la tôle est rapidement attaquée par les gaz de la combustion, et la chaudière tout en fer est rapidement hors d'usage; au contraire à la vapeur on peut employer la tôle d'acier.

Les chaudières à feu nu doivent avoir une forme basse et large, et ce fond est placé à une grande hauteur au-dessus de la grille du foyer, 1<sup>m</sup> à 1<sup>m</sup>,50; la paroi métallique subit en effet une forte surchauffe pouvant aller jusqu'à 400° et d'autant plus grande que le rayonnement de la grille s'exerce mieux; si la chaudière est haute et étroite, les soubresauts d'ébullition, étant eux-mêmes violents, font ruisseler à la partie supérieure du moût en couches minces, sur la paroi surchauffée par conductibilité, et il en résulte une caramélisation du moût qui devient plus foncé et contracte un goût amer. Les mêmes observations s'appliquent aux chaudières à trempe, et encore plus, puisqu'il y a des matières en suspension pouvant s'attacher au fond et se brûler.

La chaudière à vapeur peut être plus haute sans que ces inconvénients se présentent; toutefois il est avantageux d'avoir une grande surface d'évaporation, surtout pour l'ébullition des moûts clairs, et par conséquent de donner aussi une large section. Le chauffage s'effectue soit par double fond, soit par serpentins, ceux-ci étant collés contre la paroi, et l'on en dispose souvent deux à hauteur différente de façon à obtenir une ébullition plus régulière; on peut aussi commencer à chauffer dès que le serpentин inférieur est couvert par le liquide, ce qui fait du temps gagné; une bonne disposition consiste à placer l'arrivée de vapeur à la partie supérieure; la paroi reste alors sans perforation, et en outre il est facile de sortir le serpentин pour

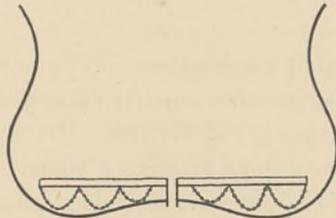
le nettoyer des crasses déposées pendant l'ébullition; on obtient ainsi une meilleure utilisation de la chaleur.

Le chauffage par serpentins est plus économique que celui par double fond dès qu'il s'agit de chaudières un peu grandes, tandis qu'il n'y a pas d'avantage pour les petites installations; le principal argument en faveur du serpentins est qu'il permet d'augmenter la surface de chauffe à volonté, puisqu'il suffit d'employer plusieurs serpentins superposés, tandis que le double fond est déterminé comme surface de chauffe par la forme et les dimensions de la chaudière. On peut réduire un peu l'épaisseur des tôles de la chaudière, puisque la pression de la vapeur s'exerce seulement dans les serpentins, tandis qu'avec double fond l'épaisseur doit être calculée d'après la pression de la vapeur employée. Enfin la vidange est plus facile quand il n'y a pas de double fond et l'installation de la vanne de fermeture plus simple.

On peut donc considérer la chaudière à vapeur chauffée par serpentins comme étant le modèle le plus favorable et le plus économique, surtout avec arrivée de la vapeur par le haut.

Les chaudières sont ordinairement munies de dômes avec cheminée d'évacuation pour les vapeurs, et robinet de purge au bas de la cheminée; on augmente ainsi l'évaporation, puisqu'on facilite l'entraînement des vapeurs, c'est-à-dire que l'on obtient une vaporisation plus rapide et une économie de chaleur.

Fig. 57.



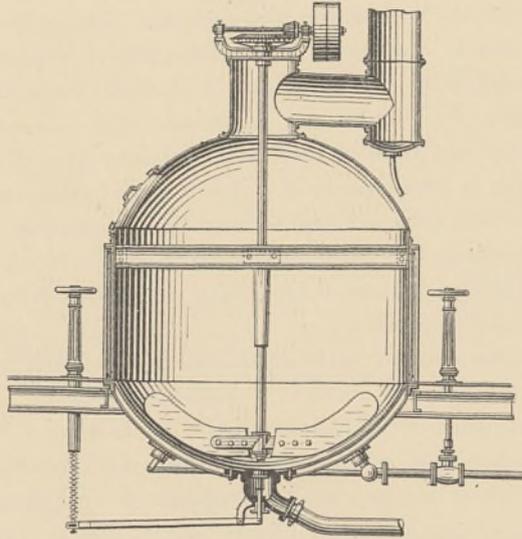
Chaudière à feu nu  
avec chaîne trainante; coupe.

Pour empêcher les condensations qui se produisent à l'intérieur du dôme de retomber dans la chaudière, on munit ce dôme d'une rigole avec tube de vidange.

Enfin, en ce qui concerne le vagueur des chaudières à trempe, on rencontre beaucoup le vagueur à palettes avec chaîne trainante, celle-ci devant empêcher les drèches de s'attacher au fond; mais, pour

les chaudières comme pour les cuves matières, l'agitateur Weigel est de beaucoup le plus recommandable, comme le plus simple, le moins encombrant et le plus efficace.

Fig. 58.



Chaudière à tremper, chauffage par double fond.

Les figures 57 et 58 représentent des chaudières à brasser de divers types.

*Pompes.* — On utilise les pompes, soit pour envoyer les trempes et le moût de la cuve matière dans la chaudière, soit inversement pour faire passer les trempes de la chaudière dans la cuve matière, ou le brassin, de celle-ci dans la cuve à filtrer, enfin pour envoyer le moût de la chaudière dans les appareils refroidissoirs.

On utilise beaucoup pour ces divers usages la pompe centrifuge, à cause de son grand débit et de son faible encombrement; ce système convient en effet parfaitement lorsqu'il s'agit d'une marche de courte durée, vu la dépense de force qu'il occasionne et qui augmente à mesure que la hauteur de refoulement s'accroît; la pompe centrifuge doit être placée sans aspiration, c'est-à-dire en contre-bas du liquide qu'il s'agit d'élever. On rencontre aussi les pompes à piston et plus rarement les pompes rotatives, tandis que pour les trempes épaisses les pompes à vapeur directe ne conviennent pas; on doit donc consi-

dérer comme les plus pratiques les pompes à piston et les centrifuges, les premières très robustes, mais plus encombrantes.

*Appareils accessoires.* — Nous compterons dans cette catégorie les bâches à eau chaude, les mélangeurs et les thermomètres.

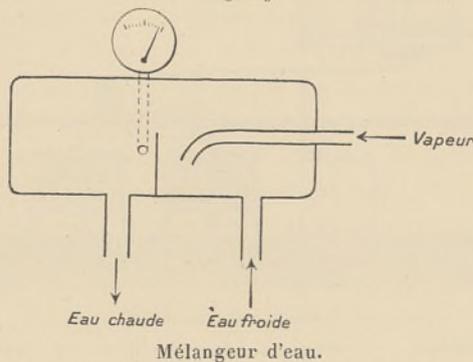
Les bâches à eau chaude sont presque toujours chauffées par des serpentins dans lesquels circule la vapeur d'échappement du moteur; lorsque le moteur est puissant et que l'eau ne manque pas, il y a souvent avantage économique à faire marcher le moteur à condensation et à employer la vapeur directe pour la bêche, ou, tout au moins, à ne faire l'échappement libre que d'une façon intermittente et dans les limites d'utilisation de l'eau chaude.

Lorsque la brasserie n'a pas de moteur à vapeur ou que celui-ci est trop faible, on place quelquefois la bêche dans un élargissement de la cheminée des chaudières à feu nu, de sorte que les gaz du foyer abandonnent une partie de leur chaleur pour chauffer l'eau : c'est une disposition économique, puisqu'elle fait récupérer de la chaleur perdue sans aucun profit.

Le plus souvent, quand la vapeur manque, on se sert de l'une des chaudières pour chauffer l'eau nécessaire à l'empâtage et aux arrosages, mais cette disposition n'est pas bonne, car elle empêche de faire un nombre suffisant de lavages, de telle sorte que l'épuisement du malt est défectueux.

En ce qui concerne spécialement l'empâtage, on peut avantageu-

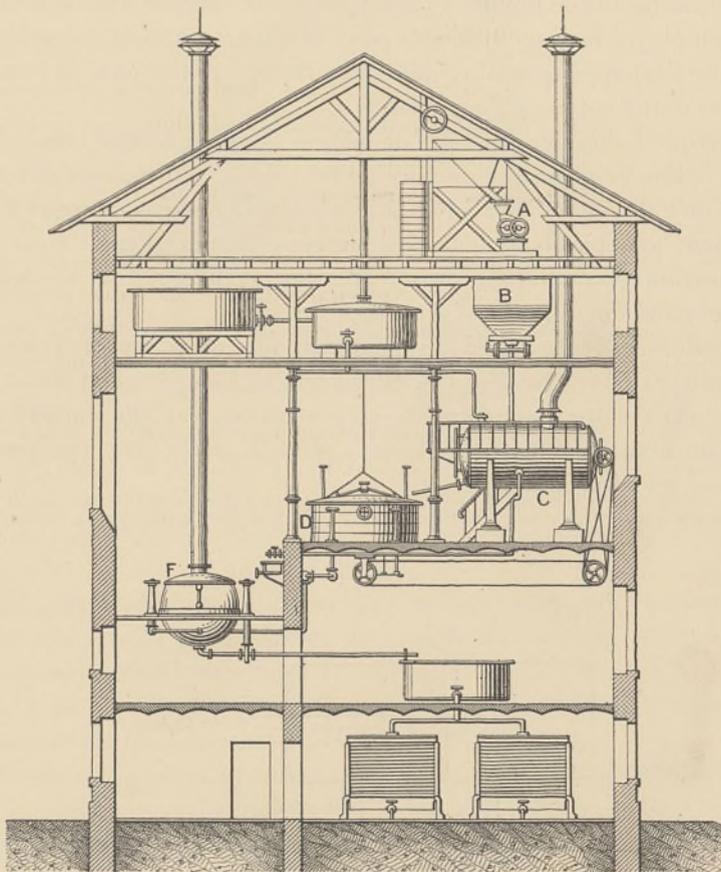
Fig. 59.



sement employer les mélangeurs, qui permettent d'obtenir instantanément et indéfiniment de l'eau à telle température que l'on veut. Le mélangeur est un simple cylindre de fonte avec trois tubulures, l'une

amène l'eau froide, la seconde de la vapeur vive, à l'aide d'un ajutage conique, enfin la troisième sert à l'évacuation de l'eau chauffée par le barbotage de vapeur, et un thermomètre métallique donne constamment la température de l'eau. On règle celle-ci en agissant soit sur l'arrivée d'eau, soit sur celle de vapeur, et une fois le degré voulu atteint on n'a plus à s'occuper de l'appareil (*fig. 60*); un compteur d'eau complète heureusement ce dispositif.

Fig. 60.



Brasserie en cascade.

A, concasseur. — C, macérateur. — D, cuve à filtrer. — F, chaudière.

Les thermomètres sont adaptés à la cuve matière, ou au macérateur, aux bâches et aux mélangeurs; pour les chaudières à trempes, on se contente le plus souvent d'un thermomètre mobile. Les thermomètres

métalliques à cadran sont de beaucoup préférables, parce qu'ils donnent des indications très visibles, et que leurs chances de rupture sont bien réduites; il est possible de placer un tel thermomètre à poste fixe dans les chaudières à trempes; on peut les munir d'avertisseurs électriques, sonnant à une température fixée d'avance.

Dans quelques brasseries on utilise des thermomètres enregistreurs pour la cuve matière ou respectivement le macérateur et les chaudières à trempe; c'est évidemment un excellent moyen de contrôle, bien que les enregistreurs n'indiquent pas, en général, instantanément les petites variations de température.

*Disposition des appareils.* — Dans beaucoup d'installations modernes on adopte le système de *cascade* complète, qui réduit au strict minimum l'usage des pompes.

Tout en haut se trouve le concasseur, au-dessous la trémie, puis l'hydrateur et le macérateur ou la cuve matière, encore en dessous la cuve à filtrer, éventuellement et au plus bas les chaudières à tremper et à houblonner. La pompe n'intervient, dans ce cas, que pour renvoyer dans le macérateur les trempes bouillies en chaudière. La bêche à eau chaude se trouve, bien entendu, à une certaine hauteur au-dessus de la cuve à filtrer.

Cette disposition est une économie de la main-d'œuvre et de la force, mais elle exige une grande hauteur de la salle de brassage; quand celle-ci n'est pas suffisante, on ne fait qu'une cascade partielle, la cuve à filtrer étant disposée par exemple au même niveau que la cuve matière ou le macérateur, de sorte qu'on doit pomper le contenu de ces derniers appareils dans celui qui sert à la filtration, cuve à filtrer ou filtre-pressé.

Il est toujours avantageux de placer les appareils de filtration au-dessus des chaudières, parce qu'alors le moût filtré coule par simple différence de niveau, pendant toute la durée de la filtration, et que l'on a simplement à employer des pompes pour le retour des trempes, c'est-à-dire pendant un temps beaucoup moins long.

#### MÉTHODES DE BRASSAGE.

Dans ce qui suit nous supposons que la filtration s'opère à l'aide d'une cuve à faux fond perforé, mais on peut évidemment employer tout autre dispositif, un filtre-pressé par exemple. Dans ce dernier cas, il faut que le mélange de drèches et de moût convenablement

maintenu en suspension, dans un macérateur ou dans un réservoir spécial, de manière que sa température reste constante, soit refoulé peu à peu par une pompe ou par différence de niveau dans le filtre-pressé, dont les dimensions doivent être par conséquent très grandes. Toutefois il convient d'observer que l'usage du filtre-pressé n'est commode qu'avec les procédés de brassage où la température finale est de 74°-75°, ou pour ceux qui font une saccharification complémentaire des matières contenues dans la drêche.

Les lavages se font dans le filtre-pressé même, l'eau toujours débitée sous une pression de 0<sup>kg</sup>, 8 à 1<sup>kg</sup>, 5 suivant tassement et épaisseur des chambres; on prend de l'eau à 80°-85°, sauf le cas où une saccharification complémentaire a eu lieu, et alors on peut utiliser de l'eau bouillante. Enfin nous rappelons que, pour le filtre-pressé, on fait une farine très fine.

Dans les cuves à faux fond perforé, les lavages, donnés à la croix écossaise, le plus généralement, peuvent être continus ou intermittents: dans le premier cas, le débit de la croix écossaise est réglé de façon que la drêche soit toujours sous l'eau; dans le second cas, on fait arriver une certaine quantité d'eau chaude et l'on ne remet la croix écossaise en marche qu'au moment où le moût filtré commence à se troubler, et l'on ferme alors les robinets de mise en perce. Dans ce dernier procédé, on fait du piochage de la drêche, soit à la main avec une fourche, soit avec une machine à piquer entre chaque lavage, et d'abord avant le premier.

#### INFUSION.

Les méthodes par infusion sont employées uniquement pour la fermentation haute, c'est-à-dire dans le nord et le nord-est de la France, en Belgique, Angleterre, et dans l'Allemagne du Nord, etc.

Les procédés sont très variés et nous indiquerons seulement les types principaux, étant entendu que les températures et les temps ne sont pas absolument fixes. Nous examinerons d'ailleurs, à propos des transformations pendant le brassage, l'influence qu'exercent les modifications de travail.

a. Empâtage à l'hydrateur ou même directement, le mélange eau et malt étant à 40° et très épais, soit 1<sup>l</sup> à 2<sup>l</sup> d'eau par kilogramme de malt; amenée d'eau à 80° par le faux bucq, en vaguant de façon à obtenir 63°-65° en 30 minutes; repos 1 heure à 1 heure 30 minutes; on met en perce et l'on envoie le bouillon en chaudière immédia-

tement; on fait arriver de l'eau à 75°, remet le vagueur en marche pendant 15 minutes, puis, après repos, on met de nouveau en perce, et le moût filtré est dirigé vers la chaudière; cette deuxième opération s'appelle *trempe de saccharification*.

Ensuite on donne des arrosages à la croix écossaise avec de l'eau à 85° environ, jusqu'à ce que l'épuisement soit jugé suffisant, c'est-à-dire jusqu'à ce que la densité du moût qui s'écoule soit de 0,2 à 0,5 Ball. suivant l'usine.

On peut aussi employer de l'eau bouillante pour le premier réchauffage à condition d'avoir un bon vagueur et que l'eau arrive assez divisée.

Comme variante, lorsque la cuve matière est munie d'un double fond à vapeur ou bien de serpentins, on fait fonctionner ces appareils de chauffage, ce qui permet de réduire la quantité d'eau à employer et par conséquent d'en réserver davantage pour les lavages.

b. On fait l'empâtage comme précédemment, et l'on réchauffe, soit à l'eau bouillante, soit par serpentins, ou en se servant d'un macérateur jusqu'à 73°-75°; repos, soutirage du bouillon, puis lavages à la croix écossaise.

c. Farine fine, versée dans la cuve, le faux fond étant simplement rempli d'eau, et la cuve n'ayant pas de vagueur; on fait arriver de l'eau chaude par le faux bucq à 60" au plus, pour bien imprégner la farine, puis de l'eau à 75° de façon à élever la température jusqu'à 65°-68°; on laisse en contact pendant 30 à 40 minutes pour que la saccharification s'accomplisse; on met en perce, et en même temps on fait un arrosage à la croix écossaise avec de l'eau à 80°, de façon à ne pas laisser la drêche découverte; la filtration est ainsi continue.

Ce procédé donne de bons résultats avec une farine fine et un malt bien désagrégé.

d. Empâtage à 35°-40°, réchauffage avec l'eau à 80° ou même bouillante jusqu'à 65°, puis on soutire par les robinets de mise en perce presque tout le liquide trouble, que l'on envoie en chaudière et que l'on chauffe à 80°. Pendant ce temps on donne une trempe de saccharification avec de l'eau à 75° et quand, après repos et mise en perce, le moût de cette trempe a été envoyé dans la deuxième chaudière, on ramène sur la drêche le premier moût bouillant, et l'on finit par des lavages avec de l'eau à 80°. Ce procédé s'appelle souvent *procédé de Lille*.

Quelquefois le premier moût est poussé à l'ébullition.

*e. Macérateur et grains crus :* on empâte dans le macérateur une petite partie du malt, soit 10 pour 100 de poids de grain cru avec de l'eau froide et l'on monte lentement la température à 40°-45°, soit en 30-40 minutes au moins; la quantité d'eau doit comprendre celle nécessaire au grain cru à raison de 3<sup>l</sup> à 6<sup>l</sup> par kilogramme de ces grains.

Chauffer progressivement jusqu'à 85°-90° et maintenir ce degré 15-20 minutes, refroidir avec de l'eau froide jusqu'à 65°-67°, et faire arriver le reste de la farine de malt empâtée à l'hydrateur, de manière que le mélange soit à 62°-64°. Maintenir cette température 15-20 minutes, puis réchauffer à 75° et vider dans la cuve à filtrer.

Comme variante, on peut pousser à l'ébullition le contenu du macérateur, au lieu de se limiter à 85°-90°, et même cuire sous pression. Dans ce cas, on refroidit ensuite jusque vers 80°, on ajoute un peu de farine de malt pour liquéfier l'empois, puis on continue comme ci-dessus.

Ce procédé ou ses variantes sont utilisables avec une forte proportion de grains crus, jusqu'à 40-50 pour 100 du poids total de matière première.

*f. Macérateur et grains crus :* empâtage de tout le malt dans le macérateur avec de l'eau froide; monter en 30-40 minutes à 50°, stationner 30 minutes, puis laisser déposer la drêche un instant et prendre une partie du liquide trouble qui est mis de côté; on ajoute alors le grain cru et l'on continue comme précédemment, jusques et y compris la cuisson, et même la cuisson sous pression; refroidir avec de l'eau froide jusqu'à 66°-68°, et verser dans le macérateur le mout mis de côté; terminer comme en *e*.

Comme variante, si l'on dispose d'un macérateur ou d'une chaudière à vagueur et d'une cuve matière, au lieu de prendre du liquide trouble à 50°, on fait passer dans la cuve matière une partie de l'empâtage, drêches comprises, et, après avoir fait bouillir la matière restée en chaudière, on la vide dans la cuve matière de façon à obtenir de 68° à 75° suivant le genre de fabrication et la nature du malt.

*g. Cuiseur et cuve matière avec grains crus :* traiter dans le cuiseur les grains crus avec 3 à 4 fois leur poids d'eau, faire l'empâtage en cuve matière avec une température de 45° à 50°, terminer 30 à 40 minutes avant la vidange du cuiseur. Le contenu de celui-ci, ramené dans la cuve matière, permet d'atteindre 62° à 70°, rarement 75°; on complète à 75°, par addition d'eau bouillante.

*h. Cuve matière, chaudière sans vagueur, grains crus à petite dose :* empâtage comme en *a*, réchauffage jusqu'à 55° environ, puis l'on prend par le faux fond une partie du liquide trouble qui passe en chaudière; on porte à ébullition et l'on ajoute par petites portions de la farine de riz ou de maïs, de façon que l'ébullition ne s'interrompe pas; on poursuit celle-ci de 20 à 30 minutes après la fin du versement, puis on ramène le contenu de la chaudière en cuve matière de façon à avoir 68° à 72° et, après quelques minutes, on complète à 75° avec de l'eau bouillante.

Il ne faut pas dépasser 8 à 10 pour 100 de grains crus, et si possible délayer ceux-ci avant de les verser en chaudière.

Ce même procédé s'applique avec du malt seul, le moût trouble bouilli 15 minutes.

*j. Empâtage à 45°-50°, une partie du malt ( $\frac{1}{10}$  à  $\frac{1}{4}$ ) étant mise en réserve; réchauffage à 70° par l'eau bouillante ou un serpentín ou un macérateur, puis versement de la farine de malt réservée, stationner 10 à 15 minutes à 70°, puis monter à 75° par les mêmes moyens.*

Comme variante : empâtage de tout le malt, soit à l'hydrateur, soit par versement direct dans l'eau à une température de 68° à 70°, qui est maintenue 15 à 30 minutes, puis monter à 75°.

#### DÉCOCTION.

*A. Trois trempes.* — Empâtage à froid et repos 30 minutes; réchauffage à l'eau bouillante jusqu'à 35°; prise d'une trempe épaisse,  $\frac{1}{3}$  environ de la masse totale; cette trempe est chauffée en chaudière jusqu'à 75° en 1 heure à 1 heure 15 minutes; portée à l'ébullition qui dure de 10 minutes à 45 minutes; retour en cuve matière donnant 50°; prise immédiate d'une deuxième trempe épaisse, traitée comme la première, sauf que la montée à 75° est un peu plus rapide, et retour donnant 62°-63° en cuve; repos 5 minutes, pour laisser déposer une partie de la drêche, et prise d'une trempe claire, montée à 75° en 25 à 30 minutes; ébullition 10 à 45 minutes et retour donnant 75°-77°; repos 30 minutes, mise en perce et lavages avec eau à 85°-90° à la croix écossaise.

C'est la méthode qu'on appelle ordinairement *procédé bavarois*.

On peut aussi supprimer le réchauffage et faire directement l'empâtage à 35°.

Cette méthode peut s'appliquer sans modifications à un emploi de grains crus, ceux-ci étant ajoutés à l'une ou plusieurs des trempes.

*Variante pour bière brune.* — La première trempe épaisse est prise en poussant vers la chaudière le plus de drêche possible et l'on fait passer en chaudière un volume plus grand qu'il n'est nécessaire, de façon qu'au retour de cette trempe en cuve la température de 50° soit atteinte, alors qu'il reste quelques hectolitres de trempe bouillante en chaudière. On fait arriver, sur cette matière, la deuxième trempe prélevée à la cuve matière, de sorte que sa température s'élève plus rapidement, et l'on répète quelquefois cette manœuvre pour la deuxième trempe.

B. *Deux trempes.* — Empâtage à 48°-50°, repos 30 minutes, prise d'une trempe épaisse montée à volonté en température, bouillie 15 à 30 minutes et retour donnant 63°-64°. Souvent, dans ce chauffage de la trempe, on stationne 15 à 30 minutes, soit vers 62°, soit à 75°; c'est ce qu'on appelle la *période de saccharification*; deuxième trempe épaisse ou claire suivant les usines, bouillie comme la première et retour à 75°-76°.

Lavages comme en A.

Ici encore on peut travailler des grains crus, en les versant à l'une des trempes ou aux deux. Il est seulement recommandable de stationner alors 10 à 15 minutes entre 75° et 80° pour favoriser la liquéfaction du riz ou du maïs.

C. *Une trempe.* — Empâtage à 60°, prise d'une trempe, envoyée en chaudière, chauffée à volonté et bouillie 5 à 10 minutes, retour en cuve donnant 70°, vaguer ou laisser en repos 30 à 60 minutes, suivant le malt, et compléter à 75°, soit en prenant une petite trempe épaisse qu'on porte simplement à ébullition sans maintenir celle-ci, soit par addition d'eau bouillante. C'est le procédé connu sous le nom de *brassage abrégé* indiqué par Windisch.

Comme variante, on peut ramener directement la trempe unique de façon à obtenir 75°.

*Variante avec grains crus.* — Empâtage à 50°. Prise d'une très forte trempe, qui reçoit en chaudière les grains crus, et dont on monte lentement, en 1 heure par exemple, la température jusqu'à 75°-80°, on stationne 10 à 15 minutes à ce degré, puis on pousse à ébullition qui dure 30 à 40 minutes, retour lentement à 75°. On peut

aussi ramener d'abord une partie de la trempe jusqu'à avoir 65°, arrêter 10 à 15 minutes puis continuer l'amenée de trempe jusqu'à 75°.

D. *Macérateur*. — Empâtage à eau froide, montée 30 à 40 minutes à 60°, vidange des  $\frac{2}{3}$  en cuve matière: le reste est porté à ébullition, qui dure 15 à 30 minutes, puis versé dans la cuve matière pour avoir 75°. On peut également appliquer les procédés indiqués à propos de l'infusion soit *e* et *f*.

E. *Macérateur et chaudière à trempes avec grains crus*. — Empâtage des  $\frac{2}{3}$  du malt dans le macérateur à l'eau froide et montée à 50°; on fait passer dans la chaudière à trempe une partie du contenu du macérateur, et l'on ajoute dans celui-ci le grain cru. On chauffe à ébullition, ou l'on cuit sous pression, puis avec de l'eau froide on refroidit vers 55°-58°, on verse alors le  $\frac{1}{3}$  de la farine réservée, et l'on monte lentement jusqu'à 62°-63°. Pendant ce temps, la chaudière à trempe a été chauffée lentement jusqu'à 75°, puis à ébullition, celle-ci maintenue 15 à 30 minutes, et l'on ramène la trempe de la chaudière dans le macérateur pour avoir 75°.

On peut aussi mettre dans la chaudière une partie du grain cru.

F. *Cuiseur et cuve matière ou macérateur*. — Empâtage dans la cuve matière ou macérateur de toute la farine de malt à 50°-55°, et chauffage du grain cru dans le cuiseur; le contenu de celui-ci ramené au contact de l'empâtage fournit 75°, soit en une fois, soit avec arrêt à 62°-63°.

Lorsqu'on dispose d'un macérateur, on peut faire l'empâtage moins chaud et obtenir après la vidange du cuiseur, seulement 62°-68°; on complète à 75° par le chauffage du macérateur.

De même, si l'on dispose d'une cuve matière, d'un cuiseur et d'une chaudière à trempes, on complète à 75° par une trempe épaisse.

#### PROCÉDÉS AVEC SACCHARIFICATION COMPLÉMENTAIRE.

Ils s'appliquent aussi bien à l'infusion qu'à la décoction et permettent également l'usage des grains crus.

Leur principe est le suivant : on prépare une infusion de farine de malt dans l'eau tiède et, après un contact de 1 heure environ, on sépare le liquide de la drêche, et on le clarifie complètement par

filtration soit dans un sac de toile, soit mieux dans un petit filtre-  
presse.

Le liquide clair est mis en réserve et constitue une solution d'amy-  
lase, tandis que la drêche est réunie au malt et au grain cru éventuel-  
ment que l'on emploie dans le brassage.

Fig. 61.

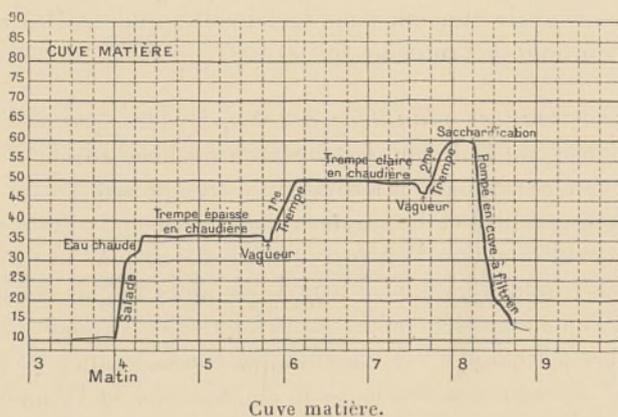
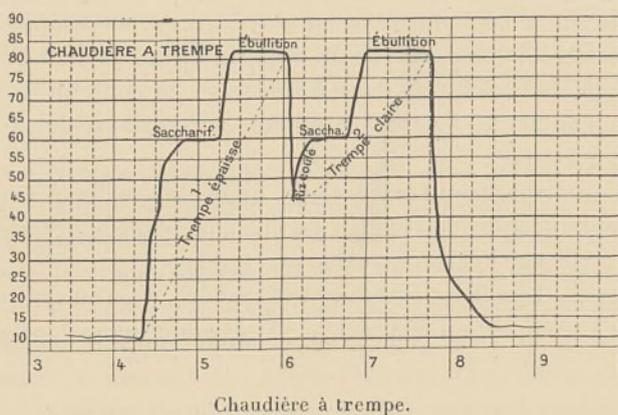


Fig. 62.



Celui-ci est effectué par un procédé quelconque, mais, lorsque la température finale est atteinte, on porte à l'ébullition, pendant 30 minutes, le mélange de drêches et de moût, ou bien on sépare par filtration sur la drêche le bouillon et l'on fait bouillir la drêche mélangée avec de l'eau. Les lavages sont faits à l'eau bouillante et l'on

maintient, par un serpentín à vapeur, la température de 100° dans la cuve à filtrer.

Les bouillons et les lavages sont refroidis à 70° par passage sur un réfrigérant et envoyés en chaudière.

On leur ajoute l'infusion claire de malt mise en réserve et l'on maintient la température de 70° jusqu'à saccharification complète, ensuite on porte à ébullition (Procédé Schmitz).

La quantité de malt employée à la préparation de l'infusion claire représente 1 à 5 pour 100 du poids de malt travaillé.

*Représentation graphique du brassage.* — Lorsque la chaudière et la cuve matière sont munies de thermomètres enregistreurs, on obtient ainsi une représentation graphique très claire du brassage, et nous en reproduisons ci-contre deux exemples (*fig. 61 et 62*).

#### PROCÉDÉS DE FILTRATION DU MOÛT.

Si nous considérons l'une quelconque des méthodes de brassage indiquées précédemment comme infusion ou décoction, nous voyons qu'une fois atteinte la température finale, 75° environ, et la saccharification du liquide achevée, nous avons, dans la cuve matière ou dans le macérateur, du moût tenant en suspension diverses matières qui constituent la drêche; il s'agit alors de séparer le moût clair et d'épuiser la drêche : c'est ce qui constitue la période de filtration et de lavage.

Les matières en suspension comprennent : des enveloppes du malt en gros fragments ou même simplement fendues et aplaties, de fins débris de cellulose, provenant de la mouture ou éventuellement du riz ou du maïs, des germes de malt plus ou moins brisés ou disloqués par contact avec l'eau chaude, des flocons d'albumine coagulée, des caséines et des matières azotées insolubles, amollies par l'eau et devenues visqueuses et collantes; enfin, quelquefois du carbonate de chaux provenant de l'eau calcaire utilisée pour le brassage. La quantité de ces substances varie avec les matières premières employées.

La filtration et l'épuisement de la drêche peuvent s'effectuer soit par les cuves à faux fond, soit par filtre-presse et nous examinerons séparément le mécanisme de l'opération dans ces deux cas.

*Filtration par faux fonds.* — Si l'on examine la drêche, on constate diverses couches disposées dans un ordre constant.

D'abord, en contact avec le faux fond, une couche de matières azotées, englobant éventuellement le carbonate de chaux, et des débris fins de cellulose. L'épaisseur de cette couche dépend de la *surface totale* de la cuve, mais non pas de la nature ou de la surface des perforations; elle dépend aussi des matières comme quantité et comme compacité, et en particulier elle est moins perméable quand on emploie du riz ou du maïs qu'avec du malt seul. Suivant les cuves on a une couche de 2<sup>cm</sup> à 5<sup>cm</sup> d'épaisseur, quelquefois davantage.

Au-dessus viennent les gros débris d'enveloppes, plus ou moins mélangés de fragments fins de cellulose et de germes, enfin, à la partie supérieure, une couche plus ou moins épaisse de matières azotées visqueuses, de germes et de cellulose fine.

La filtration s'effectue en réalité sur la couche inférieure en contact avec ce faux fond, car, si en piochant la drêche on laisse cette couche intacte, l'écoulement d'un liquide clair reprend sans interruption; si, au contraire, on arrache en partie cette couche inférieure, le moût coule immédiatement trouble et il faut recommencer à purger, jusqu'à ce qu'elle soit reconstituée.

La proportion et la nature des matières azotées insolubles des matières premières jouent donc un très grand rôle dans la filtration par faux fonds, et c'est là une des raisons des filtrations défectueuses que procurent certains malts.

La masse filtrante constituée par la drêche comprend pour le bouillon ou premier moût les trois couches ci-dessus indiquées, dont le serrage est variable : l'enduit supérieur se crevasse souvent, surtout au-dessus du vagueur et il n'adhère pas aux parois de la cuve, de telle sorte qu'une partie du moût évite cette couche; la partie médiane, de beaucoup la plus haute, est d'autant plus serrée que la farine a été faite plus fine, et qu'il y a plus de débris fins de cellulose, les grains crus donnant une grande quantité de ces derniers; mais dans les conditions pratiques, la compacité de la couche moyenne est toujours insuffisante pour dépouiller complètement le moût, c'est-à-dire pour le laisser filtrer brillant; c'est la couche inférieure plus ou moins compacte et épaisse qui achève la clarification.

On commence par ouvrir brutalement les robinets de mise en perce pour purger les faux fonds, c'est-à-dire pour dégorger les tuyaux et l'intervalle entre fonds du liquide trouble qu'ils contiennent, mais en même temps on complète la couche inférieure et on la tasse par suite de l'aspiration qu'exerce l'écoulement brusque du liquide. Si cette aspiration est trop forte, c'est-à-dire si l'on ouvre par exemple

un trop grand nombre de robinets à la fois, le serrage devient tel que la filtration ne se fait plus qu'avec une grande lenteur; cette influence mauvaise de l'aspiration se manifeste surtout avec les faux fonds présentant des perforations très nombreuses et très fines, et beaucoup moins avec les faux fonds ancien modèle, dont les trous ont un diamètre relativement grand.

Les robinets de mise en perce étant ramenés après la purge à une ouverture très réduite, la couche inférieure se complète et la filtration s'effectue grossièrement sur la couche moyenne, puis entièrement sur la couche inférieure. Naturellement plus ces couches sont épaisses, et cela dépend du diamètre de la cuve seulement, plus la filtration sera lente et, si la température s'abaisse dans la cuve, le débit de liquide se réduira encore.

Les enveloppes du malt ne peuvent donc être considérées que comme un filtre, en quelque sorte préparatoire. Mais la véritable couche filtrante, donnant le moût clair, est constituée par des débris fins de cellulose et surtout par de la caséine et de la fibrine insolubles du malt.

La perméabilité de cette couche essentielle varie aussi avec les matières premières, c'est-à-dire la proportion de caséine, de fibrine et de cellulose, et la fibrine gluante rend naturellement la filtration plus lente. Or, les grains crus renferment plus de caséine et fibrine, plus de débris très fins de cellulose que le malt, et, d'autre part, la quantité totale de matières azotées insolubles, ainsi que les proportions de fibrine et de caséine ne sont pas les mêmes pour toutes les orges et tous les malts. La filtration est donc logiquement ralentie par l'emploi de grains crus et par la cellulose et par les matières azotées.

La perméabilité de la couche inférieure est aussi modifiée par le débit donné aux robinets de mise en perce et par leur disposition au point de vue des rentrées d'air sous le faux fond; en effet, si le débit donné par les robinets est supérieur à celui du faux fond ou, plus exactement, à celui de la couche cellulose-matière azotée, il se produit une aspiration qui tasse cette dernière couche et retarde encore la filtration; de même, l'intervalle entre le faux fond et le fond se vidant en partie au moins, une dépression s'y déclare, et, si les robinets ne sont pas disposés en conséquence, de l'air pénètre entre les deux fonds; les parties du faux fond au-dessous desquelles l'air s'introduit cessent naturellement de filtrer, et là encore la filtration devient de plus en plus lente.

Il en résulte que, pour avoir une bonne filtration et régulière, il

faudra que l'intervalle entre le faux fond et le fond soit toujours rempli de liquide, qu'on devra éviter par un réglage et une disposition convenable de robinets toute rentrée d'air, et que, si celle-ci se produit accidentellement, entre deux lavages par exemple, il faudra avoir soin, avant de reprendre la filtration, de remplir l'intervalle des fonds avec de l'eau. Le serrage de la couche par aspiration, c'est-à-dire par débit trop grand des robinets, devra être évité d'autant plus soigneusement que cette couche sera déjà moins perméable, c'est-à-dire plus épaisse et plus riche en fibrine, car, si le tassement a lieu au début, il aura sa répercussion sur la filtration de tous les lavages successifs.

Une fois le bouillon tiré de la cuve, la drèche sera imprégnée de ce même moût concentré, et il subsiste une certaine quantité de celui-ci au-dessus et au-dessous du faux fond, si l'on a arrêté l'écoulement de façon à ne pas permettre de rentrée d'air.

Il s'agit d'éliminer par les lavages la plus grande partie des matières dissoutes ainsi retenues. Les lavages agiront à la fois par déplacement et par diffusion et, à ce dernier titre, leur effet sera d'autant plus grand que leur température sera plus élevée, la limite correspondant à la température pour laquelle les enveloppes seraient désagrégées et cesseraient de jouer le rôle de dialyseurs; cette limite ne paraît pas encore atteinte au voisinage de 100° pour la plupart des malts; il n'y aurait donc à en tenir compte que pour des malts à enveloppes très minces et peu incrustées de silice.

Si l'on arrose la drèche, sans avoir fait au moins un piochage superficiel, l'enduit visqueux qui forme la partie supérieure de la drèche empêche la pénétration régulière de l'eau, de sorte que celle-ci doit glisser le long des parois de la cuve. L'épuisement n'est donc pas régulier et il est imparfait.

Pour que l'extraction soit uniforme, il importe que la drèche reste aussi homogène que possible, c'est-à-dire qu'il n'y ait pas de crevasses, de fissures, ni de lignes de moindre résistance. Le but du piochage est précisément de combler ces fentes et de maintenir l'homogénéité de la drèche. Si les arrosages sont continus, c'est-à-dire si la drèche n'est jamais découverte, les lignes de moindre résistance sont beaucoup moins à redouter, et l'épuisement peut être régulier sans piochage; on a cependant moins de garanties.

Comme nous l'avons vu, c'est surtout l'épaisseur et le serrage de la couche cellulose-matière azotée en contact avec le faux fond qui influe sur la vitesse de filtration. L'épaisseur, pour des matières premières données, sera d'autant plus réduite que la surface totale de la

cuve sera plus grande, et la surface filtrante sera au maximum si les faux fonds occupent toute la surface de la cuve. Quant à la section totale de perforation, elle n'intervient pas aussi fortement, car elle est toujours grandement supérieure à la somme des sections utilisées des robinets de mise en perce. Si les perforations sont très fines, leur obstruction par la cellulose fine et les matières azotées se réalise beaucoup plus facilement, sous l'influence d'une trop grande ouverture des robinets et, par conséquent, les perforations très fines ne paraissent pas utiles, surtout lorsqu'il s'agit de travailler des grains crus.

*Filtration par filtre-pressé.* — La filtration s'opère à travers des toiles, mais celles-ci seraient insuffisantes pour clarifier à elles seules le liquide des fines matières en suspension et, en effet, au début, le filtre-pressé débite du moût trouble; le liquide ne devient limpide qu'au moment où les pores de la toile ont été réduits comme ouverture par le dépôt de matières azotées amollies et visqueuses que nous avons déjà signalé pour la cuve-filtre.

Lorsque les toiles sont garnies de cette matière, nous avons encore, dans chaque chambre du filtre-pressé, une paroi filtrante formée par la superposition de la toile et de la couche de caséine, fibrine, etc., et une couche moyenne, constituée par les enveloppes des grains, les germes et les débris de cellulose.

Le filtre-pressé apparaît donc comme une cuve à filtrer de surface énorme, non réalisable par les faux fonds et où, par conséquent, les couches moyennes et azotées sont très faibles, leur épaisseur étant d'autant plus réduite que le nombre des cadres est plus grand et leurs dimensions plus considérables.

Le serrage de la couche moyenne est beaucoup plus fort qu'avec le faux fond, puisqu'ici on emploie une mouture très fine, mais cela est largement compensé par la petite épaisseur et aussi par la pression sous laquelle le liquide est obligé de pénétrer dans l'appareil.

La couche azotée en contact avec la toile est évidemment très mince, mais il faut considérer que les pores de la toile sont, eux aussi, infiniment petits, par rapport aux perforations des faux fonds; par conséquent, les pores s'obturent aussi, et la pression ne suffit pas pour vaincre la résistance. On ne peut lever cet obstacle qu'en augmentant la surface des toiles, c'est-à-dire en réduisant l'épaisseur de la couche azotée. D'autre part, cette couche pénétrant dans la toile et l'incrustant, il faut apporter un grand soin au nettoyage, pour que la toile recouvre sa porosité et soit débarrassée complètement de cet encollage.

Dans le filtre-pressé, on peut vérifier le degré d'épuisement de chaque chambre, isoler au moment des lavages les cellules qui sont complètement extraites, et, par conséquent, utiliser le mieux possible l'eau d'arrosage.

*Comparaison des deux systèmes.* — Si nous considérons uniquement le principe (nous croyons devoir insister sur ce point), le filtre-pressé répond en somme à une partie des conditions que nous avons indiquées précédemment, comme les plus favorables pour les faux fonds, c'est-à-dire grande surface totale, tassement régulier de la drèche et, quant au débit régulier des robinets, il peut être réalisé facilement avec un filtre-pressé.

Pour les appareils existant actuellement, nous avons vu que la vitesse de filtration ne peut être réalisée qu'au prix de deux choses assez gênantes : emploi d'une pression assez forte et d'appareils encombrants, à cause du nombre de chambres et de la dimension des cadres. Il en résulte que l'on doit monter le filtre-pressé avec beaucoup de précautions, employer des assemblages et des joints très soignés pour éviter toute fuite sous la pression et, d'autre part, le poids des cadres et leurs dimensions rendent la manœuvre un peu compliquée dès qu'il s'agit de brasseries importantes.

Il semble que les formes actuelles ne soient pas définitives et que nous soyons seulement au début de la période d'adaptation du filtre-pressé à la brasserie : des perfectionnements importants ont déjà été réalisés, et le filtre est utilisé pratiquement dans un certain nombre d'usines ; la vraie formule sera donc certainement trouvée, et ce jour-là le filtre-pressé sera le meilleur appareil de filtration pour les moûts de bière.

#### Rendement pratique.

Le rendement pratique est le côté économique du brassage, car il indique en somme les quantités de matières premières employées par hectolitre de moût ou de bière et, par suite, le prix de revient de cet hectolitre.

La valeur du rendement pratique dépend d'abord de ce que l'on peut appeler l'*extrait théorique des matières premières*, c'est-à-dire de la proportion maxima de substances solubles que celles-ci peuvent fournir, toute cause de perte étant supprimée ; il y a là une question de provenance, d'année et de fabrication. Il est évident, par exemple,

qu'un même rendement pratique, très convenable pour un malt d'Afrique, sera médiocre ou mauvais si l'on a employé un malt de Champagne ou d'Auvergne. De même, deux parties du même malt, mais d'humidité différente, donneront aussi des rendements pratiques non identiques, puisque dans l'un, une portion de l'extrait aura été remplacée par de l'eau.

Il résulte de ceci que la différence entre l'extrait théorique et le rendement pratique représente les pertes au brassage : on peut aussi se rendre compte de la perfection du travail, d'une façon indépendante de l'extrait théorique lui-même, si l'on exprime le rendement pratique en pour 100 du théorique. Cela est surtout commode quand on emploie des grains crus. Pour un malt à 72 pour 100 de théorique et donnant pratiquement 67 pour 100, nous dirons que l'extraction est de 93 pour 100.

Si l'on examine la drèche qui reste dans l'appareil de filtration après la fin des lavages, on constate qu'il y a là de l'extrait sous deux formes : d'une part, en lavant la drèche ou en la pressant, on obtient un liquide contenant des matières dissoutes, et c'est ce que l'on peut appeler l'*extrait soluble* ou *recupérable par des lavages* ; d'un autre côté, si l'on soumet à l'ébullition la drèche en suspension dans l'eau, et que l'on refroidisse le liquide filtré, on reconnaît que celui-ci donne de nouveau une coloration à l'iode et renferme de l'amidon, qui peut être saccharifié, par une nouvelle addition d'amylase, à une température inférieure à 75° ; c'est ce que l'on peut nommer l'*extrait récupérable par cuisson* ; ce même extrait peut être aussi obtenu par une division très grande de la drèche et une addition d'amylase.

Les pertes de rendement au brassage correspondent donc à ce qui reste dans la drèche à ces deux états : extrait soluble ou récupérable par lavage, extrait récupérable par cuisson ou division et saccharification complémentaire.

La valeur de ces pertes est dépendante de nombreuses causes, très difficiles à séparer, et parmi lesquelles on peut citer la nature et la désagrégation du malt, la finesse de la farine, la composition et la proportion de grains crus, la méthode de brassage, la filtration, les lavages et le matériel employé.

Nous examinerons donc les causes qui modifient les quantités d'extrait soluble, puis l'extrait récupérable par cuisson, laissés dans la drèche.

Nous considérerons les appareils de filtration à faux fond, c'est-à-dire les cuves à filtrer.

*Extrait soluble.* — Cet extrait peut être récupéré soit par déplacement du liquide existant dans les interstices des drèches, soit par diffusion pour le liquide qui imprègne les drèches.

Les causes de variation pour l'extraction sont :

- Température de l'eau de lavage;
- Rapidité de filtration;
- Homogénéité de la drèche;
- Absence d'air dans la drèche et le double fond;
- Quantité et répartition de l'eau de lavage;
- Matériel.

Il est évident que pour la diffusion, l'extraction se fera d'autant mieux que la *température* sera plus élevée, non seulement pour l'eau coulant par la croix écossaise, mais encore pour la masse de la drèche; c'est là un fait connu pour toutes les industries où s'opère la diffusion, l'amélioration ayant lieu jusqu'à la température qui commence à désorganiser les parois cellulaires servant de dialyseurs; mais ici nous n'avons à peu près jamais à nous occuper de cette température limite, sauf le cas de certains malts à enveloppes très minces et peu incrustées qui, au voisinage de 100°, s'amollissent et perdent leur porosité. Donc, en ce qui concerne l'épuisement proprement dit, il y a bénéfice à employer de l'eau aussi chaude que possible et à maintenir la température de la drèche, soit par une filtration rapide, soit par un réchauffage.

La *rapidité de filtration* intervient de deux manières : d'abord comme précédemment pour réduire le refroidissement, et ensuite pour diminuer le tassement de la masse et la maintenir homogène. En outre, c'est un facteur important pour la composition du moût, car, plus la diffusion est rapide, plus elle porte sur des matières aisément diffusibles, c'est-à-dire sur les éléments mêmes du moût imprégnant la drèche. Si au contraire le contact est prolongé, il y a en même temps dissolution de substances non primitivement solubles et spécialement de caséines et de fibrines. L'homogénéité de la drèche a une influence facile à comprendre; en effet, si dans la masse se produisent des canaux ou des fentes, ou si, par le retrait, il y a un intervalle entre la drèche et les parois de la cuve, l'eau passera de préférence par les chemins de moindre résistance, de sorte que les parties voisines seront lavées avec une grande quantité d'eau, tandis que le reste de la drèche sera très mal lavé; l'extraction sera donc irrégulière et le rendement diminué. Cette homogénéité peut être réalisée par des piochages fré-

quents, labourant simplement la drèche, sans la mélanger, puisque les couches supérieures reçoivent toujours de l'eau pure, tandis que les inférieures ne sont en contact qu'avec des fûts plus ou moins chargés. Il faut donc se borner à combler les fentes et les fissures, mais non mélanger les couches du bas avec celles du haut.

D'autre part, le nombre des robinets de mise en perce est aussi en cause; en effet, l'écoulement par les robinets exerce toujours une certaine aspiration sur le liquide baignant la drèche et les parties de celle-ci placées à l'intérieur des cônes ayant comme sommet l'ouverture des tuyaux de mise en perce se vident plus rapidement. Il faut donc que le nombre de ces orifices par mètre carré de faux fonds soit assez grand pour que les cônes en question se recourent.

Le débit donné aux robinets de mise en perce agit sur l'homogénéité de la drèche, car l'aspiration due à cet écoulement augmente à mesure que les robinets sont plus largement ouverts; il se produira donc un tassement qui rend la filtration plus lente, parce qu'il s'exerce à la fois sur la couche moyenne de drèches et sur la couche de matière azotée en contact direct avec le faux fond. Les robinets ne doivent donc être jamais ouverts à plein débit, dans une cuve à filtrer, quand bien même le moût sortirait parfaitement clair.

L'homogénéité de la drèche est aussi détruite quand il y a une rentrée d'air, soit par le faux fond, soit par le dessous, et cet air empêche naturellement le contact de l'eau, c'est-à-dire la diffusion; l'épuisement des diverses parties devient inégal et par conséquent le rendement diminue. Cette inégalité apparaît fréquemment dans les cuves carrées, ou même à coins arrondis, puisque les coins ne sont pas arrosés par la croix écossaise. Lorsque, après le bouillon tiré, on remet le vagueur en marche avec de l'eau, on arrive à un contact très intime de la drèche et de l'eau, c'est-à-dire à une grande homogénéité. Quel que soit le procédé employé, l'épuisement est toujours plus grand pour les couches superficielles que pour celles en contact avec le faux fond, mais on peut arriver à un écart de 0,2 à 0,3 Balling pour les concentrations du liquide imprégnant ces couches à la fin des lavages.

L'air est une cause importante de lente filtration et de mauvais épuisement. Si, en effet, l'air rentre par les robinets, il va se loger sous le faux fond et empêche à peu près complètement la filtration par les parties garnies d'air. Cela se produit toujours dans les mêmes points si la cuve à filtrer n'a pas un fond rigoureusement horizontal, et l'on ne saurait par conséquent apporter trop de soins à établir et à vérifier le calage de la cuve. Les entrées d'air s'effectuent lorsque tous les

robinets ne coulent pas, ou lorsque l'ouverture est supérieure au débit de liquide par le faux fond. Il faut donc que l'intervalle entre le faux fond et le fond soit constamment rempli de liquide, et lorsqu'on reprend la filtration après un piochage, par exemple, il est excellent de faire arriver de l'eau d'abord par-dessous, en laissant ouverts quelques-uns des robinets. Cette eau sert en outre d'amorce, pour le moût. On combat aussi la rentrée d'air par l'emploi de robinets particuliers, mais dont beaucoup ne sont pas efficaces.

Dans une filtration bien conduite, le moût qui s'écoule des robinets ne doit pas contenir de bulles d'air en suspension. Les rentrées d'air peuvent se faire dans la drèche même, dans les périodes où celle-ci est découverte, c'est-à-dire lorsqu'on tire à fond le bouillon ou un lavage quelconque. On peut l'éviter, en faisant le piochage, en même temps que l'arrosage, parce qu'alors l'agitation produite par le labourage provoque le dégagement des bulles d'air. Ceci est aussi évité par les arrosages continus qui ne laissent jamais la drèche au contact de l'air.

Nous arrivons enfin à la quantité et à la répartition de l'eau de lavage. L'épuisement s'exerçant par diffusion ou déplacement, sera naturellement en rapport avec la quantité totale d'eau utilisée et on peut compter qu'il faut en moyenne comme lavage 1,5 fois le volume d'eau employé au brassage proprement dit : il en résulte que l'on a tout avantage à faire des bouillons extrêmement concentrés, 22°-24° Balling, puisque l'on réserve ainsi beaucoup plus d'eau pour les arrosages et que l'on peut épuiser plus complètement.

Lorsque le bouillon est très concentré, il se mélange mal avec l'eau, surtout si celle-ci arrive lentement et sans vitesse en contact avec le liquide dense. On a donc avantage dans ce cas à faire le premier lavage par simple déplacement, c'est-à-dire à piocher très peu et superficiellement pour rompre l'enduit visqueux superficiel et à envoyer peu d'eau, soit  $\frac{1}{10}$  à  $\frac{1}{8}$  de la quantité totale. L'effet est cependant considérable, c'est-à-dire qu'il se produit une très forte diminution d'extrait dans le liquide coulant par les robinets.

L'expérience prouve d'autre part que, pour une même quantité d'eau totale, l'épuisement est beaucoup meilleur quand on fait 5 ou 6 lavages, séparés par des piochages, que si l'on se borne à en faire deux ou trois et cela se comprend, puisque les piochages fréquents rétablissent l'homogénéité de la drèche; d'ailleurs, en fait, avec les nombreux fractionnements, la densité du dernier moût est notablement plus basse.

La disposition des trous de la croix écossaise est enfin à considérer. En effet, si nous examinons les perforations de la croix, les trous décrivent une circonférence et doivent arroser une surface d'autant plus grande, qu'ils sont plus éloignés de l'axe de la cuve. Or, le temps mis pour décrire cette circonférence est le même pour tous les trous, et si, comme d'usage, le diamètre de l'orifice est constant, il s'écoule la même quantité d'eau par unité de temps pour des surfaces variables, et cela tant que la drèche n'est pas complètement baignée par l'eau. Il y a donc avantage à ce que l'écartement des trous aille en décroissant à mesure qu'on s'éloigne du centre, sauf le cas de lavages continus.

Le matériel intervient en tant que cuve à filtrer, d'abord par la surface de la cuve garnie de faux fonds. Il faut naturellement que les faux fonds règnent sur toute la cuve, puisque, comme nous l'avons vu, la rapidité des filtrations augmente avec cette surface. Les perforations peuvent être très fines et très nombreuses pour le malt seul, mais, quand on utilise du riz, il est préférable que les trous ou fentes soient moins abondants et moins fins, à cause de la couche inférieure de matière azotée. En ce qui concerne l'intervalle entre le fond et le faux fond, l'expérience prouve que la distance de 1<sup>cm</sup> est la meilleure et l'on comprend qu'il y ait une limite; en effet, l'intervalle des fonds doit servir de réserve de moût pour que le débit reste constant aux robinets, c'est-à-dire parer dans une certaine mesure aux variations de vitesse de la filtration sur le faux fond; il est donc utile de ne pas trop réduire cet intervalle. D'autre part, il serait non moins malsain de l'accroître indéfiniment, parce que plus sa capacité sera grande et plus sa vidange fera appel d'air, à travers la drèche; plus aussi il faudra purger et appeler contre le faux fond des débris de matière azotée.

Quand la cuve matière sert aussi de cuve à filtrer, il y a encore une autre raison de réduire l'intervalle de deux fonds, c'est qu'il emmagasine de la farine, c'est-à-dire de l'extrait perdu définitivement, si l'on n'a pas soin de purger fortement avant la température finale. Il est même utile dans ce cas de purger dès la température de 50°-55°, car, si l'amidon entre les fonds se met en empois, il peut gêner beaucoup la filtration et même réintroduire de l'amidon dans le moût saccharifié.

*Extrait récupérable par cuisson et saccharification complémentaire.* — La valeur de cet extrait dépend aussi de plusieurs causes :

- Nature du malt;
- Finesse de la farine;
- Méthode de brassage.

Dans un malt dont la saccharification est terminée à la température  $t^{\circ}$ , il reste adhérent à la drêche de l'amidon, qui pourra être dissous à une température  $t'$  supérieure à  $t^{\circ}$ , de sorte que la quantité d'extrait restant dans la drêche diminuera de la température finale de saccharification jusqu'à celle de  $75^{\circ}$ ; d'autre part, si nous comparons un brassage par décoction et un autre par infusion, faits avec le même malt, dans le premier une partie plus ou moins grande de la drêche aura été soumise à ébullition et laissera donc dans la drêche moins d'extrait récupérable par cuisson.

Pour un même procédé de brassage, la drêche retiendra d'autant plus d'extrait que la farine sera plus grossière, l'écart pouvant atteindre 4 pour 100.

Enfin, si la désagrégation du malt est grossière ou imparfaite, il restera aussi plus d'extrait non dissous, et les grains glacés se comporteront à cet égard comme les parties mal désagrégées. La perte pour la mauvaise désagrégation ou le glaçage est réduite par une farine fine; les grains glacés donnent aussi un meilleur rendement si le brassage se fait lentement.

Ceci se comprend aisément, car, dans les grains glacés, l'amidon est englobé par des matières azotées durcies qui le protègent contre l'action de l'amylase et ne s'imprègnent d'eau que lentement; si la farine est fine, les points de contact avec l'eau et l'amylase sont beaucoup plus nombreux et la protection due aux enduits azotés est fort réduite.

La proportion d'extrait récupérable par cuisson augmente aussi pour les orges dont l'amidon est très résistant; elle peut être comprise entre 0,8 et 5 pour 100 du poids du malt; le minimum est atteint pour les grains très finement et complètement désagrégés et à ce point de vue les malts forcés se comportent de même.

C'est l'extrait récupérable par cuisson que les procédés de brassage avec saccharification complémentaire permettent de gagner.

*Conditions d'épuisement.* — Nous arrivons donc aux conclusions suivantes, pour obtenir le meilleur épuisement, c'est-à-dire le rendement pratique le plus élevé, étant admis qu'on ne fait pas de saccharification complémentaire et qu'on filtre sur faux fonds :

Malt régulièrement et finement désagrégé, contenant peu ou pas de grains glacés;

Farine aussi fine que le permet la filtration rapide;

Drêche maintenue homogène par des piochages fréquents, et

non tassée par une ouverture trop grande des robinets, surtout pendant la filtration du bouillon;

Éviter toute entrée d'air par les robinets et maintenir l'intervalle des fonds plein de liquide, ou le purger avant de reprendre la filtration.

Eau aussi chaude que possible, répartie régulièrement en 5 ou 6 fractions, la première très petite,  $\frac{1}{10}$  environ.

Cuve à filtrer de grande surface, couche de drèche mince, faux fond occupant toute la cuve et séparé du fond vrai par une distance de 1<sup>cm</sup>.

Ne pas exagérer la finesse des perforations du faux fond, surtout pour le travail de grains crus.

#### Transformations pendant le brassage.

Les substances qui sont introduites par les matières premières et transformées pendant le brassage peuvent être rapportées aux quatre catégories suivantes :

- Diastases;
- Matières minérales et acidité;
- Matières azotées;
- Hydrates de carbone.

*Diastases.* — Dans le malt sec, tel qu'il est utilisé, la cytase et la sucrase n'existent plus en général à doses appréciables, la peptase a subi un affaiblissement très grand, puisque, comme l'a montré Lintner, elle est simplement capable de liquéfier la gélatine ou de rendre solubles les matières azotées du malt, mais sans pouvoir les transformer en peptones, amides ou acides amidés, comme elle le faisait pendant la germination, et cette solubilisation peut être attribuée encore à d'autres causes; nous pouvons considérer comme très faible, sinon même souvent détruite, l'oxydase à laquelle on peut attribuer l'augmentation de coloration observée en laissant pendant plusieurs heures le malt en farine au contact de l'eau.

Enfin nous avons surtout à envisager l'amylase; la quantité totale d'amylase existant au début du brassage dépend seulement du pouvoir diastasiqne du malt employé, mais ensuite elle se réduit suivant le procédé de brassage.

Si, par exemple, on commence par un mélange de farine de malt et

d'eau à une température de  $70^{\circ}$ - $72^{\circ}$ , il est clair que l'amylase subira immédiatement des pertes considérables et, si le pouvoir diastasique du malt est lui-même faible, il pourra se faire que la saccharification n'arrive plus à terme.

De même, dans les procédés par décoction, les portions de malt et de liquide ayant subi l'ébullition ne contiennent plus que très peu d'amylase, souvent même elles n'en renferment plus du tout.

Enfin, l'amylase ne se dissout pas instantanément dans l'eau, puisque, d'après Kjeldahl, il faut 6 heures d'une infusion très diluée et à  $15^{\circ}$  pour obtenir le maximum de pouvoir diastasique dans le liquide. Cette solution de l'amylase s'accélère par l'agitation, la finesse de la farine, et aussi par une élévation de température, jusqu'à  $45^{\circ}$  environ; au-dessus la dissolution augmente encore de vitesse, mais une portion de l'amylase est détruite.

Nous pouvons donc dire que l'amylase sera d'autant mieux extraite et conservée que l'empâtage aura eu lieu, à une température plus voisine de  $40^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , avec une farine plus fine, un contact plus long et qu'une moindre partie de l'empâtage aura été soumise à l'ébullition.

La *quantité d'amylase* existant à un moment donné du brassage intervient au point de vue de la vitesse de saccharification et par conséquent des produits de dissolution de l'amidon. Nous savons en effet que, au moins dans les premières phases, la quantité d'amidon saccharifiée est, pour un même temps, proportionnelle à la dose d'amylase, et cette proportionnalité se manifeste de nouveau chaque fois que, dans les procédés de décoction, ou avec emploi de grains crus, on ramène une trempé contenant de l'empois d'amidon au contact de l'amylase restée dans la cuve matière ou le macérateur.

Si nous considérons par exemple un procédé comprenant un retour de grains crus, dans une cuve matière contenant un mélange de malt et d'eau à une température de  $60^{\circ}$ , si la proportion d'amylase restant est assez grande pour saccharifier l'empois à mesure qu'il arrive, nous aurons à chaque instant les produits de saccharification correspondant à la température atteinte, et une proportion de maltose considérable. Si au contraire la quantité d'amylase est faible, il y aura à chaque instant un excès d'empois non saccharifié, excès qui ne sera liquidé qu'une fois atteinte la température finale. Donc beaucoup moins de maltose libre, souvent une saccharification lente et difficile, et cela sera encore augmenté par le fait de l'affaiblissement de l'amylase à mesure que la température s'élève.

La quantité d'amylase présente intervient encore d'une façon ana-

le que dans les procédés d'infusion et dans les périodes où le mélange malt et eau est abandonné à lui-même, puisque, suivant la dose de cette diastase, tout l'amidon saccharifiable à une température donnée est dissous, ou bien conservé en partie pour la saccharification à une température élevée.

Il résulte de là que le pouvoir diastasique du malt et l'extraction de l'amylase doivent être pris en considération pour la température d'attaque, la durée de l'empâtage et aussi en ce qui concerne le nombre et la vitesse de retour des trempes, spécialement quand il s'agira de grains crus employés à la fin du travail de brassage.

*Matières minérales et acidité.* — Nous avons d'une part les phosphates, aux trois états primaire, secondaire, tertiaire, apportés par le malt et les sels fournis par l'eau de brassage, et l'on admet ordinairement que l'acidité répond à peu près exclusivement aux phosphates primaires de potasse, chaux et magnésie.

L'acidité dépendra, en premier lieu, du malt lui-même, c'est-à-dire de l'orge, du mode de germination et de touraillage; ensuite elle variera avec la température d'infusion et, dans une certaine mesure, avec la durée de cette infusion; enfin, la composition de l'eau interviendra.

Nous pouvons citer sur ce dernier point les résultats de L. Pierre (Thèse pour le doctorat de l'Université de Nancy).

Il a trouvé, pour l'eau distillée, le bicarbonate et le sulfate de chaux, les nombres suivants, comme acidité de 100<sup>e</sup> de malt en centimètres cubes N/10 :

	Températures.							
	15°.	35°.	47°.	52°.	57°.	62°.	68°.	75°.
Eau distillée . . . . .	47,5	60,0	66,5	73,0	79	79,5	71,0	67,0
Bicarbonate de chaux . . .	43,0	52,5	57,0	59,5	59,5	58,0	56	48,0
Sulfate de chaux . . . . .	46,1	57,0	65,0	70,5	74,0	74,5	66,0	53,0

C'est-à-dire que l'acidité augmente d'une façon continue avec la température jusque vers 60°-62° pour diminuer ensuite et que la présence de bicarbonate de chaux réduit notablement cette acidité, tandis que le sulfate de chaux agit surtout pour précipiter la décroissance au delà de la température critique de 60°-62°.

Les solutions de phosphate primaire de potasse n'ont aucune action sur le sulfate de chaux, tandis qu'avec le bicarbonate de chaux on a précipitation d'un mélange de phosphates secondaire et tertiaire de

chaux, d'autant plus voisin du tricalcique que la température s'élève, et à 70° on a presque du phosphate tricalcique pur; en même temps l'acidité diminue.

De même le phosphate secondaire de potasse se précipite avec le bicarbonate ou le sulfate de chaux, formant un mélange de phosphates secondaire et tertiaire de chaux; l'acidité décroît surtout très vite au-dessus de 50°.

D'après le même auteur l'acidité augmente aussi avec la durée de contact, mais l'accroissement est fortement réduit quand on ajoute un antiseptique, c'est-à-dire quand on entrave le développement des ferments, de sorte que, pour L. Pierre, les ferments bactériens seraient les causes de cette augmentation d'acidité. Cette même idée a été soutenue également par d'autres auteurs qui considèrent la création d'acidité comme provenant d'une formation de phosphates primaires à la suite d'une réaction entre l'acide lactique des ferments, par exemple, et les phosphates secondaires ou tertiaires.

D'autre part, si l'on met en contact du malt, non plus avec de l'eau pure, mais avec de l'eau contenant soit de l'acide phosphorique, soit de l'acide lactique, on constate que, sauf le cas d'une acidité très forte, jamais réalisée en pratique, il se forme exclusivement des phosphates acides de chaux et de magnésie créés aux dépens du phosphate insoluble tricalcique ou des phosphates neutres existant déjà. De même, si l'on arrose les drêches avec de l'eau contenant de l'acide lactique, il entre en solution une certaine quantité de phosphate primaire et de phosphate secondaire de chaux aux dépens du même phosphate tricalcique.

L'acidité sera donc modifiée par la durée et la température de contact, augmentant jusque vers 60°-62° et diminuant ensuite; elle sera réduite par l'usage d'eau calcaire, et une partie des phosphates solubles sera précipitée par l'eau soit calcaire, soit gypseuse, cette dernière n'agissant toutefois que sur les phosphates secondaires ou neutres.

Enfin la production d'acides organiques dus à des ferments augmentera la dose de phosphates dissous, et principalement celle de phosphates primaires, aux dépens des phosphates de chaux insolubles du malt. Cette production d'acides organiques se réduit très vite au-dessus de 60°-62°.

*Matières azotées.* — Si l'on détermine les quantités d'azote dissous dans des infusions de malt faites avec de l'eau pure, on constate que la matière azotée augmente avec la température et cela jusqu'à un

degré variable suivant les auteurs : les uns indiquent comme limite 55°, d'autres 60°-62°, d'autres enfin 70°.

La solubilité est accrue par les phosphates acides et neutres, par le chlorure de sodium, par les acides et les alcalis, réduite au contraire par le bicarbonate de chaux, tandis que le sulfate de chaux ne produit d'augmentation qu'au-dessous de 50° environ par rapport à l'eau pure.

La durée de contact entre le malt et l'eau augmente la dose d'azote dissous à peu près à toutes les températures, et l'on constate en même temps un relèvement de l'acidité et de la dose de phosphates. De même, si l'on traite non plus le malt lui-même, mais la drèche par de l'eau contenant diverses substances, on voit que l'acide lactique et le phosphate acide de potasse mettent en dissolution beaucoup plus d'azote que l'eau pure et que le maximum à cet égard est obtenu avec le phosphate neutre de potasse ; la solution avec ce dernier sel est louche et filtre lentement, tandis qu'avec l'acide lactique la filtration est rapide et brillante. On obtient également une plus grande quantité d'azote dissous en laissant la drèche exposée à l'air avant de faire des lavages.

L'azote dissous pendant le brassage ou pendant les lavages n'est pas entièrement conservé dans le moût puisqu'une partie, répondant aux corps coagulables, est éliminée par ébullition.

Windisch et Hasse ont étudié, au point de vue de l'azote dissous, un brassin fait en pratique. On a fait l'empâtage à 62°, pris une trempe épaisse, bouillie un instant puis ramenée en cuve matière de façon à obtenir 70°; cette température a été maintenue 30 minutes, puis on a pris une deuxième trempe, bouillie un instant et ramenée pour atteindre 75°.

On a pris des échantillons de moût, de suite après la salade (1), après le retour de la première trempe (2), après le repos à 70° (3), enfin à la mise en perce (4) et l'on trouve comme azote :

	1.	2.	3.	4.
Total pour 100 de moût.....	0,1618	0,1588	0,1612	0,1696
Total pour 100 d'extrait.....	0,86	0,80	0,798	0,84
Précipité par l'acide phosphotungstique				
pour 100 d'azote total.....	13,7	20,1	»	25,4

Si l'on tient compte que, par la cuisson de la première trempe, une partie de l'azote a été coagulée, on voit qu'il y a eu accroissement d'azote dissous pendant le repos à 70° et d'une manière absolue, sur-

tout augmentation pendant que le brassin a été maintenu à 75° avant la filtration; l'accroissement a porté pour une grande part sur les matières précipitables par l'acide phosphotungstique.

On peut d'ailleurs établir une relation entre l'acidité, l'acide phosphorique et l'azote dissous, au moins en se bornant à un procédé d'infusion.

Si l'on considère des infusions du même malt, faites soit avec de l'eau pure, soit avec une solution très étendue d'acide lactique, la saccharification étant terminée à 75°, on constate l'influence du mode de brassage.

A. Empâtage à 16°, monter à 75° en 1 heure, filtration, puis drèches brassées avec eau à 75° et liquide filtré.

B. Même brassage, mais la drèche reste 1 heure au contact de l'air et étalée, avant d'être lavée.

C. Empâtage à 16°, monter en 30 minutes à 50° et stationner 1 heure, puis en 25 minutes de 50° à 75°, drèches brassées de suite après filtration avec eau à 75°.

Les essais *a*, *b*, *c* représentent les mêmes que A, B, C, mais en remplaçant l'eau par une solution d'acide lactique à 0,45 par litre.

	Rapport azote à P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> .	
	Mouls.	Lavages.
A.....	1,05	2,4
B.....	1,03	2,37
C.....	0,99	2,17
<i>a</i> .....	0,85	2,0
<i>b</i> .....	0,83	2,1
<i>c</i> .....	0,87	2,1

Le rapport azote à P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> diminue donc pour l'eau, quand la durée du brassage augmente et il tend à se rapprocher du rapport obtenu constant quand on emploie l'acide lactique. Le même fait s'observe pour les lavages et le bouillon.

Or, si l'on considère les matières azotées telles que les globulines, légumine, caséine, fibrine, on constate que leur solubilité augmente avec la température, avec le temps de contact, avec l'acidité et que leurs solutions sont précipitables par l'acide phosphotungstique. Il en est de même pour les matières azotées que l'eau, soit seule, soit additionnée d'acide lactique ou de phosphates, peut enlever aux drèches; on est donc conduit à admettre comme très probable que

les matières azotées dissoutes dans le moût peuvent être rattachées à deux catégories :

1° Celles comme les acides amidés, les sels ammoniacaux, les bases xanthiques, dont la quantité est assez petite pour qu'elles se dissolvent complètement dans l'eau pure à toute température; c'est parmi ces substances que la levure trouve ses aliments azotés. Leur quantité dépend surtout des matières premières et spécialement du malt, comme orge et comme germination.

2° Celles comme les globulines, légumine, caséine, fibrine, dont la solubilité dans l'eau varie avec la température, avec le temps, la finesse de la farine, la composition de l'eau et l'acidité du milieu.

Ce sont les substances de ce deuxième groupe qui modifient la teneur en azote du moût, soit dans le bouillon, soit dans les lavages. Nous reprendrons, pour désigner collectivement les matières azotées de ce deuxième groupe, l'ancien mot de *glutine* bien connu des praticiens.

La glutine, dissoute à chaud, se précipite par refroidissement en donnant un louche ou un trouble, quelquefois une simple fausse teinte verte; sa solubilité varie pour des traces d'acidité ou d'alcalinité, et les solutions de glutine attaquent très rapidement le fer, le cuivre en formant avec ces métaux des combinaisons moins solubles que la glutine elle-même. Les solutions de glutine moussent fortement, et lorsque, par refroidissement ou variation d'acidité, le liquide est devenu louche ou trouble, il n'est que très difficilement clarifié par filtration, tandis que le passage à la turbine élimine complètement toute la matière azotée en émulsion.

La solubilité de la glutine dépend encore de l'état physique de celle-ci, c'est-à-dire de l'orge, de la germination et du touraillage. Quand un malt a été fortement touraillé, il fournit une proportion notablement moindre de glutine soluble, celle-ci ne s'imprégnant d'eau qu'avec une grande lenteur; il en résulte que dans les conditions habituelles du brassage on obtient une proportion d'azote dissous moindre; mais, avec le temps, les matières azotées du malt fortement touraillé reprennent peu à peu de l'humidité, de sorte que la proportion de glutine soluble s'accroît avec l'âge du malt, et ceci est d'autant plus marqué que le touraillage a été moins fort.

Les solutions de glutine sont capables de se précipiter partiellement par l'action de la chaleur. L'acidité du moût intervient encore dans cette précipitation; on peut donc dire que, pour un même brassage, la dose d'azote dissous sera augmentée par un malt riche en

azote, germé chaud et forcé, peu touraillé ou vieux; elle sera augmentée, pour un même malt, par une farine fine, un brassage prolongé, et toutes les causes qui accroissent l'acidité du moût, soit pour le bouillon, soit pour les lavages. Enfin, elle sera diminuée par l'emploi d'eau calcaire.

*Hydrates de carbone.* — Les sucres préexistants dans le malt, saccharose, glucose, lévulose, ne sont pas modifiés dans les procédés d'infusion; dans ceux de décoction, il se produit une petite destruction de lévulose et une légère inversion de saccharose par suite de l'ébullition en présence de phosphates acides.

Dans le brassage, il se dissout toujours une certaine quantité de cellulose, représentée par des pentosanes et hexosanes. La quantité de ces substances entrant en solution augmente avec la température et la durée de contact avec l'eau; elle s'accroît donc dans les procédés de décoction, et d'autant plus que la durée d'ébullition des trempes est plus longue, mais la dose reste toujours faible, 0<sup>g</sup>,15 environ par 100<sup>cm</sup><sup>3</sup> de moût.

Ce sont là des actions peu importantes, et les plus intéressantes se rapportent à l'amylase et à l'amidon.

Nous considérerons d'abord le cas du malt seul, ensuite l'emploi des grains crus.

*Malt pur.* — Dans les procédés d'infusion pure, le mélange de farine et d'eau étant fait à une température  $t$  variable, suivant la brasserie, la température est élevée progressivement par addition d'eau chaude ou par la vapeur; au contraire, dans la décoction, la salade étant faite à  $t''$ , le réchauffage est effectué par à-coups à l'aide de trempes portées à l'ébullition en chaudière puis ramenées en cuve matière, de sorte que l'élévation totale de température est beaucoup plus lente et qu'une partie du malt reste pendant le séjour des trempes en chaudière, à température constante dans la cuve.

Examinons d'abord le moment de l'empâtage et le temps pendant lequel le malt reste avec l'eau à la température constante; si l'on sépare mécaniquement l'amidon du malt et qu'on détermine les proportions de maltose fournies à diverses températures et au bout du même temps avec une même dose d'amylase, on constate des différences très appréciables, suivant les malts, et nous citerons, pour trois malts, le Tableau suivant qui indique le maltose formé pour 100 d'amidon.

Températures.	I.	II.	III.
16 <sup>o</sup> .....	10,4	5,4	3,8
40.....	51,2	19,3	11,7
50.....	28,6	32,5	22,4
60.....	80,1	80,0	78,0
70.....	70,7	72,3	72,6
74.....	57,9	61,1	59,7

Nous y joignons, à titre de comparaison, le maltose obtenu, en saccharifiant à 50° toujours avec la même dose d'amylase, l'amidon préalablement réduit en empois à 100°, puis refroidi :

I.	II.	III.
83,5	82,7	81,7

De même, si l'on compare les quantités de maltose formées à une même température, 40° par exemple, après des temps croissants, l'amidon du malt séparé mécaniquement étant au contact d'une solution d'amylase, on trouve, au début, un accroissement proportionnel au temps, puis la vitesse se ralentit, à peu près suivant la même loi que pour un empois préparé d'avance.

Nous voyons donc que jusqu'aux températures de 50° il y a des écarts très notables, suivant l'état de désagrégation des malts entre les proportions de maltose créé, pour 100 d'amidon.

Il y aura donc là une première différence de composition du mout due à l'état de désagrégation, et cette même cause interviendra dans les méthodes de décoction, pour les périodes où une partie du malt restera à température constante dans la cuve matière.

A cela se rattache encore l'influence du temps et de la richesse en amylase ; si la salade ou, à un moment quelconque, une partie du malt, sont maintenus longtemps à température  $t^{\circ}$ , on arrivera à la limite de la proportion d'amidon saccharifiable, suivant l'état de désagrégation du malt ou, si l'on veut, le degré de résistance de l'amidon. Si au contraire le temps de contact est très court ou la dose d'amylase très faible, une partie seulement de cet amidon sera saccharifiée et le reste se retrouvera pour une température plus élevée.

Nous remarquerons encore, en considérant le Tableau précédent, qu'en traitant l'amidon tel quel à 60° par l'amylase, nous obtenons, à 2 ou 3 pour 100 près, la même quantité de maltose qu'en le réduisant d'abord en empois, et nous voyons, ici encore, l'influence de la désagrégation effectuée pendant la germination : nous pouvons traduire ce fait en disant que, pour un malt à peu près convenablement

désagrégé, les  $\frac{95}{100}$  de l'amidon sont saccharifiés quand l'on arrive à la température de 60°. Cette remarque est importante au point de vue des modifications de composition que l'on peut produire par le brassage.

Il résulte donc des faits précédents que la proportion de maltose existant dans le moût sera très peu changée par la méthode de brassage au delà de 60° si l'on a donné à la saccharification le temps de se faire aux températures inférieures.

En d'autres termes, si le brassage est fait lentement jusqu'à 60°, et si le pouvoir diastase du malt n'est pas très petit, on aura toujours une forte proportion de maltose dans le moût, d'autant plus grande que la désagrégation sera plus fine.

En ce qui concerne la température d'attaque, nous voyons d'après le Tableau que la proportion de maltose monte jusqu'à 60° environ, et ensuite qu'elle se réduit graduellement, et nous savons aussi que le maltose libre est peu à peu remplacé par du maltose combiné dans les maltodextrines.

Donc nous aurons un moût contenant des proportions de maltose libre d'autant plus faibles que la température d'attaque sera plus au-dessus de 60° et que la quantité d'amylase sera plus petite, car le temps nécessaire à la saccharification à une température donnée est en raison inverse de la dose d'amylase et de l'état de désagrégation.

Par suite, la teneur en maltose sera réduite en attaquant à température supérieure à 60°, et la température d'empâtage devra être choisie d'autant plus élevée, pour amener cette réduction, que le malt sera plus désagrégé et moins touraillé.

Les mêmes raisonnements s'appliquent pour les procédés de décoction à la conduite des trempes en chaudière, c'est-à-dire qu'à moins d'un chauffage extrêmement rapide ou d'un malt tout à fait pauvre en amylase, les  $\frac{95}{100}$  de l'amidon au moins seront saccharifiés quand on atteindra 60° en chaudière, et que la marche des températures au-dessus de 60° ne pourra influencer que sur 5 pour 100 de cet amidon.

Dans les procédés par décoction, nous avons à tenir compte d'une deuxième action amylosique que l'on peut appeler *saccharification secondaire*. Dans la chaudière il s'est formé du maltose et des maltodextrines; lorsque la trempe est ramenée en cuve matière, elle se trouve en contact avec de l'amylase à une température de 50° à 55°, s'il s'agit d'une première trempe, de 62° à 75° s'il s'agit d'une dernière. Or l'amylase est en état d'attaquer ces maltodextrines suivant leur résistance propre, et d'en convertir une partie en maltose libre. Si

donc, dans la chaudière, on a conduit rapidement la chauffe, de façon qu'une grande partie de l'amidon soit saccharifiée entre 60° et 75° et donne des maltodextrines, celles-ci doivent être dégradées au retour en cuve, et, comme l'action secondaire de l'amylase est très énergique au début, on convertira en maltose libre une grande partie de ces dextrines. Par exemple, une maltodextrine formée à 70° donne, en 30 minutes, près de 50 pour 100 de son poids de maltose libre à 50°. La conduite rapide de la première trempe en chaudière sera donc bien éloignée de produire son plein effet, en vue d'une réduction du taux de maltose libre et l'augmentation des dextrines.

L'action secondaire de l'amylase est beaucoup moins énergique pour les dextrines formées à basse température, 50° ou 60°, et, dans ce cas, la production de maltose atteint, par retour à 50°, 20 à 25 pour 100 au plus du poids de maltodextrine.

De même cette saccharification secondaire décroît rapidement d'intensité aux températures supérieures à 60°; mais alors, la plus grande partie de l'amidon est déjà saccharifiée avec production de beaucoup de maltose libre.

*Grains crus.* — Pour les grains crus, la notion de résistance de l'amidon et de l'empois acquiert une grande importance. En effet, dans le chauffage des grains crus, même en présence de beaucoup de malt ou d'amylase, on n'arrive jamais à saccharifier qu'une petite partie de l'amidon, soit environ 30 à 35 pour 100 pour le riz, quelle que soit la vitesse avec laquelle on élève la température; il en résulte qu'une trempe de grains crus ramène en cuve matière, au contact de l'amylase non affaiblie, une grande quantité d'empois d'amidon qui doit être alors saccharifié de toutes pièces, et les produits obtenus dépendront de la résistance de l'empois, de la quantité d'amylase, de la température de saccharification; l'action complémentaire de l'amylase aura une moindre importance.

Si la trempe de grains crus est ramenée de façon à élever de 40° à 50° par exemple la température en cuve matière, nous aurons une forte production de maltose libre, en relation avec le degré de résistance de l'empois et d'une façon à peu près indépendante de la vitesse avec laquelle l'élévation de température sera obtenue, car on obtient pour les produits une composition peu différente à toutes les températures entre 40° et 50°.

Si au contraire la trempe de grains crus doit produire une élévation de température entre 60° et 75°, alors la vitesse du retour et la quan-

tité d'amylase ont une grande importance. Si l'afflux d'empois est réglé de façon qu'à chaque instant la saccharification se fasse, alors tout l'amidon ramené jusqu'à 60° ou 65° donnera de fortes proportions de maltose, et l'on n'aura, pour produire des maltodextrines, que celui ayant servi à élever la température entre 65° et 75° par exemple, et plus spécialement entre 68° et 75°.

Si au contraire la saccharification n'est pas immédiate, il se produira une accumulation d'amidon qui ne sera saccharifié que vers la température finale, et l'on aura une forte création de maltodextrines; si même la dose d'amylase n'est pas considérable, on pourra obtenir une saccharification incomplète.

Ce fait d'accumulation de l'empois se démontre clairement quand l'on ramène, par exemple, une forte trempe de grains crus, devant élever la température en cuve de 55° à 75°. Si l'on arrête le retour de la trempe pendant 10 ou 15 minutes, la température de 63° à 64° atteinte, on liquide l'arriéré d'empois, en formant les produits de saccharification répondant à 63°, et l'on obtient, en effet, une notable augmentation d'atténuation principale, c'est-à-dire de maltose libre.

Lorsque le grain cru a été changé en empois avec très peu d'eau, ou à une température de 85° à 90° par exemple, lorsque l'empois n'a pas été liquéfié, on réalise un empois plus résistant et par conséquent on réduit la proportion de maltose formé.

Quand on prépare une trempe de grains crus avec une forte dose de malt, on réduit la quotité d'amylase restante pour la saccharification, et par conséquent on facilite la formation d'un arriéré d'amidon; cela équivaut donc à une création plus grande de maltodextrines, sauf le cas d'un malt extrêmement riche en diastase.

#### Conséquences pratiques.

Nous pouvons résumer ce qui précède au point de vue pratique, en disant que, pour les matières azotées, le malt et l'eau de brassage sont les deux facteurs de beaucoup les plus importants, tandis que, pour la composition du moût en maltose et dextrine, nous avons à considérer la nature du malt, l'usage des grains crus, et la méthode de brassage.

*Pour les matières azotées.* — Le rôle du brassage est faible par rapport à l'influence du malt et de l'eau. Or l'expérience prouve qu'au point de vue de la conservation de la bière, il y a tout avantage à réduire la dose d'azote restant dans la bière; on devra donc employer

des malts contenant le minimum d'azote soluble non absorbé par la levure, c'est-à-dire éviter avec soin les malts dont la désagrégation aura été trop poussée, faiblement touraillés et trop humides.

Ces précautions devront être encore exagérées si l'eau de brassage n'est pas calcaire, si elle est très douce, ou renferme beaucoup de chlorure de sodium.

L'influence du brassage intervient dans une certaine mesure, c'est-à-dire que les matières azotées du type glutine se dissolvant mieux par une longue ébullition, par un brassage prolongé, par un grand épuisement de la drêche et une farine fine, il est à conseiller de réduire en décoction le nombre et la durée d'ébullition des trempes, de conduire celle-ci rapidement, l'empâtage n'étant fait que 15 à 20 minutes avant le retour de la première trempe, et enfin de ne pas pousser à un épuisement trop considérable de la drêche. Il est recommandable aussi de réaliser une filtration totale aussi rapide que possible.

Ces précautions au brassage sont également plus importantes quand l'eau n'est pas calcaire.

L'usage des grains crus, bien que réduisant la quantité totale d'azote dans le moût, ne produit pas en réalité une amélioration sérieuse, car il supprime surtout l'azote absorbable par la levure qu'aurait apporté le malt, tandis qu'il modifie très peu l'azote de la forme glutine, c'est-à-dire celui dont la quantité doit être limitée.

Lorsqu'il s'agit de malt très fortement touraillé, il convient de ne pas faire l'attaque à température supérieure à 60°, et le malt ne doit pas être employé très frais, car la mousse de la bière en souffre.

*Pour le maltose et les dextrines.* — On dispose en *infusion* d'un moyen d'action puissant, c'est la température d'attaque, au-dessus de 60°. A mesure qu'on élève cette température, on réduit aussi l'atténuation principale et, si l'on opère entre 60° et 68°, on augmente la durée et l'énergie de la fermentation secondaire. Les limites de température entre lesquelles on modifie l'atténuation principale au profit de la secondaire, sont d'autant plus étendues que le malt est plus riche en amylase et mieux désagrégé. Avec un malt à pouvoir diastasique bas, comme 15 à 20 par exemple, il n'est pas prudent de dépasser 65°, tandis qu'avec un malt ayant plus de 50 comme pouvoir diastasique, on peut aller jusqu'à 68° et même 70°.

Lorsque le pouvoir diastasique est faible, on peut augmenter la proportion de maltose libre, en élevant lentement la température à partir de celle d'empâtage, surtout jusqu'à 60°. Au contraire, on

n'exerce pas d'action sensible si le malt est bien désagrégé, ou s'il a un pouvoir diastasique élevé.

Le brassage, *par décoction*, ne permet de modifier la composition du moût d'une façon appréciable que s'il atteint très rapidement une température supérieure à 60°, ou si le malt a un pouvoir diastasique très faible, ou enfin s'il est très mal désagrégé.

Si l'on considère donc l'immense majorité des malts, à désagrégation complète ou trop poussée, et à pouvoir diastasique de 40 à 80, on n'exerce aucune action en conduisant les trempes très lentement ou assez vite, ni en changeant le nombre des trempes, ni en faisant varier la durée de cuisson de celle-ci, ni même en modifiant la vitesse de leur retour en cuve matière; car, dans ce cas, la saccharification des  $\frac{95}{100}$  de l'amidon au moins est réalisée dès que l'on atteint 60°.

Le changement de composition n'est donc réalisable que par les procédés agissant brutalement, c'est-à-dire pour ceux où l'empâtage d'une partie au moins du malt a lieu au-dessus de 60°, les trempes conduites avec une extrême vitesse, et ramenées de façon à obtenir très rapidement une température supérieure à 60° en cuve matière.

Si donc, avec un malt bien et plus encore trop désagrégé, on veut obtenir une réduction de l'atténuation principale, il faudra uniquement s'adresser à ce genre de procédés de brassage; en dehors d'eux, l'influence que l'on exercera sur l'atténuation avec un malt donné sera tout à fait insignifiante.

Si au contraire on a affaire à un malt très pauvre en amylase, c'est-à-dire très fortement touraillé, on pourra augmenter l'atténuation par un brassage prolongé, par une lente conduite des trempes, et cela d'autant plus que la désagrégation sera plus médiocre et l'amidon du malt plus résistant.

*Pour les grains crus.* — On peut agir sur la composition du moût de trois façons : le degré de résistance de l'empois, la température de saccharification et la quantité d'amylase employée.

Un empois de grains crus fait avec peu d'eau, 3 à 4 parties pour 1 partie de grain cru, ou préparé à 85°-90°, ou bouilli peu de temps, ou non liquéfié, donnera moins de maltose libre et d'atténuation.

Un empois ramené de façon à ce que la température en cuve atteigne finalement un degré inférieur à 60°-63°, donnera un accroissement de maltose à peu près indépendant de la vitesse de retour, et d'autant plus que l'on aura plus d'amylase en cuve matière et que l'empois sera moins résistant.

Un empois ramené de façon à donner une température finale de 63° à 75° produira une réduction d'atténuation d'autant plus forte que la température atteinte sera plus élevée, le retour plus rapide et la dose d'amylase restante plus petite.

Ce mode d'emploi n'est à conseiller que pour les malts à pouvoir diastasique élevé et bien désagrégés, avec un empois peu résistant, et avec une proportion de grain cru ne dépassant pas 12 pour 100; encore faudra-il prendre des précautions pour vérifier la saccharification.

Un empois de grains crus préparé avec une grande quantité de malt en chaudière ou en macérateur donnera, toutes choses égales d'ailleurs, moins d'atténuation que si l'on a employé peu de malt, 5 à 10 pour 100.

On voit donc, en conclusion, étant donnés les malts actuellement les plus communs, que l'influence du brassage est beaucoup réduite en décoction, sauf le cas des grains crus, ou celui des méthodes tout à fait brutales, tandis que pour l'infusion la température d'attaque continue à jouer un grand rôle.

*Composition des moûts. Épuisement.* — La composition des bouillons n'est pas identique à celle des lavages, ces derniers contenant une proportion d'azote plus considérable et souvent une dose de maltose moindre. On attribue généralement cette réduction du maltose à la dissolution de matières cellulosiques, et cependant Jalowetz a montré récemment que dans le malt toutes les parties saccharifiées séparément donnent sensiblement un moût de même composition comme hydrates de carbone; aussi ne peut-on pas considérer comme générale cette augmentation du taux de dextrine dans les lavages.

En revanche, le fait de la plus grande richesse en azote est constant, l'écart est souvent très faible ou nul entre le bouillon et le premier lavage, puis la proportion d'azote va en augmentant à mesure que la densité du lavage diminue.

La richesse en matière azotée pour 100 de l'extrait dans le bouillon et les lavages est représentée par les dosages suivants, à titre d'indication pour un malt et un brassage particuliers.

	Extrait pour 100 <sup>cm</sup> ³.	Matière azotée pour 100 d'extrait.
Bouillon.....	19,73	0,64
1 <sup>er</sup> lavage.....	8,03	0,71
2 <sup>e</sup> » .....	1,95	0,93
3 <sup>e</sup> » .....	0,62	1,58

Le dernier lavage à 0,6 Ball. contient donc une proportion de matière azotée 2,5 fois plus grande que le bouillon, tandis qu'il y a peu de différence entre celui-ci et le premier lavage.

L'accroissement est plus considérable quand la filtration est lente, et plus encore lorsque la température de la drèche s'abaisse soit par isolement défectueux, soit par lenteur de filtration, soit par usage d'eau à température trop basse. Il y a là la double influence d'une acidification éventuelle, et d'un contact plus prolongé entre l'eau et la caséine ou la fibrine de la drèche.

Pour éviter cette acidification, on fait assez souvent des lavages continus, mais ce procédé conduit ordinairement à un épuisement réel moindre.

Lorsqu'il s'agit surtout d'eaux très douces, on constate souvent que les derniers lavages sont très louches ou troubles et contiennent beaucoup de caséine et de fibrine incomplètement dissoutes, souvent aussi on reconnaît une augmentation de la dose d'acide phosphorique dans les lavages, ce qui est en corrélation avec l'accroissement du taux d'azote.

On peut considérer comme un épuisement très satisfaisant un dernier lavage à 0,5 pour 100 d'extrait, s'il est régulier, c'est-à-dire si la drèche dans toutes ses parties est imprégnée d'un liquide à cette même concentration en moyenne. Dans les procédés avec saccharification complémentaire, on peut arriver à 0,2 pour 100. Les mêmes chiffres sont réalisables, soit avec une bonne cuve à filtrer, soit avec un filtre-presse.

*Drèches.* — Les drèches renferment de 75 à 80 pour 100 d'eau, ce qui représente 125<sup>kg</sup> à 135<sup>kg</sup> par 100<sup>kg</sup> de malt. Cette quantité est naturellement réduite par l'emploi de riz ou de maïs, qui donnent très peu de résidu insoluble.

La drèche contient toute la cellulose du malt, la presque totalité de sa matière azotée insoluble, et toutes les matières minérales insolubles. Elle renferme pour 100 de matière sèche et en moyenne :

Matières azotées.....	21-23
Matière grasse.....	5- 6
Cellulose.....	17-26
Cendres.....	* 5- 6

Les drèches s'acidifient avec une extrême rapidité et servent alors de support à toutes sortes de bactéries, soit lactiques, butyriques, aux

ferments putrides, aux sarcines, bactéries visqueuses, etc. ; elles constituent donc un grand danger de contamination pour la brasserie, et il est à recommander de les évacuer à l'extérieur, le déversement ayant lieu sur un sol cimenté, que l'on puisse laver soigneusement, et même arroser de lait de chaux ou d'un antiseptique dès que la manipulation de la drêche est terminée. Le danger de contamination est en effet surtout considérable à cause des débris de drêche, entraînés par le vent vers les bacs, le réfrigérant, ou même dans les caves.

D'autre part, si le sol où se fait le déchargement n'est pas imperméable, la terre s'imprègne du moût très dilué resté dans la drêche, de sorte que la mauvaise odeur se répand partout, sans compter les chances d'infiltration pour les puits.

L'utilisation de la drêche est son emploi pour la nourriture des animaux et elle constitue, en effet, un aliment précieux pour les vaches laitières et les bêtes à l'engrais, à cause de sa grande richesse en azote. D'après Wolff, la drêche de brasserie fraîche contiendrait, pour 100, en moyenne, comme aliments digestibles :

Matière azotée.....	3,6
Hydrates de carbone.....	9,7
Matière grasse.....	1,3

C'est-à-dire sensiblement la même valeur alimentaire que le lait écrémé.

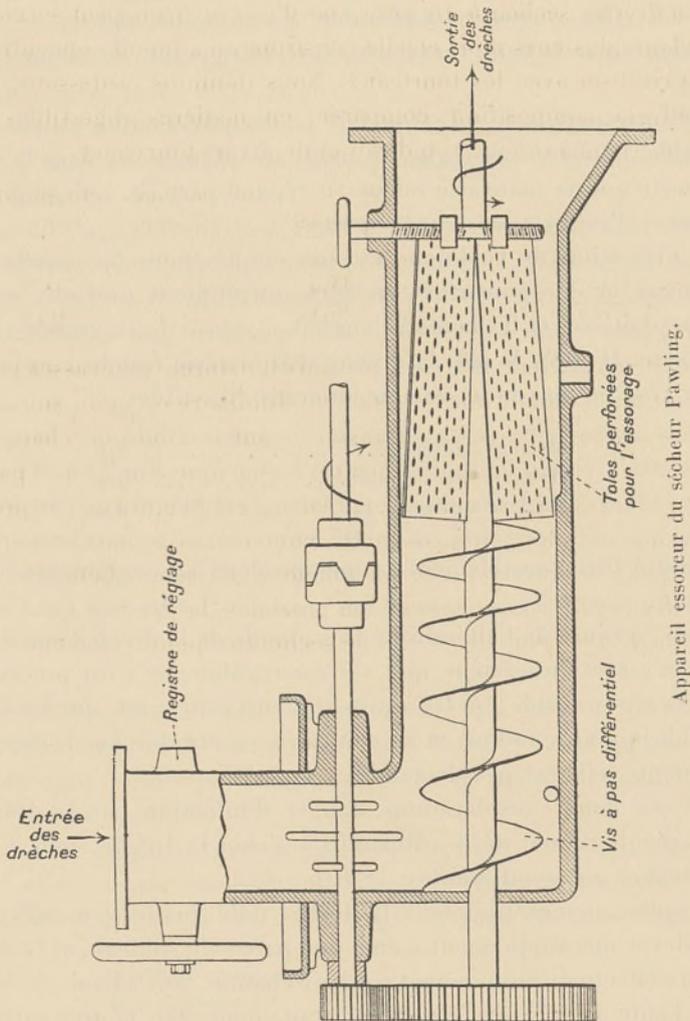
Mais, à cause de l'altérabilité très grande de la drêche, son écoulement n'est rémunérateur que s'il est régulier ; or c'est précisément dans la saison froide, où les autres aliments sont rares, que les brasseries fabriquent le moins, et au contraire, en été, lorsque la drêche est abondante, elle est peu demandée.

De ces deux considérations, danger d'infection par la drêche et débit régulier, sont nés les appareils à sécher la drêche, dont il existe maintenant un grand nombre de dispositifs.

Les plus anciens traitaient la drêche telle quelle, sans essayer de lui enlever mécaniquement même une partie de son eau, et la dessiccation s'effectuait uniquement par l'air chauffé, soit à l'aide de foyers, soit à l'aide de vapeur. Ce mode de traitement était motivé parce que la pression n'enlève qu'une fraction de l'eau, et que le liquide ainsi éliminé contient les matières alimentaires solubles, c'est-à-dire les plus digestibles, et ayant la plus grande valeur pour l'animal. Toutefois, comme le traitement était rendu ainsi plus onéreux, on n'a pas

tardé à effectuer une première pression qui élimine environ  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{4}$  de l'eau totale, en diminuant légèrement la valeur alimentaire; mais le déchet est beaucoup moindre qu'autrefois, parce que l'épuisement est actuellement bien plus complet et que les drèches ne renferment que rarement un liquide à plus de 1 pour 100 d'extrait.

Fig. 63.



Les appareils à sécher la drèche comprennent donc une sorte de pressoir continu, c'est-à-dire une hélice, jouant dans une caisse conique perforée, et l'énergie de la pression peut être réglée à l'aide

de l'ouverture de sortie du cône. Après ce premier traitement la drèche est passée dans une série de cylindres, animés d'un mouvement de rotation, ou munis de vis transporteuses et à parois chauffées à la vapeur.

La figure 63 représente un appareil à sécher la drèche avec pression préalable.

La drèche séchée à 10 pour 100 d'eau environ peut se conserver pendant plusieurs mois et elle constitue un aliment concentré, pouvant rivaliser avec les tourteaux. Nous donnons ci-dessous, d'après Wolff, la composition comparée, en matières digestibles, d'une drèche sèche à 9 pour 100 d'eau et de divers tourteaux :

	Drèche sèche.	Tourteaux de coton.	Tourteaux d'olives.
Matière azotée.....	13,7	18,0	3,6
Hydrates de carbone.	35,4	18,7	32,8
Matière grasse .....	6,1	5,9	10,6

Le prix de revient de la dessiccation est naturellement assez variable, suivant que l'on fait une pression préliminaire ou non, suivant l'intensité de cette pression, et aussi suivant le mode de chauffage, le degré de dessiccation, etc. On peut l'évaluer à environ 4<sup>fr</sup> à 5<sup>fr</sup> par 100<sup>kg</sup> de drèches sèches, sans pression préalable et, au point de vue propreté, ce traitement doit être considéré comme avantageux dès qu'il ne coûte rien, à plus forte raison quand il laisse un bénéfice comme c'est le cas général. Avec pression préalable, la dépense est d'environ 2<sup>kg</sup> vapeur à 7<sup>kg</sup> par 1<sup>kg</sup> de drèche sèche à 10 pour 100 d'eau.

## CHAPITRE VII.

### CUISSON ET HOUBLONNAGE.

La cuisson et le houblonnage s'effectuent tantôt uniquement dans des chaudières spéciales sans vagueur, dites *chaudière à cuire* ou à *houblonner*, tantôt aussi dans les chaudières à trempes devenues libres. On adapte quelquefois à la chaudière un extracteur de houblon.

*Chaudières.* — Elles sont chauffées soit à feu nu, soit à vapeur, et, dans ce dernier cas, on utilise tantôt le double fond, tantôt les serpentins.

Les conditions les plus recommandables pour les chaudières à feu nu sont : une forme large et basse, ce qui augmente la surface d'évaporation; un fond à 1<sup>m</sup>, 50 au moins au-dessus de la grille, surtout pour les bières pâles, des carneaux placés à mi-hauteur, et non pas à la partie supérieure, de façon à permettre de commencer l'ébullition avant que la chaudière soit pleine, sans risquer de caraméliser le moût.

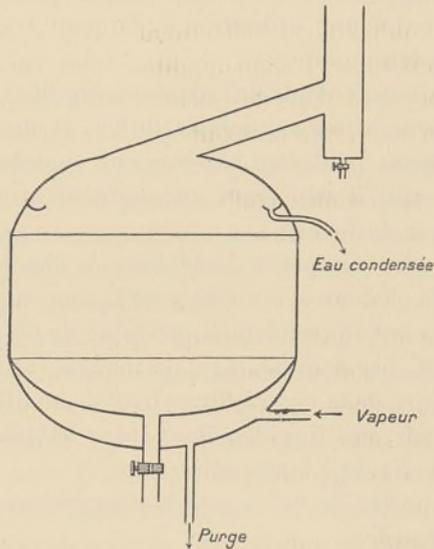
Pour les chaudières à vapeur, on peut employer soit le double fond, soit les serpentins; ceux-ci sont plus économiques au point de vue de l'utilisation de vapeur dès que le diamètre des tuyaux dépasse 25<sup>mm</sup> à 30<sup>mm</sup>.

Pour les petits serpentins, on n'arrive pas à une condensation complète, et la vapeur circulant suivant l'axe du tube n'est pas bien utilisée. Il est recommandable, dès que la chaudière est un peu grande, d'avoir deux serpentins superposés plutôt qu'un seul. La figure 64 montre une chaudière à vapeur avec ses accessoires; il est plus économique de cuire avec de la vapeur à 1<sup>kg</sup>, 5 de pression environ qu'avec de la vapeur à haute pression, et il est même plus avantageux d'installer un détendeur avant la chaudière que d'employer la vapeur à la pression du générateur.

Pour les chaudières à vapeur, l'isolement thermique du fond et des parois est à conseiller de façon à réduire la perte de chaleur par

rayonnement; d'autre part, on ne saurait trop conseiller d'adapter toujours un excellent purgeur automatique soit au double fond, soit aux serpentins : c'est la seule façon d'avoir une bonne et entière utilisation de la vapeur, ce qu'il est impossible d'obtenir si l'échappement se fait à l'air libre; dans les installations neuves on s'arrange, en général, de façon que les purges d'eau bouillante des chaudières soient renvoyées au générateur pour son alimentation, et cela constitue une économie fort appréciable.

Fig. 64.



Chaudière à cuire à vapeur.

De même pour les chaudières à feu nu, on augmente l'utilisation de chaleur, en disposant un réchauffeur d'eau sur le trajet des gaz de la combustion, et cela représente 6 à 8 pour 100 de la chaleur du charbon brûlé. En ce qui concerne la qualité de la bière, on est actuellement d'accord pour admettre que les bières pâles, cuites à vapeur, sont moins colorées et un peu plus fines de goût que celles cuites à feu nu, surtout avec les vieilles chaudières hautes et étroites. Pour les bières brunes, il n'y a pas de différence appréciable.

*Dépense de charbon.* — Le rendement calorifique des chaudières à feu nu est fort variable; s'il s'agit d'une seule chaudière, il peut descendre, sans réchauffeur, à 35-40 pour 100, tandis qu'avec plu-

sieurs chaudières sur un même massif, et un réchauffeur, on peut arriver à 55 et même parfois à 60 pour 100 d'après Emslander.

S'il s'agit de cuire à la vapeur, tout dépend du rendement du générateur. Si celui-ci, comme cela arrive souvent, est voisin de 60-62 pour 100, qu'on n'effectue pas le retour des purges au générateur et que la chaudière ne soit pas isolée, il peut se faire que le rendement des chaudières à vapeur soit à peine égal, parfois même inférieur à celui d'une chaudière à feu nu bien installée; mais au contraire, avec un générateur qui rend 65 à 68 pour 100, un bon isolement des tuyaux et de la chaudière, le retour des purges, pour l'alimentation, on arrive facilement à une utilisation de 60 pour 100 et ce mode de chauffage est plus économique.

Il faut d'ailleurs tenir compte de l'extrême simplification qu'apporte le chauffage à vapeur, comme conduite du feu, et aussi de ce fait que la chaudière à vapeur peut être entièrement en tôle d'acier, tandis que, pour le feu nu, il faut avoir au moins en cuivre la partie en contact avec les gaz du foyer.

On peut se rendre compte de la dépense de charbon en considérant la quantité de chaleur nécessaire pour la concentration du moût. Soit un malt donnant un rendement pratique de 65 pour 100 et qui fournira par suite, par quintal, 475<sup>l</sup> de moût à 13° Balling; supposons que l'on ait tiré de la cuve à filtrer 630<sup>l</sup> de bouillon et de lavages par quintal de malt, ces liquides étant à une température moyenne de 70° quand ils arrivent à la chaudière.

Il faudra donc porter de 70° à 100° la température de 630<sup>l</sup>, ce qui exigera une dépense de

$$630 \times 30 \text{ ou } 18900^{\text{Cal}},$$

ensuite évaporer à 100°

$$630 - 475 \text{ ou } 155^{\text{l}} \text{ d'eau};$$

ceci répondra à une dépense de

$$155 \times 536 = 83080^{\text{Cal}},$$

soit au total

$$101980^{\text{Cal}} \text{ par quintal de malt.}$$

Supposons que l'on emploie un charbon de bonne qualité dont le pouvoir calorifique soit de 7500<sup>Cal</sup> par kilogramme. Nous aurons la consommation suivante de charbon par 100<sup>kg</sup> de malt, suivant le rendement de la chaudière :

Rendement pour 100 de la chaudière à cuire....	40	50	60
Charbon par 100 <sup>kg</sup> de malt.....	34 <sup>kg</sup> ,0	27 <sup>kg</sup> ,2	22 <sup>kg</sup> ,7

On voit, d'après cela, l'importance d'une bonne installation des chaudières à cuire; en effet, si nous considérons une brasserie faisant des brassins de 1000<sup>kg</sup> de malt seulement et 200 par an, la consommation de charbon sera de

68 <sup>t</sup> ,0	avec un rendement de	40	pour 100	à la chaudière
45 <sup>t</sup> ,4	»	60	»	»

soit, dans ce second cas, une économie de 22<sup>t</sup>,6 ou 33 pour 100.

La première dépense répondra à une chaudière à feu nu, mal installée, la seconde à une chaudière à vapeur aussi bien montée que possible.

Il faut d'ailleurs tenir compte, dans l'évaluation des dépenses de charbon, de la puissance calorifique du charbon lui-même, et l'on ne saurait naturellement établir aucune comparaison entre une brasserie utilisant des braisettes lavées, très pauvres en cendres, et une autre employant une houille pyriteuse ou une espèce de lignite; c'est pourquoi le rendement pratique des chaudières à cuire fournit sur leur installation une donnée beaucoup plus solide que le poids de charbon brûlé par quintal de malt.

Pour les chaudières à cuire, nous devons du reste remarquer qu'elles constituent des appareils d'évaporation peu économiques et assez rudimentaires, si on les compare aux dispositifs si ingénieux qu'utilise la sucrerie par exemple : avec les multiple-effets de sucrerie on ne consomme que 11<sup>kg</sup> à 16<sup>kg</sup> de charbon pour évaporer la quantité d'eau indiquée plus haut, tandis que la chaudière à cuire la mieux installée exige près de 23<sup>kg</sup> de combustible. Il est donc probable que nous arriverons un jour pour les chaudières à houblonner à des perfectionnements sérieux.

#### Transformations pendant le houblonnage.

Les transformations sont nombreuses et importantes et les principales sont les suivantes :

- Concentration du moût,
- Stérilisation du moût;
- Dissolution de principes du houblon;
- Précipitation de matières azotées;
- Clarification du moût;
- Oxydation des sucres et des résines;
- Coloration du moût.

*Concentration du moût.* — C'est là une question d'ordre purement physique qu'il faut chercher à effectuer le plus économiquement possible; il est donc désirable que la chaudière ait une grande surface d'évaporation, et que les vapeurs soient évacuées constamment par une cheminée tirant bien, puisque ce sont là deux conditions favorables à une évaporation rapide.

Le temps nécessaire à la concentration dépend naturellement de la surface de chauffe, de la surface libre du liquide, du degré final du moût et de la quantité d'eau à évaporer; cependant on peut admettre qu'une durée d'ébullition de 1 heure 30 minutes à partir du moment où les trempes réunies en chaudières commencent à bouillir est pleinement suffisante pour les autres transformations, et par suite il n'y a aucun inconvénient, si le matériel le permet, à effectuer aussi la concentration en 1 heure 30 minutes.

Le chauffage doit être réglé, par suite, de façon à dépenser le moins de charbon possible, c'est-à-dire en général vivement, et il n'y a pas intérêt à prolonger la cuisson à petit feu pendant de longues heures, comme on le faisait autrefois et encore actuellement pour la bière d'infusion.

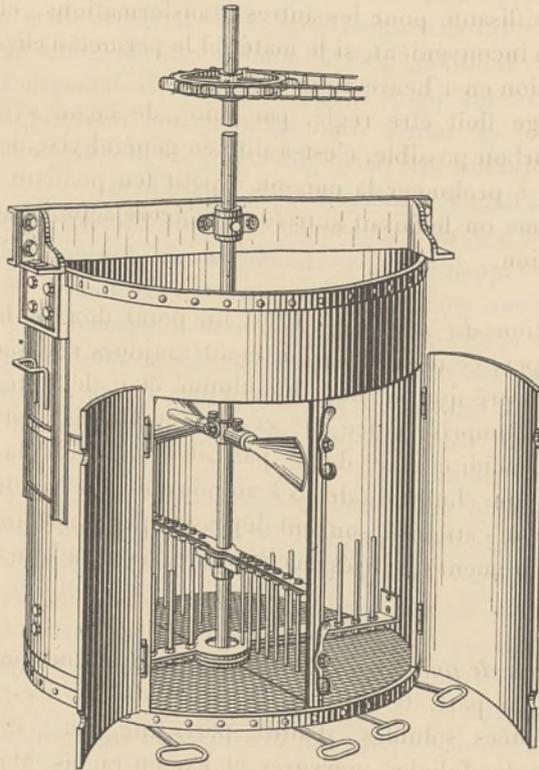
*Stérilisation du moût.* — C'est un point dont le brasseur n'a pas à s'occuper, cette stérilisation étant toujours réalisée : en effet Pasteur a montré que le moût houblonné était déjà stérilisé à une température comprise entre 71° et 77°, et Morris a prouvé qu'un moût dont l'acidité était de 1<sup>s</sup> par litre en acide lactique était stérile après une ébullition de 15 à 20 minutes. Or l'acidité en question est toujours atteinte, souvent dépassée; par conséquent, tous les moûts sont sûrement stérilisés en chaudière, si courte que soit l'ébullition.

*Dissolution de principes du houblon.* — Le houblon peut céder au moût, d'une part, des résines, du tannin, de l'huile essentielle, des matières azotées solubles, d'autre part, une partie des principes constituants des folioles, nervures et axe ou rachis. Mais il y a une grande différence dans la manière dont se comportent ces divers éléments. Les premiers se dissolvent très rapidement, en quelques minutes, tandis que, pour les parties foliacées et ligneuses, la quantité de substances entrant en dissolution augmente avec la durée d'ébullition; or, ces substances sont âcres et communiquent au moût une saveur dure et peu agréable; celle-ci est d'autant plus marquée que

le houblon contient plus de parties ligneuses, c'est-à-dire qu'il est moins fin et que la durée d'ébullition est plus longue.

Si l'on considère séparément les résines, le tannin, l'huile essentielle, on constate que ces substances sont épuisées en 10 à 15 minutes; pour les folioles, on compte ordinairement 30-35 minutes et pour les nervures et rachis 45 minutes à 1 heure, en se bornant à la dissolution des matières qui ne communiquent pas au moût un goût désagréable. On peut donc en conclure qu'une durée d'ébullition de 1 heure est suffisante pour l'extraction utile des principes du houblon.

Fig. 65.



Extracteur de houblon.

Mais si, au lieu de considérer isolément ces diverses substances, on envisage le cône de houblon entier, on constate que l'épuisement est loin d'être complet dans le temps indiqué, et cela se comprend, puisque l'agitation se réduit à celle produite par l'ébullition et que le

cône une fois imprégné de moût ne renouvelle presque pas le liquide qui gorge ses tissus. Or les résines sont très faiblement solubles dans le moût, leur solubilité augmente avec la température et elle est maxima pour l'ébullition; il y a donc intérêt à faciliter leur solution rapide, sans prolonger indéfiniment la durée de cuisson. D'autre part, l'huile essentielle est entraînée par la vapeur d'eau, de telle sorte qu'une grande partie du parfum du houblon est perdue, s'échappant à l'extérieur, et cela en quantité d'autant plus grande que l'ébullition est plus longue.

Pour éviter ces inconvénients, épuisement incomplet, perte de bouquet, sans prolonger l'ébullition au point de dissoudre les éléments ligneux qui altéreraient le goût de la bière, on a recours aux extracteurs de houblon, dont un modèle est représenté figure 65.

Il consiste en une petite chaudière placée au-dessus de la chaudière à cuire, et qui est munie d'un agitateur mû mécaniquement et de herses. Quelquefois une partie des herses est mobile, de sorte que les dents passent dans les intervalles des herses fixes.

Le houblon destiné à tout le bassin, étant introduit avec un peu de moût dans cet appareil, on le chauffe par un double fond ou un serpentín à vapeur, en faisant manœuvrer l'agitateur; les cônes de houblon sont agités et divisés, et comme l'appareil est clos, aucune portion d'huile essentielle ne s'échappe. Le houblon étant très divisé, l'extraction est rapide, et, au bout d'une heure environ, elle est complète, il ne reste plus qu'à vider tout le contenu de l'extracteur dans la grande chaudière.

Quelquefois on fait couler simplement le moût, on en amène du nouveau et l'on répète une deuxième fois l'extraction; mais il est préférable de se borner à une seule opération pour les bières fines.

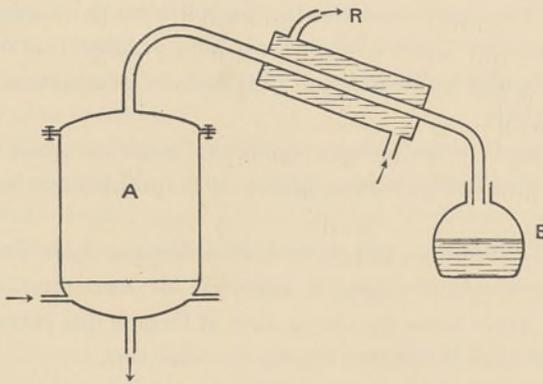
Il existe aussi des machines à diviser le houblon, permettant de séparer par tamisage la lupuline, les folioles, les parties ligneuses, et d'ajouter successivement ces substances, suivant le temps nécessaire à leur épuisement.

Un autre dispositif a pour but de conserver entièrement le parfum, c'est-à-dire l'huile essentielle de houblon; et de l'ajouter au moût refroidi, soit à la mise en levain, soit même au moment de la livraison. On peut employer pour cela un appareil très simple (*fig. 66*); il comprend une petite chaudière en cuivre avec un double fond ou un serpentín de vapeur, et dans laquelle on introduit le houblon avec un peu de moût. La chaudière est munie d'un tube de dégagement communiquant avec un réfrigérant et celui-ci débouche dans

une bonbonne elle-même refroidie si possible avec un peu de glace; d'autre part, la chaudière possède une portière de vidange.

La vapeur circulant dans le double fond ou le serpentín fait entrer le moût en ébullition et la vapeur d'eau, entraînant l'huile essentielle, se condense dans le réfrigérant; on recueille donc, dans la bonbonne, de l'eau, à la surface de laquelle flottent des gouttelettes d'huile essentielle qui peut être facilement séparée et mise en réserve. On l'ajoute soit à la mise en levain, soit au moment du bondonnage de la bière.

Fig. 66.



Extracteur d'huile essentielle.

A, chaudière à double fond. — R, réfrigérant. — B, bonbonne collectrice.

Le contenu de la chaudière, moût et houblon, est vidé dans la chaudière à cuire, 1 heure environ avant la fin de l'ébullition. Cet appareil peut être naturellement combiné à un extracteur de houblon: il suffit de munir celui-ci d'un tube de dégagement et d'un réfrigérant.

Les matières azotées cédées au moût par le houblon paraissent être assimilables au moins en partie par la levure; en effet, Hayduck a constaté que la proportion d'azote absorbé par la levure augmentait avec la dose de houblon :

Houblon par hecto.....	200 <sup>g</sup>	400 <sup>g</sup>	600 <sup>g</sup>
Azote assimilé par la levure pour 100 } de l'orge du moût..... }	26,6	30	35

c'est-à-dire que le houblonnage remplace par de l'azote servant d'aliment à la levure celui qui est précipité pendant l'ébullition.

*Addition du houblon.* — Lorsqu'on dispose d'un appareil à extraction, la marche à suivre est tout indiquée; on met dans l'extracteur la totalité du houblon, et l'on vide dans la chaudière seulement 30 minutes avant la fin de l'ébullition.

Quand le houblon est versé directement dans la chaudière, la meilleure marche consiste à n'ajouter le houblon que 30 à 40 minutes après le début de la cuisson, sauf quelques poignées qui ont pour but d'empêcher les mousses de déborder. On réserve une petite quantité de cônes, soit pour mettre dans la chaudière 15 à 20 minutes avant la fin, soit même, comme on le fait parfois, dans le panier à houblon. Ce procédé permet de donner un arôme très fin, mais il n'est pas économique, car ce houblon est loin d'être épuisé. Il est bien préférable d'utiliser alors un appareil comme celui indiqué plus haut et permettant de séparer l'huile essentielle.

En tout cas la dose ajoutée quelques minutes avant la fin de la cuisson doit être faible, soit au plus  $\frac{1}{3}$  de la quantité totale.

*Doses de houblon.* — Les poids de houblon par hectolitre de moût ont beaucoup diminué : dans la brasserie de fermentation basse, la quantité par hecto varie de 180<sup>g</sup> à 280<sup>g</sup> et l'usage des extracteurs permet de réduire ces doses de 10 pour 100 environ.

La quantité de houblon est augmentée sensiblement pour la bière Pilsen, et atteint 350<sup>g</sup> pour un moût à 10° à 11° B et 500<sup>g</sup> pour un moût à 13°, 5 Ball. Il faut, bien entendu, que le houblon soit d'un cru très parfumé et très fin, sans quoi une quantité aussi grande donnerait une âcreté très désagréable.

Dans la fermentation haute, on emploie beaucoup plus de houblon et cela pour deux raisons : d'abord l'expérience a montré que la clarification par collage nécessitait un fort houblonnage, et ensuite on utilise le plus souvent en fermentation haute des houblons moins forts et quelquefois surannés; les doses de 400<sup>g</sup> à 450<sup>g</sup> par hecto sont courantes et l'on rencontre encore quelquefois, mais plus rarement qu'autrefois, des quantités de 500<sup>g</sup> à 600<sup>g</sup>.

*Houblon épuisé.* — Le houblon lavé et sortant du panier à houblon contient encore une assez grande quantité de moût dilué, pesant de 1 à 3 Ball. suivant les brasseries, et, comme l'humidité de ce houblon est de 80 à 85 pour 100, on peut admettre qu'il retient au moins 5<sup>l</sup> à 6<sup>l</sup> de moût. On peut l'utiliser pour l'alimentation des animaux, notamment des chevaux, et ceux-ci l'acceptent volontiers,

surtout quand on a malaxé le houblon épuisé avec un peu de mélasse.

*Précipitation des matières azotées.* — Lorsqu'on chauffe progressivement une infusion de malt dans l'eau froide, on constate déjà vers 45° un louche, et, à mesure que la température s'élève, la précipitation augmente. Ce sont des matières azotées qui sont ainsi coagulées, mais elles entraînent avec elles une proportion variable de phosphates de chaux et de magnésie.

Une telle infusion, bouillie pendant 1 heure par exemple, filtrée, ensuite soumise à une nouvelle ébullition, laisse encore coaguler une certaine quantité d'azote et ainsi de suite presque indéfiniment, mais l'augmentation d'azote précipité par une nouvelle chauffe devient de plus en plus petite.

Si au contraire on cuit l'infusion sous pression de 1<sup>kg</sup> pendant 1 heure, on obtient d'un seul coup la coagulation limite.

La quantité d'azote ainsi précipitée par la chaleur dans une infusion dépend à la fois de l'acidité initiale de l'infusion, de la composition de l'eau et même de la teneur du malt en phosphates primaires et secondaires.

Si nous faisons une infusion de malt pendant 2 heures à 20° avec de l'eau, dont l'acidité est modifiée soit par addition d'acide phosphorique, soit par de la soude, nous trouvons comme acidité de l'infusion en centimètres cubes de soude N/20, comme azote soluble et azote coagulé à l'ébullition pour 100 de malt les nombres suivants :

	Acidité.	Azote		
		soluble en milli-grammes.	coagulé pour 100 azote soluble.	
Eau distillée.....	44	277	75,2	27
Acide phosphorique 100 <sup>cm</sup> ³ = 6 <sup>cm</sup> ³, 2 de soude N/20	{ ... 64,8	318	86,4	27
Acide phosphorique 100 <sup>cm</sup> ³ = 12 <sup>cm</sup> ³, 4 de soude N/20	{ ... 78,4	311	62,4	20
Soude 100 <sup>cm</sup> ³ = 5 <sup>cm</sup> ³ de soude N/20	{ ... 31,2	311	102,4	32

Nous voyons que dans ces deux derniers essais on a la même quantité d'azote dissous pour des acidités très différentes, mais la proportion de coagulé a aussi beaucoup varié.

Si nous envisageons maintenant l'influence de la composition de l'eau, nous nous trouvons en face de résultats très discordants.

Mathews avait étudié cette question et obtenu les nombres ci-dessous :

	Albuminoïdes coagulés pour 100 <sup>e</sup> de malt.	
	Infusion froide.	Infusion à 71°.
Eau distillée.....	1,061	0,566
Gypse, 57 <sup>e</sup> par hecto.....	1,713	0,393
Gypse, solution saturée.....	1,719	0,494
Sulfate de magnésie, 28 <sup>e</sup> ,5 par hecto....	1,906	0,506
Chlorure de sodium, 28 <sup>e</sup> ,5 par hecto....	1,723	0,970
Carbonate de soude, 14 <sup>e</sup> ,3 par hecto....	1,505	0,580
Chlorure de calcium, 28 <sup>e</sup> ,5 par hecto....	1,119	0,755

Mathews en conclut que le maximum de coagulation est réalisé par le sulfate de magnésie pour les infusions froides et par le chlorure de sodium pour celles faites à 71°; il en déduit aussi que, dans les infusions froides, les matières salines quelles qu'elles soient donnent plus d'azote précipité que l'eau pure, tandis que, dans les infusions à 71°, le gypse et le sulfate de magnésie agissent en sens inverse.

Mathews fait remarquer d'autre part que les matières azotées précipitées d'une infusion froide renferment très peu de phosphates, tandis qu'au contraire, pour les infusions chaudes, le coagulum contient comme cendres presque uniquement des phosphates de chaux et de magnésie.

Il serait cependant imprudent de conclure de là que les eaux contenant des matières salines et en particulier du gypse ou du chlorure de sodium sont celles qui laissent dans le moût bouilli le moins de matières azotées; d'après les recherches de L. Pierre (Thèse) on obtient en effet les nombres suivants comme matières azotées non coagulées pour 100 de malt, c'est-à-dire comme substances albuminoïdes restant dans le moût bouilli et non houblonné, en milligrammes :

	Température d'infusion.					
	15°.	35°.	47°.	52°.	62°.	68°.
Eau distillée.....	311 <sup>mgr</sup>	389 <sup>mgr</sup>	446 <sup>mgr</sup>	525 <sup>mgr</sup>	560 <sup>mgr</sup>	465 <sup>mgr</sup>
Sulfate de chaux.....	317	401	464	502	549	455
Chlorure de sodium....	336	411	470	551	575	480
Bicarbonate de chaux...	299	375	436	465	473	435

Il y aurait donc très peu de différence, sauf pour le bicarbonate de chaux, et l'influence de ce dernier se manifesterait surtout aux températures supérieures à 47° pour le malt étudié.

D'autre part, si nous considérons le moût houblonné et en particulier le bouillon, nous pouvons constater l'influence de l'acidité du moût sur la quantité de matière azotée coagulée; on a opéré sur un même bouillon de décoction, à deux trempes épaisses, et on l'a fait bouillir 1 heure avec 25,5 de houblon par litre, puis ramené au volume primitif après refroidissement et l'on a dosé l'acidité en soude N/10 et l'azote restant dissous, c'est-à-dire non coagulé : l'acidité a été modifiée de la façon suivante :

N° 1 Bouillon nature.		
N° 2 Phosphate acide de potasse équivalant à 0,7 de soude N/10 pour 100	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
N° 3 » » »	1,4	»
N° 4 » » »	4,2	»
N° 5 Bicarbonate de chaux	0,45	»
N° 6 Soude caustique	0,50	»
N° 7 » » »	1,00	»

Le Tableau ci-dessous donne les acidités pour 100 en soude N/10 et les doses d'azote non coagulé aussi pour 100<sup>cm<sup>3</sup></sup> :

	Acidité pour 100 <sup>cm<sup>3</sup></sup> .	Matières azotées pour 100 <sup>cm<sup>3</sup></sup> .
N° 1.....	33,8	0,821
N° 2.....	33,8	0,800
N° 3.....	36,4	0,812
N° 4.....	40,8	0,902
N° 5.....	30,8	0,796
N° 6.....	32,0	0,821
N° 7.....	30,0	0,831

L'addition de phosphate acide a donc produit d'abord une augmentation de l'azote coagulé par houblonnage et ébullition, puis, au delà d'une certaine dose, on a une diminution très notable. Le bicarbonate de chaux a provoqué une précipitation plus grande, et, quant à la soude qui a réduit l'acidité, elle fournit d'abord une faible augmentation du coagulé, puis une petite diminution. L'acide lactique et l'acide phosphorique se comportent comme le phosphate acide de potasse.

Ces nombres ne sont donnés qu'à titre d'exemple, et l'on ne saurait en conclure d'une façon absolue que pour tous les malts on aurait les mêmes variations.

Pour le moût houblonné comme pour celui qui ne l'est pas, nous avons une augmentation de la quantité de matière azotée précipitée à mesure que la durée d'ébullition s'accroît et au contraire on atteint en une seule fois la limite en chauffant sous pression pendant 1 heure à 120°.

Nous avons vu plus haut que le précipité de matière azotée contenait des phosphates de chaux et de magnésie. Ces phosphates peuvent provenir soit directement du malt, soit d'une double décomposition entre les phosphates primaires ou secondaires et le bicarbonate de chaux ou les sulfates de chaux et de magnésie fournis par l'eau.

*Clarification et coloration du moût.* — La coagulation des substances azotées forme des flocons plus ou moins épais qui, en se déposant, entraînent les matières en suspension et provoquent une clarification plus ou moins complète; lorsque les flocons tombent rapidement au fond en laissant au-dessus d'eux un liquide brillant, on dit que la *cassure* est belle.

Souvent il arrive que les matières azotées se déposent plus lentement et spécialement que les flocons sont très petits: on dit alors que la cassure est fine; d'autres fois enfin, la cassure ne se fait pas et le liquide reste plus ou moins louche, ou bien prend une teinte verdâtre.

La nature de la cassure dépend d'abord du malt, ensuite de l'eau, et dans une certaine mesure du brassage et de la manière dont l'ébullition est conduite.

Une eau douce donne généralement une cassure fine ou même pas de cassure du tout, et, en effet, il n'y a pas dans ce cas de précipité de phosphate de chaux que fournissent les phosphates alcalins avec le bicarbonate ou le sulfate de chaux, précipité qui augmente la densité des flocons de matière azotée coagulée. Pour la même raison, les eaux sulfatées fournissent au contraire une belle cassure.

Un moût riche en phosphate secondaire donne habituellement peu de cassure avec une eau douce, parce que la solubilité de la caséine et de la fibrine est plus considérable en présence de ce genre de phosphates que dans l'eau pure.

Les eaux contenant des carbonates alcalins répondent également à une mauvaise cassure par suite de la rétrogradation qu'elles font subir aux phosphates primaires. Matthews a signalé que le précipité répondant à de telles eaux contenait de 15 à 20 pour 100 de cendres contre 6 à 9 pour 100 avec les autres eaux, mais ici la coagulation est empêchée par les phosphates secondaires formés. La cassure peut

être d'ailleurs modifiée par des actions mécaniques ou par la formation d'un précipité au sein du liquide; par exemple, si l'on injecte de l'air dans le moût ou que l'on produise une forte agitation, on agglutine les particules de matière azotée précipitée, et l'on améliore la cassure.

De même, si l'on ajoute, au moût, du lichen, de la gélatine ou du tannin, on forme un précipité qui englobe les débris fins de matière azotée et la cassure devient également plus nette.

On arrive à un résultat identique en produisant un précipité quelconque dans la chaudière: par exemple, en y introduisant du sulfate de chaux et du phosphate neutre de potasse.

Dans quelques cas, les moûts en chaudière montrent une teinte verdâtre, qui est due à la présence de débris extrêmement fins en suspension, débris que l'on aperçoit facilement en éclairant par côté le verre contenant le liquide; ce sont également des matières azotées. On observe cette teinte d'une façon presque constante dans certaines brasseries où l'eau est très douce, mais il faut la réunion d'une eau très douce et de malts à matière azotée très désagrégée pour que cette fausse teinte se produise.

Les praticiens attachent à la bonne cassure une grande importance, voyons quel est le sens de cette indication; si la cassure est rapide et nette, cela montre que le moût ne contient plus de matières azotées précipitables par une faible variation d'acidité, et en général que la dose d'azote type glutine y est moindre. Or ce sont là des conditions favorables à la résistance que la bière pourra opposer au froid, et aussi à sa conservation. On peut donc considérer une bonne cassure comme un signe favorable.

Toutefois, il ne faut évidemment pas admettre que le défaut de cassure signifie nécessairement une mauvaise conservation ou une composition fâcheuse du moût; si la cassure devient subitement défectueuse, on est fondé à rechercher la cause de cette irrégularité de fabrication soit dans un changement de matières premières, soit dans une modification de brassage.

*Oxydation du moût.* — Le lévulose, en première ligne, puis le glucose et, à un moindre degré, le maltose en solutions bouillantes exposées au contact de l'air, s'oxydent en donnant naissance à des matières brunes, dites *substances humiques*, et à des acides organiques. Cette action se produit en chaudière, à la surface libre du moût, mais comme celle-ci est protégée par un matelas de vapeur se

renouvelant constamment, elle est beaucoup moins énergique que si l'on injecte de l'air dans le moût.

Les résines et l'huile essentielle de houblon sont aussi oxydées dans la chaudière et forment des composés insolubles; ce précipité contribue à la cassure du moût.

*Coloration du moût.* — Elle résulte d'une part des matières humiques, en second lieu de la simple concentration, et enfin des caramélisations accidentelles; ces dernières sont très faibles ou nulles dans les chaudières chauffées à la vapeur, et au contraire très fortes, dans les anciennes chaudières chauffées à feu nu, hautes, peu larges, et dont le fond est très rapproché de la grille du foyer; en effet, dans de telles chaudières, le métal est porté à une température très élevée (400°-500°), et par conductibilité les bords supérieurs de la chaudière sont aussi constamment surchauffés; par suite de l'ébullition, il se produit sur la paroi, au-dessus du niveau du liquide, un ruissellement presque continu du moût en lame mince, et ce liquide est justement placé dans les meilleures conditions pour se caraméliser.

On peut également produire la coloration du moût par la cuisson sous pression, et on lui communique en même temps une saveur spéciale rappelant celle de la bière de Munich.

Pour les bières pâles, on a donc tout lieu de préférer la cuisson à la vapeur.

*Emploi du glucose ou du sucre.* — Les succédanés solubles, comme le glucose et le sucre, soit cristallisé, soit inverti, sont ordinairement ajoutés en chaudière à cuire, et il est bon de les verser une heure au moins avant la fin de l'ébullition; en effet, non seulement la dissolution est assurée, mais encore, le sucre, subissant une légère inversion et un peu de caramélisation ou d'oxydation, donne à la bière une teinte un peu moins pâle et une saveur plus marquée.

Quand on emploie des glucoses contenant du fer, on voit le moût prendre une teinte verdâtre ou même noire, par combinaison du tannin de houblon avec les sels de fer; on constate en même temps que le goût du houblon disparaît presque complètement. Ces accidents ne sont pas à craindre avec le sucre cristallisé.

*Conséquences pratiques.* — Pour les bières pâles, la cuisson à la vapeur par serpents est le dispositif le plus convenable, la durée d'ébullition peut être réduite sans inconvénient à 1 heure 30 minutes

à partir du moment où toutes les trempes réunies en chaudière commencent à bouillir; le houblon peut être avantageusement traité à l'extracteur, ce qui permet une économie de 10 pour 100 environ. Sauf ce cas, il est recommandable de diviser autant que possible les cônes, et d'effectuer le versement du houblon environ 1 heure avant de vider la chaudière.

Quand on désire donner à la bière un parfum de houblon frais très marqué, il est bon d'effectuer la séparation de l'huile essentielle sur une partie du houblon, 40<sup>g</sup> à 50<sup>g</sup> par hectolitre, cette huile étant ajoutée soit à la mise en levain soit au moment du bondonnage.

Quand on emploie la chaudière à feu nu, les formes basses et larges sont les meilleures, le fond de la chaudière doit être à 1<sup>m</sup>,50 au moins au-dessus de la grille, et il vaut mieux ne commencer l'ébullition qu'au moment où le niveau du moût dépasse les carneaux.

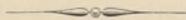
Pour les bières brunes, il est à peu près indifférent d'employer le chauffage à vapeur ou à feu nu, et il n'y a pas non plus d'inconvénient à ce que le fond de la chaudière soit plus rapproché de la grille, par exemple à 0<sup>m</sup>,40-0<sup>m</sup>,50. Les additions de houblon peuvent se faire comme pour les bières pâles, et la division de cônes est également recommandable, puisqu'elle a spécialement pour but un épuiement plus rapide des éléments utiles du houblon, sans que les substances âcres cédées par les parties ligneuses passent en quantité gênante en dissolution, et sans que l'on perde la plus grande part de l'huile essentielle.

Cette division du houblon est surtout utile quand il s'agit de houblons de finesse médiocre, riches en portions ligneuses.

Les doses de houblon sont de 180<sup>g</sup> à 280<sup>g</sup> par hectolitre pour les bières basses et de 400<sup>g</sup>-450<sup>g</sup> pour les bières de fermentation haute, devant être clarifiées par collage.

La dépense normale de charbon par 100<sup>kg</sup> de malt pour la cuisson est d'environ 25<sup>kg</sup> à 30<sup>kg</sup> pour un charbon dont le pouvoir calorifique est voisin de 7500<sup>cal</sup>, c'est-à-dire un charbon de bonne qualité.

Pour la cuisson des trempes et celle du moût, on emploie de 30<sup>kg</sup> à 40<sup>kg</sup> de charbon par 100<sup>kg</sup> de malt.



## CHAPITRE VIII.

### OXYGÉNATION ET REFROIDISSEMENT DU MOÛT.

Le moût sortant de la chaudière est stérile, il contient en suspension les cônes et débris de houblon, les matières azotées coagulées, et en dissolution les sucres, dextrines, matières azotées, résines, matières minérales, et spécialement les phosphates.

Ce moût doit être débarrassé des matières en suspension, subir une oxydation et une dissolution d'oxygène, et un refroidissement jusqu'à la température de mise en levain, et ces opérations doivent être effectuées sans que la stérilité du moût cesse, ou du moins avec la plus petite introduction possible de ferments étrangers, les moins nocifs. Les appareils utilisés à cet effet sont compris dans les suivants.

*Panier à houblon.* — Il se compose simplement d'une caisse ou d'un cylindre couverts, avec un fond perforé, placé au-dessous des chaudières à cuire; quelquefois on remplace le panier à houblon par la cuve à filtrer, bien entendu nettoyée, ou bien on munit l'orifice de vidange des chaudières d'un grillage.

Dans le panier à houblon l'écoulement est continu, mais le houblon passant dans le panier retient une partie au moins des débris de matières azotées et de folioles de houblon, et la filtration devient d'autant meilleure que l'on approche plus de la fin de l'écoulement. Dans la cuve à filtrer cet effet se produit beaucoup moins, parce que la surface est bien plus considérable; mais, en tout cas, il n'est pas recommandable de laisser le moût reposer et se décanter dans la cuve, comme on le fait quelquefois : on risque en effet d'obtenir, par suite du refroidissement, une dissolution supplémentaire de matières azotées et de résines, de telle sorte que le moût se trouble fortement par refroidissement. Il vaut beaucoup mieux ouvrir en plein les robinets de la cuve à filtrer dès que le moût et le houblon sont arrivés dans la cuve.

Enfin, le grillage disposé à l'orifice de vidange des chaudières ne remplit que très imparfaitement la filtration désirée; en effet, on ne peut pas utiliser le houblon comme masse filtrante, et, si les trous du grillage sont petits, les folioles les bouchent en partie, ce qui ralentit l'écoulement; si, au contraire, on laisse des orifices plus gros, tous les débris sont entraînés. C'est donc le panier à houblon qui réalise le meilleur dispositif.

Le houblon contenu dans ce panier est imprégné de moût, et l'on peut admettre avec Windisch que chaque kilogramme de houblon utilisé au brassin retient ainsi 6<sup>l</sup> à 7<sup>l</sup> de liquide; on doit récupérer ce moût par des lavages à l'eau bouillante; la quantité de liquide retenue reste la même, mais la densité devient très faible et l'on peut facilement obtenir environ 5<sup>l</sup> de moût par kilogramme de houblon.

Dans un bon travail moyen, le moût restant après lavage a une concentration de 2° à 3° Balling. Le lavage est bien préférable à la pression; d'abord il ne nécessite pas d'appareil spécial, et en outre la pression ne fait récupérer qu'une quantité de moût moindre. La pression ne réaliserait un bénéfice que si elle était appliquée au houblon déjà lavé et alors le gain serait insignifiant.

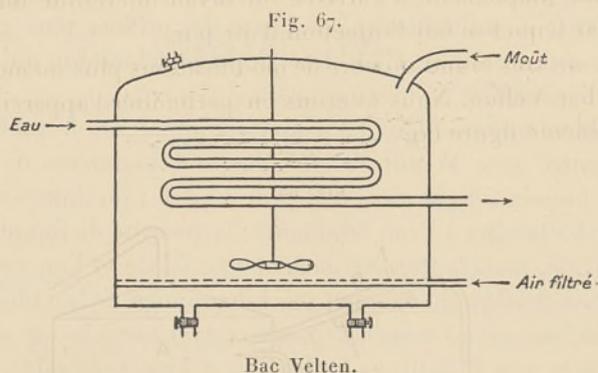
*Bac ouvert.* — Il est généralement en tôle, quelquefois galvanisée, avec une légère pente vers l'orifice de vidange, qui déborde un peu le fond. La surface du bac doit être telle que l'épaisseur du moût soit de 8<sup>cm</sup> à 15<sup>cm</sup> au plus et, tant au point de vue de l'oxydation que du refroidissement, la plus petite épaisseur est la meilleure.

Le bac ouvert sert à la fois à l'oxydation, à l'oxygénation et au refroidissement: il s'y produit en outre une décantation du moût.

*Oxygénateur.* — Le type de ces appareils est le bac Velten (*fig. 67*), qui existe également à la brasserie de Vieux-Carlsberg; c'est la réalisation d'une idée émise par Pasteur dans ses *Études sur la bière*.

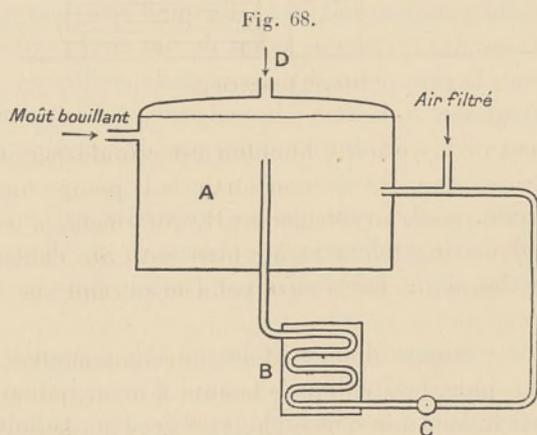
L'appareil se compose d'un cylindre en tôle galvanisée fermé par un couvercle à joint hydraulique et muni d'un agitateur hélicoïdal, commandé par le haut: le couvercle possède deux tubulures garnies de filtre à coton pour le dégagement des vapeurs, et une troisième tubulure permettant de faire pression d'air filtré; un serpentin à circulation d'eau froide ou glacée effectue ce refroidissement et un tube perforé placé au-dessous de l'hélice amène de l'air stérilisé soit par la chaleur, soit par filtration sur coton.

Le moût arrive bouillant du panier à houblon dans l'oxygénéateur et l'on commence l'injection déjà avant l'écoulement du liquide; dès que l'appareil est rempli on met en marche l'agitateur, la circulation



d'eau et l'on continue l'injection d'air jusqu'à ce qu'un thermomètre plongé dans le liquide indique la température désirée de mise en levain. Une pression d'air stérile fait alors couler le moût refroidi dans la cuve de fermentation.

Le cylindre et toute la tuyauterie sont passés à la vapeur avant de commencer l'opération, de façon à stériliser toutes les parties.



A, bac fermé. — B, réfrigérant clos. — C, pompe. — D, filtre à coton.

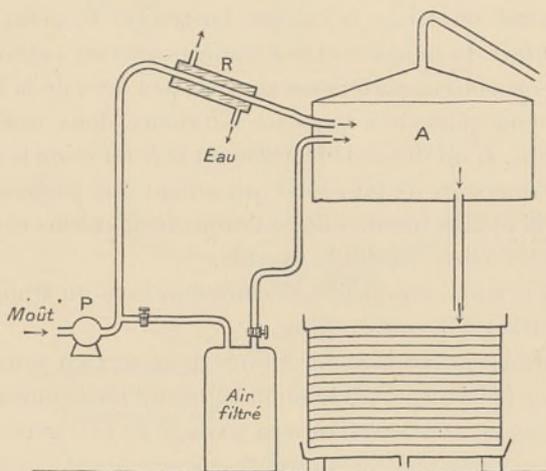
Comme variante à cet appareil, on peut supprimer le serpentin et combiner l'appareil à un réfrigérant tubulaire clos, placé au-dessous de lui; le moût coule directement de l'oxygénéateur dans le réfrigérant,

une pompe le reprend à la sortie et le refoule de nouveau à la partie supérieure de l'oxygénateur (*fig.* 68).

Dans ce cas, on supprime aussi le tube perforé dans le cylindre, et l'on dispose simplement à l'arrivée du tuyau de retour un ajutage conique par lequel se fait l'injection d'air pur.

Il existe un très grand nombre de modifications plus ou moins heureuses du bac Velten. Nous citerons en particulier l'appareil Leugering, représenté figure 69.

Fig. 69.



Système Leugering.

Le moût sortant du panier à houblon est refoulé par une pompe dans une cuve à moût A. Il reçoit au sortir de la pompe une injection d'air filtré, puis traverse un réfrigérant R, qui amène la température vers 60°; enfin, une insufflation d'air filtré est faite dans la cuve au voisinage du jet de moût. De la cuve celui-ci se rend sur un réfrigérant ouvert.

L'oxydation se fait par l'injection d'air sur refoulement de la pompe. Elle se continue encore un peu dans la cuve à moût, par contact avec de l'air filtré : la dissolution d'oxygène s'effectue sur le réfrigérant.

L'appareil ne présente pas d'avantage appréciable sur les oxygénateurs Velten ou Carlsberg; il paraît même plus logique de faire arriver le moût bouillant dans le bac où il séjournera pendant son refroidissement, puisqu'on aura ainsi un complément de stérilisation.

Ces formes d'oxygénateur ne sont pas très répandues parce qu'elles

nécessitent des soins de propreté minutieux et un contrôle très sérieux au point de vue de la stérilité de toutes les parties de l'appareil et de l'air injecté.

*Bac fermé.* — On a une simple cuve en tôle avec un couvercle à fermeture hydraulique ou boulonné et une ou plusieurs cheminées pour l'évacuation des vapeurs. Dans quelques modèles le bac fermé sert également de panier à houblon, c'est-à-dire qu'il est muni d'un double fond perforé. Ce dispositif n'est pas à conseiller, parce qu'il produit les mêmes inconvénients que la cuve à filtrer substituée au panier à houblon quand on laisse séjourner longtemps le moût dans cette cuve, au contact du houblon et des matières azotées entraînées, c'est-à-dire que l'on obtient parfois un goût un peu âcre de la bière.

Le bac fermé possède à la partie inférieure deux orifices fermés par des vannes. L'un déborde légèrement le fond et on le munit ordinairement d'une sorte de faux fond qui retient une partie des matières en suspension et effectue une décantation; le deuxième tuyau affleure le fond et sert à faire écouler le trouble.

Quelquefois aussi, on opère la décantation avec un siphon à niveau constant, flottant à la surface libre.

Le bac fermé entièrement nu à l'intérieur sert en somme simplement de cuve collectrice, où le moût séjourne sans contamination de ferments étrangers, en attendant son passage au réfrigérant.

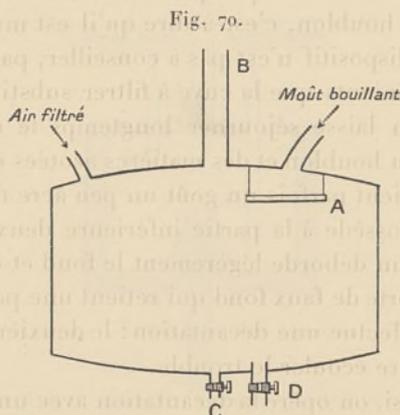
On stérilise l'appareil par un jet de vapeur avant d'y faire arriver le moût bouillant, qui est refoulé à l'aide d'une pompe. Il est à conseiller d'éviter les pompes centrifuges lorsque le bac fermé sert de panier à houblon, parce que les pompes de ce type divisent les cônes de houblon et que le moût peut prendre un goût âcre.

Dans ces appareils les cheminées d'évacuation pour les vapeurs ont rarement une section assez considérable, et la forme même du bac fait qu'il se produit sur le couvercle des condensations qui retombent dans le moût après avoir été en contact avec le fer. On attribue quelquefois à ces condensations une coloration plus forte du moût et un goût un peu dur de la bière.

Pendant son séjour dans le bac fermé le moût n'a aucun contact avec l'air, sa surface étant constamment protégée par un matelas de vapeur. On apporte parfois une modification heureuse aux dispositifs précédents en pratiquant dans le couvercle une ou plusieurs ouvertures par lesquelles on fait arriver constamment de l'air filtré, ce qui permet une évacuation plus complète des vapeurs, une oxydation

et une aération du moût sans qu'il y ait injection dans le liquide. On commence cette ventilation avant l'arrivée du moût, de façon que celui-ci tombe dans une atmosphère d'air pur.

On facilite encore le contact du moût avec l'air en disposant au-dessous de la tubulure d'arrivée une sorte de plateau circulaire qui écrase le jet et force le liquide à couler en nappe mince par le bord



Bac fermé avec air pur.

A, plateau métallique pour disperser le jet. — B, cheminée d'évacuation des vapeurs. — C, vidange du trouble. — D, vidange du moût.

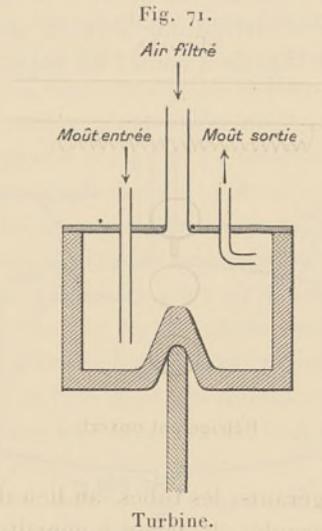
de ce plateau (*fig. 70*). Cette disposition donne de très bons résultats et elle est à recommander.

*Pompes.* — Quand le bac fermé ne possède aucune ventilation, on met quelquefois le moût en contact avec l'air en employant pour refoulement une pompe, munie à l'aspiration d'une petite ouverture réglable; cela constitue une injection d'air, et celui-ci peut même être filtré. Ce dispositif ne donne pas de très bons résultats, car on risque de produire ainsi une oxydation excessive.

*Turbines.* — Le turbinage du moût constitue un moyen de le débarrasser de toutes les matières en suspension et de le mettre en contact intime avec l'air. On emploie des turbines à paroi pleine, type écrémeuse, les matières en suspension se collent à la paroi et le moût amené par un tuyau à la partie inférieure du tambour s'écoule par un deuxième tube en moussant beaucoup. La turbine est fermée et reçoit de l'air filtré; elle doit tourner à très grande vitesse, 2000 tours envi-

ron, et l'axe de rotation doit être d'une solidité exceptionnelle (*fig. 71*).

Ce procédé est peu employé, précisément à cause des difficultés



que présente l'emploi de turbines tournant aussi rapidement. Il ne paraît d'ailleurs pas présenter d'avantage bien sensible sur les bacs fermés avec ventilation.

*Réfrigérants.* — Ils se divisent en deux catégories. Les réfrigérants ouverts, que l'on appelle souvent en pratique des Baudelots, du nom de Baudelot, brasseur à Haraucourt (Ardennes), et les réfrigérants clos.

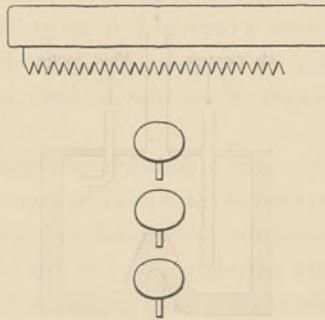
Le refroidissement est produit par l'eau froide et achevé, pour les moûts de fermentation basse, par de l'eau glacée, ou même par du liquide incongelable; on a alors les réfrigérants dits à *deux eaux*. La partie supérieure répondant à l'arrivée du moût reçoit de l'eau fraîche; la partie inférieure est alimentée à l'eau glacée ou au liquide incongelable.

Les *réfrigérants ouverts*, de beaucoup les plus employés, sont constitués par une série de tubes en cuivre, à la surface desquels coule le moût en nappe mince, tandis qu'à l'intérieur circule de bas en haut le liquide réfrigérant. Le moût est distribué par une gouttière à fond perforé.

La disposition des tubes est assez différente suivant les construc-

teurs. Les anciens modèles comprenaient des tubes légèrement elliptiques, laissant entre eux un petit intervalle, et, pour guider le moût dans cet intervalle, on disposait une lame de cuivre dentelée, soudée aux tubes (*fig. 72*).

Fig. 72.

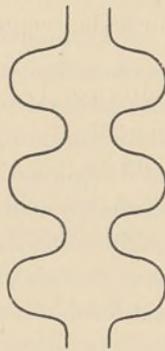


Réfrigérant ouvert.

Dans d'autres réfrigérants, les tubes, au lieu de se trouver dans un plan vertical, sont enroulés de façon à constituer une forme cylindrique.

Actuellement, on réalise une surface continue, de telle sorte qu'il n'y ait aucun angle saillant, mais uniquement des surfaces arrondies; cette disposition facilite beaucoup le nettoyage (*fig. 73*).

Fig. 73.



Réfrigérant ouvert.

Les extrémités des tubes sont fermées par une bande métallique boulonnée, et, en dévissant cette bande, on peut facilement nettoyer

l'intérieur et enlever les dépôts qui réduiraient la conductibilité du métal, c'est-à-dire la puissance du réfrigérant.

L'appareil est disposé au-dessus d'une cuvette collectrice, d'où le moût coule soit à la cuve guilloire, soit à la cuve de fermentation.

Dans cet appareil le refroidissement a lieu non seulement par conductibilité, mais encore par évaporation, car, le moût coulant en nappe mince avec large contact avec l'air, il se produit une vaporisation d'eau très appréciable, et d'autant plus grande que le moût arrive plus chaud au réfrigérant. Il en résulte ainsi une concentration du moût.

Les réfrigérants clos sont constitués par deux systèmes de tubes concentriques, généralement groupés de façon à ce que l'appareil affecte la forme d'un cylindre horizontal. Le moût coule dans le tube central et, dans l'espace annulaire, on fait circuler le liquide réfrigérant en sens inverse du moût.

Quelquefois on emploie simplement un réfrigérant ouvert, mais en sens inverse, c'est-à-dire que le moût circule à l'intérieur des tubes, tandis que l'on fait ruisseler de l'eau froide ou glacée à l'extérieur. On complète aussi parfois ces appareils clos, en pratiquant une injection d'air filtré dans le moût.

Les réfrigérants clos sont presque complètement abandonnés à cause des difficultés de nettoyage qu'ils présentent, et de la dépense d'eau plus grande qu'ils occasionnent. Ils ont été imaginés comme conséquence des idées de Pasteur, et afin que le moût échappant absolument au contact de l'air extérieur restât stérile.

*Marche des opérations.* — Le moût filtré grossièrement dans le panier à houblon est refoulé sur le *bac ouvert* où il se trouve étalé en couche mince. Il se décante et se refroidit par évaporation. Tantôt on le laisse reposer pendant 30 minutes à 1 heure seulement, et on l'envoie au réfrigérant, tantôt il séjourne plusieurs heures ou même une nuit sur le bac, et son refroidissement est achevé encore au réfrigérant. La température à laquelle se termine l'écoulement varie donc entre 60°-65°, et la température de l'air extérieur.

Le dépôt resté sur le bac est filtré soit sur des sacs en toile (sacs à trouble), soit dans un filtre-pressé spécial. Ce dépôt est incomplet, quand le repos est de courte durée et le moût entraîne alors une grande quantité de matières en suspension.

Quand on emploie l'*oxygénateur*, le moût est refroidi entièrement dans l'appareil, et il coule de là doucement dans la cuve guilloire ou

dans la cuve de fermentation, sauf le cas où le refroidissement est complété par circulation dans un réfrigérant clos, comme à Ny-Carlsberg. On laisse ordinairement le moût reposer quelque temps avant de l'envoyer à la mise en levain; ici encore le dépôt est passé au sac à trouble ou au filtre-pressé.

Pour le *bac fermé*, le moût reste au repos seulement quelques minutes, et il est envoyé au réfrigérant à une température très élevée 90°-95° au début. Il entraîne là aussi une grande quantité de matières en suspension, le trouble est traité comme précédemment.

Enfin pour la *turbine*, le moût s'échappant de l'appareil, et partiellement refroidi, est envoyé à un réfrigérant complètement clarifié. Il y a dans ce cas une quantité insignifiante de trouble, les matières en suspension étant collées aux parois de la turbine.

*Clarification du moût.* — Elle est effectuée d'une manière plus ou moins complète suivant les appareils employés. Le panier à houblon enlève les cônes de houblon et les plus gros débris en suspension; la décantation est complète avec les turbines, dans le bac ouvert avec séjour prolongé, et elle peut l'être aussi dans les oxygénateurs; mais dans le bac ouvert avec repos de quelques minutes, ou dans le bac fermé, le moût arrive à la mise en levain, avec beaucoup de matières en suspension. Ordinairement on fait la mise en levain dans une ou plusieurs cuves, et au bout de quelques heures, en tout cas avant qu'il y ait un dégagement sensible d'acide carbonique, on transvase le liquide dans d'autres cuves, et l'on clarifie le dépôt, comme le trouble des bacs ou des oxygénateurs.

Pour récupérer le moût du trouble, on peut employer soit les sacs à trouble, soit le filtre-pressé. Dans le premier cas, on se sert de sacs en toile dont l'ouverture est maintenue écartée par un assemblage en fer, et l'on vide le trouble dans l'intérieur du sac; le moût coule d'abord trouble, puis, les pores de la toile étant calfatés par les particules en suspension, le liquide filtre complètement clair, mais avec une grande lenteur. Les sacs sont habituellement suspendus au-dessus d'une cuve ou d'une rigole. On perd de toutes façons le liquide qui imprègne le dépôt resté dans les sacs.

Le filtre-pressé comprend deux, trois ou quatre chambres, suivant la quantité de trouble à traiter. On y refoule celui-ci par simple différence de niveau, si le bac se trouve à une hauteur suffisante; dans le cas contraire, on vide le trouble dans un fût à pression, communiquant avec le filtre-pressé par la partie inférieure, et l'on exerce sur

ce fût une pression d'air. La filtration se fait très rapidement et l'on peut effectuer un lavage des tourteaux restés dans les chambres, par le même procédé à l'aide d'eau froide. On récupère en quelques minutes tout le moût resté avec le trouble.

Les filtres-presses servant à cet usage se rapportent à deux types principaux : ceux dont les chambres sont rectangulaires, et ceux qui comprennent des chambres cylindriques. La dernière disposition permet de réduire fortement l'encombrement de l'appareil, à surface filtrante égale.

*Nature du dépôt.* — Le dépôt comprend des éléments constants pour un même malt et un même houblon, et en outre des substances en proportion variable avec la température.

Comme éléments constants, nous avons : matières azotées coagulées en chaudière et ayant échappé au panier à houblon, débris de cônes et de folioles, matières humiques et résines provenant de l'oxydation. Les substances variables avec la température sont représentées par des résines et des matières azotées du type glutine, spécialement caséine et fibrine.

En effet, la solubilité des résines et de la glutine décroît fortement avec la température, et par suite nous aurons dans le dépôt une quantité de ces matières, d'autant plus grande que le refroidissement aura été plus complet.

Cependant, en ce qui concerne la glutine, la précipitation est empêchée parfois, et il se produit même une redissolution. Cela se présente quand, le moût refroidissant lentement, son acidité augmente et nous savons que la glutine reste dissoute ou entre en solution pour de très faibles variations d'acidité.

La proportion d'azote du moût sera donc réduite au minimum, quand le refroidissement s'opérera rapidement et complètement au bac, à l'abri de toute contamination bactérienne. Elle se relèvera, comme azote dissous, si le moût s'acidifie même très légèrement au bac, et comme glutine en suspension ou émulsion, si le moût coule au réfrigérant à une température élevée.

*Oxydation du moût.* — Lorsque du moût bouillant est abandonné au refroidissement hors le contact de l'air, il devient louche ou trouble et ne se clarifie que très lentement et mal.

Si au contraire le refroidissement a lieu en présence de l'air, il se forme rapidement un dépôt assez abondant laissant au-dessus de lui

un liquide clair; on constate en même temps que l'oxygène a été absorbé et se retrouve dans le moût à l'état d'acide carbonique.

Il s'est donc produit une oxydation analogue à celle déjà signalée pendant la cuisson; elle porte certainement sur les sucres du moût, glucose, lévulose et maltose, sur les résines du houblon, et, d'après Bleisch et Schweitzer, aussi sur les matières azotées.

L'énergie de l'oxydation est grandement augmentée par l'agitation, ou, ce qui revient au même, par l'injection d'air, ou encore par l'étendue de la surface de contact avec l'air; ainsi la dose d'oxygène absorbée est notablement plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, dans un oxygénateur, ou dans un bac à grande surface, où l'épaisseur du moût n'est que de quelques centimètres.

L'oxydation dépend beaucoup de la température, et Pasteur avait admis qu'elle se faisait le mieux dans le moût presque bouillant. Moritz et Morris considèrent la température de 88°-90° comme la plus favorable, et Bleisch a montré que l'absorption d'oxygène pour oxydation était devenue très faible au-dessous de 85°.

Cependant l'oxydation, si elle se ralentit, à mesure que la température s'abaisse, ne cesse pas complètement. Si, en effet, on aère pendant 10 minutes à 16°, par injection, un moût déjà aéré bouillant, on constate un léger accroissement d'acide carbonique dissous, c'est-à-dire une nouvelle oxydation; de même si le moût refroidi, avec un faible contact d'air, est aéré ensuite longuement et énergiquement vers 16°, on arrive à lui faire subir à peu près la même oxydation que si l'on avait aéré à chaud. On trouve par exemple :

	Gaz dissous par litre.	Acide carbonique.
Moût refroidi par faible contact d'air...	8 <sup>cm³</sup> ,5	2 <sup>cm³</sup> ,5
Ensuite aéré pendant 40 minutes à 16°.	18 <sup>cm³</sup> ,2	6 <sup>cm³</sup> ,0

L'oxydation du moût ne se limite pas d'elle-même, c'est-à-dire qu'un moût dans lequel on fait une injection d'air prolongée absorbe constamment de l'oxygène et contient une quantité de plus en plus grande d'acide carbonique dissous; mais alors l'oxydation porte sur les résines et l'huile essentielle de houblon, au point de faire disparaître entièrement le parfum et même l'amertume.

Ainsi un moût pris en cuve guilloire après un traitement normal, et aéré à nouveau, peut encore former par litre 5<sup>cm³</sup>,5 d'acide carbonique, en perdant toute amertume de houblon. Nous avons trouvé

à diverses phases, pour un moût passé au bac ouvert et au réfrigérant, par litre, la concentration voisine de 14° Ball. :

	Gaz dissous.	Acide carbonique.
	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
Chaudière.....	0	0
Bac après 15 minutes.....	8,7	1,55
Sortie du bac.....	18,0	6,00
Cuve guilloire....	25,4	10,70

c'est-à-dire qu'entre la sortie de la chaudière et la cuve guilloire l'oxydation a formé 1070<sup>cm<sup>3</sup></sup> d'acide carbonique par hectolitre de moût, ce qui répond à l'utilisation complète de 7<sup>l</sup>,3 d'air atmosphérique.

*Oxygénation du moût.* — Le moût se comporte en présence de l'air comme un liquide quelconque, c'est-à-dire qu'il dissout de l'oxygène et de l'azote, suivant la solubilité particulière de chacun des gaz, et en quantité croissante à mesure que la température s'abaisse.

Bleisch a déterminé par la méthode de Schutzenberger les quantités d'oxygène dissous par litre de moût, à diverses températures. Il indique que le moût était saturé en deux minutes; les nombres suivants se rapportent à 14°,4 Balling.

Températures.....	62°,5	50°	37°,5	25°	12°,5	5°
Oxygène dissous par litre.	2 <sup>cm<sup>3</sup></sup> ,4	2 <sup>cm<sup>3</sup></sup> ,8	2 <sup>cm<sup>3</sup></sup> ,9	3 <sup>cm<sup>3</sup></sup> ,5	4 <sup>cm<sup>3</sup></sup> ,0	4 <sup>cm<sup>3</sup></sup> ,4

Pour un moût à 7° Ball. le même auteur a trouvé 5<sup>cm<sup>3</sup></sup>,6 d'oxygène dissous par litre à 5°, comme saturation, ce qui prouve l'influence de la concentration du moût.

Les chiffres de Bleisch pour les températures élevées paraissent bien considérables; et comme ils augmentent très faiblement de 62°,5 à 37°,5, il semble possible que ces nombres aient été faussés par la méthode de dosage employée, dont l'application au moût est extrêmement délicate. Les nombres de Bleisch ont d'ailleurs été déterminés sur de faibles volumes de moût et leur marche n'est pas conforme aux variations de solubilité que l'on observe pour un liquide quelconque, l'eau par exemple.

Nous pouvons citer les nombres obtenus aux diverses phases par litre, par extraction des gaz :

	Volume total. cm <sup>3</sup>	Oxygène. cm <sup>3</sup>	Azote. cm <sup>3</sup>	Tempé- rature. °
Chaudière.....	0	0	0	100
Bac après 15 minutes....	8,7	1,3	5,85	92
Fin écoulement du bac...	18,0	2,3	9,7	38
Cuve guilloire.....	25,4	4,2	10,5	5

La plus forte dissolution d'oxygène s'est donc faite dans le passage au réfrigérant.

Le moût absorbe très facilement 3<sup>cm<sup>3</sup></sup>-4<sup>cm<sup>3</sup></sup> d'oxygène par litre, mais il est ensuite difficile d'arriver à la saturation complète.

*Refrédissement du moût.* — Dans les bacs ouverts, l'évaporation provoque un refroidissement rapide surtout au début, et qui se ralentit à mesure que la différence de température entre le moût et l'air ambiant se réduit. D'autre part, au réfrigérant ouvert l'évaporation sera aussi d'autant plus active que les vapeurs formées seront plus vite éliminées, c'est-à-dire que le moût sera soumis à une ventilation plus énergique.

Au contraire, pour les appareils clos, le refroidissement doit être opéré intégralement par conductibilité entre le moût et l'eau; par l'intermédiaire du métal, la concentration du moût n'existe plus, mais la dépense d'eau est beaucoup plus considérable.

*Introduction des ferments.* — Elle peut se faire soit par les appareils, soit par l'air. Dans le système, bac ouvert et réfrigérant ouvert, le nettoyage et la stérilisation du bac et du réfrigérant sont aisés, surtout si l'on a adopté la forme de réfrigérant à surface lisse et arrondie décrite plus haut; mais, en revanche, l'air peut être une cause très considérable de contamination. On peut admettre que le moût reste sensiblement stérile, au bac, pour les températures supérieures à 65° environ; tout au plus, peut-il subsister des spores de moisissures ou de rares espèces bactériennes, mais les ferments vivants qui tombent dans le moût au-dessus de 65° sont détruits presque immédiatement.

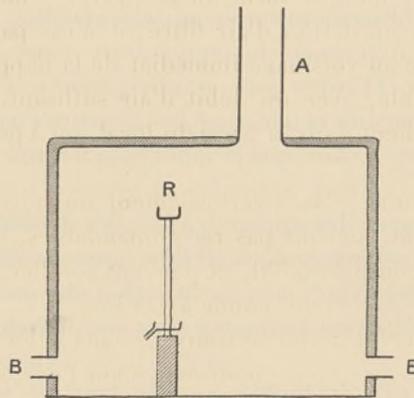
A mesure que la température s'abaisse, les chances d'infections deviennent de plus en plus grandes; non seulement les ferments qui tombent dans le moût, exposé en larges surfaces, au contact de l'air, ne sont plus détruits, mais ils rencontrent un milieu et des températures très favorables à un rapide développement; comme, d'autre part, le refroidissement devient de plus en plus lent à mesure que la tempé-

rature du moût s'abaisse, le liquide peut séjourner plusieurs heures à  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$ , en été surtout, et, dans ces conditions, levures sauvages et bactéries de toutes espèces se propagent avec une extrême vitesse.

De même, pour le réfrigérant ouvert, le moût coulant en nappes très minces, qui présentent une grande surface de contact avec l'air, les ferments de celui-ci peuvent pénétrer facilement et se développer surtout pour la fermentation haute, le moût n'étant refroidi que vers  $16^{\circ}$ - $18^{\circ}$ , quelquefois  $20^{\circ}$  et même  $25^{\circ}$ , rarement  $10^{\circ}$ - $11^{\circ}$ .

Ces températures de  $16^{\circ}$  à  $25^{\circ}$  sont évidemment très favorables au développement des levures et des bactéries.

Fig. 74.



Installation schématique du réfrigérant.

A, cheminée d'évacuation. — B, arrivée d'air filtré. — R, réfrigérant.

On ne peut supprimer les chances d'infection par l'air au bac ouvert, mais on peut simplement les réduire; le bac étant placé dans un hangar ou grenier, dont les parois latérales sont munies de persiennes, on a soin de maintenir fermées celles qui se trouvent dans le sens des vents régnants, afin d'éviter les poussières entraînées par le courant d'air; on ferme également les persiennes qui se trouvent dans la direction de foyers possibles d'infection, fumier, tas de drèches, arbres fruitiers, rince-fût, etc.; enfin, la ventilation doit être assez forte pour empêcher autant que possible les condensations sur les traverses de la toiture, et il est à recommander de vernir, puis de nettoyer chaque jour les traverses ou poutres, de façon à éliminer les poussières que l'air aurait pu y apporter, et qui seraient ramenées dans le moût, avec les gouttelettes d'eau condensée.

Quand la situation du bac est défectueuse, et que l'air arrivant naturellement au contact du moût peut être infecté, on ferme toutes les persiennes et l'on envoie dans le local, à la surface du moût, de l'air pur, à l'aide d'un fort ventilateur; le filtre à coton constitue pratiquement le meilleur moyen de stérilisation de l'air.

Pour le réfrigérant, il est possible de l'isoler complètement dans un petit local spécial, dont le sol et les murs soient imperméables. Par exemple, le sol est cimenté ou asphalté, les murs sont munis d'un revêtement en plaques de faïence, ou d'un enduit émail; une large ouverture sert à l'évacuation des vapeurs, et elle ne doit pas se trouver au-dessus du réfrigérant ni du bassin collecteur de celui-ci, afin d'éviter le mélange avec le moût des condensations éventuelles.

Enfin, on envoie dans le local du réfrigérant, maintenu toujours fermé, une forte ventilation d'air filtré; il n'est pas nécessaire que cet air soit insufflé au voisinage immédiat de la nappe de moût, et il est même préférable, avec un débit d'air suffisant, que les tuyaux d'aération débouchent dans la paroi du local, ou à peu de distance du sol (*fig. 74*).

Les tubes perforés, placés verticalement ou horizontalement très près du réfrigérant, ne sont pas recommandables, car ils sont éclaboussés constamment de moût, et peuvent souiller l'air injecté si le nettoyage laisse le moins du monde à désirer.

Les écoulements d'eau qui se trouvent dans le local du réfrigérant doivent être munis de siphons pour empêcher l'entrée d'air aspiré des égouts, air toujours chargé de ferments.

Enfin, les murs et le sol du local doivent être nettoyés et brossés soigneusement, avant chaque opération, et l'on commence la ventilation à l'air filtré, avant que le moût n'arrive au réfrigérant.

Dans les appareils clos, où le moût se trouve uniquement au contact d'air filtré, nous avons le cas inverse, c'est-à-dire que les chances d'infection par l'air sont faibles, pour peu que le filtre soit convenablement monté et entretenu, mais les appareils eux-mêmes peuvent constituer un véritable danger.

Lorsque l'injection d'air a lieu dans le moût lui-même, il faut avoir soin de stériliser par la vapeur, ou mieux encore l'eau bouillante, le tube d'aération, qui retient avec une grande facilité un peu de moût, lequel s'infecte entre deux brassins; de même les robinets, les doubles fonds, les tubes des réfrigérants clos. Le meilleur système consiste à nettoyer les appareils immédiatement après la fin d'un brassin, par l'eau, la brosse et l'eau bouillante ou la vapeur, et de

répéter la même opération immédiatement avant le début de l'opération suivante.

Lorsque le moût se refroidit lentement dans un bac fermé, sans aération, il peut être aisément souillé par des bactéries putrides genre *thermo* ou *liquefaciens*, celles-ci étant quelquefois apportées par l'eau qui a servi au rinçage du bac fermé.

Enfin, dans tous les appareils quels qu'ils soient, les tuyaux allant soit du bac au réfrigérant, soit de la cuvette collectrice du réfrigérant à la fermentation, sont une cause presque constante d'infection, notamment par les levures sauvages. On doit donc employer toujours du cuivre pour ces tuyauteries et leur appliquer le même système de nettoyage, après et avant chaque opération. L'emploi d'une solution de carbonate de soude tiède ou chaude est recommandable avec ces tuyaux pour lesquels le caoutchouc ne convient à aucun degré.

*Comparaison des divers systèmes.* — Nous ne considérerons pour les réfrigérants que les appareils ouverts, car on ne rencontre pour ainsi dire plus jamais les réfrigérants tubulaires clos, à cause de leur incommodité.

Nous admettrons ainsi que le réfrigérant est placé dans un local isolé, à parois imperméables, avec une ventilation énergique d'air filtré; la quantité d'air à envoyer est au moins de  $10^m^3$  par hectolitre de moût, c'est-à-dire que, si le réfrigérant refroidit  $50^{hl}$  à l'heure, le ventilateur devra faire passer, dans le même temps, au moins  $500^m^3$  d'air filtré dans le local, et il n'y a que des avantages à augmenter cette dose.

1° *Bac ouvert et réfrigérant.* — Dans cette combinaison, l'oxydation se limite d'elle-même, car le refroidissement du moût est très rapide au bac, au moins au début, par suite de l'évaporation qui se produit. Il est recommandable de diviser le jet du moût bouillant arrivant au bac, de façon à produire une oxydation convenable et presque instantanée. Le refroidissement est d'autant plus rapide que le moût est en couche plus mince.

Pendant l'hiver, lorsque le bac est placé dans un endroit où l'air est pur, et éloigné de foyers d'infection tels que fumier, tas de drèches, rince-fût, écuries, culture maraîchère, routes, le refroidissement est rapide et le moût peut rester une nuit au bac sans se contaminer.

Au contraire, en été, le refroidissement est très lent, et le moût,

abandonné pendant la nuit, reste longtemps à des températures de 25°-40° très favorables aux ferments. Les arbres fruitiers peuvent, dans ce cas, être une cause d'infection par levures sauvages.

Il est donc recommandable, dès le printemps, de réduire à 20 ou 30 minutes le séjour sur bac, et de faire passer immédiatement le moût au réfrigérant, celui-ci étant assez puissant pour que la température sur les bacs, à la fin de l'écoulement, soit encore de 60° environ. Dans ce cas l'arrivée du moût en pluie ou en lame mince sur le bac est spécialement à conseiller. L'oxydation peut être ainsi suffisante en très peu de temps, le refroidissement est accéléré; sur les premiers tubes du réfrigérant se fait encore un complément d'oxydation, tandis que l'oxygénation s'effectue sur les tubes inférieurs.

Comme dans ce système le moût est imparfaitement clarifié, il convient de le mettre en levain dans une ou plusieurs cuves, et de le décanter au bout de quelques heures, généralement 15 à 20 heures pour la fermentation basse, et 5 à 10 heures, suivant température d'entonnement, pour la haute.

En hiver, et avec un moût en couche mince, ce système laissera, dans le moût refroidi complètement au bac, la moindre quantité d'azote dissous, puisque la solubilité de la glutine décroît avec la température, et que toute la matière azotée excédant la saturation à la température finale restera sur le bac; et d'autre part, si l'air est pur, cette saturation ne sera pas accrue par une augmentation d'acidité.

La combinaison bac ouvert et réfrigérant à ventilation d'air pur apparaît donc comme la meilleure à tous points de vue, économie comprise, pour l'hiver, et dans les brasseries où les bacs peuvent être préservés du voisinage de foyers d'infection.

En été au contraire, les chances de contamination sont très grandes, par les levures sauvages notamment, et il vaut mieux sacrifier l'élimination d'une partie de l'azote, c'est-à-dire faire couler le moût très rapidement au réfrigérant, la température à la fin de l'écoulement étant encore voisine de 60°.

2° *Bac fermé et réfrigérant.* — Dans ce cas, si l'air envoyé dans le bac fermé est pur, et que l'appareil soit vraiment stérilisé, le moût peut rester indemne de ferments; cependant, étant donnée la difficulté très grande d'assurer en pratique l'élimination de tout germe, on préfère ordinairement laisser le moût peu de temps au bac fermé et l'envoyer très chaud au réfrigérant. Il est recommandable ici, plus

encore, de diviser le moût à son entrée au bac, et de le faire tomber dans une atmosphère d'air filtré; on favorise ainsi l'oxydation, qui sans cette précaution est très restreinte, vu la grande épaisseur de la couche de liquide, et sa faible surface libre.

On obtient ainsi souvent des moûts un peu louches, à cause de la glutine, et parfois un dépôt sur le réfrigérant, ou à la surface du moût refroidi, de matière azotée et de résines, précipité par refroidissement.

Il est aussi utile de faire la mise en levain dans des cuves préparatoires et de décanter le moût après quelques heures, comme il a été indiqué précédemment.

Cette combinaison d'appareils peut être utilisée sans chances d'infection en toute saison et c'est celle qui paraît la meilleure, lorsqu'on ne peut avoir la double installation, bac ouvert pour l'hiver, bac fermé pour l'été, ou bien quand la brasserie est voisine de foyers d'infection.

3° *Oxygénateurs*. — Ils peuvent être employés seuls, pour la fermentation haute ou même pour la basse, si le serpentin reçoit à la fin de l'eau glacée ou du liquide incongelable. Ici se présente une difficulté à cause de l'injection d'air; il est évident que les actions oxydantes produites par une injection sont beaucoup plus énergiques que s'il s'agit d'un simple contact par la surface libre du moût; l'oxygène sera beaucoup plus complètement utilisé, si les bulles d'air sont petites, si la hauteur du moût à traverser est grande, et si la vitesse de ces bulles est réduite. Enfin, nous savons que l'oxydation ne se limite pas d'elle-même, et si l'on injecte une trop grande quantité d'air, ou si le refroidissement n'est pas assez rapide, on risquera de suroxyder le moût, c'est-à-dire de lui enlever partiellement ou complètement le parfum et même l'amertume du houblon; on pourra aussi augmenter sa coloration et son acidité.

Il est donc nécessaire de déterminer expérimentalement, dans chaque cas particulier, le volume et la pression de l'air, ainsi que la vitesse d'injection et de refroidissement qui donnent au point de vue pratique le meilleur résultat, comme parfum, amertume et coloration de la bière.

Les oxygénateurs nécessitent donc une étude préalable, sans qu'il soit possible d'indiquer à l'avance d'une façon ferme les conditions d'aération et de refroidissement à adopter.

D'un autre côté, les appareils exigent une propreté tout à fait minutieuse et un contrôle soigné au point de vue de la stérilité.

*Conclusions.* — On peut actuellement considérer que la meilleure combinaison est réalisée, au point de vue pureté du moût et composition, par le bac fermé, avec ventilation à la surface et division du moût, et le réfrigérant, placé dans un local isolé, et aussi avec ventilation d'air filtré.

En hiver, il y aurait avantage comme azote à utiliser le bac ouvert à grande surface, le moût étant aussi divisé, et étant abandonné à un refroidissement complet, ceci à la seule condition qu'il ne se trouve au voisinage du bac ouvert aucun foyer d'infection.

Le bac fermé doit être complété par une ou plusieurs cuves guilloires servant à la mise en levain ou à la décantation du moût.

Enfin, pour la séparation du trouble, le filtre-presse apparaît comme très supérieur aux sacs à trouble en toile.

L'emploi d'une turbine, type écrémeuse, pour le moût sortant du réfrigérant, permet l'élimination de la glutine précipitée par refroidissement, et donne ainsi, au point de vue composition, le même avantage que le refroidissement complet, en hiver, sur bac ouvert.



## CHAPITRE IX.

### FERMENTATION.

La fermentation des moûts donne lieu, d'une part, à une création de levure et, d'autre part, à la transformation des sucres et d'une partie des maltodextrines en alcool, acide carbonique et produits accessoires, notamment acides organiques à dose variable suivant la race de levure employée, les ferments étrangers et la température de fermentation : en même temps, la partie assimilable de l'azote du moût est absorbée par la levure, et inversement celle-ci cède à la bière des matières azotées, acides amidés, peptones et albuminoïdes à doses d'autant plus considérables que la température est plus élevée.

La fermentation est généralement séparée en deux phases dans la pratique industrielle; on distingue la fermentation principale et la fermentation secondaire, la première correspondant au développement le plus abondant de la levure, et consommant la plus forte proportion d'extrait, tandis que la seconde, précédée d'une élimination de levure ou d'une décantation, n'est plus exercée que par une fraction plus ou moins petite de la quantité totale de levure existant à la fin de la période principale.

De même, la fermentation secondaire ne porte plus que sur le maltose combiné des maltodextrines et exceptionnellement sur la dextrine.

En réalité, il n'y a pas séparation complète entre les deux phases, et le phénomène de fermentation est continu; toutefois, comme la période secondaire est précédée d'une agitation de liquide, c'est à ce mouvement que l'on peut attribuer le renouvellement d'énergie de la fermentation au début de la phase secondaire, soit parce que les cellules sont autrement réparties dans le liquide, soit parce qu'on élimine une partie de l'acide carbonique auquel on attribue parfois une action antiseptique, soit enfin parce que les parois des cellules étant, par cette agitation, débarrassées des matières qui les recouvrent, l'absorption des matières alimentaires peut se faire plus aisément.

Nous rappelons que, d'après ce qui a été dit en parlant de la levure, celle-ci peut, dans un moût donné, fournir une atténuation maxima, cette atténuation limite variant avec la race de levure et avec son état de nutrition. L'atténuation que possède la bière au moment de sa livraison est inférieure ou au plus égale à cette valeur limite et l'on peut, dans une fabrication, faire varier :

*L'atténuation limite*; c'est le rôle des matières premières, de la méthode de brassage et de la race de levure;

*L'atténuation principale*, modifiée par la composition du moût, la température, la durée, la race de levure, et diverses causes que nous étudierons plus loin;

*L'atténuation secondaire*, influencée par la température, la durée de la fermentation secondaire et par la manière dont la bière est traitée.

Ces divers changements d'atténuation ont une influence considérable sur la composition, la qualité et la conservation de la bière.

La fermentation peut être réalisée par des levures hautes ou des levures basses; ces dénominations répondent aux apparences de la fermentation : les levures dites *hautes* montent à la surface de la bière, tandis que les levures basses se déposent.

Les premières ne fonctionnent qu'à des températures supérieures à 8°-9°, et peuvent marcher jusqu'à 25° et même 30° sans autre inconvénient qu'un goût moins fin et plus dur de la bière. Au contraire, les levures basses fermentent encore au voisinage de zéro, mais lorsqu'on les fait travailler vers 12°-15°, elles donnent ordinairement un goût spécial, goût de chaud comme on dit en pratique, et qui est peu apprécié; il paraît être en relation avec une diffusion plus considérable de matières azotées en dehors de la cellule, à cause de l'élévation de température et en effet ces bières fermentées à haute température, avec des levures basses, sont beaucoup plus sujettes à se troubler par refroidissement.

La différenciation entre levures haute et basse paraît d'ailleurs répondre à des causes plus profondes; en effet, on n'a jamais pu changer une levure basse en haute, ni inversement. La facilité de reproduction et d'assimilation de ces deux genres n'est pas identique et Bau a montré autrefois que, sauf des cas très rares, les levures hautes étaient incapables de fermenter un sucre particulier, le *mélibiose*, tandis que les levures basses l'attaquent parfaitement.

Nous considérerons séparément les deux genres de fermentations

haute et basse, les procédés employés étant d'ailleurs presque entièrement différents.

### Fermentation basse.

La fermentation principale s'effectue soit dans des cuves ouvertes, soit, rarement, dans des appareils clos, et nous considérerons spécialement le cas des cuves, qui répond à la pratique courante.

La fermentation secondaire est faite dans des foudres, logés en caves très froides, et porte sur la bière, débarrassée par dépôt de la majeure partie de sa levure.

*Cuves de fermentation.* — Elles sont communément en bois, rarement en ardoise et exceptionnellement en tôle boulonnée. Le bois est le plus souvent verni à la gomme laque, mais cette opération n'est guère renouvelée qu'une fois par an, de telle façon que de nombreuses fissures se produisent dans le revêtement et permettent la pénétration dans le bois de ferments de maladie, levures sauvages et bactéries, et de petites quantités de bière servent au développement de ces ferments. Les fissures ainsi infectées peuvent donc propager une contamination de la bière et de la levure récoltée, de telle sorte que la souillure augmente graduellement et que des accidents de fabrication peuvent se produire.

Dans un certain nombre de brasseries, on ne vernit pas les cuves et l'on se contente de les passer de temps en temps à la vapeur, après leur avoir fait subir un grattage. Ce traitement est assez compliqué, et le bois non verni est encore plus apte à la pénétration des ferments dans sa paroi.

Enfin, mais rarement jusqu'ici, on enduit les cuves de poix, comme un fût ou un foudre; ce revêtement ne s'applique commodément qu'avec un goudronneur mécanique à injection de poix chauffée à 180°-190°, mais il a le double et considérable avantage de produire une stérilisation certaine et de constituer une couche absolument imperméable; les fentes qui s'y produisent, par suite de chocs, peuvent être très facilement bouchées avec un fer chaud, et le goudronnage peut n'être renouvelé que deux ou trois fois par an. Le prix de revient de trois goudronnages est à peu près le même que celui d'un seul vernissage.

Ces cuves goudronnées offrent une grande sécurité au point de vue

des ferments de maladie et plusieurs brasseries ont dû à l'adoption de ce système la disparition d'infections graves et tenaces.

On reproche souvent à la cuve goudronnée de fournir des levures liquides et de donner des atténuations excessives, mais il semble que ces manifestations ne soient pas constantes et soient sous la dépendance de la poix utilisée.

Smits (*Zeitsch. für ges. Brauwesen*, 1903) n'a obtenu, avec un même moût et une même levure, que des différences insignifiantes pour l'atténuation et l'état de la levure, en comparant des cuves vernies et goudronnées. Dans une brasserie, l'atténuation n'a pas varié, mais la levure était liquide avec la cuve goudronnée ; dans une autre, il y avait une augmentation d'atténuation de 9 pour 100, et une levure tout à fait fluide.

Dans une série d'essais faits avec une cuve goudronnée à la brasserie où l'atténuation avait monté de 9 pour 100, nous avons suivi trois générations de même levure ; la première nous a donné un écart de 9 pour 100 au profit de la poix, la seconde génération 4 pour 100, et l'écart était de quelques dixièmes à la troisième génération. Dans les trois cas, la levure était plus liquide, mais la différence de consistance allait en diminuant.

Dans cette même cuve, on a répété l'expérience un peu plus tard, et l'on a obtenu 4 pour 100 d'atténuation en plus à la première génération, 6 pour 100 à la seconde, mais les levures récoltées étaient peu différentes comme aspect.

C'est surtout au début de la fermentation que l'écart est considérable pour l'atténuation, et il se réduit peu à peu à mesure que la durée augmente.

Les essais dont nous venons de parler ont été faits avec des levures de même provenance, mais avec des moûts différents, de sorte que les atténuations n'étaient pas les mêmes à chaque génération ; elles ont varié de 64 à 52 pour 100 pour la cuve goudronnée.

Pour expliquer les différences d'atténuation et de levures, on a considéré une influence exercée par la nature des parois : on constate que la paroi goudronnée, examinée à la loupe, montre des saillies à arête vive, tandis que la paroi vernie n'a que des saillies arrondies ; d'autre part, si, dans un liquide saturé d'acide carbonique, on place une lame de bois goudronné, on voit immédiatement de nombreuses bulles de gaz partant de l'enduit, et ce dégagement continue assez longtemps ; rien de pareil n'a lieu avec une semblable lamelle vernie à la gomme laque. On peut déduire de là que, dans la cuve goudronnée, il y a con-

stamment, du fond et des parois, départ de gaz carbonique, ce qui produit une agitation énergique, favorable à une augmentation d'atténuation et à un état peu compact de la levure, celle-ci étant maintenue plus longtemps en suspension.

Mais cette interprétation fort séduisante ne paraît pas expliquer la réduction dans l'excès d'atténuation signalé plus haut pour trois générations successives, pas plus que les écarts indiqués pour le deuxième essai ; il semble donc que la composition du moût intervienne et que la cellule même soit modifiée. Cette influence de la poix présente, au moins dans le premier essai, quelque analogie avec ce que l'on observe dans l'addition d'une petite dose de farine de malt à la mise en levain, l'effet de cette farine se continuant, quoique avec une moindre activité, pour une seconde génération et disparaissant à peu près à la troisième.

La nature même de la poix étant capable de modifier gravement la façon dont se comporte la cuve goudronnée, cette poix pourrait être choisie parmi celles qui ne modifient pas la consistance de la levure, ni l'atténuation et, dans ce cas, les cuves goudronnées seront tout à fait recommandables ; elles rendront en effet impossibles de très nombreuses infections provenant de la paroi des cuves, vernies ou non.

*Cuve guilloire.* — Dans un certain nombre de brasseries, tout le brassin est réuni dans une ou deux grandes cuves en tôle dites *cuves guilloires*, et l'on fait la mise en levain dans ces cuves : au bout de 20 heures environ, on fait couler le moût à la cuve de fermentation, ce qui permet d'éliminer les matières en suspension et les cellules de levures mortes, le tout restant au fond de la cuve guilloire ; on enlève ainsi des débris de résines qui coloreraient la levure. En plus, cet écoulement produit une agitation des cellules et une répartition uniforme du levain, toutes choses favorables à une fermentation énergique.

Les cuves guilloires doivent être placées dans un local à une température voisine de celle des caves, ce que l'on réalise soit par une circulation frigorifique spéciale, soit plus souvent en mettant les cuves guilloires dans une avant-cave.

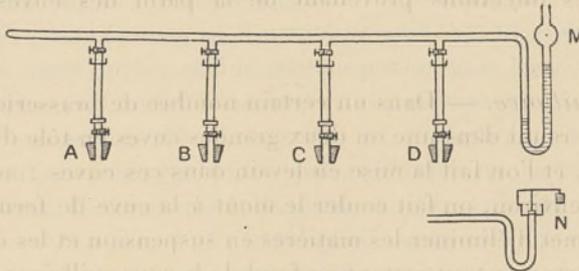
La cuve guilloire est à peu près indispensable quand on emploie à l'oxydation des bacs fermés, ou bien quand on fait couler le moût très chaud du bac ouvert sur le réfrigérant. Lorsqu'on ne dispose pas d'une telle cuve, on entonne directement dans des cuves de ferment-

tation, où se fait la mise en levain, et après 15 à 20 heures on décante dans d'autres cuves à l'aide d'une pompe.

On peut d'ailleurs récupérer tout le moût resté dans les fonds de cuve, avec le même filtre-pressé servant au dépôt d'oxydation.

*Foudres.* — Les foudres sont universellement en bois et goudronnés intérieurement. Ils sont munis sur l'une des faces, et à la partie inférieure, d'une portière fermée par un écrou à vis et garnie d'une boîte en cuivre, fermée par un écrou, intérieurement et extérieurement; en vissant un robinet dans cette boîte, on ouvre l'écrou intérieur, ce qui permet d'éviter toute perte de bière. Le foudre possède un orifice supérieur pouvant être fermé par une bonde; celle-ci peut être en bois ou bien en fonte, se vissant sur une bague filetée de même matière. Les bondes sont ordinairement percées par un canal muni d'un robinet pour exercer une pression d'air ou d'acide carbonique sur la bière, au moment de la filtration. On les remplace assez souvent par des bondes dites *automatiques*, laissant échapper l'excès de gaz carbonique, lorsque la pression dépasse une limite fixée d'avance.

Fig. 75.



Bondage d'une rangée de foudres.

A, B, C, D, bondes de foudres. — M, manomètre à liquide. — N, soupape à poids.

Comme le prix de ces bondes est assez élevé et que leur réglage ne peut pas toujours se faire avec toute la certitude désirable, on peut relier tous les foudres d'une même rangée ou d'une même cave à une canalisation en fer; celle-ci porte autant de robinets à raccord qu'il y a de foudres, et l'on unit par un tube de caoutchouc, ou mieux de métal, chacun de ces robinets avec le robinet de bonde du foudre correspondant; à l'extrémité de la conduite, on dispose une soupape de sûreté bien rodée et réglée à la pression que l'on ne veut pas dépasser, et l'on peut aussi employer un manomètre à glycérine, à eau salée ou à mercure. Ce dispositif permet évidemment d'isoler un foudre

quelconque sans perte de pression, ni pour lui ni pour les autres, et il égalise la pression sur tous les foudres; ceci est avantageux, car le dégagement d'acide carbonique n'est jamais exactement le même pour tous les récipients (*fig. 75*).

Quelquefois, on adapte au foudre, dès qu'il a reçu de la bière, une bonde portant un tube métallique coudé, qui se prolonge par un tuyau de caoutchouc, et l'extrémité de celui-ci plonge légèrement dans une petite cuvette contenant de l'eau que l'on change chaque jour ou chaque 48 heures. Dans ce cas, les mousses rejetées par la fermentation, au lieu de ruisseler sur les parois du foudre et de tomber à terre, sont recueillies dans la cuvette. Ce dispositif permet donc une plus grande propreté et évite aussi les chances d'infection.

Les foudres sont placés sur des fers horizontaux, soutenus, à une petite distance du sol, par des colonnettes de fonte ou des murettes de briques cimentées; on dispose ordinairement plusieurs rangées de foudres superposés, c'est ce qu'on appelle foudres *gerbés*.

*Cave de fermentation.* — Les caves sont ordinairement maintenues à une température voisine de 5° par une tuyauterie de liquide incongelable, ou par une ventilation d'air froid, ou par une glacière. Ces caves doivent être largement ventilées pour éliminer l'acide carbonique, dégagé en grande quantité, et l'on doit y éviter, autant que possible, la condensation aux voûtes, sous forme de gouttelettes, de la vapeur d'eau entraînée des cuves par l'acide carbonique: en effet, ces gouttelettes, en retombant dans les cuves, peuvent être une cause d'infection grave et, d'autre part, elles favorisent la production de moisissures dans les parois de la cave.

Lorsque la réfrigération est faite par une tuyauterie ou par une glacière, il n'en résulte aucun renouvellement d'air, et si la cave possède des cheminées d'appel ou un ventilateur aspirant, c'est de l'air extérieur, très chaud par conséquent, en été, qui pénètre dans le local; il en résulte une forte dépense de froid supplémentaire, se traduisant par la fonte de la glace emmagasinée ou par un travail plus grand de la machine frigorifique; aussi est-on, en général, très parcimonieux sur la ventilation, et souvent les caves prennent-elles, en été, un goût dit *goût de cave*, qui se communique assez facilement à la bière. D'autre part, l'appel d'air peut se faire par les écoulements d'eau, par les dessous de porte, et c'est alors de l'air infecté qui entre dans la cave.

Dans ces modes de réfrigération, tuyauterie ou glacière, les con-

densations sont donc abondantes sur les voûtes et les parois. Il n'en est pas de même si la réfrigération a lieu par ventilation d'air refroidi au contact d'une nappe de liquide incongelable, car cet air, en même temps que sa température s'abaisse, perd une partie de la vapeur d'eau qu'il contient. Dans la cave, il se réchauffe et se charge alors d'une nouvelle dose de vapeur d'eau, empruntée aux gouttelettes de condensation : la ventilation peut être très énergique, puisqu'elle maintient la température de la cave au degré voulu, et elle assure ainsi une siccité complète. C'est donc le mode de réfrigération de beaucoup le plus recommandable.

Le sol et les parois de la cave de fermentation doivent être imperméables, sol cimenté ou asphalté, murs et voûtes enduits d'un vernis émail, ou couverts de plaques de faïence, ou tout au moins cimentés; les parois imperméables permettent un nettoyage très facile par simple lavage à l'eau; à défaut de ces revêtements, les murs sont passés à la chaux aussi fréquemment qu'on le peut et piqués avant chaque chaulage. Quelquefois, on les badigeonne d'antinonine ou de goudron; mais, dans ce dernier cas, la cave doit être laissée vide pendant longtemps, de façon que toute odeur de goudron ait disparu, quand on commence à y fermenter.

On admet généralement que les caves ne doivent pas être éclairées à la lumière blanche du jour, et qu'il y faut placer des vitres de couleur, bien que la nécessité de cette pratique ne soit pas sûrement démontrée; d'ailleurs, dans la plupart des cas, les nécessités de l'isolement thermique font que les caves sont souterraines et éclairées artificiellement. La lumière électrique est la plus avantageuse, car elle réchauffe beaucoup moins que toute autre source.

Les cuves doivent être placées à une hauteur de 1<sup>m</sup> au moins au-dessus du sol, étant supportées par des fers et des colonnes en fonte; entre elles et la muraille, il doit y avoir un espace libre permettant le passage. Ce dispositif rend beaucoup plus aisée la surveillance du nettoyage et de la propreté indispensable et il supprime de nombreux foyers d'infection dans la cave, foyers provenant de restes de bière ou de levures dissimulés et se putréfiant.

Il est commode également que la situation de la cave, ou la hauteur des cuves au-dessus du sol, permette de faire écouler directement la bière dans les foudres, sans emploi de pompes.

*Cave de garde.* — Elle possède un sol généralement cimenté, des murailles émaillées, cimentées, ou blanchies à la chaux, et l'isole-

ment thermique doit être particulièrement soigné, non seulement pour les parois et la voûte, mais encore pour le sol.

La température des caves de garde doit être maintenue aussi constante et aussi basse que possible; elle varie suivant les brasseries, c'est-à-dire d'après la puissance des moyens de réfrigération dont l'usine dispose, entre  $0^{\circ},5$  et  $5^{\circ}$ ; on la maintient par une circulation frigorifique, dans des tuyaux de fer, ou par une glacière, ou enfin en combinant ces deux procédés.

*Mise en levain.* — Elle s'effectue à l'aide de levure pressée ou de levure liquide, ou par coupage, c'est-à-dire que dans ce dernier cas on ajoute au moût une certaine proportion de moût en fermentation très active.

La dose de levain employée est de  $300^g$  à  $400^g$ , levure pressée,  $0,75$  à  $1^l$  levure liquide et, pour le coupage, on ajoute  $\frac{1}{10}$  au moins du volume de moût en pleine fermentation; cette dose est souvent plus considérable et peut aller jusqu'à volume égal, c'est-à-dire un simple dédoublement des cuves.

Il est important que la levure soit mélangée très intimement au moût, et l'expérience a prouvé qu'une aération supplémentaire était favorable; pour cela, on délaye d'abord la levure dans un petit volume de moût, avec un balai de fils métalliques soigneusement nettoyé, puis on vide un grand nombre de fois le moût d'un baquet dans un autre d'une hauteur de  $1^m$  à  $2^m$ , on produit ainsi une agitation et une aération très énergique, de sorte qu'on a une espèce d'émulsion.

Le même résultat est atteint plus commodément avec les mélangeurs de levure; le moût et le levain, grossièrement délayés, passent dans un cylindre muni d'un agitateur à hélice. Cet appareil doit être démonté très fréquemment et passé, avant et après chaque emploi, à la vapeur ou à l'eau bouillante, puis à l'eau froide ou glacée avant d'y verser le moût.

Enfin, on peut aussi effectuer le mélange par une injection d'air, en se servant d'un tube perforé; on donne parfois à l'extrémité du tube la forme d'une poire. Ce système fournit beaucoup de mousse; il faut passer à la vapeur le tube d'injection après et avant chaque usage, et utiliser de l'air soigneusement filtré.

Quand on procède par coupage, il n'y a pas de mélange à faire à l'avance puisqu'on prend le moût en fermentation, avant que les levures aient commencé à se déposer, c'est-à-dire vers le deuxième ou le troisième jour.

Dans tous les cas, le levain délayé est versé dans les cuves contenant le moût; quelquefois on prend d'abord le levain et l'on fait couler sur lui le moût refroidi, on agite encore avec une sorte de grande passoire en métal ou par une injection d'air.

*Marche de la fermentation principale.* — 12 à 36 heures après la mise en levain, on voit apparaître, à la surface du liquide, de petits îlots de mousse légère; bientôt après il se forme une couronne de mousses plus hautes, plus consistantes et qui affectent des formes contournées, on dit alors que les mousses ou Kraüsen font l'*escargot*. Ces mousses envahissent toute la surface de la cuve, elles sont plus ou moins tachetées de brun, ou présentent des plaques de même couleur, dues aux résines restées en suspension. Les mousses sont blanches quand le moût a subi une décantation dans la cuve guilloire.

Pendant cette période, la température s'élève et elle atteint son maximum à peu près au moment où les mousses ont leur plus grande hauteur; elles sont alors devenues moins compactes. La consommation d'extrait peut atteindre, dans cette phase des hautes mousses, jusqu'à 1,5 pour 100 d'extrait par 24 heures.

Bientôt les mousses, toujours colorées par des plaques de résine, s'abaissent, la destruction d'extrait se réduit de plus en plus, jusqu'à 0,1-0,2 pour 100 par 24 heures et finalement la surface n'est plus garnie que d'une couche de mousse brunâtre, assez mince, qui constitue le *couvercle*.

Ce sont là les manifestations normales; quelquefois on voit se former à la surface de la cuve de fortes bulles dont la dimension peut atteindre celle de deux poings et l'on donne à cette apparence le nom de *fermentation bulleuse* ou plus souvent d'*yeux de crapaud*. Ces bulles se montrent de préférence à la fin de la fermentation, mais parfois aussi dès le début.

La fermentation bulleuse existe d'une façon presque constante dans certaines brasseries, tandis que d'autres n'ont ce phénomène que d'une manière passagère et accidentelle; il arrive même que les yeux de crapaud apparaissent seulement sur une partie des cuves du même brassin, et l'on ne connaît pas avec certitude les causes du phénomène; il semble être de nature purement mécanique ou physique, et sans influence sur la conservation et la qualité de la bière.

On a indiqué, comme motivant les yeux de crapaud, l'emploi de levures formées de races dont les atténuations sont très différentes,

le refroidissement brusque du moût au contact du dépôt d'oxydation, la viscosité du moût, les fermentations chaudes, l'emploi de vieux houblon.

On peut constater aussi à la surface du moût l'existence d'une pellicule irisée plus ou moins visible, qui est soulevée par les bulles d'acide carbonique gazeux; quand cette pellicule est épaisse, et que la viscosité du moût est grande, les bulles d'acide carbonique, au moment où la fermentation se ralentit beaucoup, n'ont plus une tension suffisante pour rompre ce voile, et par conséquent le gaz s'accumule en formant des poches que l'on peut d'ailleurs faire disparaître par un coup d'épingle. Ceci prouve l'existence d'une membrane enveloppant les grosses bulles.

De même il arrive que le couvercle est plus ou moins fort, ou même manque complètement; c'est là, ordinairement, l'indice d'une fermentation presque complètement arrêtée et souvent d'une fermentation secondaire peu vigoureuse.

L'élévation de température produite par la fermentation serait beaucoup trop considérable si on ne la modérait pas, car elle peut atteindre, en admettant qu'il n'y ait aucun refroidissement, 1°, 2 pour chaque kilogramme d'extrait fermenté; il en résulterait qu'un moût entonné à 6°, et perdant 5<sup>kg</sup> d'extrait par hectolitre à la fermentation principale, s'échaufferait jusqu'à 12°.

On règle donc l'élévation de température, soit par des nageurs remplis de glace, soit par des serpentins où l'on fait circuler de l'eau glacée à la température d'environ 1°. Ces appareils doivent être étamés à l'étain, la bière dissolvant des traces de cuivre, de fer ou de zinc, capables de tuer la levure ou de produire des troubles. Le vernissage des nageurs ou serpentins est une protection insuffisante et très temporaire.

Pratiquement, on modère l'échauffement pour les *bières pâles* entonnées à 5° ou 6°, de façon que la température maxima soit d'environ 9°, exceptionnellement 9°, 5 ou 10°, et atteinte le quatrième ou le cinquième jour. On maintient cette température 12 à 24 heures, puis on refroidit par les mêmes moyens, d'abord lentement, 0°, 5 par 24 heures; on accélère à la fin de façon à obtenir, au moment du traversage, 4° à 5°, rarement 3°.

La durée de fermentation est en moyenne de 9 à 12 jours. Quelquefois, cependant, on fermente 6 jours et même moins, à condition de mettre en levain plus chaud et de laisser monter la température jusqu'à 10° à 11°. Pour certaines fabrications les températures maxima

sont au contraire abaissées à 6° ou 7°, et la durée de fermentation est alors portée à 14 ou 15 jours.

Pour les *bières brunes*, on laisse généralement la température s'élever jusqu'à 10°, l'entonnement ayant lieu vers 5° à 6°, puis on refroidit brusquement, la durée de fermentation étant réduite à 7 jours. On fait quelquefois un refroidissement supplémentaire, avant le traversage en foudres, jusqu'à 2°.

Nous donnons ci-dessous quelques Tableaux de fermentation relevés en pratique.

*Bière Munich.*

	I.		II.	
	Matin.	Soir.	Matin.	Soir.
1 <sup>er</sup> jour.....	0	6,2	0	5
2 <sup>e</sup> » .....	6,5	6,7	5,2	5,5
3 <sup>e</sup> » .....	7,2	8,0	6,1	7,3
4 <sup>e</sup> » .....	8,7	9,6	8,4	9,8
5 <sup>e</sup> » .....	9,8	9,8	10,3	10,4
6 <sup>e</sup> » .....	8,1	6,7	8,5	7,0
7 <sup>e</sup> » .....	traversage		5,4	4,0
8 <sup>e</sup> » .....			3,2	} traversage, atténua- tion : 52 pour 100.

*Genre Dortmund.*

	Matin.	Soir.	
1 <sup>er</sup> jour.....	0	6,9	
2 <sup>e</sup> » .....	7,1	7,4	
3 <sup>e</sup> » .....	7,8	8,3	
4 <sup>e</sup> » .....	8,8	9,1	
5 <sup>e</sup> » .....	9,1	9,0	
6 <sup>e</sup> » .....	8,7	8,4	
7 <sup>e</sup> » .....	7,9	7,5	
8 <sup>e</sup> » .....	7,1	6,6	
9 <sup>e</sup> » .....	6,2	5,8	
10 <sup>e</sup> » .....	5,4	5,0	
11 <sup>e</sup> » .....	4,5	4,0	
12 <sup>e</sup> » .....	3,5	traversage à 70 pour 100 atténuation	

*Bière blonde.*

	I.		II.	
	Matin.	Soir.	Matin.	Soir.
1 <sup>er</sup> jour.....	0	5,5	0	7
2 <sup>e</sup> » .....	5,7	6,0	7,3	7,6
3 <sup>e</sup> » .....	6,5	7,1	8,0	8,4
4 <sup>e</sup> » .....	7,9	8,7	8,8	9,3
5 <sup>e</sup> » .....	9,0	8,8	9,2	8,9
6 <sup>e</sup> » .....	8,2	7,5	8,4	7,9
7 <sup>e</sup> » .....	6,8	6,0	7,2	6,5
8 <sup>e</sup> » .....	5,4	5,2	5,8	5,0
9 <sup>e</sup> » .....	4,8	4,2	4,0	traversage
10 <sup>e</sup> » .....	4,0	traversage		

*Mousses ou Kraïsen.* — Elles sont provoquées par le dégagement d'acide carbonique qui entraîne à la surface des particules de résine devenues insolubles par refroidissement. On attribue ce phénomène aux résines molles du houblon, et, en effet, l'apparence est tout à fait différente quand on fermente du moût non houblonné; on a bien une mousse, mais légère et non compacte et contournée comme cela se produit pratiquement.

Il semble cependant que les matières azotées jouent un rôle au moins aussi important que les résines, car on peut arriver à la suppression à peu près complète des *Kraïsen*, quand on opère le brassage très rapidement et à température très élevée, par exemple en attaquant le malt directement à 70°. Il est bien connu d'autre part que la vigueur des *Kraïsen* dépend du malt, de l'eau et même du procédé de brassage, toutes choses avec lesquelles les résines n'ont rien à voir.

Les *Kraïsen*, pour se former compactes et puissantes, ont donc besoin du concours des matières azotées, spécialement celle du type glutine et des résines du houblon. Très probablement ces dernières n'interviennent que pour rendre plus épaisses les mousses dues aux bulles gazeuses emprisonnées par la matière azotée.

Les taches de résine brune, ramenées à la surface des *Kraïsen*, retombent ensuite dans la bière, et, grâce à l'alcool formé, elles se redissolvent en partie, en augmentant l'amertume de la bière, d'autant plus que celle-ci est plus alcoolique, c'est-à-dire plus atténuée. Aussi, fait-on avec raison plusieurs écumages des cuves de manière à éliminer ces résines; on cesse d'en faire aux derniers jours pour conserver le couvercle.

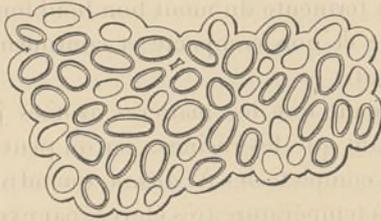
*Tranché.* — C'est la clarification qui se produit à la fin de la fermentation principale, lorsque la levure se dépose rapidement, en entraînant les matières en suspension et en laissant la bière claire au-dessus du dépôt.

On observe le *tranché* dans un petit verre cylindrique en éclairant latéralement de bas en haut. On voit facilement la chute plus ou moins rapide des matières en suspension et la dimension des flocons.

Quand le *tranché* est beau, les flocons sont volumineux et tombent vite. Si les particules en suspension sont petites mais discernables, on dit que le *tranché* est fin ou petit; enfin, quand la bière reste louche, il n'y a pas de *tranché*.

Si l'on examine, au microscope, une bière dont le *tranché* se fait bien, on constate que les cellules de levure sont associées et soudées entre elles par une sorte de réseau, les mailles étant constituées par des matières azotées (*fig. 76*); la levure forme donc des paquets assez volumineux et denses qui se précipitent facilement au fond.

Fig. 76.



Réseau gélatineux enveloppant les cellules de levure.

Au contraire, si le *tranché* est médiocre ou nul, les cellules apparaissent isolées ou par groupes d'un très petit nombre d'individus, leur chute est donc beaucoup moins rapide.

Le *tranché* est quelquefois rendu défectueux en apparence; lorsqu'on examine la bière à la cave même, le liquide reste voilé; mais, si on la laisse quelque temps dans une chambre chaude, la bière devient très claire, il y a eu simplement redissolution de matières azotées précipitées par la basse température des caves.

Le *tranché* est modifié par la race de levure et par la composition du moût en azote assimilable. En effet, les moûts riches en corps amidés fournissent en général des levures à mauvais *tranché*, tandis que l'inverse a lieu pour les moûts où les peptones dominent; d'autre part, si la levure possède une diastase protéolytique énergique, celle-ci

peut agir à l'extérieur, empêcher la formation du réseau de matière azotée qui englobe les cellules, et qui apparaît normalement dans le cas du tranché; celui-ci sera donc défectueux pour les races de levures à diastase protéolytique active. D'après Delbruck, on peut supprimer le tranché d'une levure en élevant la température de fermentation, et la raison en serait que l'activité de la diastase protéolytique augmente avec la température.

*Traversage, traitement de la levure.* — On effectue ordinairement le traversage, quand la chute d'extrait ne dépasse plus 0,2 Ball. par 24 heures et que le tranché est satisfaisant; quelquefois cependant, on arrête plus tôt la fermentation principale et l'on envoie en foudres la bière contenant beaucoup de levure en suspension, et fermentant encore à 0,3-0,5 Balling par 24 heures. C'est ce qu'on appelle traverser la bière *verte*.

Dans tous les cas, on fait couler au foudre, soit directement, soit par une pompe, la bière avec les cellules non déposées, et l'on arrête lorsqu'on arrive au voisinage de la couche de levure existant au fond de la cuve. Celui-ci est percé d'un trou assez large, fermé par un tampon; on place un baquet sous l'orifice, on enlève le tampon et l'on recueille ainsi le reste de la bière que l'on peut clarifier au filtre-pressé et envoyer ensuite au foudre.

Le dépôt de levure est alors gratté à la surface, avec une palette en cuivre ou en bois, de façon à enlever les débris de résines qui brunissent la levure, et c'est aussi cette couche supérieure qui contient éventuellement le plus de levures sauvages. On pousse ensuite avec la palette, dans le trou, la partie médiane du dépôt, en sacrifiant encore la levure qui s'est déposée au voisinage du bois.

C'est cette levure médiane qui doit servir aux fermentations suivantes : on la traite de diverses manières :

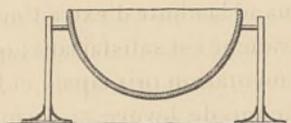
- 1° On l'utilise telle quelle, sortant de la cuve;
- 2° On lave la levure et on la conserve sous l'eau;
- 3° Turbinage de la levure;
- 4° Emploi du filtre-pressé;
- 5° Pression de la levure.

*Lavage de la levure.* — La levure liquide est délayée dans de l'eau glacée, souvent tamisée pour retenir les résines, puis on l'abandonne au repos, soit dans un bac en bois percé d'orifices à diverses

hauteurs, soit dans des cuves hémisphériques en fonte émaillée ou cuivre étamé, montées sur tourillons.

Avec le bac en bois on fait écouler le liquide surnageant, en ouvrant successivement les ouvertures, à partir du niveau le plus élevé jusqu'au plus bas, et cela à mesure que la plus grande partie de la levure tombe vers le fond; on fait la décantation en inclinant sur les tourillons les cuves hémisphériques (*fig. 77*).

Fig. 77.



Bac à levure.

Ces dernières sont de beaucoup les plus recommandables; étant rigoureusement imperméables, et ne présentant aucun recoin, elles peuvent être maintenues stériles par de simples lavages à l'eau. Au contraire, les bacs en bois même verni se laissent pénétrer par de la bière diluée ou de la levure, et il en est de même pour les orifices de décantation fermés par de simples chevilles. La levure peut donc facilement s'infecter dans ces bacs, dont le nettoyage est du reste très malaisé.

Le lavage de la levure peut avoir comme résultat une élimination partielle des ferments étrangers, levures sauvages ou bactéries. En effet, toutes les bactéries et la plupart des levures sauvages ont des cellules de dimensions plus petites que la levure de culture, et se déposeront après celle-ci. Si donc on laisse le dépôt se faire complètement, on aura, au fond, les cellules de culture agglomérées en paquet; au milieu, les cellules de culture isolées, et à la partie supérieure un mélange de culture et de ferments étrangers; il faudra donc enlever la couche superficielle.

Si au contraire on décante le liquide encore trouble, on retiendra en suspension la presque totalité des cellules de petites dimensions, et le dépôt comprendra moins de ces ferments que la levure non lavée.

Il est donc préférable de sacrifier une partie de la levure et de décanter le liquide louche; moins on attendra et plus on aura une levure purifiée.

Ce traitement de la levure n'est pas utile à chaque génération, et

quand on peut employer immédiatement la levure sortant des cuves, il n'y a pas avantage à la laver.

Quand on pratique le lavage, il faut opérer avec de l'eau aussi froide que possible, et dont la pureté comme ferments est certaine. On reproche parfois au lavage d'épuiser la levure et cela se comprend, puisque dans l'eau, et en l'absence de tout aliment, la diastase protéolytique attaque les matières azotées de la cellule et que les produits de cette transformation diffusent dans le liquide.

La perte d'azote est augmentée avec la température de l'eau, la durée de contact et dépend aussi de la composition de l'eau. Wahl et Nilson ont montré que la levure au contact de l'eau pendant 96 heures perdait 8,7 pour 100 de son azote.

Il faut donc réduire au minimum le séjour de la levure dans l'eau, et maintenir une température aussi basse que possible, mais sans mettre de glace directement dans l'eau qui baigne la levure, à cause des impuretés que peut amener cette glace. L'eau qui a été congelée est parfois très riche en ferments qui subsistent, et en outre la glace est souvent jetée par les ouvriers sur le sol des caves, où elle ramasse des restes de levure ou de bière plus ou moins infectés par les bactéries, saccharobacilles, ou sarcines notamment.

*Turbinage.* — La levure délayée dans l'eau glacée est introduite dans une turbine à parois pleines, tournant à 1800 ou 2000 tours; le dépôt se fait encore par ordre de densité : les débris de résines contre la paroi, puis de la levure de culture en paquets, les cellules de culture isolées; enfin dans la partie la moins éloignée de l'axe, un mélange de levure de culture et de ferments étrangers, la proportion de ceux-ci augmentant à mesure que l'on se rapproche de l'axe.

On fait écouler le liquide qui est resté dans la turbine, et l'on détache la couche interne, médiane, sacrifiant encore celle qui est la plus voisine de la paroi.

Ce procédé, peu employé, répond à un lavage très rapide, et donne la levure déjà très compacte.

On peut employer au même usage les turbines essoreuses, la paroi étant perforée et recouverte d'une toile fine, qui retient les cellules de plus grande dimension.

*Filtre-pressé.* — La levure étant délayée dans l'eau glacée, on décante, au bout de 30 minutes environ, la couche supérieure du liquide, et le reste est refoulé par pression dans un filtre-pressé sans

cadres, analogue à ceux que l'on emploie pour les fonds de cuves; les gâteaux sortant du filtre peuvent être pressés directement. C'est le procédé qu'emploient toutes les fabriques de levure.

*Pression de la levure.* — On place ordinairement la levure déposée spontanément, ou retirée de la turbine, ou enfin du filtre-pressé, dans des sacs de tissu serré qu'on ligature et sur lesquels on exerce une pression progressive; quand l'eau a cessé de couler à travers le sac et que la masse est devenue ferme, on serre la presse à fond; la levure pressée est ensuite conservée au voisinage de 0°, soit dans les sacs mêmes, soit mieux dans des caisses de métal que l'on entoure de glace.

C'est ce dernier mode de conservation qui est le plus recommandable.

*Marche de la fermentation secondaire.* — La bière arrive dans les foudres par le bas de façon à réduire au minimum la mousse et la perte de gaz, et l'on remplit aussi complètement que possible. Presque immédiatement la fermentation prend une activité assez grande, et des mousses débordent par la bonde: c'est ce qu'on appelle le *travail*. Ce dégorgement rejette à l'extérieur les particules de résines et autres matières en suspension, il se ralentit spontanément à cause du vide qui se crée dans le foudre, et on peut le prolonger en faisant des remplissages avec de la bière.

Suivant les usines on ne pratique aucun remplissage, ou bien on en fait, soit un, soit deux, rarement davantage, quelquefois on laisse travailler une semaine, puis on enlève un peu de bière, de façon à arrêter le travail.

La fermentation se ralentit peu à peu, à mesure que la levure se dépose dans le fond, que la bière s'épuise en maltodextrines attaquables et se refroidit.

Elle peut être activée quand on introduit des copeaux dans le foudre, la surface de contact entre les cellules et la bière étant alors beaucoup plus considérable.

Pour assurer la régularité des livraisons on remplit ordinairement chaque foudre, non pas avec la bière d'un seul brassin, mais avec celle provenant de 3, 4 et 5 brassins, même davantage. Cette pratique est évidemment très bonne, mais à deux conditions:

1° Que les brassins mélangés aient des atténuations peu différentes et aient été fermentés par des levures du même type. Si, en effet, on

mélange par exemple une bière atténuée à 50 pour 100 provenant d'une levure dont l'atténuation limite serait de 62 pour 100, avec une autre bière atténuée à 65 pour 100, par une levure à atténuation de 75 pour 100, la première bière devra effectuer une fermentation extrêmement énergique, qui pourra ne pas être terminée au moment de la livraison.

2° La durée de remplissage doit être aussi courte que possible; si, en effet, on met plusieurs semaines pour remplir un foudre, les premières bières introduites auront eu le temps de se dépouiller et d'effectuer la plus grande partie de leur fermentation; en outre, étant exposées par une large surface au contact de l'air, elles peuvent s'éventer ou devenir le siège d'un développement de mycodermes.

Le séjour en foudres a une durée très variable suivant la température de la cave de garde et aussi suivant la capacité des caves et les besoins de la vente.

En caves très froides, 1° à 2° au plus, on compte normalement de 6 semaines à 3 mois, exceptionnellement 4 mois ou davantage; quelques brasseries conservent 6 et 8 mois leurs bières de garde.

Pour les caves à température plus élevée, la durée de garde est plus petite, soit de 2 à 5 semaines au plus.

*Bondage.* — Quand la durée de garde est longue en caves très froides, on livre souvent la bière telle quelle, mais, dans les autres cas, on effectue un bondage, afin d'accumuler de l'acide carbonique dissous grâce à un excès de pression.

La durée la plus habituelle du bondage est de 10 à 15 jours; quelquefois cependant on bonde jusqu'à 4 et 5 semaines.

Au delà d'un certain temps de bondage, non seulement la mousse cesse de s'accroître, mais elle diminue, et devient souvent compacte et lourde; en même temps la bière paraît contenir moins d'acide carbonique. Ce dernier phénomène a été attribué à une action de l'acide carbonique sur les phosphates secondaires de la bière, avec formation de bicarbonate de potasse ou de chaux et de phosphate acide.

*Addition de Kraïsen.* — Lorsque la bière en foudres ne fermente pas avec assez de vigueur ou qu'elle manque de mousse, on lui ajoute ordinairement du moût en pleine fermentation, soit de 0<sup>l</sup>, 5 à 5<sup>l</sup> par hectolitre, suivant que l'on veut obtenir plus de gaz et de mousse et livrer plus tôt. Cela revient à introduire des cellules de levure vigoureuses, qui seront en état non seulement de fermenter

les sucres apportés par les Kraïsen, mais aussi d'attaquer encore une partie des maltodextrines restant dans la bière. Parfois on remplace les Kraïsen par de la levure en pâte, 30<sup>g</sup> à 50<sup>g</sup> par hecto.

On peut aussi mettre une faible dose de Kraïsen, avec 250<sup>g</sup> à 500<sup>g</sup> de sucre cristallisé par hectolitre, ou une solution de glucose bouillie et houblonnée.

#### Levains.

On peut se procurer les levains de trois façons :

- 1<sup>o</sup> Les demander à une autre usine ;
- 2<sup>o</sup> Propager à la brasserie un pied de levain pur ;
- 3<sup>o</sup> Préparer le levain pur à l'aide d'un appareil continu.

*Levains d'une autre brasserie.* — Il est désirable que la brasserie à laquelle on s'adresse ait un genre de bière aussi voisin que possible de celui auquel le levain est destiné et l'on ne saurait recommander le système qui consiste à employer simultanément 3 ou 4 genres de levains différents, d'atténuations très écartées, en mélangeant ensuite les bières obtenues.

Le seul mode d'emballage convenable est une caisse métallique entourée de glace, et placée soit dans un fût, soit dans une caisse à parois épaisses, et une levure en pâte ne peut voyager, sauf l'hiver, sans s'infecter ou s'affaiblir notablement.

*Pied de levain pur.* — Un certain nombre de brasseries emploient ce système, et demandent à une station de brasserie un pied de levain pur représentant en général 500<sup>g</sup> à 1<sup>kg</sup> de levure pure expédiée dans un bidon avec les précautions aseptiques voulues.

La propagation se fait à l'aide de deux cuves intermédiaires, dont la première contient 400<sup>l</sup> à 500<sup>l</sup> et la capacité de la seconde représente un peu plus de moitié du volume des cuves ordinaires à fermentation.

Ces cuves préparatoires doivent être vernies à chaque propagation, et placées autant que possible dans un local spécial, à murs blanchis à la chaux ou vernis, et dont la température peut être réglée à volonté ; on peut les disposer en cascade.

S'il s'agit de *fermentation mixte*, on délaie le pied de levain dans un hecto de moût à la température ordinaire de mise en levain et placé

dans la première cuve; le lendemain, on double le volume avec du moût frais, et ainsi de suite; de sorte qu'au bout de 6 jours environ on a une cuve ordinaire en levain avec la nouvelle levure. Il est recommandable, à chaque addition de moût frais, d'aérer quelques minutes.

L'emploi de deux cuves préparatoires se justifie par la nécessité de réduire la surface de contact avec l'air; au début 1 ou 2 hectos ne feraient qu'une couche trop mince dans une cuve de 20<sup>hl</sup> ou 30<sup>hl</sup>.

Pour la *fermentation basse*, il est ordinairement nécessaire de commencer la propagation à température élevée, soit vers 12°-13°, du moût étant pris à cet effet au réfrigérant. On procède comme pour la fermentation mixte, mais on diminue graduellement la température du moût ajouté, de façon à atteindre la température habituelle de mise en levain, quand on est arrivé à une cuve ordinaire à fermentation.

Il est utile de maintenir la température de 12° à 13° au début, à l'aide d'un serpentín ou d'un nageur à eau chaude, et de ne faire une addition du moût que si le contenu des petites cuves commence à montrer des mousses.

La durée de propagation est d'environ une semaine.

Enfin, pour la *fermentation haute en fûts*, on emploie directement le pied de levain pour un fût et l'on peut couper le moût en fermentation avant que la période de levurage ait commencé, ou bien recueillir la levure de ce premier fût, et l'utiliser pour mettre en levain un certain nombre d'autres tonnes au brassin suivant.

*Appareils continus.* — Les plus employés sont ceux du type Hansen, quelquefois modifié comme dimension de façon à fournir directement une quantité de levure suffisante pour une cuve ordinaire à fermentation.

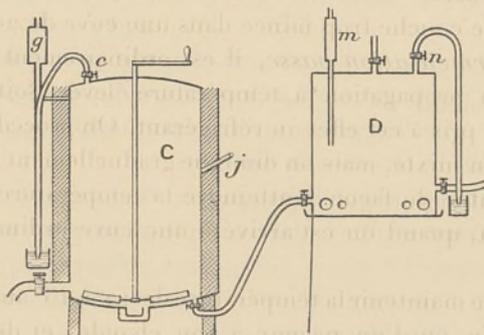
L'appareil Hansen fournit le levain pour environ 8<sup>hl</sup> et il faut donc avoir encore deux cuves préparatoires, avant d'obtenir le levain pour une grande cuve. Ces cuves préparatoires sont, le mieux, placées dans le local même de l'appareil, la température étant sensiblement la même que celle des caves.

L'appareil Hansen est représenté (*fig. 78*) et comprend un réservoir à moût D, et un cylindre à fermentation C. Le réservoir à moût possède un serpentín permettant de faire bouillir le moût, et on le refroidit ensuite par un ruissellement d'eau froide sur la surface extérieure, en même temps qu'on fait arriver par le filtre *m* de l'air

sous pression; *n* est un robinet permettant de fermer le tuyau en col de cygne par lequel la vapeur et l'air se dégagent.

Le cylindre à fermentation C communique par un court tuyau de cuivre avec le réservoir à moût; il porte à la partie inférieure un orifice de vidange, fermé par un écrou, et latéralement une tubulure

Fig. 78.



Appareil Hansen pour levure pure.

fermée par un robinet, en outre un tube de dégagement *c*, une tubulure pour l'introduction d'air filtré à travers le coton *g*, un agitateur à palettes, une tubulure de chargement *j* et un regard; certains appareils ont un tube de niveau, d'autres une tubulure supplémentaire, et l'on arrête le remplissage quand le moût coule par cette ouverture.

Enfin le cylindre est ordinairement plongé dans un cylindre en fer ou en tôle, contenant de l'eau, qui peut être renouvelée et qui sert à régler la température de fermentation.

Tout l'appareil étant passé à la vapeur, y compris les tubulures, les orifices et les robinets, on remplace la vapeur par de l'air filtré, et l'on fait arriver le moût stérile du réservoir, en exerçant dans celui-ci une légère pression d'air filtré par *m*.

Une fois le cylindre rempli au niveau voulu, on y introduit une certaine quantité de moût en fermentation à l'aide d'un bidon spécial; cette culture a été faite, bien entendu, avec du moût stérile et la levure pure, et l'on se sert d'une pression d'air filtré pour faire passer le contenu du bidon dans le cylindre.

L'agitateur à palettes permet de bien mélanger la levure introduite.

Quand la fermentation est très ralentie, soit après 8 à 10 jours, on fait couler la bière, par le robinet latéral, en se servant d'une pression

d'air filtré par *g*; puis on ferme le robinet et l'on introduit un peu d'eau stérilisée par *j*; l'agitateur mis en marche délaie la levure déposée avec cette eau, et l'on fait couler le tout dans un baquet de cuivre étamé par l'orifice de vidange inférieur.

On flambe et referme soigneusement cet orifice, et l'on peut réintroduire du moût stérile, la petite quantité de levure laissée dans l'appareil étant cependant suffisante pour amorcer une nouvelle fermentation.

La levure tirée dans le baquet sert à mettre en levain 8<sup>hl</sup> à 10<sup>hl</sup> de moût dans une petite cuve, et, la fermentation terminée, on recueille la levure pour une deuxième cuve préparatoire, ou pour une cuve ordinaire suivant la capacité de celle-ci.

Cette propagation supplémentaire par une ou deux cuves préparatoires est évidemment un défaut, puisqu'on peut perdre ainsi le bénéfice de l'appareil à levure pure; aussi préfère-t-on parfois donner à l'appareil une capacité de 8<sup>hl</sup> à 10<sup>hl</sup>; on le remplit en plusieurs fois à mesure que la fermentation se déclare.

Les appareils continus sont excellents, à condition qu'ils soient confiés à une personne compétente, sachant ce que représente une stérilisation réelle, et capable de vérifier constamment la levure et les divers organes; sans une telle surveillance, l'appareil peut être fort dangereux à cause de la fausse sécurité qu'il inspire.

#### Variation d'atténuation limite.

L'atténuation limite dépend de la levure et de la composition du moût.

Pour la levure il y a lieu de considérer le type, la race, les conditions d'existence.

*Types de levure.* — Les trois types Saaz, Frohberg, Logos ont été définis par les éléments hydrocarbonés du moût que chaque type peut attaquer. Le type Saaz n'agit pas sensiblement sur les maltodextrines; le type Frohberg attaque plus ou moins le maltose combiné; enfin, les levures du type Logos utilisent beaucoup mieux le maltose combiné et en plus une partie de la dextrine des maltodextrines.

Par conséquent, l'atténuation limite d'un moût donné sera la plus basse pour une levure Saaz, la plus haute pour le type Logos, et intermédiaire pour les levures Frohberg.

*Race de levure.* — Les levures du même type, mais de races différentes, donnent aussi des atténuations limites différentes, mais les écarts se réduisent graduellement quand on considère les générations successives dans le même moût, et, après deux ou trois générations, les atténuations limites deviennent sensiblement les mêmes.

C'est ce que l'on observe quand une brasserie, dont les atténuations sont très élevées, emploie une levure provenant d'une usine dont les atténuations sont très basses; au bout de deux ou trois générations, quelquefois même dès la première, on revient à l'atténuation habituelle.

L'influence de la race pour des levures de même type est donc pratiquement très faible sur l'atténuation limite.

*Conditions d'existence.* — Lorsque la levure trouve dans le moût des conditions défavorables à l'exercice de ses fonctions, ou une nutrition insuffisante comme matières azotées ou minérales, son atténuation limite s'abaisse. C'est ce qui se produit, par exemple, quand le moût contient de fortes proportions de grains crus, et l'affaiblissement va croissant à chaque génération. Les grains crus, riz ou maïs, n'apportent en effet dans le moût que des traces d'azote assimilable, et, par conséquent, la quantité d'aliment azoté utilisable pour la levure va en diminuant avec la proportion de grains crus. Les matières azotées, type caséine ou fibrine, du riz peuvent aussi agir pour diminuer la perméabilité des membranes cellulaires, c'est-à-dire rendre la nutrition moins aisée. Une influence du même genre est exercée par l'emploi de malts frais, germés au début de la campagne avec des orges lourdes, riches en matière azotée du type glutine.

*Composition du moût.* — C'est pratiquement le facteur le plus important. L'atténuation limite pour une levure donnée augmentera avec la proportion de maltose libre, quand la proportion de maltose combiné s'élèvera dans les maltodextrines, quand la résistance de celles-ci s'abaissera.

D'autre part, l'atténuation limite s'accroîtra en même temps que les matières azotées assimilables du moût, jusqu'à une certaine limite, toutefois.

Nous ne reviendrons pas sur les circonstances qui modifient la composition du moût, soit comme hydrates de carbone, soit comme matières azotées; nous rappelons simplement que la proportion de matières azotées assimilables dépend seulement des matières premières, de l'eau et de la méthode de brassage.

### Variation d'atténuation principale.

L'atténuation principale répond aux sucres libres et à une fraction variable du maltose combiné des maltodextrines; toutefois, quand on emploie du sucre cristallisé comme matière première, une partie de ce sucre disparaît seule à la fermentation principale.

Les causes de variation les plus importantes sont les suivantes :

*Levure.* — Toutes les levures consomment les sucres libres; mais leur action sur le maltose combiné variera suivant le type et la race considérés; en particulier, toutes les levures du type Froberg n'attaquent pas au même degré les maltodextrines. En général, l'atténuation sera plus forte pour les levures ne donnant pas de tranché, c'est-à-dire restant plus longtemps en suspension dans le moût.

*Composition du moût.* — L'atténuation principale s'élève avec la proportion de sucres libres, soit maltose, soit saccharose, si la proportion de celui-ci est faible. Elle augmente aussi, jusqu'à une certaine limite, avec la richesse du moût en aliments azotés assimilables par la levure.

*Agitation du moût.* — Lorsque le moût contient une forte proportion de maltose libre et des maltodextrines pauvres en maltose combiné, l'agitation ne modifie que d'une façon insignifiante l'atténuation, dans le sens d'une légère augmentation; car de toutes façons, le maltose libre est consommé et il n'y a plus ensuite que des maltodextrines peu attaquables.

Il n'en est plus de même si le moût contient des maltodextrines riches en maltose combiné, et dans ce cas l'agitation augmentera d'autant plus l'atténuation principale que la levure aura une tendance à se déposer plus vite, c'est-à-dire à donner un beau tranché. En effet, les cellules qui sont tombées au fond ne peuvent plus agir sur les éléments du moût que par la surface du dépôt de levure, et une grande partie d'entre elles est inutilisée; en outre, le liquide ne se renouvelle pas régulièrement au voisinage du fond; si, au contraire, une agitation est produite, les cellules sont toutes en contact par leur membrane avec le moût, et elles sont à chaque instant déplacées, de sorte qu'aucune portion du liquide ne s'épuise plus que l'autre.

Nous pouvons nous représenter la différence entre les nombres de

cellules agissantes, dans un cas extrême, celui où l'on empêche par agitation continue tout dépôt de levure, et nous donnons ci-dessous le nombre de cellules par unité de volume, la mise en levain étant de 100 pour ce volume, d'une part dans une cuve conduite à la façon habituelle, de l'autre pour un récipient agité constamment :

	Moût au repos.	Liquide agité.
Mise en levain.....	100	100
1 <sup>er</sup> jour.....	160	180
2 <sup>e</sup> jour.....	296	360
3 <sup>e</sup> jour.....	350	460
4 <sup>e</sup> jour.....	405	560
5 <sup>e</sup> jour.....	310	620
6 <sup>e</sup> jour.....	290	690
7 <sup>e</sup> jour.....	100	740
8 <sup>e</sup> jour.....	59	760
9 <sup>e</sup> jour.....	43	780

Par conséquent, le nombre de cellules en suspension est, pendant les 48 dernières heures, inférieur à celui qu'on avait à la mise en levain, tandis que par agitation ce nombre est 7,5 fois plus grand qu'au début de la fermentation; or, c'est dans cette période que la levure peut attaquer le maltose combiné, les sucres libres ayant disparu; l'action sur les maltodextrines sera donc plus énergique avec un très grand nombre de cellules en suspension qu'avec très peu, c'est-à-dire que l'atténuation principale sera augmentée aux dépens de la fermentation secondaire par l'agitation du liquide.

Cette agitation peut être produite de diverses manières, soit mécaniquement par un vagueur, soit par une injection d'air ou d'acide carbonique dans le moût en fermentation.

Les matières en suspension agissent d'une façon analogue mais moins énergique; tels sont, par exemple, les débris de résines provenant du trouble d'oxydation, lorsqu'on n'emploie point de cuve guilloire.

Nous avons vu également que l'emploi de cuves goudronnées donnait aussi quelquefois un accroissement d'atténuation considérable, et que cet effet était attribué par certains à l'agitation résultant du dégagement d'acide carbonique, provoqué par la paroi goudronnée.

*Température.* — L'atténuation principale augmente jusqu'à une certaine limite quand on élève la température de fermentation, soit

en augmentant le maximum, soit en prolongeant le temps pendant lequel celui-ci est maintenu. Cette influence n'est pas très grande dans les conditions pratiques.

*Durée de fermentation.* — Elle est habituellement accrue sans modifier la marche des températures jusqu'au maximum, et en ralentissant simplement le refroidissement après le maximum. Dans ce cas on gagne un peu comme atténuation, mais le bénéfice est faible, car la température est basse et le nombre de cellules en suspension diminue constamment.

La durée est inséparable, comme influence, de la température; si l'on met en levain à 8°, par exemple, et que l'on monte jusqu'à 10°, on pourra obtenir en 4 jours la même atténuation qu'en 10-12 jours, avec une mise en levain à 5° et un maximum de 8°.

*Quantité de levain.* — Nous avons vu que la quantité de levure formée dans un même moût était indépendante de la dose de levain initiale, et, d'après cela, il n'est pas étonnant que, toutes les autres conditions étant identiques, l'atténuation soit indépendante du poids de levain employé.

*Ventilation des caves.* — L'atténuation principale est réduite par le défaut de ventilation des caves, ce que l'on peut attribuer à l'action antiseptique de l'acide carbonique formant alors matelas continu à la surface.

#### Variation de l'atténuation secondaire.

L'atténuation secondaire est forcément limitée, comme maximum, à la différence entre l'atténuation principale et l'atténuation limite, mais cette dernière est rarement atteinte à la livraison.

L'atténuation secondaire varie sous l'influence des causes suivantes :

*Température et durée de garde.* — La vitesse avec laquelle progresse l'atténuation au foudre augmente avec la température de la bière; si donc les caves sont chaudes, toute l'atténuation secondaire pourra être réalisée en peu de jours, et cela d'autant plus que les cellules de levure sont au début toutes en suspension. Si, au contraire, les caves sont froides, l'atténuation secondaire ne progressera

que lentement, surtout à partir du moment où les cellules seront en grande partie déposées et la clarification faite.

Pour une même atténuation secondaire, la durée de garde devra donc varier en raison inverse de la température des caves.

Cette durée est abrégée en traversant la bière à une température supérieure de 2° à 3° à celle des caves, si celles-ci sont très froides; car l'équilibre de température ne se réalise qu'avec une grande lenteur entre l'air et la bière, à cause de la mauvaise conductibilité des parois des foudres et de la petite surface de la bonde. Pour la même raison, on peut augmenter le temps nécessaire à une atténuation secondaire donnée, pour des caves chaudes, en refroidissant la bière au traversage au-dessous du degré des caves.

*Composition de la bière.* — La fermentation secondaire porte uniquement sur les maltodextrines et celles-ci sont déjà en partie attaquées à la fermentation principale. L'atténuation au foudre dépendra donc de la proportion de maltose combiné des maltodextrines au traversage, et elle pourra être d'autant plus forte que l'atténuation principale aura été moindre, la limite étant supposée la même.

Mais une autre considération intervient; lorsque les cellules de levure ne trouvent plus dans la bière d'aliment azoté assimilable pour elles, la diastase protéolytique agit sur les matières azotées de réserve et elle peut attaquer, dans ces conditions, la zymase. Il en résulte que l'atténuation secondaire sera très faible ou nulle quand la bière arrivera au foudre, à peu près dépouillée d'azote assimilable. S'il reste de cet azote, de nouvelles cellules se formeront au foudre et l'atténuation secondaire s'élèvera.

*Remplissages.* — L'atténuation secondaire augmente par les remplissages, ce que l'on peut encore attribuer au mouvement qui se produit dans cette opération.

*Dépôt.* — On le réalise soit spontanément, soit par l'emploi de copeaux qui offrent une très grande surface au dépôt des cellules. Il en résulte que celles-ci sont toutes en contact avec le liquide et qu'elles peuvent toutes absorber des maltodextrines; sans copeaux, les levures seraient entassées au fond du foudre. L'emploi des copeaux augmente donc l'atténuation secondaire.

Inversement, le collage par 2<sup>s</sup> ou 3<sup>s</sup> de gélatine, que l'on effectue parfois, réduit l'atténuation et le développement des levures.

### Conséquences pratiques.

Pour qu'une bière, à sa livraison, soit à l'abri des refermentations ou dépôt de levure, il faut qu'elle ait atteint sensiblement son atténuation limite, et qu'elle ne contienne plus de matières azotées assimilables. D'autre part, cette bière doit être saturée d'acide carbonique et généralement soumise à une certaine pression de ce gaz; il convient donc que, pendant la durée de garde, la bière ait un dégagement continu d'acide carbonique, c'est-à-dire une fermentation ininterrompue. Elle peut être très faible si les caves sont très froides.

Pour la bière pâle ou ambrée, devant être livrée en canettes, il est nécessaire que l'on ait à la livraison une atténuation peu différente de la limite et un épuisement complet en azote assimilable; en effet, le filtre, comme nous le verrons, laisse passer un nombre considérable de cellules; celles-ci arrivent après une violente agitation dans la canette, et, si elles trouvent des aliments azotés, elles se reproduiront avec dépôt de levure; ceci sera facilité par la petite masse de la canette qui se réchauffe rapidement une fois sortie de la brasserie.

Pour la bière pâle ou ambrée en fût, les variations de température après livraison sont beaucoup moins grandes et moins rapides qu'en canettes, et l'on peut obtenir de bons résultats comme conservation, même si l'atténuation à la livraison est de 6 à 8 pour 100 au-dessous de la limite; mais il faut néanmoins que la bière soit épuisée en azote assimilable.

Pour les bières brunes, l'atténuation limite des moûts n'est jamais atteinte à la livraison, et l'épuisement en azote n'est pas réalisé. Aussi les bières sont-elles sujettes aux dépôts de levure après leur sortie de la brasserie et dès qu'elles se réchauffent.

L'atténuation limite la plus basse est évidemment la plus conforme aux intérêts économiques, car, même en l'atteignant à la livraison, la bière conserve un extrait assez fort, et l'on peut donc réduire la concentration du moût; toutefois, pour la bière pâle ou ambrée en canettes, l'expérience prouve qu'il ne faut pas descendre, comme atténuation limite, au-dessous de 66 à 68 pour 100 et que la conservation est même en général meilleure avec une atténuation limite de 74 à 75 pour 100, la bière à la livraison atteignant 72 à 73 pour 100, atténuation apparente.

Quand il s'agit de bière livrée en fûts, on peut réduire l'atténuation à la livraison à 62 pour 100 environ, pour une limite de 66 à 68, à

condition d'avoir des caves bien froides et une durée de garde de deux mois au moins.

Pour remplir les conditions énoncées, il faut répartir l'atténuation principale et la secondaire suivant la durée et la température de garde.

Considérons spécialement le cas d'une bière pâle ou ambrée vendue en canettes : l'atténuation limite doit être atteinte à peu près à la livraison, soit avec un écart de 2 pour 100 environ.

Si les caves de garde sont très froides, au-dessous de 2°, et que l'on ne puisse garder en foudre que 15, 20, 30 jours, l'atténuation principale devra être aussi élevée que possible, de façon à laisser seulement 2 à 5 pour 100 pour la secondaire, celle-ci étant courte et peu active avec la température des caves. Ainsi, l'atténuation limite étant par exemple 73 pour 100, et celle à la livraison 71 pour 100, l'atténuation principale devra atteindre 66 à 68 pour 100, d'autant plus haute que la durée de garde sera plus courte et la température plus basse.

Si, les caves de garde étant très froides, la durée de garde peut atteindre deux mois ou davantage, l'atténuation principale doit être abaissée, et on laisse 8 à 10 pour 100 pour l'atténuation secondaire, soit une atténuation principale de 60 à 62 pour 100.

Enfin, pour une cave plus chaude, la durée de garde est forcément courte, puisqu'on ne doit pas atteindre l'atténuation limite avant la livraison. L'écart entre la limite et l'atténuation principale devra donc être d'autant plus grand que la température de la cave sera plus élevée, ou que l'on voudra prolonger davantage le séjour en foudre.

Pour la bière brune, il est indispensable d'avoir des caves à 0°,5 à 1° au plus, l'atténuation à la livraison étant de 50 à 55 pour 100.

L'atténuation limite des bières brunes est généralement voisine de 65 pour 100.

L'atténuation principale étant fixée d'après l'atténuation limite, la durée et la température de garde, il s'agit de la réaliser en profitant de divers facteurs capables de la modifier, température, tranché de la levure, durée, agitation, marche de fermentation, etc. Si cette atténuation ne peut être obtenue pratiquement d'une façon normale, c'est que la composition du moût est défectueuse et il convient de la changer par le brassage ou les matières premières.

Lorsque l'atténuation secondaire ne fournit pas le chiffre prévu, on peut aussi la modifier dans certaines limites par les remplissages, la température de traversage et au besoin en employant des copeaux.

En ce qui concerne la fermentation principale elle-même, il y a

lieu de recommander la mise en levain, par du moût en pleine fermentation, soit par coupage, à volume égal, soit au moins avec  $\frac{1}{10}$  du volume, et il faut assurer le mélange intime de la levure et du moût pendant les premiers jours, en agitant ou en faisant de courtes périodes d'aération.

Une température de mise en levain de 6° à 7° permet d'accélérer la fermentation, sans inconvénient pour la qualité, à condition que le maximum ne dépasse pas 9° ou exceptionnellement 10° quand les caves de garde sont très froides et la durée de garde de six semaines à deux mois au moins.

Le meilleur traitement de la levure est de l'employer immédiatement sans lavage, celui-ci n'étant fait que d'une manière *exceptionnelle*; il est même complètement inutile si l'on procède à une décantation du moût quelques heures après la mise en levain.

Quand on pratique le lavage, il est préférable de sacrifier une partie de la levure et de décanter les couches supérieures encore louches. La séparation de la levure se fait le mieux au filtre-presse ou à la turbine. Comme appareils de lavage du levain, les cuves hémisphériques en fonte émaillée montées sur tourillons sont très recommandables et bien supérieures aux bacs en bois même vernis.

Dans le choix de la levure il faut considérer, en premier lieu, la pureté, comme ferments étrangers, ensuite les qualités de goût et de mousse, enfin le tranché plus ou moins rapide suivant que l'on veut obtenir des atténuations basses ou élevées. Les levures à tranché rapide entraînent plus facilement avec elles les bactéries et les levures sauvages. Le bondage doit être de 10 à 15 jours au plus pour des bières de garde; en caves très froides, on peut même le supprimer.

Pour les bières plus jeunes en foudre, et pour les caves chaudes, le bondage doit être fait au moment où la fermentation secondaire est encore vive, et il ne faut pas le prolonger au delà du temps nécessaire pour obtenir une pression de  $\frac{1}{10}$  à  $\frac{2}{10}$  de kilos.

#### Fermentation dans les appareils clos.

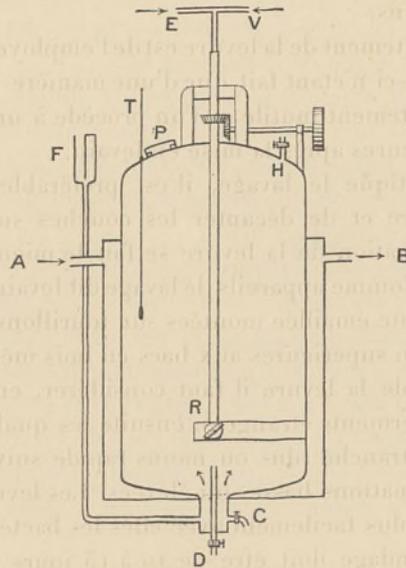
Le principe de ces procédés est d'obtenir une fermentation rapide avec une atténuation principale voisine de celle qu'on doit atteindre à la livraison, de façon à réduire beaucoup ou même à supprimer complètement la fermentation secondaire.

L'accélération de la fermentation principale est réalisée par l'agi-

tation du liquide soit par un vagueur, soit par une injection d'air. La fermentation secondaire est accomplie soit dans des foudres à la manière ordinaire, soit dans des appareils spéciaux, et, dans ce dernier cas, on sature habituellement la bière terminée à l'aide d'acide carbonique liquéfié.

Nous prendrons comme type de ces procédés le *système Hansena* imaginé par Nathan (*fig. 79*). Il se compose d'un cylindre d'une ca-

Fig. 79.



Appareil Nathan *Hansena*.

- A, entrée, et B, sortie de l'eau glacée de la double enveloppe. —
- H, tubulure reliée à la pompe à vide. — F, amenée d'air filtré.
- E et V, amenée d'eau et de vapeur par l'axe. — R, agitateur hélicoïdal.

pacité allant jusqu'à 100 hectolitres, en fonte doublée intérieurement par plusieurs couches d'émail appliqué au feu et supportant sans fêlure de fortes différences de température. Le cylindre est complètement clos, il est muni d'une double enveloppe. Dans l'espace annulaire on peut faire circuler de l'eau froide ou glacée, ce qui permet de maintenir la température du moût en fermentation, l'appareil étant placé dans un local quelconque, non refroidi.

À la partie inférieure existe une tubulure permettant de traverser la bière à l'aide d'un tuyau D dépassant un peu le fond, et une amenée d'air purifié par le filtre à coton F. Un vagueur hélicoïdal R est com-

mandé par le haut avec un engrenage. Il y a en plus une tubulure P pour introduire le moût et une autre H reliée à une pompe aspirante, une enfin sur le côté, pour la mise en levain.

L'axe du vagueur est creux, et l'on peut faire arriver soit de la vapeur par le tuyau V, soit de l'eau par la canalisation E; la vidange et le nettoyage se font par le robinet C.

L'appareil ayant été stérilisé par la vapeur, on y fait arriver le moût sortant du panier à houblon, et l'on commence immédiatement à refroidir par la double enveloppe et à aérer; la pompe aspirant par H fait un appel d'air et celui-ci arrivant par le bas est mélangé intimement au moût par le jeu de l'agitateur R.

Une fois le moût amené à la température voulue, ce qu'indique le thermomètre T, on met en levain à l'aide d'un bidon spécial contenant du moût en fermentation. Le moût est stérile et a été chargé avec une levure pure; on fait passer le contenu du bidon dans le cylindre par une pression d'air filtré.

On pratique alors d'une façon intermittente l'injection d'air et l'agitation; lorsqu'il se dégage de l'acide carbonique pur, celui-ci, aspiré par la pompe, est refoulé dans un laveur à eau (quelquefois, l'eau est remplacée par une solution de permanganate de potasse), puis renvoyé dans le cylindre au lieu d'air. On continue de la sorte jusqu'au moment où les gaz se dégageant n'ont plus de goût de fermentation.

La température est réglée par la double enveloppe et l'on arrive à obtenir en 8 à 10 jours une atténuation voisine de l'atténuation limite.

Quand la fermentation est assez avancée, on laisse déposer pendant 36 heures en refroidissant fortement la bière, puis, à l'aide d'une pression d'acide carbonique, on traverse dans un deuxième cylindre identique, préalablement stérilisé. La température ayant été abaissée à 1° environ, on sature par l'acide carbonique en faisant fonctionner le vagueur, et on laisse finalement une petite pression de ce gaz. Une fois la saturation complète on filtre et l'on soutire en fûts.

Nous mentionnerons simplement l'appareil de M. Velten, fondé sur un principe analogue et sur lequel nous ne nous croyons pas autorisés à donner de détails.

*Examen du procédé.* — Le système Hansena est très séduisant, car il supprime la cave de garde, la réfrigération de la cave de fermentation, et celle-ci peut être de dimensions fort restreintes; en outre, la main d'œuvre est réduite à fort peu de chose, car la paroi

du cylindre étant rigoureusement imperméable, l'eau et la vapeur lancées par les canalisations E et V suffisent à faire le nettoyage et une stérilisation complète.

D'autre part, le moût arrivant bouillant dans le cylindre et se trouvant mis en levain avec une levûre pure, il ne peut y avoir contamination que par l'air injecté, ou par l'appareil lui-même.

Mais il faut considérer, d'autre part, que les bières livrées au bout de 10 à 12 jours, et saturées d'acide carbonique, n'ont ni le bouquet ni la mousse de celles qui ont subi une garde de 6 à 12 semaines en foudres, en admettant même que la saturation par injection d'acide carbonique donne une mousse normale; le procédé ne paraît donc applicable qu'aux bières de consommation courante et non aux bières de marque.

En outre, les appareils Hansena sont de véritables instruments de laboratoire qui doivent être contrôlés au point de vue bactériologique, sans quoi la moindre négligence peut amener une infection grave; ces conditions de contrôle ne sont évidemment pas réalisables dans beaucoup de brasseries.

Il nous semble donc que les appareils Hansena, dans les conditions actuelles au moins, ne puissent réussir que pour des bières courantes et avec un contrôle bactériologique très sérieux et constant.

Le procédé Hansena, théoriquement parlant, est à l'abri de toute critique; il nous paraît donc inutile de mentionner d'autres systèmes antérieurs, et prêtant à des objections que Nathan a su éviter.

#### Procédés divers de fermentation.

Dans les brasseries dont les caves de fermentation sont trop petites, il y aurait évidemment grand avantage à réduire la durée de fermentation, qui est en moyenne de 10 à 12 jours; on peut y arriver en élevant la température de mise en levain, à 8° par exemple, à condition de ne pas dépasser 9°,5 ou 10° comme maximum, et l'on peut ainsi ramener à 7 jours environ le séjour en cuves. Ce procédé n'a pas grand inconvénient lorsque les caves de garde sont à très basse température, car on fait disparaître ainsi la plus grande sensibilité au froid et le goût de jeune plus marqué que donne une fermentation plus chaude; mais, si les caves de garde sont chaudes, le procédé en question fournit des bières médiocres comme goût.

Le procédé de Krause abrège encore la fermentation en combinant

une mise en levain à 8°, 5 avec une agitation; celle-ci est produite par une injection d'air à l'aide d'un tube perforé qui est plongé un peu au-dessous de la surface libre, et par lequel on fait arriver de l'air filtré; le maximum est 10° et l'on peut arriver à fermenter en 5 jours environ. Avec des caves de garde froides, une conservation de deux mois et un air bien filtré, le résultat n'est pas mauvais.

D'autre part, dans beaucoup de brasseries, les moyens de réfrigération sont insuffisants, et il arrive souvent que la bière haute, cessant de plaire aux consommateurs, dans une région, le brasseur est arrêté dans son désir de fabriquer de la bière basse par les dépenses d'une installation frigorifique. Une bière fermentée avec de la levure basse à 12°-15°, et conservée dans des caves de même température, ne ressemble à aucun degré à la fermentation basse et contracte un goût de chauffé fort désagréable.

M. Jacquemin a essayé de réaliser une fermentation et une conservation à températures élevées, 15°-20°, en employant une levure spéciale, cultivée pendant plusieurs générations en présence de doses croissantes d'acide tartrique, et acclimatée à cet acide. L'usage de cette levure est combiné à l'emploi d'un réfrigérant clos, et la fermentation peut s'effectuer soit dans une cuve, soit dans des foudres. Le procédé est en pratique à la Brasserie de la Glacière, à Paris, mais ne paraît pas s'être répandu en France. Les bières fermentées à températures élevées ont, en général, une très grande sensibilité au froid, à cause de la diffusion considérable des matières azotées de la levure dans le liquide, et l'on est ordinairement obligé de refroidir fortement les bières au voisinage de 1°, puis de les saturer d'acide carbonique avant de les filtrer, et le goût ne paraît pas identique à celui des véritables bières basses.

#### FERMENTATION HAUTE.

Elle se pratique de diverses manières, suivant la région :

1° Les fermentations principale et secondaire se font dans le fût servant à la livraison;

2° La fermentation principale a lieu dans des fûts de grande capacité (demi-muids), de 500<sup>l</sup> à 600<sup>l</sup>, tandis que la secondaire et la livraison se font dans des fûts de petite dimension, de 30<sup>l</sup> à 180<sup>l</sup>;

3° On opère la fermentation principale dans des cuves en bois, la secondaire dans les fûts de livraison;

4° Fermentation principale en cuve, fermentation secondaire en foudres, livraison dans les fûts. Cette dernière fabrication répond à la *bière mixte*.

Le premier type est de beaucoup le plus répandu dans la région du Nord et les départements des Ardennes et de l'Aisne; on rencontre beaucoup plus rarement, dans la région du Nord, et aussi un peu dans le Midi, le deuxième et le troisième système; enfin, la bière mixte n'a qu'un nombre assez restreint de représentants.

La bière mixte se rapproche entièrement de la fermentation basse, en ce sens qu'elle a lieu à température peu élevée et que, presque toujours, la clarification a lieu par filtration; c'est, si l'on veut, une méthode de bière basse conduite avec une levure haute.

Au contraire, dans les autres procédés, la clarification a lieu d'une façon presque constante par collage, effectué le plus souvent par le haut.

*Fûts de fermentation.* — Les fûts de fermentation haute, aussi bien ceux de livraison que les demi-muids, sont presque toujours en bois non verni ni goudronné, et cette pratique est la cause la plus fréquente des accidents de fabrication qui se produisent si souvent en été, et persistent parfois pendant toute la saison : en effet, le bois s'imprègne de bière pendant la fermentation et, si celle-ci n'est pas absolument pure, les bactéries ou levures sauvages se développent et, à la fermentation suivante, infectent la bière; l'infection se propage donc, en s'aggravant à chaque génération, dans les fûts contaminés; la présence d'un dépôt de résines assez dense augmente encore les dangers présentés par ces ferments. Une autre cause d'accidents est que le fût reste un temps souvent long chez les clients, avec des restes de bière avariée, et que les ferments pullulent dans ces restes, pénétrant, eux aussi, dans les pores du bois.

Il faut donc attacher une importance particulière au nettoyage de ces fûts, et il est loin d'être fait toujours avec les précautions indispensables.

*Traitement de fûts.* — Lorsqu'il s'agit des fûts de petite dimension, servant à la fois à la fermentation et à la livraison, le système le plus habituel consiste à les passer à la chaîne puis, après un rinçage, on traite par l'eau chaude ou par la vapeur. Mais c'est là une stérilisation tout à fait illusoire; en effet, la mauvaise conductibilité du bois ne permet qu'un échauffement assez lent des parois, de sorte que, si l'intérieur même est à 100°, les couches ligneuses profondes de quelques

dixièmes de millimètre n'atteignent que 60°-70°, et souvent moins ; or, ces couches contiennent des bactéries ou des levures sauvages bien vivantes. Avec l'eau bouillante, on obtient une action plus profonde, mais il faudrait maintenir le fût plein d'eau pendant 15-20 minutes, ou y injecter de la vapeur pendant au moins le même temps, ce qu'on ne fait guère.

Dans quelques brasseries, on traite les fûts chaînés par un lait de chaux, par la soude ; on utilise aussi le chlorure de chaux, l'acide sulfurique, le sulfate ou le chlorure de zinc. Ces traitements sont appliqués surtout aux fûts qui ont une mauvaise odeur.

Ces diverses substances présentent des inconvénients : en effet, le lait de chaux ou la soude à 5-8 pour 100 attaquent un peu le bois et donnent facilement un goût de lessive. Il faut avoir soin d'effectuer plusieurs rinçages à l'eau chaude, pour éliminer ce goût. Quelquefois aussi, on rince avec une solution très étendue d'acide sulfurique, qui fait disparaître toute réaction alcaline.

Le chlorure de chaux ou l'eau de Javel agissent à la fois par leur chlore et par la chaux ou, respectivement, la soude qui s'y trouve toujours à dose importante ; ces produits sont des antiseptiques fort actifs, mais ils agissent fâcheusement sur la levure à dose très minime, et laissent facilement un goût de chlore. On peut faire disparaître toute trace de chlore, en faisant un rinçage, d'abord à l'eau, puis avec du bisulfite de chaux étendu et l'on termine encore avec de l'eau chaude. Dans ces conditions, le chlorure de chaux ou l'eau de Javel sont les agents les plus énergiques.

L'acide sulfurique est un antiseptique assez actif, et, s'il est employé étendu et bouillant, il donne de bons résultats. Quelques-uns lui reprochent de rendre les bières plates.

Enfin, les sels de zinc sont très énergiques, mais ils agissent à faible dose sur la levure, et ces corps ne sont pas éliminés du bois par des lavages à l'eau. Au point de vue de la stérilisation des fûts, c'est un avantage, mais il ne faut les employer qu'avec précaution, à faible concentration, soit 1 pour 100 environ, et rincer très soigneusement. Les sels de zinc conviennent très bien pour le lavage extérieur des fûts.

On utilise quelquefois aussi les fluorures pour la désinfection des fûts et à dose de 50<sup>g</sup> à 80<sup>g</sup> par hectolitre pour le fluorure d'ammonium, et 300<sup>g</sup> à 400<sup>g</sup> pour celui d'aluminium, mais cette solution n'agit efficacement qu'après un contact de quelques heures, ce qui, joint au prix

assez élevé de l'antiseptique, ne permet guère à ce traitement de se généraliser.

Lorsque le fût est tout à fait infect, on le démonte et l'on rabote les douves.

Quand il s'agit de demi-muids, le nettoyage est encore plus sommaire, car la dimension de ces vaisseaux ne permet naturellement pas de les déplacer souvent, de sorte qu'on se borne à un simple lavage à l'eau après chaque fermentation et, quand les accidents de fabrication apparaissent, on fait aussi raboter les douves. On peut utilement, pour les demi-muids, pratiquer le soufrage comme complément du nettoyage; la stérilisation n'est pas sûrement complète, à moins de prolonger beaucoup l'action, mais c'est une mesure de défense recommandable.

La meilleure manière d'éviter les contaminations par les fûts est de rendre leur paroi imperméable; le goudronnage, qui effectue en même temps une stérilisation, est très peu employé; la faible épaisseur des parois, pour les fûts habituels, est d'abord un obstacle sérieux, mais, en outre, on redoute les frais de cette opération, frais bien minimes cependant, à côté de la sécurité qu'on obtient, même en ne renouvelant le goudronnage que 3 ou 4 fois par an.

Le reproche que l'on adresse le plus communément au goudronnage, est que le rejet de la levure ne se fait pas bien, le collage non plus, et qu'on a des levures de fond; cependant, plusieurs brasseries, qui ont fait des essais sérieux, n'ont pas constaté de différence appréciable; il serait facile, du reste, de rendre l'enduit de poix un peu rugueux, en versant de l'eau dans le fût avant son refroidissement complet: la paroi devient blanchâtre, mais elle se recouvre de nombreuses petites aspérités.

Enfin, on accuse les fûts goudronnés de donner un goût de poix à la bière, mais cela ne saurait être attribué qu'à l'emploi d'une poix défectueuse; on peut d'ailleurs se mettre à l'abri de ce goût éventuel en faisant une fausse fermentation dans ce fût, poissé à neuf, avec du moût faible ou des amers.

Nous considérerons donc l'emploi des fûts goudronnés comme le meilleur système, et celui qui peut donner à la fermentation haute le plus de sécurité.

Lorsque la fermentation principale est opérée en demi-muids, le goudronnage des fûts de livraison est tout aussi recommandable, et il faudrait même l'étendre aux demi-muids eux-mêmes.

On emploie aussi parfois les vernis pour imperméabiliser les fûts;

mais ces vernis ont le double inconvénient d'être coûteux et de résister très mal aux chocs inévitables. La couche de vernis se fissure donc très vite et ne donne ordinairement qu'une sécurité trompeuse.

*Marche de la fermentation en fûts.* — Le moût refroidi à une température variant entre 15° et 20°, parfois entre 20° et 25°, est mis en levain, soit en cuve guilloire, soit directement dans les fûts, avec 150<sup>g</sup> à 300<sup>g</sup> de levure pressée par hectolitre, et l'on agite le mieux possible; les fûts sont disposés sur des chantiers, la bonde un peu inclinée, et au-dessous se trouvent des récipients destinés à recueillir les mousses et la levure rejetées par la fermentation; ces récipients s'appellent, suivant les localités, *ovales, cuvettes, menettes, miniaux*. Quelques heures après la mise en levain, suivant la température du moût et celle de la cave, des mousses commencent à dégorger par le trou de bonde et, ruisselant sur les parois externes des fûts, tombent dans les miniaux; ces premières mousses entraînent de la résine et constituent ce que l'on nomme les *amers* ou *purures*. Le dégorgement continuant, le fût se vide en partie, et la levure qui monte à la surface du liquide ne pourrait plus être expulsée si l'on ne faisait pas de remplissages. On utilise pour cela le contenu des miniaux, que l'on écume pour extraire les résines, et cette opération s'appelle *rendre purure*. On fait généralement un remplissage au bout de 36 heures, plus tôt si la température est élevée, plus tard si elle est basse. Ce remplissage doit être fait, en tous cas, avant que la levure n'apparaisse à la bonde. Dans un certain nombre de brasseries, on fait plusieurs remplissages.

Dès que les mousses se dégageant sont chargées de levure, ce que l'on constate d'après leur consistance grasse, on vide et l'on rince les miniaux, dans lesquels coule de la bière tenant la levure en suspension.

On pratique encore un ou plusieurs remplissages, pour faciliter l'expulsion de la levure, en se servant du liquide des miniaux, et cela jusqu'au moment où les mousses deviennent légères, ce qui indique que la levure ne vient plus. On fait encore un remplissage et l'on frappe les parois du fût avec un marteau, pour détacher les cellules qui pourraient s'y trouver fixées.

C'est à ce moment qu'on pratique le collage par le haut; la colle ayant été rejetée, on fait un remplissage avec de la bière claire et, quand la mousse est bien blanche, la fermentation complémentaire étant en cours, on pose la bonde sans la fixer, puis, au bout de 2 ou 3 jours, on ferme complètement la bonde et on livre.

Quand on colle par le bas, on pratique l'opération un peu plus tard, au moment où le dégagement d'acide carbonique se ralentit, et on livre sur *lies* comme on dit : c'est-à-dire que le client doit laisser le fût reposer un ou deux jours au moins avant de pouvoir l'utiliser.

Lorsque la fermentation principale a lieu en demi-muids, les phases de la fermentation sont exactement les mêmes jusqu'à la fin de la période de levure ; à ce moment on fait passer la bière dans les fûts d'expédition, et l'on pratique le collage.

Dans d'autres systèmes, on fait la fermentation principale dans des fûts de petite dimension et, lorsque le lavage est terminé, on envoie la bière dans des foudres où elle accomplit sa fermentation secondaire. On colle alors par le bas, soit à la brasserie, soit chez le client.

*Miniaux.* — Dans les anciennes brasseries, les miniaux sont constitués souvent par une auge en pierre et les fûts sont placés en travers. L'auge a une pente, et un orifice de vidange.

Fréquemment, on a de simples cuveaux en bois que l'on dispose sous les fûts, et ceux-ci ont leur bonde inclinée de façon qu'une menette serve à deux fûts ; quelquefois aussi l'on rencontre des miniaux en tôle (*fig.* 80).

Enfin, très rarement, les menettes sont des bacs en fer émaillé, ou en cuivre étamé.

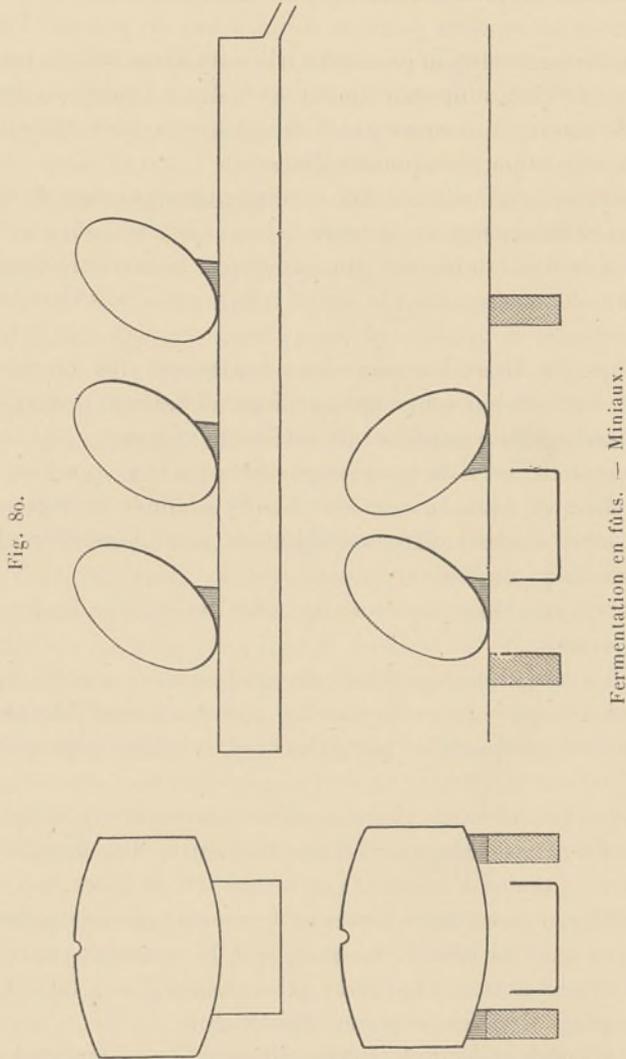
Il est bien évident que ces deux dernières formes sont de beaucoup les meilleures ; en effet, elles sont à paroi imperméable et lisse et peuvent par conséquent se nettoyer et se stériliser avec une grande facilité.

Il n'en est pas de même des menettes fixes en pierre, ou mobiles en bois. En effet, la pierre a une surface rugueuse, et toutes les petites cavités servent d'abri à des restes de levure, ou de bière, qui se putréfient et s'altèrent par toutes sortes de ferments ; ceux-ci passent dans les amers et dans la levure, de sorte que la contamination se communique des menettes à la bière, et de celle-ci aux fûts. Les altérations peuvent donc se propager rapidement.

Pour les ovales en bois, le même raisonnement s'applique et il faut tenir compte en plus de la porosité du bois.

Ces miniaux de bois ou de pierre sont d'un nettoyage très malaisé et d'une stérilisation presque impossible à réaliser pratiquement. On emploie la brosse et l'eau, et quelquefois les mêmes solutions antiseptiques que pour les fûts. Le fluorure d'ammonium et, en seconde ligne, le chlorure de zinc sont les plus efficaces, mais il convient de

laisser le chlorure de zinc agir quelques minutes seulement, tandis que, pour le fluorure, un contact de plusieurs heures est meilleur.



Dans les deux cas, pour les rinçages soigneux, on utilise aussi le bisulfite de chaux, bien que l'odeur de ce produit rende son emploi très pénible.

La levure recueillie dans les miniaux reste pour une partie à la surface, le reste tombant au fond; on réunit cette levure dans un bac

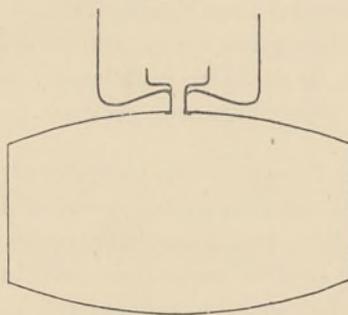
où on la laisse se décanter, opération longue et fort dangereuse, car, si la bière mélangée contient des bactéries, la température élevée des caves rend très rapide le développement de celles-ci.

*Remplissages.* — Ils doivent être très surveillés, car, s'ils sont faits en retard, le vide du fût étant trop grand, le rejet des mousses ou de la levure s'interrompt, et l'on a alors des levures de fond, ce qui est particulièrement mauvais quand on colle par le haut; il faut donc que les ouvriers fassent au besoin ces remplissages pendant la nuit; en outre, la manipulation de la bière, prise avec des cruches dans les cuves en pierre, ou vidée directement des menettes dans les fûts, est pénible.

Une première simplification est obtenue en fermentant en demi-muids, puisqu'on n'a plus à faire les remplissages que sur un nombre de fûts quatre à six fois moindre, mais le volume de purures reste le même et les autres inconvénients subsistent. De même, la bière et la levure restent toujours dans les miniaux exposées à de graves dangers d'infection, hors le cas, exceptionnel, où les appareils sont en métal.

On a donc songé à effectuer automatiquement ces remplissages; l'on emploie pour cela divers dispositifs. Le principe est à peu près

Fig. 81.



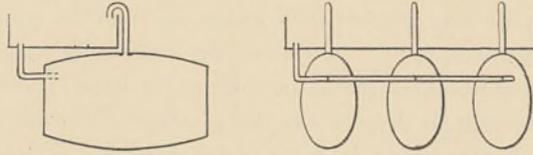
Remplisseur automatique.

toujours le même : on fait communiquer le trou de bonde avec un réservoir, soit métallique, soit en bois verni ou laqué, et un tube, s'ouvrant à quelque distance au-dessus du fond, ramène le liquide, dans le fût, soit par la bonde, soit par l'un des fonds, tandis que la levure se dépose au-dessous de l'orifice de vidange ou flotte à la surface du liquide dans le réservoir. On commence généralement par remplir celui-ci avec du moût, de façon à assurer et au delà les

besoins du remplissage, et à ce que la levure de surface ne soit pas entraînée.

Les figures (81, 82) représentent divers dispositifs de remplis-

Fig. 82.



Remplisseur automatique pour plusieurs fûts.

sage automatique et leur fonctionnement se comprend de lui-même.

Ces appareils peuvent être adaptés soit à des fûts, soit à des demi-muids.

Les remplisseurs automatiques présentent de grands avantages au point de vue de la facilité du travail : ils réduisent à presque rien les pertes de bière, qu'on ne saurait éviter dans le maniement des menettes, et, si l'on apporte un peu de soin au nettoyage, les chances d'infection sont aussi beaucoup diminuées. A ce dernier point de vue, les remplisseurs métalliques semblent préférables, puisqu'ils peuvent être stérilisés sûrement par l'eau bouillante.

Le reproche le plus grave qu'on leur adresse est d'exiger une dépense considérable de première installation ; mais, avec le système des demi-muids, on réduit beaucoup ces frais.

*Traitement de la levure.* — La levure haute se sépare très lentement des liquides et encore se partage-t-elle en deux parties, l'une au fond, l'autre à la surface ; beaucoup de brasseurs n'utilisent que cette dernière et, pendant tout le temps que s'effectue la décantation, la levure est exposée à des infections redoutables, parmi lesquelles celle due au saccharobacille est l'une des plus fréquentes et des plus graves.

Si, après avoir écumé les menettes, on veut laver la levure, en la délayant dans l'eau froide, il faut attendre souvent plus de 24 heures avant de pouvoir effectuer la récolte de la levure, et comme, en fermentation haute, on ne dispose pas d'eau glacée mais d'eau de source, de puits ou de rivière, dont la température oscille entre 10° et 25° ou 30°, il résulte de ce lavage un épuisement de la levure par le jeu de la diastase protéolytique et de nouvelles chances d'infection.

Ces inconvénients disparaissent quand on emploie un filtre-presse ou une turbine, et le premier paraît plus recommandable, parce qu'il ne nécessite aucune force motrice, qu'il n'y a point de chances d'accidents, comme avec la turbine, et enfin, parce que cette dernière détériore toujours un certain nombre de cellules de levure.

L'opération étant très rapide, on fait disparaître les dangers d'infection ou du moins on les réduit dans une large mesure. Le procédé le plus recommandable consiste à envoyer d'abord, au filtre-presse, la levure des menettes; ensuite, on délaye dans de l'eau froide les gâteaux de levure formés dans ce filtre et l'on recommence l'opération.

*Fermentation principale en cuve.* — Le moût est mis en levain entre 13° et 20° dans des cuves en bois verni ou rarement goudronné, quelquefois en tôle vernie. La cuve est munie d'un serpentin pour la circulation d'eau fraîche, et d'un dispositif pour recueillir la levure. On peut employer à cet usage deux systèmes.

Dans le premier cas, on imite ce qui se fait dans les anciennes fabriques de levure : la cuve possède une échancrure, reliée à une rigole en bois ou mieux en métal, et celle-ci aboutit à un bac où la levure se dépose. A l'aide d'une raclette en bois, à long manche, un

Fig. 83.

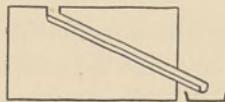
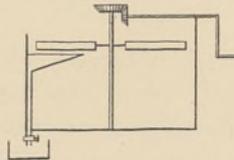


Fig. 84.



Récolte de la levure.

ouvrier pousse, au moment du levurage, les mousses vers l'échancrure (*fig.* 83).

La rigole doit être maintenue à un grand état de propreté, ce qui est plus facilement réalisable si elle est en métal, fort malaisé au contraire s'il s'agit de bois, et surtout de sapin ou de peuplier, perméables.

Dans le deuxième dispositif, l'on a (*fig.* 84) une sorte d'entonnoir placé à la partie supérieure un peu au-dessus de la surface du moût, et il communique par un tuyau métallique avec un bac à levure. La cuve porte un agitateur à palettes, que l'on peut manœuvrer à la main et qui pousse encore la levure et les mousses dans l'entonnoir et, de là, dans le bac.

Enfin, on se contente très souvent d'écumer simplement la levure à la surface des cuves.

Le maximum de température peut être réglé à volonté s'il y a un serpentín, tandis qu'on ne peut le modifier que par le degré de mise en levain, si l'on ne possède aucun moyen de réfrigération, c'est-à-dire si l'eau est à une température trop élevée (eau de rivière); cependant il est à conseiller, au point de vue de la finesse de la bière, de mettre en levain vers 13°-15° et de ne pas dépasser 18°-20°; le goût est d'autant moins âpre que la température est plus basse. On ramène à la température de mise en levain quand on peut refroidir, ensuite on soutire dans des fûts d'expédition, et, après quelques jours de fermentation secondaire, quelquefois même immédiatement, on pratique le collage par le bas. On peut aussi coller par le haut, mais à condition d'opérer immédiatement après le traversage.

Ce système est modifié dans le procédé de Burton. La fermentation n'est poursuivie en cuves que jusqu'au moment où les premiers signes du levurage apparaissent; on traverse alors dans des fûts avec remplisseurs automatiques (*fig.* 82) et l'on a soin d'agiter souvent les fûts pour faciliter le dégorgement. Une fois le levurage terminé, la bière est soutirée à l'aide d'un robinet, qui déborde un peu la paroi, de façon à retenir le dépôt éventuel, levures de fond notamment, et envoyée dans des fûts d'expédition, où elle est collée.

*Fermentation mixte.* — La fermentation principale a lieu en cuves, munies de réfrigérants à eau froide, et s'il est nécessaire à eau glacée. La marche qui donne les bières les plus fines comprend une mise en levain à 11°-11°, 5 (maximum 13°, 5-14°), et l'on commence à refroidir bien avant que le maximum soit atteint, de façon à ne pas opérer une réfrigération brusque, qui rendrait la montée de levure lente et paresseuse. On pratique des écumages fréquents et, lorsqu'il ne se forme plus de levure, on refroidit à 10° environ, puis on traverse dans des foudres, situés dans une cave fraîche; la température de cette cave peut varier de 5° à 12° suivant la durée de garde; c'est le second chiffre qui est le plus fréquent. Au bout de 2 à 4 jours, les résines et un peu de levure ayant été rejetées par la bonde, on remplit avec de la bière, souvent en ajoutant du moût en pleine fermentation (de 1<sup>l</sup> à 5<sup>l</sup> par hectolitre) et l'on bonde. On peut alors livrer après 8 à 30 jours.

Quand la cave est très froide, on peut laisser pendant plusieurs mois la bière en foudres, et l'on ajoute presque toujours un peu de moût en fermentation avant de bonder.

La bière est filtrée, ou collée par le bas, et cette dernière opération se fait souvent dans les fûts d'expédition; la bière ne peut être alors consommée qu'après un repos de 24 à 48 heures.

*Conditions à réaliser.* — On ne rencontre plus que bien rarement la bière livrée en canettes avec un fort dépôt de levure au fond, dépôt qui doit être compact et adhérent aux parois, de façon à ne troubler qu'une faible partie du liquide. Dans ce cas, il est évident que la fermentation secondaire a lieu effectivement en canettes, c'est-à-dire que celles-ci doivent être remplies d'une bière éloignée de 8 à 10 pour 100 de son atténuation limite, et contenant encore des matières azotées assimilables par la levure.

Pour que le dépôt soit compact, il faut que la levure se forme lentement, c'est-à-dire que le moût renferme des maltodextrines contenant une proportion moyenne de maltose combiné, et que les canettes soient conservées à une température aussi basse que possible.

On réalise la composition voulue du moût en prenant une eau calcaire, peu ou pas gypseuse, aussi faiblement chlorurée que possible, en employant des malts fortement touraillés, ou en attaquant à haute température; on obtient aussi souvent de bons résultats par l'emploi de 10 pour 100 de riz, qui servent à élever la température en cuve jusqu'à 68°-72° suivant le degré de touraillage du malt.

Mais la condition presque constante à réaliser est que la bière reste claire et brillante et qu'elle soit mousseuse.

Pour cela il est nécessaire que la bière, au moment de sa clarification, ne contienne plus d'azote assimilable par la levure et renferme néanmoins des substances lentement fermentescibles qui maintiennent la saturation d'acide carbonique.

Ces deux conditions sont très souvent difficiles à réaliser simultanément, car pour éliminer l'azote assimilable on est conduit à atténuer très fortement et alors, une fois la levure écartée, il ne reste presque pas de matières fermentescibles, c'est-à-dire que l'on est très près de l'atténuation limite. Inversement, si l'on a peu atténué, il y a une forte fermentation secondaire, se prolongeant longtemps, mais il reste de l'azote assimilable et l'on a une formation de levure, c'est-à-dire un trouble. La question est encore compliquée par ce fait que la bière de fermentation haute, en fûts, est presque toujours débitée sans pression, et que le fût reste longtemps en vidange; il faut donc obtenir un dégagement d'acide carbonique durant 15, 20 jours, ou

davantage, le fût étant percé pour permettre le tirage, ce qui ne permet aucune accumulation de gaz, une fois tombée la pression due au bondage.

Aussi emploie-t-on, très fréquemment, une addition de sucre cristallisé ou de sucre inverti à la livraison, pour assurer ce long dégagement d'acide carbonique sans formation de levure. Le sucre cristallisé employé à la chaudière joue le même rôle, puisqu'il est entièrement inverti à la fin de la fermentation principale, mais incomplètement fermenté. L'emploi du cristallisé ou de l'inverti, en chaudière, présente cet avantage que, la teneur du moût en azote assimilable étant réduite, la levure peut plus aisément absorber cet élément, jusqu'au moment du collage.

Lorsqu'on utilise du sucre cristallisé ou inverti, soit en chaudière, soit avant collage, soit à la livraison, on peut admettre que l'atténuation limite du moût, abstraction faite du sucre, peut et doit être réalisée à 2-3 pour 100 près au moment de la livraison. Si, au contraire, la bière ne contient pas de sucre inverti, il faut se résigner, ou à un défaut de mousse, si l'on arrive tout près de l'atténuation limite, ou au risque d'une formation de levure, si l'on reste à 8-10 pour 100 de l'atténuation limite; le risque disparaîtra si tout l'azote assimilable a été absorbé au moment du collage ou de la filtration.

*Variations d'atténuation.* — L'atténuation limite dépend, comme nous l'avons déjà vu, de la composition du moût et de la race de levure employée; les levures de fermentation haute employées en France sont presque toutes du type Frohberg, quelques-unes même intermédiaires entre Frohberg et Logos, mais on trouve en Belgique des races, comme celles du pays de Liège, que leur atténuation rapproche du type de Saaz.

*L'atténuation principale* varie suivant :

1° *La composition du moût.* — En effet, elle répond au maltose libre et à une partie variable du maltose combiné; c'est ici l'effet des matières premières, de l'eau et de la méthode de brassage. Nous renvoyons pour ce point au Chapitre *Transformations au brassage*.

2° *La température de fermentation.* — La quantité de maltose combiné, consommée à la fermentation principale, augmente avec la température, mais aux dépens de l'atténuation secondaire.

3° *La quantité de levain.* — Celle-ci n'intervient que comme

cause de variation pour la température, c'est-à-dire quand on ne dispose d'aucun moyen de réfrigération. En effet, la chaleur dégagée, soit environ 120<sup>Cal</sup> par kilogramme d'extrait consommé, fournit une élévation de température réelle répondant à la différence entre ces 120 calories et la chaleur absorbée par les parois du fût et par l'air ambiant. Étant données la mauvaise conductibilité du bois et, dans la fermentation en fût, la faible surface de contact entre le moût et l'air, le refroidissement dépend beaucoup plus du temps que des petites variations de température du liquide.

Si la dose de levain est forte, la vitesse de destruction du sucre sera au début beaucoup plus grande et la température de la bière s'élèvera plus vite et plus grandement, c'est-à-dire que l'atténuation augmentera.

Il n'y a pas de différence appréciable pour diverses doses de levain, quand on maintient la même marche de température.

C'est en vertu du même raisonnement que la dose de levain doit être réduite à mesure que la température de mise en levain et celle de la cave s'élèvent.

4° *Agitation.* — Elle oblige les cellules à se répartir dans toute la masse, et par conséquent à assimiler plus d'aliments, en prolongeant le temps pendant lequel la levure est en contact avec le moût. Cette action n'est pas sensible au début de la fermentation, c'est-à-dire dans les premières heures qui suivent la mise en levain. Elle est au contraire efficace lorsque l'agitation a lieu un peu avant ou pendant le levurage.

On peut la réaliser soit par des remplissages plus fréquents, soit en remuant le fût, soit en injectant de l'air; ceci n'est guère possible que dans les cuves, à cause des mousses.

On n'aperçoit plus cette influence de l'agitation, lorsque l'atténuation limite de la bière est presque atteinte au collage, même sans agitation, ce qui arrive avec les moûts très riches en maltose libre et les levures très énergiques, ou les fermentations à très haute température.

L'addition de farine de malt, même à la dose minimale de 2<sup>g</sup> à 3<sup>g</sup> par hectolitre, produit, elle aussi, une augmentation d'atténuation principale dans les moûts contenant une forte proportion de maltodextrines.

5° Le défaut de ventilation des caves ou l'accumulation de levure à la surface des cuves produit une diminution d'atténuation principale, et prolonge beaucoup la période de levurage.

6° Un refroidissement brusque des bières en fermentation a les mêmes résultats.

*Variation d'azote absorbé.* — Dans la fermentation en fûts avec collage par le haut, tout l'azote assimilable doit être absorbé au moment du collage, c'est-à-dire avec une extrême rapidité, puisque la fermentation dure souvent 3 jours, quelquefois même 48 heures. Au contraire, dans la bière mixte, il y a un traversage de la bière à la fin de la fermentation principale, et l'absorption d'azote peut encore se continuer au foudre; ces deux phases sont bien plus longues, c'est-à-dire que le contact des cellules avec la bière dure bien davantage.

Une cellule de levure continue à absorber de l'azote pour elle-même tant qu'elle n'a pas atteint son développement complet, c'est-à-dire jusqu'à sa maturation, et ensuite elle en assimile pour se reproduire. Donc, tant qu'il restera de l'azote assimilable, la quantité consommée en un temps donné augmentera avec le nombre de cellules en voie de développement ou de reproduction, et, quand l'aliment azote se raréfiera, il sera consacré presque uniquement à produire la maturation des cellules en voie de formation.

Dans la fermentation haute, soit en cuve, soit en fût, une partie de la levure est éliminée à partir d'un certain moment; nous pouvons nous rendre compte de la variation par le Tableau suivant du nombre de cellules par unité de volume :

	Cuve.	
Mise en levain.....	100	
Après 24 heures.....	415	
» 48 » .....	550	
» 72 » .....	925	1 <sup>er</sup> écumage
» 96 » .....	520	2 <sup>e</sup> écumage
» 120 » .....	210	3 <sup>e</sup> écumage
» 144 » .....	52	

Il est clair que, si l'écumage avait été fait 12 heures ou 24 heures plus tôt, on aurait enlevé des cellules incomplètement développées, et qui ont pu encore consommer de l'azote.

Dans les fûts, c'est le remplissage qui règle le degré de maturation de la levure rejetée; en effet, supposons qu'on fasse un remplissage au moment précis où la levure commence à monter à la surface; les cellules non mûres vont être expulsées, et le dégorgeant continuera en entraînant des levures imparfaitement développées et qui auraient pu encore consommer de l'azote. En outre, les levures employées à la

fermentation suivante n'auront pas la même vigueur ni la même puissance de reproduction que des cellules adultes.

Au point de vue de l'absorption d'azote, il faut donc attacher une grande importance à ce que le rejet de la levure ne commence qu'au moment où la maturation est atteinte, c'est-à-dire où le bourgeonnement devient peu fréquent et où les cellules ont atteint leur complet développement. On peut arriver à ce résultat en laissant, tout au début du levurage, un *creux* suffisant pour arrêter le dégorgement, et en ne remplissant que quelques heures après.

Cette question de la maturation de la levure est assez négligée et les remplissages sont faits bien souvent suivant les convenances de l'ouvrier; cependant, le degré plus ou moins complet de maturation exerce une influence non seulement sur la bière, mais encore sur les générations suivantes.

#### Conséquences pratiques.

*Comparaison des divers systèmes.* — Lorsque la fermentation a lieu complètement dans les fûts de livraison, en bois brut, il y a danger d'infection, à extension rapide, par suite des restes de bière, du long séjour des fûts chez le client; c'est là une des causes les plus fréquentes des accidents qui se produisent l'été et sont souvent extrêmement graves.

Ils peuvent être évités, soit par l'emploi de fûts goudronnés, soit en faisant la fermentation dans des cuves ou demi-muids, et en effectuant un simple soutirage de la bière dans les fûts de livraison, ceux-ci étant, le mieux, goudronnés; la clarification peut se faire soit dans les demi-muids, soit dans les fûts d'expédition eux-mêmes.

Les possibilités de contamination provenant des parois des récipients de fermentation ou des miniaux sont exclues par l'usage de cuves vernies ou goudronnées pour la fermentation principale, et de fûts goudronnés pour la fermentation complémentaire.

Quand on utilise des demi-muids, le mieux est qu'ils soient aussi goudronnés, car le nettoyage et la stérilisation en sont très malaisés. Les miniaux sont rendus inoffensifs quand ils ont une paroi lisse et imperméable, c'est-à-dire qu'ils sont en métal étamé ou émaillé. Le bois goudronné remplit le même but; le bois verni, incomplètement, et seulement à condition d'un entretien très soigneux.

Les remplisseurs automatiques satisfont aussi aux conditions de

stérilité des parois et de maturation de la levure, lorsqu'ils sont composés de pièces métalliques ou à surface lisse et imperméable, et il est préférable que le tuyau de déversement revienne dans l'intérieur du fût et non à la surface.

D'autre part, on ne peut régler la température dans la fermentation en fûts que par celle de mise en levain, et accessoirement par la quantité de levain; la température des caves peut être élevée, mais bien rarement on peut la refroidir. Au contraire, dans la fermentation en cuves, on peut régler à volonté la température des fermentations, pour peu qu'on dispose d'eau à une température de 15°-18°; la plus froide étant la meilleure.

La plus grande régularité de fabrication et la plus grande sécurité sont donc réalisées par la fermentation mixte et celle-ci peut être pratiquée jusqu'à des températures de 20° en cuves et 15°-16° en caves de garde. Ensuite viennent la fermentation en demi-muids goudronnés et la livraison en fûts goudronnés. Pour la stérilisation des fûts de fermentation en bois brut, le chlorure ou le sulfate de zinc, l'acide sulfurique étendu à 3 pour 100 et bouillant, le chlorure de chaux ou l'eau de Javel sont les agents les plus actifs. Le chlorure de zinc ou le fluorure d'ammonium conviennent pour les miniaux.

La récolte de la levure ne doit être faite qu'au moment où les cellules sont mûres, c'est-à-dire ont atteint leur complet développement, et cela en vue de réaliser l'absorption totale de l'azote assimilable; le collage par le haut se fait quand la formation de levure est terminée, c'est-à-dire que les mousses ne renferment plus que peu de cellules, celles-ci ne bourgeonnant pour ainsi dire plus. Lorsque cette condition est remplie, on peut pratiquer le collage à une atténuation bien inférieure à l'atténuation limite. Dans le cas contraire, il est plus prudent de pousser l'atténuation à 2-3 pour 100 au-dessous de la limite et d'ajouter avant collage ou immédiatement après un sucre, soit solution de sucre cristallisé, soit sirop d'inverti, soit solution de glucose, soit enfin mélasses de raffinerie.

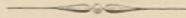
Quand la bière doit être consommée rapidement, il vaut mieux ajouter un sucre fermentescible immédiatement, soit glucose, soit inverti : une solution de glucose à 10 pour 100, houblonnée à la même dose que la bière, mais avec une ébullition de 15 à 20 minutes, puis refroidie rapidement, convient bien, si la bière doit rester peu de temps en vidange.

Au contraire, le cristallisé répond à une consommation différée et à une vidange longue; enfin, si le fût doit être mis rapidement en

perce, mais avec une vidange prolongée, un mélange de sucre inverti ou glucose et de sucre cristallisé est le plus à conseiller.

Quand le cristallisé est employé en chaudière, il est inverti complètement à la fin de la fermentation principale.

Dans la fermentation mixte, on atteint ordinairement à la cuve une atténuation de 62-64 pour 100, l'atténuation limite étant voisine de 75-77 pour 100. Mais, si le moût a une atténuation limite plus faible, 60 pour 100 par exemple, l'atténuation à la cuve doit être abaissée d'une manière correspondante. Dans ce procédé, il est essentiel que la fermentation secondaire soit vigoureuse et que le traversage ait lieu seulement quand la formation de levure est à peu près complètement terminée. Cette dernière condition est moins stricte que pour la fermentation en fût, puisque la clarification a lieu beaucoup plus tard. On ajoute souvent du moût en pleine fermentation dans les foudres pour rendre la bière plus mousseuse et ce procédé n'est pas très favorable à la bonne conservation de la bière, car il réintroduit des matières azotées assimilables.



---

## CHAPITRE X.

### CLARIFICATION ET TRAITEMENTS DIVERS.

---

La clarification de la bière s'effectue par trois procédés : copeaux, collage, filtration. Le premier n'est guère appliqué qu'en fermentation basse et il est en décroissance; le collage est au contraire à peu près uniquement réservé à la fermentation haute; enfin, la filtration peut être utilisée pour les deux genres de bière, mais jusqu'ici plus souvent pour la basse.

*Copeaux.* — Les copeaux sont par tradition en bois de noisetier, mais ils peuvent être en toute autre substance, à condition que celle-ci ne donne à la bière aucun goût et ne soit pas attaquée par elle.

Les copeaux neufs sont soumis à un traitement par la vapeur, jusqu'à ce que l'eau de condensation soit incolore et ne possède aucun goût.

L'action des copeaux est double et comprend : 1° une clarification mécanique par la grande surface offerte au dépôt des cellules de levure et aux matières en suspension; 2° une accélération de la fermentation secondaire; en effet, la surface de contact entre la bière et les cellules déposées sur les copeaux étant beaucoup plus grande que si la levure était tombée au fond du foudre, l'effet produit est à peu près le même qu'une agitation du liquide.

Les copeaux, par leur porosité, constituent un danger d'infection, et leur stérilisation est difficile à réaliser; les copeaux doivent être lavés et brossés dès leur sortie des foudres, puis immergés dans l'eau que l'on maintient en ébullition pendant 1 heure à 1 heure 30 minutes; on remplace l'eau bouillante par de l'eau froide, et l'on doit employer les copeaux immédiatement sans les laisser traîner sur le sol, où ils ramassent de nouveaux ferments.

L'usage des copeaux peut être utile pour les bières livrées très jeunes de foudre, parce qu'ils retiennent une grande partie de la levure, qui resterait sans cela en suspension et engorgerait vite les

filtres; en outre, l'emploi des copeaux, accélérant la fermentation secondaire, permet de s'approcher davantage de l'atténuation limite, et de réduire la dose d'azote assimilable par la levure.

En dehors de ce cas, livraison de bières très jeunes ou à mauvaise clarification en foudres, les copeaux sont inutiles et plutôt nuisibles. Bien des brasseurs y ont du reste renoncé.

*Collage.* — Le principe de l'opération est la formation dans la bière d'un précipité gélatineux qui englobe les matières en suspension : levures, débris de résine, particules de matières azotées; ce précipité peut être entraîné par l'acide carbonique et rejeté par la bonde, c'est alors le collage *par le haut*; il peut, au contraire, se déposer au fond du fût, ce qui constitue le collage *par le bas*.

On emploie comme matière gélatineuse l'isinglass, la peau de raies, et quelquefois la gélatine du commerce, les matières étant dissoutes ou émulsionnées dans l'eau additionnée d'acides tartrique, acétique ou sulfureux; quand on opère à chaud, la solution peut être effective, tandis qu'à froid la plus grande partie de la gélatine est en émulsion. Toutes ces substances sont insolubles à froid, et elles se précipitent également quand l'acidité est réduite; les mêmes causes détruisent l'émulsion.

On admet encore souvent que le tannin de houblon restant dans la bière forme avec la gélatine un précipité insoluble et que c'est là la cause du collage, mais il est douteux que l'action du tannin constitue le phénomène principal, car la bière ne renferme que des traces de tannin.

Lorsque la colle chaude est mélangée à la bière il se produit une forte baisse d'acidité et un refroidissement, et ces deux causes déterminent la précipitation de presque toute la matière gélatineuse; si l'on opère à froid, il y a toujours réduction énorme d'acidité par suite de la dilution, et la gélatine se précipite également.

La précipitation de gélatine peut être augmentée par les traces de tannin restant dans la bière, ou, comme on le fait souvent, par une addition de tannin du commerce avant le versement de la colle.

Les conditions qui répondent à un bon collage se déduisent des considérations suivantes :

1° Il faut que la colle soit assez diluée pour qu'elle puisse se répartir uniformément dans la bière et qu'elle conserve cependant une certaine viscosité, c'est-à-dire une sursaturation en gélatine;

2° Que le mélange de colle et de bière soit tout à fait homogène ;

3° Que la température ne soit pas trop élevée, car la dose de gélatine restant dissoute augmente avec la température, et par conséquent la quantité précipitée se réduit ;

4° Que l'acidité de la bière ne soit pas exagérée, car elle maintiendrait ainsi en solution une partie de la matière gélatineuse.

Ces conditions s'appliquent uniformément aux deux modes de collage, par le haut et par le bas ; pour réaliser la première, il convient d'employer une colle de bonne qualité et préparée correctement ; nous indiquons plus bas cette préparation.

Le mélange complet de colle et de bière est obtenu le mieux en roulant les fûts quelques instants après l'addition de colle. On peut l'obtenir aussi pour les gros fûts par l'emploi d'un injecteur qui divise la solution gélatineuse.

Quant à la température et à l'acidité, le brasseur n'en est pas toujours maître et, pour compenser une acidité ou une température trop élevée, on peut ajouter avec l'injecteur une solution de tannin, soit 1<sup>g</sup> à 2<sup>g</sup> par hectolitre. Le produit le plus recommandable est le tannin à l'alcool, blanc ou très faiblement teinté de jaune pâle.

*Collage par le haut.* — C'est la forme la plus employée en France ; il faut ici considérer deux points particuliers, relatifs au moment convenable pour le collage, savoir :

a. Le collage doit être fait au moment où il ne peut plus se former de cellules de levure, c'est-à-dire quand la bière est épuisée en azote assimilable.

b. Le dégagement d'acide carbonique doit être assez énergique pour rejeter toute la colle.

Pour le point (a), on le réalise plus facilement quand les fûts, pendant la période de levurage, sont *agités* de temps en temps, puisqu'on facilite ainsi la nutrition des cellules ; cette agitation est beaucoup mieux obtenue dans les cuves que dans les fûts ; le collage ne peut être fait utilement que si les mousses ne contiennent plus que de très rares cellules bourgeonnant, et l'examen microscopique permet d'être fixé à cet égard.

Si l'on colle plus tôt, on peut réussir momentanément la clarification, mais quelques jours plus tard on aura une bière louche et une mousse grasse.

D'autre part l'agitation est aussi très utile pour réduire le nombre

des levures de fond, si ennuyeuses dans le collage par le haut, et qui donnent ensuite des voltigeurs.

En ce qui concerne le point (*b*), il est obtenu par une composition convenable du moût et une température de fermentation non excessive. En effet, si le moût renferme exclusivement du maltose libre et des dextrines à faible proportion de maltose combiné, il n'y a en réalité pas de fermentation secondaire appréciable, et le dégagement d'acide carbonique s'arrête brusquement; la clarification ne peut donc se réussir que si le collage est fait dans un intervalle de temps très court, et qu'il faut saisir.

Cette composition du moût répond aussi à ce qu'on appelle pratiquement la bière *morte* après collage; elle se produit facilement avec les malts à germination chaude et rapide et les procédés d'infusion avec salade à basse température, parce que ces malts comprennent une grande partie de leur amidon à un état de désagrégation excessif, donc saccharifiable à basse température et avec une forte proportion de maltose libre; le reste de l'amidon étant au contraire à peine désagrégé ne se saccharifie que vers 70°, et fournit des maltodextrines très pauvres en maltose combiné et ne donnant que peu ou pas de fermentation secondaire.

Le moût doit renfermer des maltodextrines riches en maltose combiné, et qui seront attaquées après l'épuisement du maltose libre, de façon qu'il se produise un ralentissement progressif du dégagement d'acide carbonique.

Ces maltodextrines se forment de préférence entre 60° et 68°, et leur proportion augmente à mesure qu'on s'approche plus de la température la plus élevée.

La bonne composition du moût en maltodextrines sera cependant rendue moins efficace si la température de fermentation est très haute, 22°-25° ou davantage, car à ces degrés la levure attaque les maltodextrines avec une grande énergie.

*Préparation de la colle.* — L'isinglass ou la peau de raies, en lamelles ou filaments, sont d'abord lavés à l'eau froide, jusqu'à ce que l'eau n'ait plus de mauvais goût. Cette opération se fait très rapidement pour les bonnes colles, ensuite on trempe suivant le degré de division de la matière, de 1 heure à 12 heures; le premier temps est généralement suffisant pour les lamelles, la quantité d'eau est de 10<sup>l</sup> à 12<sup>l</sup> d'eau par kilogramme d'isinglass.

On ajoute alors l'acide, soit 250<sup>g</sup> acide tartrique ou 100<sup>g</sup> acide

sulfureux dissous par kilogramme de colle. Pour la peau de raies, on met souvent l'acide tartrique en cristaux sur la matière trempée, non recouverte par l'eau, et l'on ajoute celle-ci après quelques heures de contact; les doses d'acides sont assez fréquemment forcées afin d'avoir une dissolution plus facile.

On délaye alors la colle dans ce liquide, en frottant au-dessus d'un tamis fin chargé de retenir les grumeaux que l'on disloque ensuite par friction sur le tamis; au liquide trouble et visqueux on ajoute son volume d'eau bouillante, puis on double ce volume avec de la bière; on doit bien mélanger.

On peut aussi ajouter de l'eau froide peu à peu sur l'isinglass trempé et acidifié, et la quantité totale d'eau que peut recevoir 1<sup>kg</sup> d'isinglass, sans que la solution perde sa viscosité, atteint 250<sup>l</sup>.

Quand on opère avec des produits bruts, non réduits en lamelles ou filaments, le lavage est plus long puisqu'il doit éliminer les matières étrangères, et il reste des grumeaux dans le tamis; il faut alors porter la dose d'acide sensiblement au double de celle indiquée plus haut, soit 400<sup>g</sup> à 500<sup>g</sup> d'acide tartrique par kilogramme de colle.

Les quantités de colle par hectolitre de bière sont de 7<sup>g</sup> à 9<sup>g</sup> avec un produit en lamelles, et de 12<sup>g</sup> à 15<sup>g</sup> pour une colle brute.

*Collage par le bas.* — Le collage doit être fait quand il ne se forme plus de cellules de levure, et la fermentation doit être assez ralentie pour que le dépôt se fasse compact et adhérent aux parois des fûts; le collage doit donc se faire plus tard que quand on opère par le haut, et il est plus facile d'atteindre le moment où tout l'azote assimilable est épuisé.

Le collage se fait quelquefois au moment de l'expédition, c'est-à-dire que la bière est livrée sur lies, et dans ce cas le client doit, après avoir mis en perce, laisser le fût reposer 24-48 heures. Alors la bière reste plus facilement mousseuse, parce que les levures englobées par la gélatine ne sont pas mortes et qu'elles peuvent continuer une légère fermentation, si la bière contient encore des substances sucrées assimilables.

Lorsque la bière doit être livrée claire, il faut effectuer un soutirage au bout de 24 heures environ, le dépôt s'étant fait. Ce soutirage est facilité quand les fûts où s'effectue le collage sont munis d'un robinet inférieur, dont la tige déborde à l'intérieur au-dessus du dépôt.

Le collage par le bas se fait avec des doses de gélatine ou d'isinglass sensiblement les mêmes que pour le collage par le haut.

Quelquefois il est pratiqué comme clarification préparatoire, la bière devant être finalement filtrée, dans ce cas les doses sont très fortement réduites, soit 2<sup>e</sup>-3<sup>e</sup> de gélatine par hectolitre, et le collage est pratiqué avant de bonder.

*Filtration.* — Elle s'opère sur des couches de cellulose ou pâte de bois, souvent mélangée de 5 pour 100 d'amiante pour que la masse soit moins feutrée.

La filtration, pas plus que le collage, n'élimine la totalité des ferments, mais elle devient de plus en plus efficace à mesure que l'opération avance. En effet, les pores de la masse sont peu à peu colmatés par des cellules de levure et de matières azotées de la bière, de sorte que la perméabilité devient de moins en moins grande.

D'autre part, la filtration, surtout en masses fortement tassées, modifie un peu la composition de la bière en retenant des matières azotées du type caséine ou fibrine et l'on constate en effet, dans ces conditions, un léger abaissement du taux d'azote total après filtration. Cette réduction de l'azote est d'autant plus forte que la matière filtrante est plus serrée; si l'on opère avec une bougie Chamberland, par exemple, celle-ci se recouvre d'un enduit visqueux de matière azotée et le caractère de la bière est complètement changé, comme moelleux et comme mousse; même avec un filtre ordinaire, cet effet se produit, car la bière filtrée est moins moelleuse qu'au foudre; on dit parfois que le filtre tue la bière. On peut se dispenser de filtrer pour les bières de garde ayant 3 ou 4 mois de foudre, mais cela se fait maintenant très rarement.

Les anciens filtres avaient presque tous une grande capacité de masse et un serrage modéré, la filtration s'effectuait donc sous une pression faible, mais il en résultait une grande perte de bière, puisque la masse restait imprégnée de liquide. Pour réduire cette perte, on laisse parfois le filtre plein pendant la nuit ou dans l'intervalle de deux soutirages, et il en résulte fréquemment des accidents de fabrication, car la bière séjourne dans le filtre au contact de ferments retenus par la masse.

Ces ferments se développent rapidement surtout si le local n'est pas à très basse température, et aux soutirages suivants la bière est contaminée par les ferments qu'elle a entraînés.

Dans les filtres plus récents, le volume du filtre est fortement réduit, la masse est comprimée par une presse et l'on emploie ordinairement une pression plus forte pour obtenir le même débit. A

cause de cela, il est plus prudent d'effectuer la filtration par l'intermédiaire d'un régulateur de pression, de façon à éviter l'emploi d'une pression d'air excessive sur les foudres.

La masse filtrante peut être une cause d'infection grave, même si on lave le filtre avec de l'eau envoyée à contre-courant, immédiatement après la fin du soutirage, car la masse reste imprégnée de bière très diluée, il est vrai, mais permettant le développement des ferments, et notamment des bactéries. Il est donc à recommander de démonter le filtre après chaque soutirage et de n'employer pour charger l'appareil que de la masse stérilisée. Cette précaution est surtout utile dans la saison chaude, les bactéries se propageant bien plus rapidement.

La stérilisation de la masse peut s'obtenir à 100°, à condition qu'elle ait été entièrement démolée et ne renferme plus aucun grumeau; si le délayage est imparfait, la stérilisation n'est atteinte qu'après une cuisson sous pression; or celle-ci a le grand inconvénient d'amollir la masse, de la rendre compacte, de sorte qu'on doit la renouveler plus souvent: il y a donc tout avantage à en soigner particulièrement le délayage. Beaucoup d'appareils vendus à cet effet sont insuffisants et leur efficacité peut être bien facilement contrôlée, puisqu'il suffit d'examiner si, en sortant de l'appareil, la masse se présente en filaments, et s'il n'y a pas du tout de grumeaux ces derniers renferment toujours des ferments, bactéries ou levures sauvages.

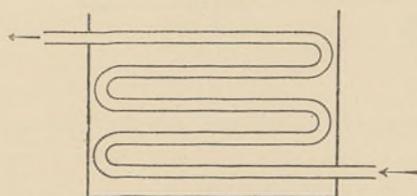
Une masse lavée et sans grumeaux peut être stérilisée après 40 minutes à 1 heure de contact avec l'eau maintenue en ébullition. Le traitement par l'eau acidulée ne présente aucune garantie.

Les parties métalliques des filtres doivent être ou en étain ou en cuivre fortement étamé, car l'étain est le métal le moins attaqué par la bière, même par un contact prolongé. Le bronze, le cuivre, l'aluminium n'offrent pas la même sécurité et peuvent donner une précipitation de matières azotées, combinée à des traces de métal, c'est-à-dire un trouble qui se déclare par refroidissement, soit spontanément après quelques heures ou quelques jours. Les parties métalliques du filtre, même l'étain, sont attaquées par certaines bières spécialement acides ou très riches en matières azotées et, dans ce cas, il faut vernir toutes les portions métalliques en contact avec la bière, et éviter tout séjour dans le filtre. Une attaque du même genre se produit souvent quand on nettoie les cadres avec de la soude ou de l'acide sulfurique étendu. Le nettoyage des parties métalliques ne doit donc être fait qu'à l'eau seule.

*Déglutineurs.* — Pour les bières de fermentation haute, ou pour celles qui ont été conservées en caves de garde à température élevée, on pratique quelquefois le déglutinage avant la filtration. Cette opération a pour but de refroidir fortement la bière jusqu'à 1° à 2° environ et de précipiter ainsi les matières azotées du type glutine, qui rendraient la bière très sensible au froid.

L'appareil consiste en un serpentin de cuivre étamé intérieurement et que l'on plonge soit dans la glace, soit dans un mélange de glace et de sel. On doit régler la température du bain et le débit de bière de façon que celle-ci atteigne à la sortie la température voulue.

Fig. 85.



Déglutineur.

Le serpentin doit pouvoir se nettoyer complètement et facilement; pour cela on relie les tubes aux extrémités par des boîtes métalliques boulonnées; en ouvrant les couvercles de ces boîtes, l'ouverture des tubes devient libre et l'on peut faire aisément un brossage. Avant chaque opération on doit passer l'intérieur à la vapeur ou à l'eau bouillante jusqu'à ce que toutes les parties soient à 90°-100°; au point de vue économique, il y a aussi avantage à tenir propre l'extérieur, car on a ainsi une meilleure conductibilité.

*Soutirage en fûts et en canettes.* — Ces opérations s'effectuent presque toujours avec des appareils à contre-pression, dont le principe est le suivant (fig. 86) : Soit un fût A contenant la bière et sur lequel on exerce une pression  $f$  d'air ou d'acide carbonique, contenus dans un réservoir R, où la pression est maintenue constante à la valeur  $f$ , et soit B le fût à remplir à contre-pression. On applique à la bonde de B un tampon garni de caoutchouc et le fermant hermétiquement : ce tampon porte un tube  $c$ , prolongé dans l'intérieur de B, et communiquant par l'extérieur avec le robinet  $r$  de soutirage du fût A; le tampon est muni aussi de deux tubulures métalliques à robinet : l'une  $d$  communique avec le réservoir R, l'autre  $e$  avec l'extérieur.

Mettons A et B en communication avec R, la tubulure *e* étant fermée, ainsi que *r*; la pression à l'intérieur de B est la même que celle exercée à la surface de la bière, dans A. Fermons la tubulure *d* et ouvrons le robinet de mise en perce *r*. La bière ne peut s'écouler que très peu et sous l'influence de la différence de niveau éventuelle

Fig. 86.

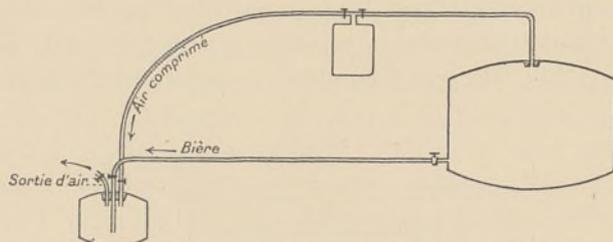


Schéma d'un soutirage à contre-pression.

entre A et B. Mais en arrivant dans B elle comprime l'air contenu dans celui-ci, et l'écoulement s'arrêterait presque immédiatement. Le gaz carbonique dissous dans la bière ne peut se dégager, puisqu'il est soumis dans B à la même pression que dans A.

Si maintenant nous ouvrons légèrement la tubulure *e*, la bière va pouvoir arriver, mais en remplaçant simplement l'air qui s'échappe par *e*, et sans que la pression varie sensiblement, si l'ouverture de *e* a été convenablement réglée. Il en résulte que le fût se remplira sans dégagement d'acide carbonique et même sans mousse.

Le même principe subsiste évidemment si l'on intercale un filtre entre A et B et il s'applique encore si l'on remplace le fût B par une canette. Dans le soutirage en canettes, le même robinet permet, par une ouverture différente, de remplir la canette d'air comprimé et de faire couler la bière et l'échappement d'air en règle, une fois pour toutes, suivant la pression exercée.

Lorsque la bière est très froide et qu'elle n'a pas été fortement bondée, elle est simplement saturée d'acide carbonique à sa température, et l'on peut soutirer ces canettes sans contre-pression, en alimentant la soutireuse avec un fût de bière filtrée. Mais on n'évite pas la mousse aussi complètement qu'avec un système à contre-pression.

Le nettoyage des fûts et canettes et le mode de fermeture de celles-ci ont une grande importance pour la conservation.

*Fûts.* — Il convient que le fût soit stérile, ce qui est réalisé aisément quand il est goudronné chaque fois qu'il rentre à la brasserie, et ensuite lavé avec de l'eau ne contenant aucun ferment susceptible de se développer dans la bière. Les réservoirs à eau destinée au rinçage doivent être, à cet effet, souvent nettoyés, et l'on doit vérifier que l'eauensemencée dans de la bière stérilisée ne produit aucun trouble dû à des bactéries ou à des levures sauvages.

Quand on emploie des bondes en bois pour les fûts, il faut vérifier que le bois n'est pas capable de donner un mauvais goût à la bière, ce que l'on peut faire par expérience directe, ou bien en épuisant le bois par de l'eau faiblement alcoolisée, 4 à 5 pour 100 d'alcool.

Quand on se sert de bondes en fonte, il arrive que certaines bières attaquent ce métal, ce qui donne lieu à une précipitation de matières azotées, combinées au métal dissous. Dans ce cas, les anneaux et les bondes elles-mêmes doivent être vernis.

L'usage d'essuyer le tour des bondes, après goudronnage, avec un déchet huilé n'est pas recommandable, car il arrive souvent que l'huile fait tomber la mousse et rend celle-ci jaunâtre.

*Canettes.* — Le soutirage peut avoir lieu soit directement au filtre, soit d'un fût préalablement filtré. Lorsque la bière est à très basse température, cela n'a pas grande importance; mais, s'il s'agit de caves chaudes ou de bière haute, il est bon de soutirer en canettes au filtre, car on évite ainsi une forte perte d'acide carbonique.

Les canettes, par leur nettoyage imparfait, sont des causes fréquentes de mauvaise conservation; il arrive souvent que les bouteilles rentrant à la brasserie, après un temps plus ou moins long, les restes de bière se sont infectés et il se forme au fond des dépôts de bactéries ou de levures sauvages; le rinçage habituel ne permet pas d'enlever sûrement les dépôts, ni de tuer les ferments et ceux-ci se développent à nouveau dans la bière.

L'emploi d'une petite quantité de soude dans l'eau de trempage facilite le détachement des dépôts et aussi la destruction des ferments. On peut compter 2 pour 100 de soude en plus de celle nécessaire pour précipiter le calcaire de l'eau. Cette solution agit encore mieux quand elle est employée tiède; il faut ensuite un rinçage soigné.

Les rondelles de caoutchouc ou les garnitures de liège des canettes à fermeture mécanique sont aussi des véhicules d'infection, car on se préoccupe bien rarement de stériliser ces objets; c'est d'ailleurs impossible pour le liège. Les joints de caoutchouc peuvent être utile-

ment trempés dans du bisulfite de chaux étendu de trois fois son volume d'eau, et il vaudrait mieux ne faire ce traitement qu'après avoir lavé les rondelles dans de l'eau tiède qui éliminerait la bière collée au caoutchouc.

Le verre de certaines canettes est capable de communiquer à la bière un goût putride; il convient donc de vérifier les canettes neuves en profitant de cette observation, faite par Reichard.

*Traitements accessoires.* — Nous indiquerons à ce point de vue les additions de houblon et de moût en fermentation, ou de sucre.

*Houblon cru.* — Dans les bières anglaises on ajoute communément du houblon cru dans les fûts avant le collage. Les cônes ne doivent pas être brisés. La dose varie de 70<sup>g</sup> à 250<sup>g</sup> par hecto, suivant l'amertume désirée; il se dissout un peu d'huile essentielle, de résine et de tannin, ce dernier facilitant la clarification.

L'emploi du houblon cru prête à objection en ce qui concerne la solidité de la bière, car les cônes portent un très grand nombre de ferments qui passent ainsi dans la bière. L'effet du houblonnage cru est d'ailleurs plus sensible pour les bières fortement alcoolisées, comme les pale-ale, et le développement des bactéries y est aussi moins aisé.

On peut remplacer le houblon cru par de l'huile essentielle obtenue en distillant le houblon dans un courant de vapeur d'eau : d'après Chapmann 1<sup>g</sup> d'huile se dissout dans 20<sup>l</sup> de bière, au moins.

*Moût en fermentation ou kraïsen.* — On fait cette addition en vue d'introduire dans la bière des cellules de levure en pleine vigueur; il en résulte ainsi un fort dégagement d'acide carbonique, de sorte que l'on obtient de la mousse; les doses varient dans de larges limites depuis un demi-litre jusqu'à 10<sup>l</sup> par hectolitre.

L'addition de kraïsen introduit en même temps que la levure des matières azotées assimilables par celle-ci et facilement absorbables aussi par les autres ferments, et, quand l'addition de moût est importante, lorsque surtout elle a lieu peu de temps avant la livraison, ou plus encore à la livraison même, c'est un procédé peu favorable à la conservation. Il est moins mauvais, quand la bière additionnée de kraïsen subit encore une garde de deux ou plusieurs semaines, parce que l'absorption de l'azote introduit peut s'achever.

*Sucres.* — On les emploie surtout en fermentation haute, soit

avant, soit après le collage. Dans le premier cas, le sucre a pour but de donner un dégagement plus énergique d'acide carbonique et de faciliter le rejet de la levure. Il convient d'utiliser pour cela soit du glucose, soit du sucre inverti, plutôt que du cristallisé, puisque celui-ci est moins rapidement attaqué par la levure.

Après collage, ou à la livraison, on se sert de cristallisé, d'inverti, de mélasse, quelquefois de glucose, et le choix du sucre doit être fait d'après les conditions de consommation.

Si la bière manquant de gaz doit être consommée très peu de temps après livraison, c'est un sucre rapidement fermentescible, c'est-à-dire le glucose, ou en seconde ligne le sucre inverti qui doit être employé à raison de 150<sup>g</sup> à 200<sup>g</sup> par hecto au moins, car ces doses répondent pour du glucose à 0,065 pour 100 d'acide carbonique, au maximum, et la proportion n'est guère que de 0,04 pour l'inverti : or, une bière très mousseuse contient 0,30 à 0,35 pour 100 d'acide carbonique, c'est-à-dire 5 à 6 fois plus que n'en donnent 200<sup>g</sup> de glucose massé. La dose de ce sucre devra donc être augmentée d'après ces bases, suivant que la bière sera plus ou moins morte.

Si la bière doit être consommée seulement après quelque temps, le sucre cristallisé convient parfaitement, car il donnera un lent et continu dégagement d'acide carbonique. Enfin, s'il s'agit d'une bière qui doit être mise en perce de suite, mais rester longtemps en vidange, un mélange de sucre cristallisé et d'inverti ou de glucose est le plus recommandable. On fabrique, d'ailleurs, aux États-Unis de ces sucres mixtes, glucose et cristallisé.

L'addition de sucre est quelquefois pratiquée pour les bières basses, lorsqu'il s'agit de bières trop vieilles ayant atteint leur atténuation limite au foudre et auxquelles il faut rendre un peu de mousse et de gaz.

*Pasteurisation.* — La pasteurisation a pour but, en chauffant la bière, soit de la stériliser, soit d'affaiblir les ferments qu'elle contient, de manière que leur développement ne se fasse plus qu'au bout de quelques semaines ou de quelques mois, et cette opération doit être faite à une température qui ne modifie ni le goût, ni le brillant.

La température de pasteurisation varie suivant le genre de bière et la durée de conservation que l'on cherche. Pour les bières de fermentation basse, provenant de caves froides, et avec une garde de six semaines à deux mois au moins, la pasteurisation, même à 70°, faite avec les soins voulus, n'altère ni le goût ni la limpidité, et elle fournit une conservation presque indéfinie.

Pour les bières basses, mais jeunes et provenant de caves chaudes, la pasteurisation ne peut être faite à une température aussi élevée, car elle produirait un goût particulier, dit goût de chaud ou de pasteurisation, tout à fait analogue à celui de la levure chauffée. Nous nous rappelons en effet que la levure diffuse dans la bière des matières azotées en quantité d'autant plus grande que la température est plus élevée; quelquefois même ces bières louchissent à la pasteurisation. Il faut donc se limiter dans ce cas à une température de 60°, quelquefois même 55°, et l'on n'a plus stérilisation, mais simplement prolongation de la conservation. C'est d'ailleurs suffisant pour les bières qui ne sont pas destinées à l'exportation.

Pour les bières hautes, nous sommes dans les mêmes conditions que pour la bière basse en caves chaudes, et jeune, car les températures de fermentation, éventuellement de garde, sont encore plus élevées; aussi la plupart des bières hautes se troublent-elles vers 60°, et l'on est même ordinairement obligé de rester au-dessous de cette température, soit 55°-58°.

La pasteurisation de la bière livrée *en canettes* se fait depuis longtemps, et sans difficulté, puisqu'on stérilise à la fois la contenant et le contenu. Il faut simplement prêter attention à la fermeture hermétique des canettes, et à cet égard les canettes mécaniques demandent une grande surveillance, pour que les rondelles de caoutchouc soient bien souples, que la fermeture soit dure et le serrage sur le joint très uniforme. On peut d'ailleurs renforcer le serrage pendant la chauffe en plaçant un collier à vis, serrant le bouchon à volonté, ou opérer avec une pression extérieure.

Le collier à vis est nécessaire aussi pour les autres fermetures à liège.

Quand on utilise le liège, il faut vérifier que celui-ci ne peut, en s'épuisant par la vapeur émise pendant la chauffe, laisser dissoudre des matières tanniques qui troubleraient la bière.

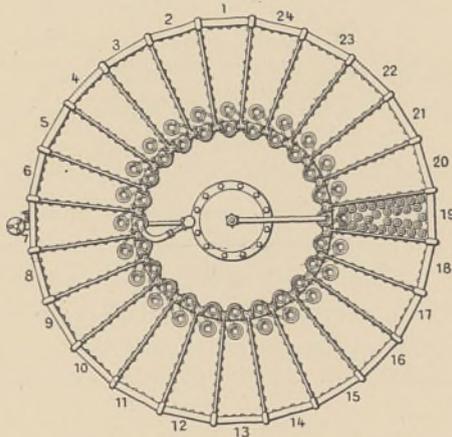
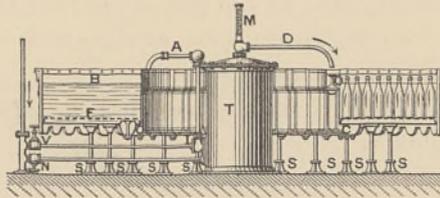
La pasteurisation en canettes peut se faire d'une façon discontinue ou continue. Dans le premier cas on peut employer un simple bac en tôle, ou même une cuve en bois, contenant de l'eau, et après avoir disposé les canettes sur des traverses, on chauffe par injection de vapeur directe. Il est meilleur que l'injection se fasse en plusieurs points, pour assurer le mélange des diverses couches et une répartition uniforme des températures.

Une bonne marche consiste à monter de 1° par minute. On laisse 10 minutes au degré maximum et l'on commence le refroidissement

par amenée d'eau froide; mais ce refroidissement, brusque et irrégulier, détermine une casse assez forte. Il est préférable de refroidir avec de l'eau, à une température de  $40^{\circ}$  environ d'abord, puis de l'envoyer de plus en plus froide. On peut aussi envoyer l'eau froide par plusieurs tuyaux perforés, de façon à diviser ce jet et à régulariser le refroidissement, ou même vider l'eau chaude et abandonner au refroidissement spontané à l'air.

Dans les appareils continus, tels que celui de Gasquet (*fig. 87*), on

Fig. 87.



Pasteurisation continue système Gasquet.

réalise une circulation méthodique d'eau, dans une série de cases, de telle sorte que les canettes mises dans une case contenant de l'eau à  $25^{\circ}$  par exemple, s'échauffent de  $1^{\circ}$  par minute, jusqu'au maximum, puis, après être restées 10 minutes à ce degré, se refroidissent avec la même vitesse par déplacement de l'eau de la case. Il en résulte qu'une fois l'appareil en train, on peut, chaque cinq minutes, enlever d'une case les canettes pasteurisées et refroidies à  $25^{\circ}$ , et la

recharger avec des canettes fraîches. Ces appareils donnent donc un rendement beaucoup plus considérable, et la casse est très faible.

La pasteurisation de la bière avant sa mise en fûts a fait l'objet de recherches nombreuses, mais dont le résultat n'est pas actuellement pratique. Une grande difficulté résulte en effet de ce qu'il est impossible de chauffer la bière au contact du fer, du cuivre, de l'aluminium et même de l'étain, sans obtenir une dissolution de traces de métaux, ce qui entraîne un trouble à brève échéance. En outre, la nécessité de conserver l'acide carbonique oblige à opérer en vase clos, et par suite sous une pression considérable.

Il semble que l'argent seul ne soit pas attaqué par la bière chauffée à son contact et il en résulte un prix extrêmement élevé pour des appareils discontinus et de faible capacité.

Les appareils de pasteurisation avant mise en fûts ne sont pour ainsi dire pas employés.





---

## CHAPITRE XI.

### MALADIES DE LA BIÈRE. CONTROLE DE FABRICATION.

---

Les altérations de la bière peuvent se traduire par un trouble, accompagné ou non d'un dépôt plus ou moins volumineux, ou par une modification de goût, ou par un défaut de mousse.

Les troubles purs et simples sans changement de goût, mais comprenant parfois une modification de la mousse sont en général dus à des causes purement chimiques, et à cette catégorie appartiennent les troubles de *glutine*, d'*empois*, de *résine*.

Lorsqu'il y a production d'un goût désagréable, le plus souvent avec trouble, on a ordinairement affaire à une altération due à des ferments.

Enfin le défaut de mousse, ou une consistance défectueuse de la crème sans trouble ni mauvais goût ont habituellement pour origine les matières premières ou une mauvaise direction de fabrication et les ferments n'y interviennent pas.

Il arrive souvent que dans la même bière se rencontrent un trouble d'ordre chimique, de glutine par exemple, et une altération due à des ferments; quelquefois on a affaire à plusieurs ferments de maladie à la fois.

L'examen microscopique de la bière et du dépôt éventuel montre immédiatement s'il y a des ferments en jeu; et il donne aussi des indications sur les troubles de glutine, de résine et parfois d'empois, mais il est plus certain de rechercher spécialement ces troubles d'ordre chimique, même si l'on a constaté la présence de ferments de maladie.

*Trouble de glutine.* — Il est dû à une précipitation de matières azotées, ou à des combinaisons de ces substances; le caractère commun est que la bière se trouble de plus en plus par refroidissement

et s'éclaircit au contraire quand on la réchauffe. Souvent, après réchauffement lent, on trouve au fond des canettes un dépôt inorganisé en granulations ou en plaques.

Ce trouble, le plus fréquent parmi ceux appartenant à des causes chimiques, peut être rattaché à des causes très variées.

1° *Précipitation de matières azotées elles-mêmes.* — Les matières azotées du type glutine ont une solubilité fortement décroissante avec la température. Si donc la bière est saturée de ces substances, à une certaine température une précipitation aura lieu à tout degré plus bas; le trouble ne se manifestera donc qu'aux températures inférieures à celles que la bière a supportées avant la clarification; il apparaîtra beaucoup plus facilement pour les bières hautes, ou pour les basses sortant d'une cave de garde chaude, que dans les bières basses ayant été conservées à 1° ou 2°.

La saturation en glutine peut provenir des matières premières, du travail de brassage, ou de la diffusion des matières azotées de la levure pendant la fermentation ou la conservation.

Les malts riches en matière azotée soluble, peu touraillés, ou vieux, les eaux très douces, les brassages prolongés et la filtration lente, les arrosages dont la température s'abaisse beaucoup, le refroidissement lent du moût sur les bacs, les fermentations chaudes, caves de garde à température élevée, de faibles variations d'acidité, sont autant de causes du trouble de glutine.

Celui-ci se manifeste parfois en fermentation basse dans les foudres mêmes, lorsque la cave est très froide, et les matières azotées qui seraient restées dissoutes avec une cave plus chaude sont éliminées par le filtre; c'est le même résultat que l'on recherche avec le déglutinage mentionné plus haut.

Pour empêcher le trouble de glutine, il faut donc que la bière ait subi, avant livraison, une température plus basse que celles qu'elle aura à supporter.

Afin de réduire la sensibilité de la bière au froid, il faut étudier successivement les nombreuses causes citées plus haut et déterminer par élimination celle qui est la plus importante; il s'agit par exemple de choisir des malts, moins riches en azote soluble, ou d'épurer l'eau, ou de modifier le brassage.

2° *Précipitation de combinaisons de matières azotées.* — Les matières azotées du type glutine étant dissoutes, attaquent le cuivre.

le fer, le zinc, l'aluminium et même l'étain, quoique moins énergiquement, et il suffit de traces de ces métaux pour que la combinaison de matière azotée (type glutine) avec le métal se précipite.

On observe des troubles de ce genre, quand la bière séjourne au contact du métal, par exemple dans les filtres, ou pendant la fermentation avec des réfrigérants en cuivre non verni, ni étamé; parfois l'attaque a lieu dans les fûts, sur la bonde métallique.

Il arrive aussi qu'avec les goudronneuses mécaniques, la poix ayant dissous beaucoup de fer de la cuve à goudron, on trouve sur les douves les plus éloignées de la bonde un dépôt jaunâtre riche en fer, et ce dépôt donne aussi, avec les matières azotées de la bière, une combinaison ferreuse insoluble, c'est-à-dire un trouble.

On observe encore un trouble de même genre quand les canalisations en étain des pompes à bière sont nettoyées avec de la soude caustique et que le rinçage n'est pas suffisant.

Un trouble de glutine se forme aussi en pasteurisant avec des bouchons dont le liège contient du tannin, celui-ci retombant dans la bière.

Enfin le simple rinçage des foudres avec du bisulfite de chaux est aussi pour certaines bières une cause de trouble de glutine, se produisant dans le foudre.

*Trouble d'empois.* — Il répond à de l'amidon non complètement saccharifié et restant à l'état de dextrine voisine de l'amidon, dans la bière; si l'on précipite de la bière par deux fois son volume d'alcool concentré, et si, après repos, on décante le liquide et l'on redissout ce précipité par quelques gouttes d'eau, en ajoutant un peu d'iode, dissous dans l'iodure de potassium, une coloration rouge, violette ou bleue, indique un trouble d'empois.

On peut apercevoir l'existence d'un trouble de ce genre, soit à la cuve matière ou au macérateur, soit à la mise en levain, soit enfin au foudre pour les bières basses, et après collage pour les hautes; à vrai dire, c'est toujours à la cuve matière que l'on devrait reconnaître ce trouble, si l'on vérifiait la saccharification à l'iode.

Dans la cuve matière ou le macérateur, si la saccharification ne se termine pas, c'est par défaut d'amylase, il faut donc en réintroduire, mais en abaissant d'abord la température vers 63°-65°. On doit refroidir par addition d'eau froide, puis ajouter une quantité de farine de malt représentant de 1 à 5 pour 100 du poids total de matière première suivant l'intensité du trouble, c'est-à-dire la teinte fournie

par l'iode; il est mieux d'empâter ce malt à l'hydrateur et à l'eau froide ou tiède. On remet le vagueur en marche, et, lorsque le liquide est saccharifié, on élève la température lentement, de façon à saccharifier l'amidon du malt employé comme source d'amylase; cette deuxième partie du traitement est aussi nécessaire que la première. Le réchauffage est obtenu facilement quand on a un macérateur ou que la cuve matière possède un serpentin à vapeur; dans les autres cas, il faut employer l'eau bouillante, ou une trempe, que l'on chauffe doucement et que l'on fait bouillir un instant seulement.

Quand la saccharification n'est pas terminée, en cuve matière, et que cependant la filtration se fait à peu près correctement, on peut refroidir les moûts à 70°, en chaudière, et ajouter une infusion de malt claire faite dans l'eau froide, ou plus rapidement dans l'eau à 40° à 45°.

Lorsqu'on constate un trouble d'empois à la mise en levain, il suffit d'ajouter 2<sup>s</sup> à 3<sup>s</sup> de farine de malt par hectolitre, ou une infusion claire de malt dans l'eau froide, à raison de 15<sup>s</sup> à 20<sup>s</sup> de malt par hectolitre de moût. Ce traitement élimine rapidement toute trace d'amidon, mais on a en même temps des atténuations principales très fortes, peu de fermentation secondaire et la bière se conserve mal.

Dans les foudres de garde, on peut ajouter une infusion de malt, comme il a été dit pour la mise en levain; si la bière fermente faiblement et qu'elle soit bien clarifiée, on met aussi 1 à 2 pour 100 de moût en pleine fermentation. Ce traitement réussit bien lorsque la température des caves n'est pas trop basse et qu'on laisse en contact 8 jours à 10 jours avant de filtrer; dans les autres cas on réduit le trouble sans le faire disparaître entièrement, mais on peut en général filtrer la bière à peu près normalement: la masse doit être bien serrée.

Dans les fûts de fermentation haute, après collage, le seul remède est de retirer de chaque fût  $\frac{1}{10}$  environ de son volume et d'ajouter la farine de malt, 2<sup>s</sup> à 3<sup>s</sup> par hectolitre, puis on achève de remplir avec du moût en pleine fermentation. Il y a donc une nouvelle fermentation, une période de levure, et l'on doit procéder à un deuxième collage; il est prudent d'ajouter un peu de tannin avant de verser la colle.

Le trouble d'empois est devenu assez rare et il subsiste surtout quand on emploie des grains crus soit à trop forte dose, soit avec un malt trop pauvre en amylase, soit enfin lorsque l'empois de grains crus sert à obtenir la température finale de saccharification, voisine de 75°.

Quelquefois le trouble d'empois se produit avec le malt seul, si celui-ci, ayant un faible pouvoir diastasique, est attaqué à température très élevée, en infusion, ou bien en décoction, lorsque les trempes trop volumineuses sont conduites très rapidement, le malt étant mal désagrégé et pauvre en amylase.

Le trouble d'empois est fréquemment accompagné d'atténuations anormalement basses.

*Trouble de résine.* — Il répond à des résines de houblon en suspension dans le liquide, et l'on constate au microscope de petites sphères jaune ou jaune-brun, souvent associées et formant des grappes. Ce trouble s'élimine par filtration, en serrant la masse; il est d'ailleurs très rare.

On l'observe quelquefois avec des houblons incomplètement mûrs; parfois aussi lorsque l'on remplace le panier à houblon par la cuve à filtrer, et que le moût séjourne longtemps dans cette cuve.

*Troubles dus à des ferments.* — Ils peuvent provenir de levures ou de bactéries, les plus nocives étant le *Saccharobacillus Pastorianus*, ou saccharobacille, les sarcines, le ferment visqueux.

*Résistance des bières.* — Pour qu'un ferment produise un trouble il ne suffit pas que la bière renferme quelques représentants de l'espèce considérée, il faut encore que la composition de la bière permette le développement et la propagation de ces germes, et cette notion est importante, car il est pratiquement bien difficile, sinon impossible que la bière arrive à la livraison sans qu'aucun ferment s'y soit introduit. Or, certaines bières se troublent par le moindre ferment de maladie, d'autres au contraire se conservent bien, malgré des contaminations plus grandes.

Nous pouvons exprimer ce fait en disant que la bière est plus ou moins résistante et nous voyons qu'un trouble dû à des ferments suppose à la fois l'introduction de ces ferments et une bière peu résistante.

Un exemple montrera la vérité de cette définition: on rencontre des bières qui après livraison se troublent et donnent un dépôt constitué uniquement par des levures de culture, tandis que d'autres bières ne fournissent jamais un tel dépôt, ni un trouble dû à de telles levures; cependant toutes les bières contiennent des levures de culture et en nombre considérable après filtration; la présence du

ferment ne suffit donc pas; la bière qui se sera montrée peu résistante contient encore des aliments azotés de la levure, l'autre n'en renferme plus, c'est-à-dire que la composition de la bière est un facteur très important dans la production des troubles dus à des ferments.

Pour les levures, nous savons sûrement que la formation de nouvelles cellules dépend des matières azotées assimilables, acides amidés, peptones, etc. En ce qui concerne les autres ferments et spécialement les bactéries visqueuses, sarcines, saccharobacille, nous n'avons pas une démonstration certaine; mais, d'après un assez grand nombre de faits d'expérience, il semble très probable que la teneur en matières azotées de la bière joue un rôle prépondérant dans la résistance; en effet, toutes les bactéries veulent de l'azote pour leur développement et elles sont en général peu difficiles sur la nature de la combinaison azotée; toutes se développent en présence de ce que l'on appelle l'*eau de levure*, décoction de levure dans l'eau, c'est-à-dire qu'elles peuvent assimiler les matières azotées de la cellule, et celles que la levure laisse diffuser. Les anciens auteurs ont toujours considéré que la richesse en azote des malts nuisait à la conservation, et Kukla, puis Reichard, ont constaté aussi une tenue médiocre, c'est-à-dire une résistance faible quand les malts utilisés étaient forcés; or il y a corrélation entre le forçage et une grande richesse en azote soluble du malt; Evans a signalé aussi une relation inverse entre la richesse en azote de la bière et sa conservation.

Ces divers faits et quelques essais directs semblent montrer que la teneur en azote des bières est un des éléments influents de la résistance et que celle-ci est en raison inverse de la proportion de matière azotée; or, dans une fabrication normale, la bière livrée ne donne plus de levure, c'est-à-dire quelle contient à peu près exclusivement des substances du type glutine dont la proportion varie avec les matières premières, l'eau, le procédé de brassage, la marche de fermentation, la race de levure, et éventuellement la température de garde.

Nous ne présentons pas cette notion de résistance comme une nouveauté, car tous les anciens auteurs rapportaient à l'azote les altérations de la bière; mais, lors des découvertes de Pasteur, sur le rôle des micro-organismes, on a perdu à peu près complètement de vue l'influence de la composition de la bière et pendant longtemps il suffisait de trouver à une phase de la fabrication quelques ferments de même espèce que ceux rencontrés dans une bière trouble, pour localiser la cause de l'altération. Cette localisation paraît être un peu trop prompte, et nous pensons qu'il faut de nouveau tenir grand compte de la résis-

tance, c'est-à-dire de la composition de la bière, surtout au point de vue azote.

Nous admettons donc provisoirement que le développement des ferments de maladie est facilité par la richesse de la bière en matières azotées, celles du type acide amidé ou peptone important spécialement pour les levures, tandis que, pour les bactéries, les substances du type glutine ont de l'influence.

Ceci posé, nous indiquerons les plus importants des troubles dus aux ferments.

*Troubles de levure de culture.* — Le trouble est dû à une formation de cellules nouvelles après clarification et il peut donner naissance à un dépôt plus ou moins compact, parfois à une forte refermentation.

En principe, une formation nouvelle de cellules ne peut avoir lieu que si la levure trouve dans la bière clarifiée des matières utilisables comme azote et comme hydrates de carbone, mais surtout les premières. On évitera donc un trouble de levure, si la bière ne renferme plus d'azote assimilable et ce résultat est pratiquement presque toujours atteint quand la bière est voisine de son atténuation limite, mais ce n'est pas une condition absolue. On rencontre en effet, bien que rarement, des bières à atténuation presque limite, et qui fournissent cependant un petit dépôt de levure; l'air qui s'introduit dans la bière à la mise en canettes et le réchauffement plus rapide de celles-ci font que les troubles de levure s'observent beaucoup plus aisément en canettes qu'en fût.

On peut donc admettre que, pratiquement, on se mettra à l'abri des troubles dus aux levures de culture en livrant la bière avec une atténuation de 2 à 3 pour 100 au plus inférieure à la limite et l'on aura d'autant plus de chances d'épuiser en même temps l'azote assimilable que cette limite sera plus élevée.

Le trouble de levure pourra se produire quand ces conditions ne seront pas réalisées. Il aura donc comme origines médiatees un malt contenant une très grande quantité d'azote assimilable par la levure (malts à désagrégation exagérée ou forcée), une atténuation principale trop faible, une durée de garde trop courte.

Les levures se déposant rapidement, soit à la fermentation principale, soit aux foudres, donnent aussi des atténuations ordinairement plus basses, et, par suite, elles sont plus aptes que les autres espèces à donner des troubles de levure.

Le trouble de levure est assez souvent doublé d'un trouble de glutine par diffusion de matières azotées.

*Levures sauvages.* — Le trouble suppose une introduction de levures sauvages et un milieu favorable à ces ferments. A ce dernier point de vue, on peut rappeler ce qui précède, en remarquant que les doses d'azote assimilables dans un même moût ne sont pas constantes pour toutes les levures. Il peut donc arriver qu'une bière ne fournissant plus d'aliment aux levures de culture puisse cependant donner un développement de levures sauvages. Les atténuations limites des levures sauvages répondent, les unes aux levures du type Saaz, d'autres au type Froberg.

On procurera cependant à la bière son maximum de résistance aux levures sauvages, en conduisant le travail de façon à réduire la quantité d'azote, aliment des levures, et en réalisant une atténuation limite, répondant à celle du type Froberg.

L'introduction de levures sauvages peut se faire de diverses façons : en général, il n'y a guère danger que pour celles amenées dans le moût avant la fin de la fermentation principale, car une cellule de levure sauvage tombant dans un liquide déjà alcoolique a son développement presque toujours gêné, sinon paralysé.

Dans ces conditions les levures sauvages peuvent être amenées dans le moût, dans le levain, dans les parois des cuves ou fûts de fermentation, exceptionnellement dans l'eau ayant servi au rinçage des tuyaux ou des appareils, et, lorsque le moût renferme de ces ferments, l'air en contact avec le moût pendant le refroidissement, les tuyaux ou appareils non stérilisés, peuvent être les causes d'infection.

Les levures sauvages produisent souvent, en même temps qu'un trouble, une saveur fortement amère et âcre. Celle-ci apparaît, même quand le développement des levures sauvages a eu lieu avant clarification et que la bière livrée ne se prête plus à la formation de cellules nouvelles.

En ce qui concerne l'infection par le levain, Delbruck a signalé, sous le nom de *sélection naturelle*, que les levures sauvages s'éliminaient spontanément à la suite de quelques fermentations effectuées à température élevée, pour les bières basses.

*Bactéries.* — Il semble probable que, pour les bactéries, les bières les plus pauvres en azote sont aussi les plus résistantes, mais il est très vraisemblable que, pour chaque genre de ferments, il faudrait consi-

dérer une espèce particulière de matière azotée. Cette séparation n'a pas encore été réalisée jusqu'ici à cause des difficultés que présente la caractérisation des diverses formes d'azote existant dans une bière.

*Saccharobacille.* — C'est la bactérie lactique que Pasteur désignait sous le nom de *ferment de la bière tournée*, à développement extra-rapide, donnant de l'acide lactique et acétique, un trouble considérable, avec souvent des nuages en suspension dans la bière et constitués par des matières azotées précipitées.

C'est une altération fréquente en été pour la fermentation haute, mais que l'on rencontre également dans les bières basses.

Les foyers d'infection par ce ferment sont multiples, mais se ramènent toujours, en somme, à un reste de bière, même dilué, et servent au développement du saccharobacille, apporté par l'air ou par l'eau.

On trouve donc comme origines du trouble : les parois du fût et des miniaux en fermentation haute; les tuyaux à bière, les masses filtrantes non stérilisées, les copeaux, les parois des cuves non goudronnées à fermentation basse, les débris de levure infectés restant sur le sol des caves et transportés dans les cuves par les sabots ou par les mains des ouvriers, l'air, surtout au voisinage des rince-fûts, de la canetterie ou des buvettes, l'eau parfois, quand elle a reçu des infiltrations provenant du rinçage des caves, du rince-fût, canetterie, etc.

Il semble probable que le saccharobacille n'acquiert sa virulence complète qu'après un certain nombre de générations dans la bière ou en présence de levure.

On se défend contre ces troubles par de grandes précautions de propreté et en surveillant particulièrement la stérilisation des tuyaux, des cuves ou fûts, et du sol des caves, étant constaté que ni l'eau ni l'air pénétrant dans les caves ne sont fautifs.

*Sarcines.* — Elles donnent un trouble, parfois un dépôt et un goût spécial de rance, que l'on nommait autrefois le *goût d'été*. Il se forme divers acides gras, et parmi les acides volatils, des acides acétique, formique et propionique, des traces d'acide caproïque.

Les sarcines ne peuvent se développer qu'en présence de certaines matières azotées, et spécialement de celles qui sont fournies par diffusion de la levure; aussi ne trouve-t-on jamais de sarcines développées

dans le moût devenant virulentes et, quand les ferments sont introduits dans la bière terminée, le développement n'a pas toujours lieu.

Les sarcines existant dans un levain peuvent être immédiatement causes de trouble; au contraire, pour celles très nombreuses amenées par l'air, une acclimatation est nécessaire, et les troubles ne se produisent qu'au bout de deux ou trois générations de la levure souillée à la première génération; d'ailleurs toutes les espèces de sarcines, de l'air ou de l'eau, ne se développent pas dans la bière ou n'y donnent pas de troubles.

Les causes d'infection sont très nombreuses : air, au contact du moût ou de la bière en fermentation, et cet air est souillé lui-même par les débris de drèches, les fumiers, les poussières de route, les fosses d'aisance ou les dépôts d'ordures de ville, les cultures maraîchères fortement fumées, les écuries, les égouts, les abattoirs, les tanneries, etc; débris de levure, ramassés sur le sol des caves et introduits par les mains ou les sabots dans les cuves; parois des fûts ou cuves de fermentation, non goudronnées; suintement des voûtes de cave; masse filtrante non stérilisée ayant servi à une bière sarcinée; eau souillée par des infiltrations de fumier, tas de drèches, rince-fûts, lavage des cuves ou de la brasserie, écuries, etc.

On voit d'après cette énumération que les sources d'infection possibles par les sarcines sont extrêmement répandues dans la brasserie. Lorsque les contaminations proviennent de l'air, l'emploi d'un bac fermé et d'une ventilation d'air filtré, avec un filtre surveillé, est le meilleur remède. On peut empêcher la propagation par les parois des cuves ou des fûts en goudronnant ces appareils, en garnissant le sol d'une couche de chaux ou de sulfate ferrique. Comme l'infection par les levains est la plus sérieuse, un contrôle très sérieux du levain et l'élimination de celui-ci dès qu'il présente une très légère souillure sont des remèdes efficaces; enfin, il faut y joindre un taux d'azote aussi faible que possible dans la bière.

*Bactéries visqueuses.* — La bière devient filante comme de l'huile par suite de la formation d'un amas de bactéries engluées dans une masse visqueuse. En même temps il se forme des acides, notamment acétique, lactique et butyrique; le glucose et le saccharose sont les plus facilement attaqués.

La viscosité ne persiste pas indéfiniment, et souvent la bière, après un temps plus ou moins long, devient à peu près normale avec un dépôt gélatineux.

Les ferments visqueux ont un développement différent suivant la nature des bières et leur composition en matières azotées. En effet, Van Laer a montré que le filage ne se produit qu'en présence d'asparagine, peptone, urée, etc. La présence de mycoderme et probablement d'autres ferments capables de transformer et de simplifier les matières azotées du moût, produit le même résultat, et cette influence est importante, car les bières de fermentation haute, presque seules infectées par le filage, renferment très fréquemment du mycoderme.

Les ferments visqueux se propagent surtout par les parois des fûts de fermentation; ils peuvent être amenés par l'eau et aussi par l'air. On attribue parfois aux poussières des trieurs à orge une grande part dans l'introduction des bactéries visqueuses; les tuyaux ou appareils mal nettoyés sont aussi une cause d'infection.

D'après le rôle joué par les matières azotées, telles que les peptones, amides et acides amidés, on voit que pour ce ferment la notion de résistance des bières s'applique parfaitement; le développement de cette maladie est facilité grandement par une température élevée.

Le filage ne se produit pratiquement que dans la bière et cela un temps plus ou moins long après la livraison, plusieurs semaines et même plusieurs mois; mais il y a des bactéries visqueuses se développant dans le moût.

Il résulte de là que les bières contenant des acides amidés en forte proportion sont les moins résistantes au filage, c'est-à-dire celles provenant de malts germés chauds et très vite. Les bières dans la fabrication desquelles entre du blé sont spécialement sensibles; il en est de même de celles qui ont utilisé des malts peu touraillés.

Les trois espèces bactériennes ci-dessus, sarcine, saccharobacille, ferment visqueux, sont de beaucoup les plus graves causes d'altération de la bière, comme ferments; le visqueux existe à peu près exclusivement en fermentation haute, tandis que la sarcine et le saccharobacille se rencontrent dans deux genres de bières, les troubles du saccharobacille étant cependant bien plus intenses et plus rapides en fermentation haute.

Quelques autres ferments peuvent donner lieu à des altérations de la bière, mais moins fréquentes et qui influent sur le goût bien plus que sur la limpidité.

*Bactéries butyriques.* — On les rencontre parfois dans les levains conservés longtemps sous presse ou ayant voyagé un certain temps,

et il peut arriver que ces bactéries se développent faiblement dans la bière, lui communiquant une saveur rance, due à l'acide butyrique. Le même fait se produit pour des canettes ou des fûts mal nettoyés.

Lorsque le moût est abandonné au refroidissement spontané dans un bac fermé et que celui-ci n'a pas été stérilisé à l'avance, on a quelquefois un développement butyrique, le goût d'acide reste dans la bière, et, si l'acidité formée est grande, la levure peut être gênée dans son développement et donner des atténuations anormalement basses, de sorte qu'en dehors du mauvais goût, on a encore un trouble de levure.

*Bactéries du moût.* — Les espèces nombreuses susceptibles de vivre dans le moût et non dans la bière, comme par exemple les bactéries du genre *Termo*, donnent parfois un goût désagréable à la bière. Ces bactéries, apportées par l'air ou par l'eau, se développent déjà sur les bacs, surtout quand le moût séjourne longtemps et se refroidit lentement; quand bien même leur vie est arrêtée dès le début de la fermentation alcoolique, le mauvais goût subsiste. Cela arrive quand l'endroit où l'on décharge les drèches est mal tenu et se trouve peu éloigné des bacs.

Ce même genre d'infection se manifeste encore dans les bacs fermés non stérilisés et lorsque le moût y subit un lent refroidissement.

L'eau de rinçage est aussi quelquefois la cause d'une telle contamination, mais encore faut-il qu'elle soit très souillée et que les températures de mise en levain soient élevées, 20° à 25°.

*Bactéries acétiques.* — On les trouve fréquemment dans les bières et les levains de fermentation haute, très peu dans les bières basses, à cause du séjour en cave de garde froide.

Ces ferments ne provoquent pas toujours un trouble, mais seulement un accroissement d'acidité aux dépens de l'alcool.

On peut rapprocher de ces modifications de goût celles que l'on observe parfois du fait de levures de culture et aussi par défaut de ventilation.

Dans quelques cas, une levure de culture, fermentation haute, saine comme ferments étrangers, a donné un goût putride à la bière. Ceci se produisait avec une eau fortement gypseuse quand on élevait la température de fermentation, et disparaissait en revenant aux températures habituelles.

Enfin, quand les caves de fermentation sont mal ventilées, on y

sent le goût de *cave* qui se communique à la bière. Il est difficile d'assigner la cause précise de ce goût, mais on sait cependant que l'acide carbonique dégagé d'une fermentation a un goût très spécial dû à des matières volatiles entraînées. Ces matières s'accumulent dans l'air d'une cave non ventilée.

*Colorations anormales de la bière.* — On rencontre des bières ayant une fausse teinte verte ou très rarement rougeâtre. Cette dernière paraît être provoquée seulement par des espèces déterminées d'orge, celle de Russie par exemple.

La teinte verte peut provenir d'un précipité extrêmement fin et invisible à l'œil de matières azotées. On l'observe aussi dans des bières fabriquées avec un malt très pâle, très peu touraillé ou vieux et quand la bière a dissous des traces de métaux, en quantité insuffisante pour produire un louche.

#### Contrôle de fabrication.

*Brasserie.* — Le contrôle de fabrication doit aider au choix des matières premières, déterminer la méthode de travail qui leur convient le mieux, vérifier la régularité de la fabrication et découvrir les points défectueux, soit économiquement, soit au point de vue de la qualité.

Un premier contrôle doit être la tenue d'un carnet de fabrication très détaillé, dans lequel on note la nature et la qualité des matières premières, la marche des opérations comme température et durée, et toutes les observations que l'on peut faire, si minces qu'elles paraissent; le carnet comprend l'indication de la manière dont la bière de chaque brassin s'est comportée, comme conservation et qualité.

Dans presque toutes les brasseries, il existe au moins théoriquement un carnet de fabrication, mais bien souvent il ne contient que les quantités de moût produites, un rendement de temps en temps, quand on change de malt. Au contraire, un registre tenu avec détails et observations est une mine de renseignements, et bien souvent on peut ainsi repérer un défaut de la bière comme qualité ou conservation; souvent aussi on peut prévoir, d'après un carnet datant de plusieurs années, soit un accident de fabrication, soit une chute de rendement, ces faits s'étant déjà produits antérieurement pour les mêmes causes.

Nous laisserons de côté tout ce qui concerne le carnet de fabri-

cation et nous examinerons seulement les points sur lesquels il doit être complété par analyses chimiques ou bactériologiques.

Le contrôle, à ce double point de vue, n'est réalisable intégralement que dans les brasseries disposant d'un chimiste ou en relations constantes avec un laboratoire spécial, parce que le personnel technique, c'est-à-dire le plus souvent le chef de fabrication, n'a pas le temps de se livrer à des analyses chimiques, étant pris par d'autres soins ; mais un chef de fabrication ou un contremaître pourraient toujours faire l'examen microscopique des levains quotidiennement et de temps en temps celui des moûts.

On ne saurait trop recommander de tenir un livre des levains, en notant l'examen microscopique pour chaque génération ; à l'aide du carnet de fabrication, on peut savoir quelle était la pureté du levain qui a servi à chaque brassin et prévoir souvent qu'une bière aura une conservation très réduite.

On peut aussi, en fermentation basse tout au moins, déterminer la durée de *conservation minima* de la bière et la cause de l'altération qui se produit généralement.

Il suffit pour cela, 15 jours environ avant l'époque présumée de livraison, de prendre aux divers foudres deux ou trois canettes de bière, les canettes ayant été rincées à l'eau chaude et parfaitement propres, et il est préférable qu'elles soient en verre blanc.

Ces canettes sont placées dans une chambre chaude, en un endroit éclairé et, deux ou trois fois par jour, on les agite. Ces conditions sont les plus défavorables possibles de la bière, et par conséquent le temps au bout duquel la bière se trouble ou fait un dépôt est un minimum. Une fois la bière troublée un examen microscopique indique quels sont les ferments producteurs du trouble ; on peut ainsi déterminer quels sont les foudres qui doivent être consommés très rapidement et ceux au contraire qui supporteront un trajet un peu long et un séjour de durée chez les clients.

Le contrôle, réduit à ces trois termes : *carnet de fabrication* détaillé, *examen microscopique quotidien des levains* et *conservation minima* de la bière, peut être sûrement réalisé partout et il met à l'abri de bien des accidents de fabrication.

Si nous considérons maintenant le cas d'un contrôle complet, nous pouvons en répartir les opérations sous différentes rubriques étant entendu que le carnet de fabrication existe.

*Contrôle quotidien.* — Au point de vue du rendement, on ajoute

aux densités du bouillon et des lavages la teneur en extrait du liquide imprégnant les drèches épuisées, ce liquide étant extrait par pression d'un échantillon moyen de la drèche. Il est fortement trouble, à cause des débris de matières azotées et de cellulose qu'il contient, et la densité est accrue notablement par ces matières. Dans le cas d'un bon épuisement, la concentration du liquide imprégnant la drèche est de 1 fois à 1,5 fois celle du dernier lavage à la fin de son écoulement.

De même les déterminations du rendement pratique en chaudière et en cuve guilloires, de la concentration du liquide imprégnant les houblons, fournissent des indications très utiles en montrant s'il y a des pertes d'extrait notables, soit à la cuve à filtrer, soit entre la chaudière et la mise en levain; on peut, connaissant la valeur de ces pertes, arriver à les réduire.

Chaque jour on examine au microscope les levains, en fermentation basse, les bières au traversage, et le moût avant mise en levain; ce sont, pour le moût, les levures sauvages qu'il faut considérer spécialement; il n'y a lieu de s'inquiéter des bactéries que si cel'es-ci sont nombreuses, ce qui est un cas très rare. Il est préférable de ne faire les examens de moût qu'après 24 heures environ, à une température pas trop élevée, aux environs de 15° par exemple.

Les examens de bière au foudre, en fermentation basse, et de bière après le collage par le haut ou avant le collage par le bas, en fermentation haute, sont très utiles, car ils indiquent souvent un début d'infection et permettent donc de la prévenir. Il suffit en général de faire ces examens sur quelques fûts au hasard, en bière haute, mais en basse il est sage de vérifier ainsi tous les foudres, soit au moment du bondage, soit avant la filtration; et, au même point de vue, les fonds de foudre sont des plus intéressants en ce qui concerne les ferments étrangers, ordinairement en plus forte dose dans le dépôt que dans la bière même.

*Contrôle périodique.* — L'eau, sauf quelques rares exceptions, ne change pas sensiblement sa composition minérale et, quand on vérifie que celle-ci reste constante aux diverses saisons, il n'est pas nécessaire de refaire une nouvelle analyse minérale. Au point de vue des ferments et des infiltrations nocives, le contrôle doit comprendre un examen périodique, trois ou quatre fois par an au moins et même chaque mois ou chaque deux mois.

De telles vérifications doivent être très fréquentes pour les puits

situés dans la brasserie même ou bien à faible distance d'égouts, de fumiers, etc.

Pour les *matières premières* il convient de déterminer le rendement maximum et non pas seulement l'extrait par la méthode du Congrès de Berlin ou toute autre conventionnelle, car la finesse de la farine et la méthode de saccharification jouent un rôle important. Au contraire, on peut obtenir des résultats constants en traitant le malt comme un grain cru, c'est-à-dire en dosant même l'amidon qui ne peut être saccharifié qu'après cuisson. La comparaison de l'extrait ainsi déterminé avec celui que fournit la méthode de Berlin permet d'apprécier l'état de désagrégation et la résistance de l'amidon.

C'est de ce rendement maximum des matières premières que l'on rapproche le rendement pratique avec des malts parfaitement désagrégés et une bonne installation de brassage. On peut arriver en chaudière à 97 pour 100 de rendement maximum.

L'analyse des matières premières permet aussi éventuellement de contrôler les livraisons faites et, si le marché a été fait sur échantillon, on a toute certitude d'éviter les erreurs.

La composition du malt donne également les indications nécessaires pour le travail du brassage, température d'empâtage, conduite des trempes, nombre de celles-ci, emploi de grains crus, etc., en tenant compte du genre de bière à produire, du procédé de clarification, et en fermentation basse de la température et de la durée de garde.

L'analyse des *drèches*, au double point de vue de l'extrait dissous et de l'extrait récupérable par cuisson, doit être faite périodiquement, et l'on doit trouver dans la drèche la différence d'extrait entre le rendement maximum et le rendement pratique en chaudière. La répartition de cet extrait perdu, dissous ou récupérable par cuisson, indique si le rendement peut être amélioré par le travail d'épuisement ou s'il dépend uniquement du malt.

Il est bon de vérifier, au moins par la densité du liquide imprégnant la drèche, que l'épuisement est sensiblement le même dans les diverses parties de la cuve à filtrer; si ceci n'est point réalisé, il y a une défec-tuosité d'installation de l'appareil à filtrer ou de l'appareil de lavage.

La composition du *moût* à l'entonnement en y comprenant l'atténuation limite, ainsi que celle de la bière à la fin de la fermentation principale et à la livraison, permettent de vérifier la régularité et, si le carnet de fabrication est bien tenu, à toute modification de composition du moût ou de la bière répond un changement de brassage ou de fermentation.

Au point de vue *microscopique*, il y a lieu d'examiner le moût aux diverses phases de son refroidissement, bac, haut et bas du réfrigérant, premières portions coulant par le tuyau d'entonnement; ensuite l'eau de rinçage des fûts et des tuyaux, la masse filtrante lavée, les copeaux, les parois des fûts et cuves de fermentation, les rondelles des canettes, sauf le cas où les appareils sont goudronnés. Ces examens ne peuvent ordinairement donner de résultats certains qu'après un ensemencement dans un milieu approprié et incubation.

De même les bondes en bois, au point de vue du goût qu'elles peuvent communiquer à la bière, l'action de celle-ci sur les bondes métalliques, sur les cadres des filtres, les bouchons servant à la pasteurisation, se rattachent au contrôle périodique.

*Contrôle des accidents de fabrication.* — Il est extrêmement réduit et facilité lorsqu'on pratique régulièrement les opérations quotidiennes et périodiques, car on est averti de la présence des ferments de maladie bien avant que leur présence puisse causer des troubles ou des altérations. D'autre part les troubles d'empois ne peuvent se produire qu'à la cuve matière; ceux de glutine sont rendus beaucoup plus rares et reconnus immédiatement, et, chose importante, quand un accident se manifeste on peut localiser sa cause en rapprochant les analyses et examens microscopiques du carnet de fabrication.

Lorsque les contrôles quotidien et périodique sont négligés ou ne se font pas, il est nécessaire, pour les troubles dus aux ferments, de faire une série d'examens microscopiques, en prenant la fabrication à rebours, jusqu'au moment où, de deux échantillons consécutifs, un seulement montre le ferment cause de trouble, et il faut comprendre aussi l'eau de rinçage et quelquefois l'air dans les essais.

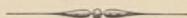
Il reste ensuite à examiner chimiquement et biologiquement le moût et la bière, afin de voir si la résistance aux germes ne peut être augmentée, en modifiant le travail ou les matières premières.

De même pour les accidents d'ordre chimique et les altérations de goût, il faut examiner successivement toutes les hypothèses admissibles, relatées plus haut à propos des maladies de la bière, et procéder par élimination.

La recherche des causes d'altération est naturellement beaucoup plus complexe qu'avec un contrôle régulier, et surtout les accidents sont bien plus graves. En effet, supposons qu'une brasserie, sans contrôle régulier, constate tout à coup que ses bières se troublent

quelques jours après livraison ; à ce moment et surtout en fermentation basse, les caves contiennent des centaines ou des milliers d'hectolitres de bière destinée à avoir également une très mauvaise conservation, quand il s'agit d'altérations dues aux ferments : avec un contrôle régulier, on aurait aperçu immédiatement que le levain, le moût ou un appareil étaient contaminés, et l'accident, ou bien ne se serait pas produit, ou bien aurait été limité à un ou deux brassins.

Le contrôle quotidien, très simplifié, tel que peut le faire le chef de fabrication ou un contremaitre, suffit déjà à réduire beaucoup la durée des accidents et comme actuellement il existe des laboratoires spéciaux de brasserie, rien n'est plus aisé, pour le brasseur, que de faire vérifier fréquemment son levain, son moût ou ses appareils.



## CHAPITRE XII.

### VALEUR HYGIÉNIQUE DE LA BIÈRE. STATISTIQUES.

L'organisme exige pour son entretien une ration quotidienne de matières azotées et d'hydrates de carbone et la dose de ceux-ci, sucres, dextrines ou amidon, doit augmenter quand il s'agit d'effectuer un travail musculaire, tandis que la matière azotée joue le plus grand rôle, pour le développement des organes ou pour la lactation.

En ce qui concerne les aliments de travail, l'alcool, dans l'interprétation la plus favorable à ce corps, ne peut remplacer que d'une façon accidentelle, et en faible proportion, les sucres et les dextrines, et beaucoup lui dénie toute valeur nutritive.

Les boissons hygiéniques, spécialement le vin et la bière, doivent être comptées dans la ration, car il importe que l'organisme reçoive les quantités de matières nutritives nécessaires à son entretien, ou éventuellement à son développement, mais non pas un excès de ces substances.

Or, si nous comparons la composition en grammes par litre d'un vin rouge moyen et de diverses bières, nous trouvons :

	Vin rouge moyen.	Bière basse.		Bière haute.	
		I.	II.	I.	II.
Extrait.....	20	65	57	35	52
Alcool.....	80	33	40	25	32
Sucres et glucose...	1	10	7	4	6
Matières azotées....	1	3,1	3,2	2,0	2,8
Acidité.....	2,5	1,0	1,0	1,2	1,0

La bière contient donc de 2 à 3 fois moins d'alcool, de 2 à 3 fois plus d'extrait et de matière azotée, de 4 à 10 fois plus de sucre, et son acidité est au plus la moitié de celle du vin considéré, encore trouve-t-on des vins dont l'acidité atteint 5<sup>es</sup> par litre.

Il en résulte que la bière est un aliment complet et que son acidité très faible la rend préférable au vin, pour les arthritiques et pour les personnes nombreuses qui utilisent du bicarbonate de soude ou des eaux alcalines.

Au point de vue de la matière azotée, c'est-à-dire du développement des organes ou des sécrétions, la bière est nettement supérieure, et elle se recommande donc dans les cas où il est nécessaire d'assurer une alimentation plus complète.

Pour le travail musculaire elle fournit, au lieu d'alcool, du sucre et des dextrines, c'est-à-dire une alimentation normale, soutenue aussi par de l'azote, ce que ne fait pas le vin.

Il semble donc que pour les travailleurs, la bière soit la boisson de choix et que la fidélité des populations ouvrières du Nord à leur boisson nationale soit pleinement justifiée, malgré la propagande faite depuis quelques années pour écouler dans cette région le trop plein des vignobles du Midi.

La lutte que la bière doit soutenir contre le vin, depuis la reconstitution des vignes phylloxérées et la période des grosses récoltes est très inégale, car, tandis que le viticulteur peut se contenter d'un matériel plus que modeste, le brasseur, lui, doit supporter les frais d'une installation coûteuse, les ennuis d'une surveillance fiscale constante; la conservation de la bière n'est obtenue qu'au prix des soins les plus minutieux, tandis que le vin s'altère surtout si l'on a employé des raisins en mauvais état, ou si l'on emploie des fûts avariés.

La valeur hygiénique de la bière est son moyen de défense le plus solide, et c'est aussi sur ce point que se porte l'effort de ses adversaires; quand ils ont épuisé les vieux clichés sur le vin, boisson de nos aïeux, source de la gaité gauloise, etc., ils se hâtent d'en venir à leur thème favori : les falsifications de la bière; et là-dessus les histoires les plus folles, les inventions les plus ridicules se donnent libre carrière; à force d'être répétées elles sont parfois ramassées et acceptées comme vraies par des gens de bonne foi qui s'imaginent remplir un devoir social en dénonçant les prétendus crimes imputés à la bière.

C'est alors qu'on voit apparaître et ressasser la strychnine, l'acide picrique, ou tout au moins le buis remplaçant le houblon, les feuilles d'artichaut substituées au malt, les bières alcoolisées, l'acide salicylique, etc.

L'origine de ces fantasques imaginations se trouve dans les pre-

miers rapports du Laboratoire municipal de Paris : on y indique une longue série de substances destinées, dit-on, à donner à la bière de l'amertume ou du goût, avec la manière de les rechercher; mais comme on n'a jamais eu l'occasion de trouver dans une bière de la strychnine, pas plus que de la gentiane ou du piment, on donne le procédé de recherche, qui sert aux expériences médico-légales, en cas d'empoisonnement. Ceux qui, depuis 25 ans, recopient ou répètent, avec des gestes d'horreur, cette fameuse liste, n'ont jamais pris garde que, si l'on voulait empoisonner quelqu'un, il était tout aussi facile de le faire avec du lait ou du bouillon, qu'avec de la bière, à condition d'y mettre, à cet effet, un quelconque des nombreux toxiques portés sur la liste du Laboratoire municipal.

Si l'on voulait se servir du rapport cité, dans le même esprit, on pourrait dire que le vin est toujours fabriqué avec des colorants artificiels, qu'on y ajoute de l'alcool d'industrie, de l'eau sale, de la glycérine, de la litharge, de l'alun, du sel, de l'acide salicylique, etc.

En fait, tous ceux qui ont eu l'occasion d'analyser des bières savent bien qu'ils n'ont jamais rencontré de succédanés de houblon, ni d'alcoolisation et qu'il est impossible de trouver une bière additionnée d'antiseptiques, sauf quelquefois de très petites doses d'acide sulfureux provenant, le plus souvent, du nettoyage des appareils; c'est la conclusion que nous croyons pouvoir tirer aussi des 2000 analyses que nous avons faites.

### Statistiques.

*Orge.* — Les indications sur la récolte de l'orge en France ne distinguent pas l'orge de brasserie de celle qui est employée pour les animaux; sous bénéfice de cette observation, la production des six dernières années est:

1902.....	10 370 000 <sup>q</sup>
1901.....	8 718 000
1900.....	9 194 000
1899.....	10 265 000
1898.....	10 563 000
1897.....	9 064 000

Les principaux centres de production ont fourni en 1902 :

Sarthe et Mayenne.....	1 586 000 <sup>q</sup> ou 15	pour 100
Nord, Somme, Pas-de-Calais.	758 000 ou 7,5	»
Marne et Aube.....	750 000 ou 7,5	»
Allier et Puy-de-Dôme.....	462 000 ou 4,5	»
Côte-d'Or.....	275 000 ou 2,5	»
Indre.....	237 000	
Aude et Vaucluse.....	60 000	

Les importations et exportations des trois dernières années ont été en quintaux :

	Importation.	Exportation.
1902 .....	1 546 000	465 000
1901 .....	1 889 000	343 000
1900 .....	856 000	407 000

Il faut remarquer que, sur les 1 546 000<sup>q</sup> importés en 1902, 1 529 000 sont venus d'Algérie et de Tunisie, c'est-à-dire que l'importation étrangère se réduit en réalité à 17 000<sup>q</sup>. On peut donc dire que, pour l'orge, nous sommes exportateurs.

*Malt.* — Les données relatives à l'importation et à l'exportation sont pour les trois dernières années :

	Importation.	Exportation.
1902.....	16 000 <sup>q</sup>	17 000 <sup>q</sup>
1901.....	20 000	38 000
1900.....	28 000	44 000

L'exportation est donc en forte décroissance, elle est maintenant à peu près égale à l'importation.

*Houblon.* — La production française a été :

1901 .....	32 000 <sup>q</sup>
1900 .....	31 235
1899 .....	39 535
1898 .....	30 545

Comme importation et exportation :

	Importation.	Exportation.
1902 . . . . .	19 535 <sup>q</sup>	2462 <sup>q</sup>
1901 . . . . .	21 678	1046
1900 . . . . .	21 962	2140
1899 . . . . .	»	3190
1898 . . . . .	»	1843
1897 . . . . .	»	5172

*Bière.* — La production entre 1880 et 1898 varie entre 8 et 9 millions d'hectolitres, et, pour 1898, elle s'élève à 8 870 000<sup>hl</sup>.

Pour les trois dernières années, l'évaluation est donnée en degrés-hectolitres :

1902 . . . . .	52 227 000
1901 . . . . .	53 788 000
1900 . . . . .	53 434 000

Soit comme moyenne 53 millions de degrés-hectolitres. On peut calculer assez exactement le nombre d'hectolitres correspondants, en remarquant que les  $\frac{3}{4}$  de la production, appartenant aux cinq départements, Nord, Pas-de-Calais, Aisne, Ardennes et Somme, répondent à des moûts dont la densité est comprise entre 3,5 et 4, soit en moyenne 3,7. Cela fait donc 40 millions de degrés à 3,7 par hectolitre, soit environ 10,7 millions d'hectolitres. D'autre part le dernier quart répond à des moûts dont la densité est voisine de 5, ce qui fait 2,6 millions d'hectolitres. La production moyenne des trois dernières années serait donc voisine de 13 300 000<sup>hl</sup>, soit une consommation de 33<sup>l</sup> par tête d'habitant.

L'importation et l'exportation donnent le mouvement suivant en quintaux métriques de poids brut :

	Importation.	Exportation.
1902 . . . . .	177 000	115 000
1901 . . . . .	187 000	110 000
1900 . . . . .	233 000	117 000
1899 . . . . .	181 000	
1898 . . . . .	174 000	
1897 . . . . .	179 000	
1896 . . . . .	183 000	
1895 . . . . .	187 000	
1894 . . . . .	184 000	
1893 . . . . .	201 000	
1892 . . . . .	213 000	

Pour les pays étrangers, la production et la consommation par tête ont été en 1901 :

	Production en hectolitres.	Consommation en litres par tête.
Allemagne.....	71 157 000	125
Angleterre.....	36 139 000	148
Autriche-Hongrie.....	20 104 000	72
Belgique.....	14 000 000	213
Danemark.....	1 046 000	100

Le développement de la production en Allemagne est extrêmement rapide et il porte uniquement sur la consommation intérieure, à la fois parce que la population augmente, et parce que la quantité absorbée par habitant s'élève :

	Production en milliers d'hectolitres.	Exportation en milliers d'hectolitres.	Consommation par tête.
1872.....	33 500	295	<sup>1</sup> 81
1880.....	37 243	680	82
1890.....	52 420	716	106
1900.....	69 500	682	125

La production allemande a donc presque doublé dans les trente dernières années, tandis que, même en considérant les chiffres de l'Administration des finances, nous n'avons qu'un accroissement de 60 pour 100 dans ce même laps de temps.

FIN.

---

## ÉCOLE DE BRASSERIE

### DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY.

---

Le but de l'École est de donner les connaissances scientifiques nécessaires pour diriger une brasserie ou une malterie comme directeur technique, chef de fabrication ou contremaitre.

Pour atteindre ce but l'enseignement doit comprendre non seulement la connaissance de la composition des matières premières, l'étude des ferments, les transformations qui se produisent dans la fabrication, mais encore et surtout l'application pratique de ces notions.

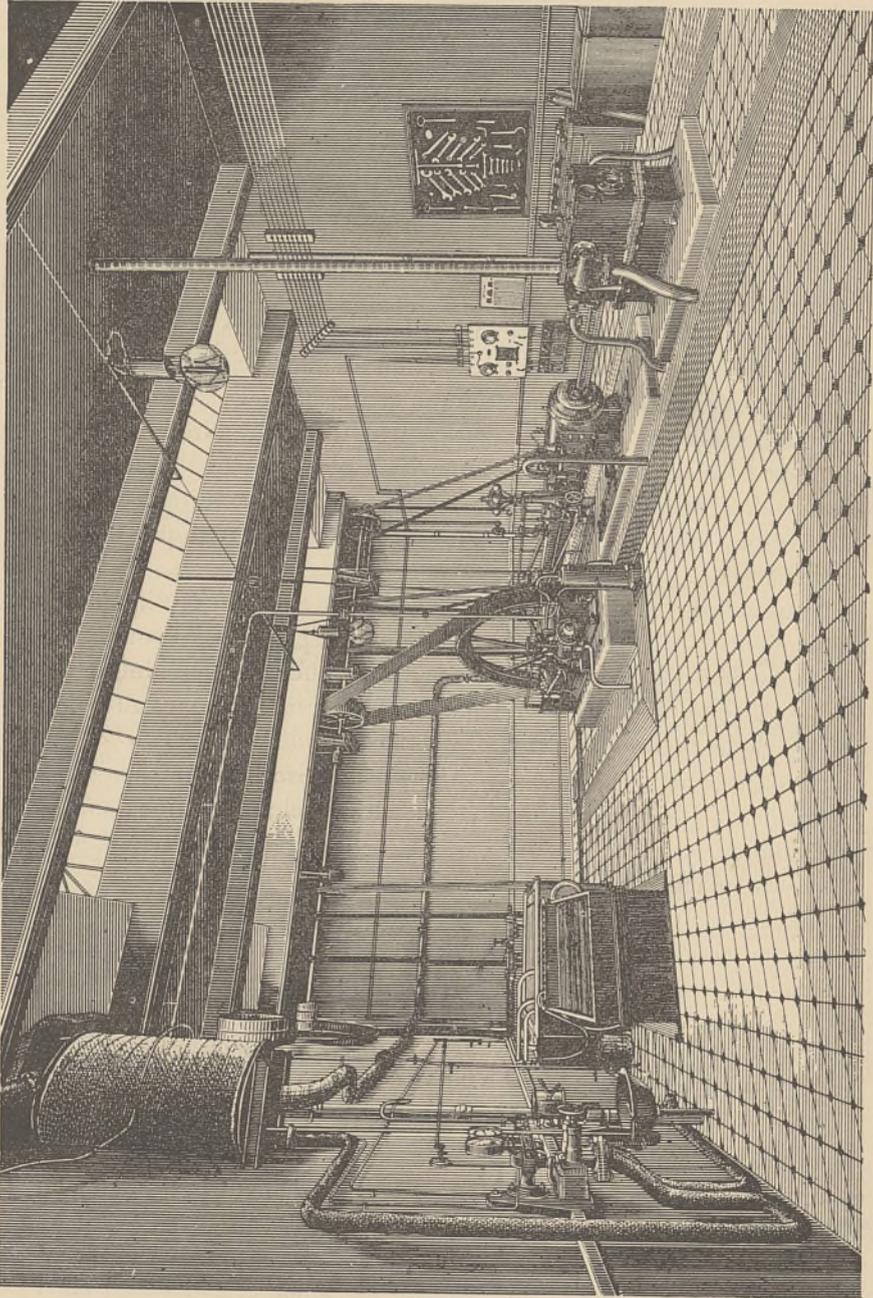
Il est donc nécessaire que les élèves aient travaillé pratiquement avant d'entrer à l'École et indispensable que, pendant les cours, des exercices de brassage et de maltage montrent effectivement l'influence qu'exercent les matières premières et les diverses méthodes au point de vue de la qualité et de la conservation de la bière.

En outre, l'importance croissante qu'ont prise les machines rend désirable que les élèves puissent acquérir quelques notions sur le fonctionnement et le contrôle des moteurs, générateurs, pompes, dynamos, machines frigorifiques, etc.

L'École peut donner actuellement à l'application pratique toute l'importance qu'elle mérite à ces divers points de vue : chaque élève est appelé à diriger des brassins ou des couches sous la surveillance d'un chef de fabrication, et il conduit le travail jusqu'à la bière terminée, ce qui lui permet de voir le résultat pratique comme qualité et conservation.

Ce mode d'enseignement apprend aux élèves que l'analyse chimique, le microscope et l'étude des transformations, sans pouvoir jamais remplacer l'expérience acquise, viennent aider utilement le praticien en facilitant sa tâche.

De même les élèves ont, à tour de rôle, à s'occuper des machines et du générateur, sous la direction du mécanicien, et ils sont ainsi



Salle des machines.

mis à même de reconnaître les conditions d'une bonne marche économique ainsi que les causes des perturbations éventuelles.

*Brasserie.* — Elle est installée pour la fermentation haute et pour la fermentation basse. La salle de brassage comprend une cuve matière de 12<sup>hl</sup> avec réchauffeur, chaudière à vapeur, chaudière à feu nu, bac ouvert, oxygénateur réfrigérant à deux eaux. Les appareils permettent des brassins de 10<sup>hl</sup>.

Les caves comprennent : cave de fermentation basse et cave de garde, refroidies par circulation de liquide incongelable; caves de fermentation haute avec fûts et cuves, local pour la filtration, la mise en fûts et en canettes avec appareils à contre-pression, lavage des levains, presse à levure, etc.

*Salle des machines.* — Générateur de 600<sup>kg</sup> à l'heure, moteur de 30<sup>chx</sup>, machine frigorifique de 200<sup>kg</sup> glace à l'heure, dynamo, pompe à air.

*Malterie.* — Cette installation commencera à fonctionner en novembre 1903 : elle possède un germoir pour 10<sup>qx</sup>, une case pneumatique de même capacité avec retourneur mécanique, cuve de trempage permettant la trempage intermittente, touraille de 18<sup>m<sup>2</sup></sup> avec tirage naturel ou forcé, dégermeuse, bascule automatique pour déterminer les rendements.

### Programme du cours.

I. Analyse de l'eau; orge; malt; moût; bière; poix; bisulfite; glucose; tannin, etc. Essai et épuration des eaux de chaudière.

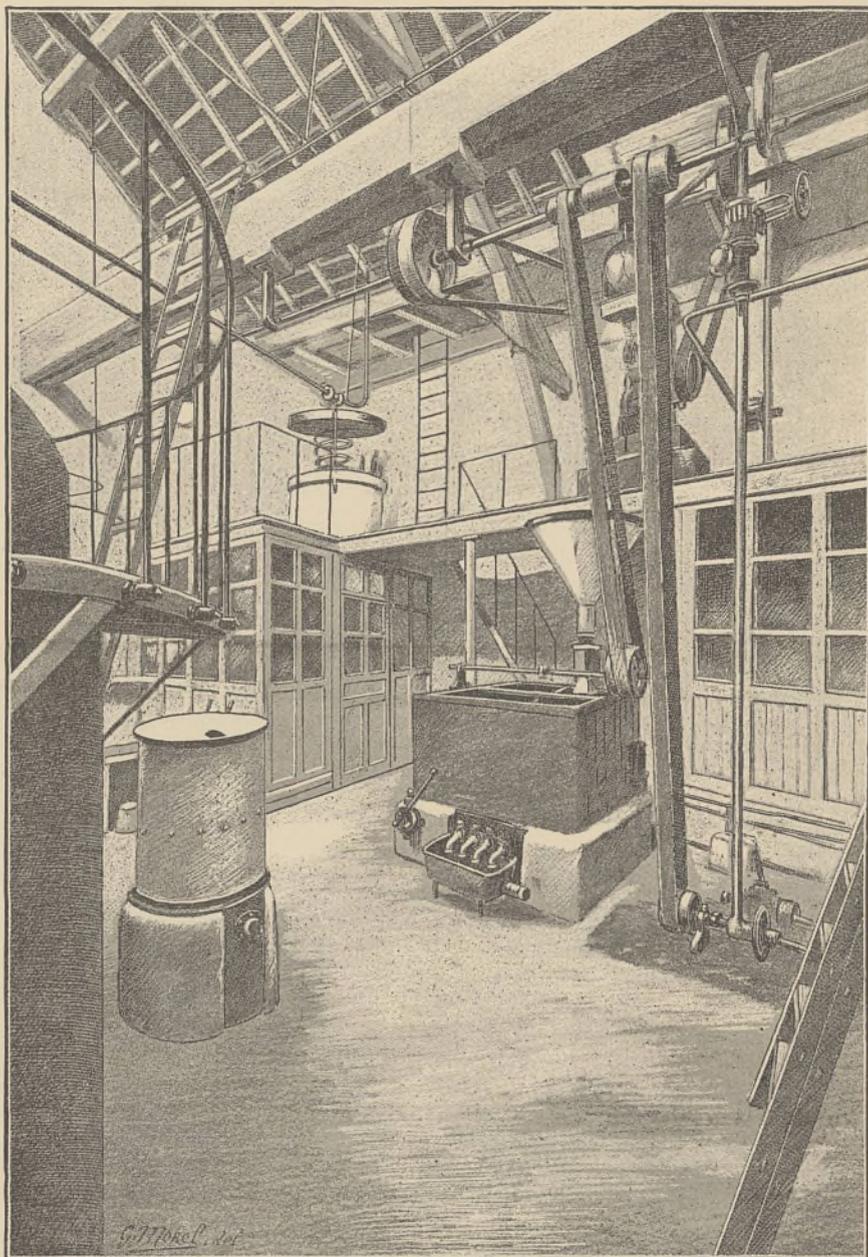
II. Emploi du microscope : principales espèces de bactéries; moisissures et levures. Action des ferments de l'eau sur le moût et la bière; contrôle de la pureté des levains; isolement des levures par la méthode Hansen-Lindner.

III. Cours techniques.

*a. Notions de chimie.* — Substances existant dans les malts et les bières; diastases; saccharification de l'amidon; fermentation alcoolique; influence des substances dissoutes dans l'eau: filtres.

Principales matières premières : orge; riz; maïs; glucose, sucre; houblon.

Orge : caractères des diverses espèces; trempé de l'orge; germination; transformations qui se produisent; principales méthodes de maltage; appareils pneumatiques.



Salle de brassage.

Tourailage : transformations qui se produisent; divers systèmes de tourailage.

Préparation des principaux types de malt : contrôle de la malterie.

Appareils et méthodes de brassage : macérateurs; cuiseurs; cuve à filtrer; filtre à moût; chaudière à trempe et à cuire.

Transformations au brassage : influence de la température; de l'eau et des matières premières.

Travail des grains crus. Emploi du sucre et du glucose.

Cuisson et houblonnage : cassure; transformations produites; utilisation du houblon.

Oxydation et refroidissement : bacs fermés; oxygénateurs; réfrigérants ouverts et fermés.

Fermentation basse : traitement de la levure; atténuation et tranché; appareil de Nathan; marches de fermentation pour divers types de bière.

Fermentation haute : cuves; fûts, remplissage automatique; miniaux; traitement des fûts et des miniaux; emploi des sucres.

Clarification de la bière; copeaux, collage par le haut et par le bas; filtration; pasteurisation.

Contrôle de fabrication; maladies de la bière.

*b. Bactériologie appliquée à la brasserie.* — Description des principales bactéries; moisissures et levures; formation des spores; isolement des levures pures; appareils de propagation.

Stérilisation des appareils : filtres à eau et à air; lavage des fûts et canettes.

Contrôle microscopique de la fabrication.

*c. Notions sur les machines employées en brasserie.* — Générateur, contrôle du tirage; moteurs à vapeur et à gaz; pompes à piston, rotatives, centrifuges. Rendement des divers appareils. Machines frigorifiques; dynamos, transport de force; installation d'éclairage par arc ou incandescence.

*IV. Fabrication.* — On varie à la brasserie les modes de fabrication, à peu près pour chaque brassin : emploi fréquent de grains crus, de sucre, et chaque élève suit jusqu'au bout les brassins qu'il a dirigés, en effectuant toutes les opérations de contrôle.

Les élèves sont affectés plus spécialement au genre de fermentation qu'ils doivent pratiquer ensuite après leur sortie.

Pour la malterie, on alterne entre germoir et cases, en variant également les types de malt à produire.

*V. Machines.* — Chaque élève est adjoint au mécanicien à tour de rôle et doit charger et alimenter le générateur, mettre en marche et arrêter les machines, faire le contrôle des gaz du générateur, graisser, etc.

### Conditions générales.

La durée des cours est de trois mois : deux périodes ont lieu chaque année et commencent, l'une le 4 novembre, l'autre le 1<sup>er</sup> mars.

Les élèves doivent être présents à l'École tous les jours, de 8<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> à 11<sup>h</sup> et de 2<sup>h</sup> à 5<sup>h</sup>. Ces heures de présence ne comprennent pas le temps employé à la malterie, à la brasserie ni aux machines.

Les examens de sortie comprennent une analyse et un examen microscopique accompagnés d'un commentaire ou explication pratique, et des interrogations sur les cours. Une note spéciale est donnée pour les travaux de fabrication.

*Admission.* — Les élèves doivent être âgés de 18 ans au moins et produire un certificat constatant un travail régulier de six mois au moins dans une brasserie quelconque. Un bulletin de naissance sur papier libre est également demandé.

Les demandes d'inscription sont reçues jusqu'aux 25 février et 25 octobre respectivement.

*Frais de cours.* — La somme totale à verser est de 230<sup>fr</sup>, dont 100<sup>fr</sup> doivent être versés à l'inscription et 130<sup>fr</sup> à l'entrée : elle comprend 30<sup>fr</sup> pour droit d'immatriculation et de bibliothèque payé à l'Université. Les élèves de l'École reçoivent une carte d'étudiant avec les mêmes droits et avantages que les autres étudiants.

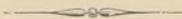
Pour tous renseignements complémentaires s'adresser au directeur.



*ERRATA.*

—

Page 184, ligne 10, *au lieu de* pression de 0<sup>kg</sup>,8 à 1<sup>kg</sup>,5,  
*lisez* pression de 0<sup>kg</sup>,2 à 0<sup>kg</sup>,5.



PETIT, *Brasserie* (p. 354).



## TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
CHAPITRE I. — NOTIONS GÉNÉRALES.....	1
<i>Substances existant dans le moût</i> .....	3
I. Matières organiques non azotées : Glucose. Lévu-lose. Saccharose. Mal- tose. Dextrines. Amidon. Cellulose.....	3
II. Matières azotées : Corps amidés. Albuminoïdes. Fibrine. Caséine. Légumine. Globulines. Peptones et albumoses.....	7
III. Matières minérales.....	9
<i>Agents de transformation. Diastases</i> .....	9
Amylase : Produits de saccharification par l'amylase. Cytase. Peptase. Sucrase. Maltase. Zymase. Diastase protéolytique. Oxydases.	
<i>Ferments et fermentations</i> .....	15
Stérilisation des liquides. Stérilisation des appareils. Stérilisation de l'air. Propriétés générales des ferments. Bactéries. Bactéries acétiques. Bactéries lactiques. Bactéries butyriques. Sarcines. Ferments visqueux. Moisissures.	
<i>Levures. Ferments alcooliques</i> .....	23
Action de la chaleur et des antiseptiques. Vie de la levure. Reproduction de la levure. Races de levure.	
<i>Fermentation alcoolique. Produits de la fermentation</i> .....	31
Quelques définitions, atténuation réelle. Rendement pratique.	
CHAPITRE II. — L'EAU.....	35
Matières organiques. Matières minérales. Ferments. Réfrigération du moût. Condenseur de la machine frigorifique. Alimentation du géné- rateur. Lavage des appareils et de la levure. Brassage. Carbonate de potasse. Carbonate de chaux. Sulfates. Chlorures. Fer. Trempe de l'orge.	
<i>Traitement des eaux</i> .....	43
Récupération de l'eau. Filtration. Épuration des matières organiques. Épuration des eaux calcaires. Action de la chaleur. Action de la chaux. Épuration des eaux de chaudières. Désincrustants. Eaux attaquant le fer. Calcification des eaux. Traitements divers.	

	Pages.
CHAPITRE III. — ORGE. RIZ. MAÏS. SUCRES .....	53
<i>Orge</i> .....	53
Composition de l'orge. Amidon. Matières azotées. Matières minérales. Autres substances. Caractères d'une bonne orge. Indications parti- culières.	
<i>Riz</i> .....	60
Composition du riz. Influence du riz.	
<i>Maïs</i> .....	63
Composition du maïs. Influence du maïs.	
<i>Glucoses</i> .....	66
Influence du glucose.	
<i>Sucre cristallisé et inverti</i> .....	68
<i>Mélasses</i> .....	70
<i>Prix de revient des diverses matières premières</i> ..	71
CHAPITRE IV. — HOUBLONS ET PRODUITS ACCESSOIRES.....	73
Traitement du houblon. Conservation. Qualité du houblon. Succédanés.	
<i>Produits accessoires</i> .....	79
Colorants. Clarifiants. Poix. Vernis et enduits divers. Antiseptiques.	
CHAPITRE V. — MALTAGE DE L'ORGE.....	87
Nettoyage, triage et lavage de l'orge.....	89
<i>Trempe de l'orge</i> .....	91
Pratique de la trempe. Caractères de la trempe complète. Transformations pendant la trempe. Composition et température de l'eau de trempe. Trempe complémentaire.	
<i>Germination</i> .....	104
Diastases de la germination : Désagrégation. Formation des sucres et res- piration. Transformation des phosphates et acidité. Matières azotées. Matières grasses. Formation de pentosanes et d'hexosanes .....	105
Conditions à réaliser : Germeoirs. Travail au germeoir. Variations d'humidi- té. Arrosages. Développements de la plumule et des radicelles. Appa- reils pneumatiques. Échangeurs. Cases Saladin. Tambours Galland. Variations d'humidité. Volumes d'air employés. Comparaison du malt de germeoir et d'appareils pneumatiques .....	116
<i>Fanage du malt</i> .....	140

	Pages.
<i>Touraillage du malt</i> . . . . .	141
Touraillage à feu nu. Tourailles à air chaud. Tourailles à plusieurs plateaux. Tirage des tourailles. Fonctionnement des tourailles à un plateau. Fonctionnement de la touraille à deux plateaux. Malts Munich. Distribution et contrôle des températures. Transformations pendant le touraillage. Conditions les plus favorables. Malt pâle ou ambré. Malts Munich. Dégermeuses. Conservation du malt. Composition du malt par rapport à l'orge. Appréciation du malt. Germes du malt.	
<i>Contrôle de fabrication</i> . . . . .	163
Perte de matière sèche. Contrôle chimique.	
CHAPITRE VI. — BRASSAGE . . . . .	166
<i>Matériel</i> . . . . .	167
Hydrateurs. Cuve matière. Cuve à filtrer. Macérateur. Cuve matière. Filtres-presses. Cuiseur. Chaudières. Pompes. Appareils accessoires. Disposition des appareils.	
Méthodes de brassage . . . . .	183
Infusion : Macérateur et grains crus. Cuiseur et cuve matière avec grains crus. Cuve matière. Chaudière sans vagueur. Grains crus à petite dose..	184
Décoction : Trois trempes. Variante pour bière brune. Deux trempes. Une trempé. Variante avec grains crus. Macérateur. Macérateur et chaudière à trempes avec grains crus. Cuiseur et cuve matière ou macérateur . . . . .	187
Procédés avec saccharification complémentaire : Représentation graphique du brassage . . . . .	189
Procédés de filtration du moût : Filtration par faux fonds. Filtration par filtre-presse. Comparaison des deux systèmes . . . . .	191
<i>Rendement pratique</i> . . . . .	196
Extrait soluble. Extrait récupérable par cuisson et saccharification complémentaire. Conditions d'épuisement.	
<i>Transformations pendant le brassage</i> . . . . .	203
Diestases. Matières minérales et acidité. Matières azotées. Hydrates de carbone. Malt pur. Grains crus.	
<i>Conséquences pratiques</i> . . . . .	214
Pour les matières azotées. Pour le maltose et les dextrines. Pour les grains crus. Composition des moûts. Épuisement. Drèches.	
CHAPITRE VII. — CUISSON ET HOUBLONNAGE . . . . .	222
Chaudières. Dépense de charbon.	
<i>Transformations pendant le houblonnage</i> . . . . .	225
Concentration du moût. Stérilisation du moût. Dissolution de principes du houblon. Doses de houblon. Houblon épuisé. Précipitation des matières azotées. Clarification et coloration du moût. Oxydation du moût. Coloration du moût. Emploi du glucose et du sucre. Conséquences pratiques.	

	Pages.
CHAPITRE VIII. — OXYGÉNATION ET RÉFROIDISSEMENT DU MOÛT .....	238
Panier à houblon. Bac ouvert. Oxygénateur. Bac fermé. Pompes. Turbines. Réfrigérants. Marche des opérations. Clarification du moût. Nature du dépôt. Oxydation du moût. Oxygénation. Refroidissement. Introduction des ferments. Comparaison des divers systèmes. Bac ouvert et réfrigérant. Bac fermé et réfrigérant. Oxygénateurs. Conclusions.	
CHAPITRE IX. — FERMENTATION.....	258
<i>Fermentation basse</i> .....	260
Cuves de fermentation. Cuve guilloire. Foudres. Cave de fermentation. Cave de garde. Mise en levain. Marche de la fermentation principale. Mousses ou Kraÿsen. Tranché. Traversage. Traitement de la levure. Lavage de la levure. Turbinage. Filtre-pressé. Pression de la levure. Marche de la fermentation secondaire. Bondage. Addition de Kraÿsen.	
<i>Levains</i> .....	277
Levains d'une autre brasserie. Pied de levain pur. Appareils continus.	
<i>Variation d'atténuation limite</i> .....	280
Types de levure. Race de levure. Conditions d'existence. Composition du moût.	
<i>Variation d'atténuation principale</i> .....	282
Levure. Composition du moût. Agitation du moût. Température. Durée de fermentation. Quantité de levain. Ventilation des caves.	
<i>Variation de l'atténuation secondaire</i> .....	284
Température et durée de garde. Composition de la bière. Remplissage. Dépôt.	
<i>Conséquences pratiques</i> .....	286
<i>Fermentation dans les appareils clos</i> .....	288
Examen du procédé.	
<i>Procédés divers de fermentation</i> .....	291
<i>Fermentation haute</i> .....	292
Fûts de fermentation. Traitement de fûts. Marche de la fermentation en fûts. Miniaux. Remplissages. Traitement de la levure. Fermentation principale en cuve. Fermentation mixte. Conditions à réaliser. Variations d'atténuation. Variation d'azote absorbé.	
<i>Conséquences pratiques</i> .....	307
Comparaison des divers systèmes.	
CHAPITRE X. — CLARIFICATION ET TRAITEMENTS DIVERS .....	310
Copeaux. Collage. Collage par le haut. Préparation de la colle. Collage par le bas. Filtration. Déglutineurs. Soutirage en fûts et en canettes. Fûts. Canettes. Traitements accessoires. Houblon cru. Moût en fermentation ou Kraÿsen. Pasteurisation.	

TABLE DES MATIÈRES.

359

	Pages.
HAPITRE XI. — MALADIES DE LA BIÈRE. CONTROLE DE FABRICATION.....	325
Trouble de glutine. Précipitation de matières azotées elles-mêmes. Précipitation de combinaisons de matières azotées. Trouble d'empois. Trouble de résine. — Troubles dus à des ferments. Résistance des bières. Troubles de levure de culture. Levures sauvages. Bactéries. Saccharobacille. Sarcines. Bactéries visqueuses. Bactéries butyriques. Bactéries du moût. Bactéries acétiques. Colorations anormales de la bière.	
<i>Contrôle de fabrication</i> .....	337
Brasserie. Contrôle quotidien. Contrôle périodique. Contrôle des accidents de fabrication.	
CHAPITRE XII. — VALEUR HYGIÉNIQUE DE LA BIÈRE. STATISTIQUES.....	342
<i>Statistiques</i> .....	345
Orge. Malt. Houblon. Bière.	
NOTICE SUR L'ÉCOLE DE BRASSERIE DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY.....	349
Brasserie. Salle des machines. Malterie.	
<i>Programme du cours</i> .....	351

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

---

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,  
33728      Quai des Grands-Augustins, 55.

---

COMPAGNIE INDUSTRIELLE  
DES PROCÉDÉS  
**RAOUL PICTET**

Capital : 1350000 francs.

PARIS, 28, rue de Grammont, PARIS

---

**MACHINES FRIGORIFIQUES**  
et installations complètes de brasseries

---

PLUS DE 1000 INSTALLATIONS EN MARCHE

---

NOUVEAUX MODÈLES BREVETÉS

---

Machines les plus simples et les plus faciles à conduire

AUCUNE POSSIBILITÉ D'EXPLOSION OU D'INCENDIE

---

*Envoi franco des prospectus, tarifs et devis*

---

SEULE FABRIQUE EN FRANCE D'ANHYDRIDE SULFUREUX  
chimiquement pur

---

# HOUBLONS, GOUDRONS & VERNIS

VERNIS blonds et noirs supérieurs

*Résistant à l'action de la Bière bouillante et de la vapeur.*

ROBINETS SIPHONS à air et à gaz acide carbonique,  
*s'adaptant ou non à la bonde métallique.*

ROBINETS DE SOUTIRAGE pour foudres et cuves

RONDELLES TOILE paraffinées et suiffées

PINCES WITZ, BROSSES plumes, baleines, soies, etc.

MASSE FILTRANTE STOCKHEIM

CELLULOSE de toute 1<sup>re</sup> qualité et fibres d'AMIANTE

EXTRAIT DE BIÈRE CONCENTRÉE

COLORANT pour bières façon Munich.

Breveté S.G.D.G., plusieurs médailles et diplômes.

AGENT GÉNÉRAL, DÉPOSITAIRE DES BONDÉS "KROMER"

## GUSTAVE SEIBEL, LYON

Représentant de GIESER et ODENHEIMER (MANNHEIM).

Pâte spéciale à détacher le VERNIS des cuves à fermenter.

PRODUIT BREVETÉ EN EUROPE ET AMÉRIQUE.

---

## FONDERIE ET ATELIERS DE CONSTRUCTION

### Ch. DONDERS

NANCY. — 1, 3 et 5, rue de la République.

CHAUFFAGE A VAPEUR

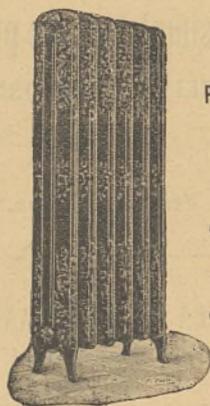
à basse pression  
et par aéro-condenseur.

SÉCHOIRS-VENTILATION

Enlèvement  
de poussières par aspiration.

LIÈGE AGGLOMÉRÉ

pour enveloppes calorifuges  
PROTECTION contre le froid,  
la chaleur, le bruit.



ROBINETTERIE en tous genres

POMPES A BIÈRE AUTOMATIQUES  
par pression d'eau,

FOYER KUDLICZ Breveté S.G.D.G.  
pour combustion  
des menus maigres et déchets

BARREAUX DE GRILLE  
de toutes formes en Sidéronite.

GARNITURES MÉTALLIQUES  
de presse-étoupes KUBLER.

## TABLE DES ANNONCES

	Pages.
" Le Brasseur français ".....	III
Carabœuf.....	V
Cirier-Pavard.....	XIII
Compagnie de Fives-Lille.....	IX
Compagnie générale aérohydraulique.....	XIII
Compagnie industrielle des procédés Raoul Pictet.....	I
" Le Conseilleur ".....	XV
Diebold.....	VIII
Donders.....	II
Fluhler.....	XVI
Frühinsholz et C <sup>ie</sup> .....	VII
Glacières de l'Est.....	XV
Landouzy.....	IX
Moeglin.....	XIX
Poirot et fils.....	VI
Quiri.....	XI
Schott et fils.....	V
Seibel.....	II
Société du filtre " Gasquet ".....	VI
Société strasbourgeoise de Constructions mécaniques.....	IV
Vauché.....	XII
Wenger et Gangloff.....	X

# LE BRASSEUR FRANÇAIS

ORGANE OFFICIEL

DE L'UNION GÉNÉRALE DES SYNDICATS

DE LA BRASSERIE FRANÇAISE

*Directeur : Robert CHARLIE*

Administration et Rédaction : 22, avenue de Wagram

PARIS

*Abonnements : France, 15 fr. — Étranger, 18 fr.*

Société Strasbourgeoise de Constructions Mécaniques

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS G. KOLB

**CHAUFONTAINE - LUNÉVILLE**

(Meurthe-&-Moselle)

*Maison fondée en 1850*

3 Diplômes d'honneur, 7 médailles d'argent,

Hors concours,

Membre du Jury de l'Exposition de Brasserie, Paris 1894

Exposition Universelle de 1900 :

1 médaille d'or, 1 médaille d'argent.

---

**INSTALLATIONS COMPLÈTES**

*de Brasseries et Malteries*

---

**MACHINES A FROID ET A GLACE**

à acide sulfureux

et à acide carbonique

---

**POMPES A EAU — TRANSMISSION**

**TUYAUTERIE**

---

PRIX ET DEVIS SUR DEMANDE

— IV —

# HOUBLONS

Ancienne Maison LEJEUNE & SCHOTT

## SCHOTT & FILS NANCY

Adresse télégraphique : SCHOTT-HOUBLONS-NANCY

*Téléphone 413*

UN DIPLOME D'HONNEUR, 5 MÉDAILLES OR, VERMEIL ET ARGENT  
*à diverses Expositions universelles et internationales.*

## GABRIEL CARABŒUF

6 et 13 rue de Thionville — NANCY

*Adresse télégraphique :* (Maison fondée en 1886)

CARABŒUF-NANCY

**TÉLÉPHONE 240**

FABRIQUE & ENTREPOT GÉNÉRAL

D'ARTICLES POUR BRASSERIES ET MALTERIES

*EXPOSITION PERMANENTE*

DE MACHINES, APPAREILS, OUTILS ET USTENSILES

*des Modèles perfectionnés les plus pratiques.*

**Articles de caves — Instruments de précision**

POIX, VERNIS, COPEAUX DE NOISETIER, BONDES, BOUCHONS, BROSSES

CLARIFIANTS, COLORANTS, GLUCOSES, ETC.

Importation directe de Bondes américaines en White-wood comprimé

CAOUTCHOUC POUR APPLICATIONS INDUSTRIELLES

*Acide carbonique liquide et Appareils pour son emploi*

HOUBLONS, ORGES & MALTS A LA COMMISSION

# TH. POIROT ET FILS

*Pont-à-Mousson (M<sup>thé</sup>-et-M<sup>lle</sup>)*

---

## MALTERIES

Avec machine à glace pour maltage  
pneumatique.

---

## MAÏSERIE

PROCÉDÉS AMÉRICAINS LES PLUS RÉCENTS

pour le

dégraissage des Semoules de Maïs :

Taux de graisse inférieur à 1 p. 100

---

## RIZERIE

Importation directe. — Appareils brevetés

---

ÉCHANTILLONS ET RENSEIGNEMENTS

sur demande

---

TÉLÉPHONE N° 6

**TONNELLERIE MÉCANIQUE**  
**Adolphe FRÜHINSHOLZ & C<sup>ie</sup>**  
**NANCY**

Cuves à fermentation  
 Foudres de garde  
 Fûts d'expéditions  
 à pression et demi-pression

Brasseries

Pour

**CUVES, FOUDRES & FUTS**  
 pour Négociants en Vins et Distillateurs

Matériel, Tonnerie en tous genres  
 POUR TOUS USAGES

BOIS PRÉPARÉS POUR RÉPARATIONS

**PASTEURISATEURS „GASQUET”**

Brevetés S.G.D.G. en France et à l'Étranger

SIÈGE SOCIAL } ATELIERS de CONSTRUCTION  
 110, rue Notre-Dame, } à  
 BORDEAUX } CASTRES (Tarn)

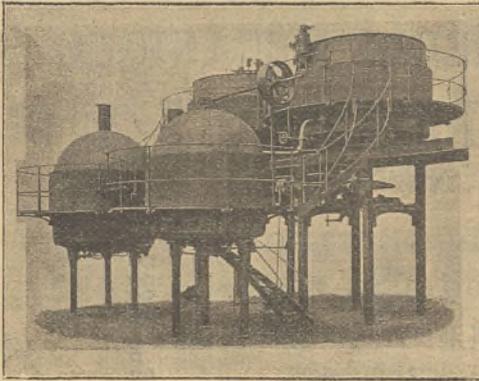
EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS 1900 : **GRAND PRIX**

Les pasteurisateurs **Gasquet**, grands, moyens et petits modèles, fonctionnent dans plus de 200 Brasseries et Entrepôts en France et à l'Étranger.

AGENCE GÉNÉRALE POUR LA VENTE :

**WENGER & GANGLOFF, LYON**

Téléphone 30-82



SALLE A BRASSER à 4 Appareils.

Installation LAUER à Carcassonne.

SPÉCIALITÉ D'INSTALLATIONS  
DE  
**BRASSERIES  
ET MALTERIES**

Salles à brasser munies des derniers perfectionnements.

Moulins à malt, cuves matières et à filtrer. Macérateurs.

Chaudières à brasser en cuivre et en acier à feu nu et à vapeur.

Tourailles. Pelleteurs.

Nettoyages à orge. Dégermeuses.

Pompes de tous systèmes.

**EMILE DIEBOLD**  
Constructeur à NANCY

Constructions mécaniques et Chaudronnerie  
en fer et en cuivre.

**MACHINES A VAPEUR & CHAUDIÈRES**

**MALTERIES PNEUMATIQUES**

Système J. SALADIN

Seul Concessionnaire et  
Successeur

DE

**J. SALADIN**

pour l'application de ses  
brevets à procédés de mal-  
tage pneumatique.

Seul Concessionnaire

DE

**L'INJECTO POISSEUR**

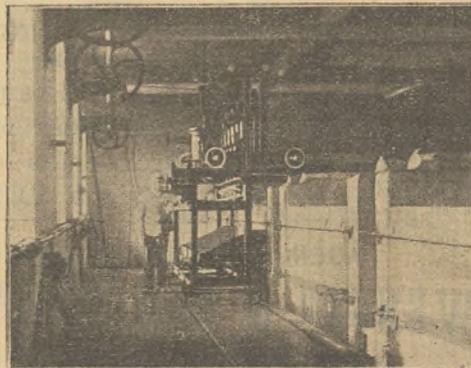
Système LOIZEL

Goudronnant et dégou-  
dronnant 600 fûts par jour  
avec un homme.

**MALTERIE PNEUMATIQUE**

Système J. SALADIN

Retourneur de malt vert et son char.



# PRODUITS & APPAREILS

Pour Brasseries

Paul LANDOUZY

27, rue de Wazemmes,

LILLE

SALLE SPÉCIALE D'EXPOSITION

Pour appareils et accessoires

## COMPAGNIE DE FIVES-LILLE

pour Constructions mécaniques et Entreprises

*Siège social et Administration : 64, rue Caumartin, 64, PARIS*

*Ateliers à FIVES-LILLE (Nord) et à GIVORS (Rhône)*

Exposition Universelle, PARIS 1900 | Exposition de Brasserie, PARIS 1892  
7 GRANDS PRIX | 2 DIPLOMES d'HONNEUR

Concessionnaire exclusif pour la France de la

### MALTERIE PNEUMATIQUE ET AUTOMATIQUE

*Système GALLAND, Breveté en France S. G. D. G. et à l'Étranger*

*EN USAGE DANS PLUS DE 200 MALTERIES, BRASSERIES  
et DISTILLERIES du monde entier.*

1590 TAMBOURS TRANSFORMANT PAR AN 486.350 TONNES D'ORGE

*Tambours de germination, Système Galland perfectionné*

*Tambours sécheurs et tourailleurs, Système Galland Knüttel*

MATÉRIEL POUR SUCRERIE, DISTILLERIE, MALTERIE, BRASSERIE, etc.

# HOUBLONS-ORGES-MALTS WENGER & GANGLOFF

Adresse télégraphique  
WENGER-LYON

LYON

TÉLÉPHONE  
30-82

HAGUENAU (Alsace)

SAAZ (Bohème)

FOURNITURES GÉNÉRALES ET SPÉCIALITÉS  
D'ARTICLES ET APPAREILS POUR BRASSERIES, MALTERIES & ENTREPOTS

Machines à laver les bouteilles  
TURBINE A VAPEUR BREVETÉE "GROTERJAN"  
Rinceuses — Soutireuses — Bouchonneuses — Etiquetteuses  
de tous systèmes connus.

Rondelles cerclées "PARA PUR" spéciales pour la pasteurisation  
MODÈLE DÉPOSÉ

DÉTENDEURS A ACIDE CARBONIQUE  
avec ou sans finimètre

Plongeurs, Armoires & Buffets-Glacières

MASSE FILTRANTE "EXCELSIOR"  
ET "HELSA-EXCELSIOR"  
en blocs et en feuilles minces

Poix à goudronner, Copeaux de noisetiers  
Rondelles paraffinées pour bondes KROMER  
Bondes métalliques, Faussets métalliques, Vernis divers

GRAND CHOIX DE BROSSES  
pour tonneaux, foudres, cuves, bacs, caves et réfrigérants  
THERMOMÈTRES SPÉCIAUX POUR BRASSERIES ET MALTERIES  
EN TOUTES DIMENSIONS ET GRADUATIONS D'USAGE

Concessionnaires

DES

Pasteurisateurs "GASQUET" Exposition universelle  
Paris 1900: GRAND PRIX  
Goudronneurs et dégoudronneurs "NEUBECKER"  
Appareils à bondonner "BARCZEWSKI"

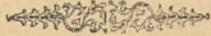
ET DE

1' "ANTIFORMIN" le plus énergique,  
le seul efficace et le moins cher  
de tous les DÉSINFECTANTS connus à ce jour

A l'état pur, s'emploie avec grand succès comme  
dévernisseur de cuves.



**MACHINES**  
à FROID et à GLACE

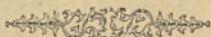


**QUIRI & C<sup>IE</sup>**

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

**SCHILTIGHEIM-STRASBOURG**

Représentés par A. JOASEM,  
4, rue Bergnier, NANCY



La supériorité de nos machines sur les machines à ammoniacque et à acide carbonique a été prouvée par des essais officiels faits en septembre 1898 par une Commission polytechnique, nommée par M. le Ministre de l'Agriculture danois, à la Brasserie Gamly-Carlsberg, ci-devant Jacobsen à Copenhague.

*Nombreuses installations en France, en Alsace-Lorraine, en Allemagne, en Angleterre, en Suisse, au Danemark, etc., etc.*

DEMANDER CATALOGUE ET RÉFÉRENCES

# RÉFRIGÉRANTS P. VAUCHÉ

## A GAULIER-SEDAN

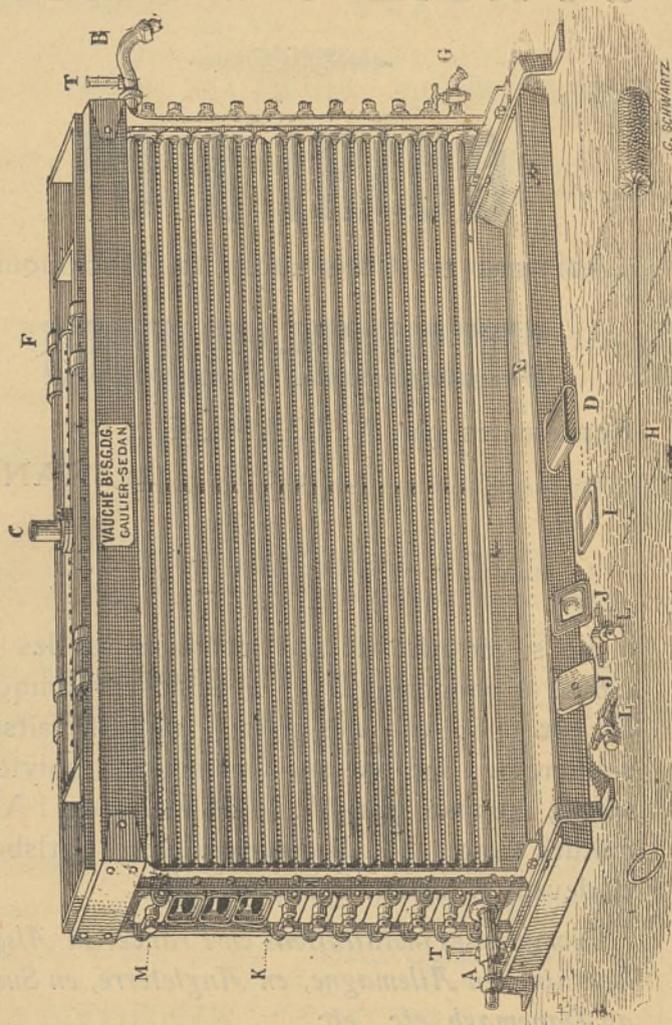
ARTICLES POUR BRASSERIES

LE SEUL CONSTRUCTEUR DE TOUS LES RÉFRIGÉRANTS BAUDELOT & VAUCHÉ

4 brevets de perfectionnement. — Plus de 6000 réfrigérants fournis

RÉCOMPENSES A TOUTES LES EXPOSITIONS :

**MÉDAILLE D'ARGENT** : Versaillès, 1881; Anvers, 1887; Lille, 1889. — **MÉDAILLE DE VERMEIL** : Nivelle (Belgique), Concours de réfrigérants. — **MÉDAILLE D'ARGENT** : Paris, 1888 (Concours de réfrigérants). — Exposition universelle 1900 : **MÉDAILLE D'ARGENT**, la plus haute récompense accordée aux constructeurs de réfrigérants; **2 MÉDAILLES DE COLLABORATEURS**. — Concours d'appareils à refroidir les liquides (Algérie) : **DIPLOME D'HONNEUR**, hors concours. — Paris 1900, **MÉDAILLE D'OR**.



**RÉFÉRENCES.** — Ecole Brasserie (Nancy). Ecole d'Agriculture (Montpellier). Musée des Arts et Métiers (Paris). H. Say, raffinerie-sucrerie, 5 appareils. Grande brasserie La Roubaissienne. Brasserie des Trois-Villes (Flers). Brasserie du Croissant (Puteaux). Lobert, brasseur, à Anzin. Grozo (Saint-Quentin). Brasserie de l'Espérance (Ivry). Derville, à Le Cateau, etc., etc.

Envoi de prix courants sur demande.

# FILTRES STOCKHEIM

## CIRIER-PAVARD

127, rue Notre-Dame-des-Champs,

PARIS

TÉLÉPHONE 805-81

TÉLÉPHONE 805-81

*Matériel de Brasserie*

## L'EAU PURE EN BRASSERIE

Stérilisation absolue de l'eau par la chaleur

**APPAREIL VAILLARD** (BREVETÉ S.G.D.G.)

**GRAND PRIX :**

Exposition Universelle de Paris 1900

ADOPTÉ PAR

les Ministères, les Hôpitaux, les Écoles, les Fabriques de Glace,  
d'Eaux gazeuses, et par  
les Gouvernements Allemand et Autrichien.

Prix de revient de l'eau stérilisée : 6 centimes par mètre cube.

**COMPAGNIE GÉNÉRALE AÉROHYDRAULIQUE**

135, rue d'Alésia. — PARIS

ENVOI DE NOTICES SUR DEMANDE

— XIII —

# ATELIERS DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

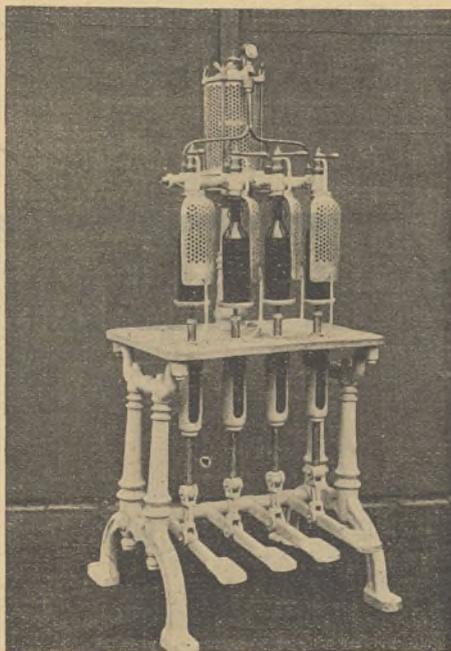
Chaudronnerie en fer et en cuivre

## LAURENT MOEGLIN — REIMS

SPÉCIALITÉ D'APPAREILS POUR BRASSERIES ET MALTERIES

*Installations complètes et Transformations*

**TOURAILLE A TIRAGE TRÈS PUISSANT**  
avec Calorifère à retour de flamme pour Malt pâle (genre Pilsen)  
ou foncé (genre bavarois).



### TOURAILLE

à feu nu.

### RETOURNEUR

à malt avec palettes  
pivotantes

### MACHINE

à dégermer  
et à polir le malt.

### APPAREILS

perfectionnés  
pour Salles de Brassage.

### RÉFRIGÉRANTS

à moût.

### SOUTIREUSES

pour  
bouteilles et pour fûts

### DÉGOUTRONNEURS

### NOUVELLE MACHINE brevetée

*pour rincer les bouteilles Système Franz Hutter*

GÉNÉRATEURS A VAPEUR DE TOUS SYSTÈMES

Tuyauteries

# LE CONSEILLEUR

Journal Franco-Belge paraissant le Dimanche

ORGANE OFFICIEL de la LIGUE des BRASSEURS de FRANCE

*Le plus répandu de tous les Journaux de Brasserie*

ABONNEMENT : 7 fr. 50 PAR AN

Soit QUINZE CENTIMES par semaine

L'Abonnement donne droit gratuitement aux Analyses, aux Consultations du Bureau technique et à l'insertion des petites annonces.

BUREAU : Avenue Salomon, 4  
LILLE - SAINT-MAURICE (Nord)

TELEPHONE  
n° 731

## GLACIÈRES DE L'EST

Société anonyme au Capital de 700.000 fr.

USINES & BUREAUX :

Rue des Chaligny, NANCY.

Adresse Télégraphique :  
GLACEST-NANCY.

GLACE TRANSPARENTE ALIMENTAIRE

Comptoirs-glacières. — Armoires-glacières.

ACIDE CARBONIQUE LIQUIDE  
chimiquement pur.

Appareils et Accessoires perfectionnés  
pour le soutirage de la bière et la mise en bouteille.

Appareils pour fabriquer les Limonades  
et eaux gazeuses.

SPECIALITÉ DE DÉTENDEURS ET SIPHONS PLONGEURS

DEMANDER LE CATALOGUE GÉNÉRAL

# MACHINES A FROID ET A GLACE

par l'Acide carbonique

Systeme ESCHER-WYSS et C<sup>ie</sup>. — *Le meilleur et le plus moderne.*

## MACHINES A VAPEUR (SIMPLE, DOUBLE & TRIPLE DÉTENTE)

Nombreuses installations en Suisse, dans les Brasseries, Abattoirs (villes de Saint-Gall, Lucerne, Bâle), Hôtels, Cafés, Brasseries, Charcuteries, Boucheries, Marchands de poissons, Laiteries.

### QUELQUES RÉFÉRENCES :

- E. Jenné**, brasseur, à Sochaux (Doubs).  
**Brasserie de la Meuse**, à Bar-le-Duc (Meuse).  
**Lobstein**, à Ville-sur-Yllon (Vosges).  
**Ecole de Brasserie** (Institut chimique), à Nancy.  
**Brasserie du Fort-Carré**, à Saint-Dizier (Haute-Marne) remplacement de 3 machines d'un autre système.  
**Boudaud**, fabricant de glace, aux Sables-d'Olonne (Vendée).  
**Garnier et Cie**, apprêteurs, à Lyon.  
**Thévenin et Cie**, brasseurs, à Beaune.  
**Messner**, brasseur, à Dijon.  
**Grande Brasserie du Centre**, à Clermont-Ferrand.  
**E. Chatenay**, à Marseille, pour Rio-de-Janeiro.  
**Lobstein**, brasseur, à Ville-sur-Yllon (seconde commande).  
**Ecole de Brasserie**, à Nancy, pour agrandissement (seconde commande).  
**MM. Thumann et Kleiber**, brasseurs, à Dommartin-les-Remiremont (Vosges).  
**Société chimique des Usines du Rhône**.  
**Lobstein** (troisième commande).  
**Hôtel Chatham**, à Paris.  
**M. Aubégnay**, fabrication de glace, à Clermont-Ferrand.  
**MM. Hugon et Payan**, brasseurs, à Ruoms (Ardèche).  
**Mme Vve Jorcin**, brasseur, à Chambéry.  
**Société Lyonnaise des Schistes Bitumeux**, à Autun (Saône-et-Loire).  
**Société algérienne de brasserie et fabrique de glace**, à Oran.  
**M. Philippe Lauth**, brasseur, à Carcassonne (Aude).  
**M. Wagner**, brasseur, à Belfort.  
**Société algérienne de brasserie et fabrique de glace**, à Oran (seconde commande).  
**M. Le Bos**, brasseur, à Landerneau.
- « **La Estrella** », brasserie Gijon, détente directe pour 4 caves.  
**Mme Vve Poulat et M. Vialet**, brasseurs, à Grenoble.  
**M. André Schmidt**, brasseur, à Arcis-sur-Aube.  
**M. Pollot**, brasseur, à Chalon-sur-Saône.  
**Société frigorifique**, à Lyon (une machine à 2000 kil. et une à 4000 kil. de glace par heure).  
**MM. Le Fraper, Gaux et Cie**, brasseurs, à Kérinou, près Brest.  
**Mme Vve Jorcin**, brasseur, à Chambéry (seconde commande).  
**MM. Demuth frères**, au Muy (Var), pour Chocolaterie.  
**Machines à froid et à glacé**. Comestibles, à Nancy.  
**Brasserie-Malterie Phocéenne**, à Marseille.  
**Brasserie de MM. Camany et Cie**, à Barcelone.  
**Société amiénoise pour la fabrication de glace pure**, à Amiens.  
**Société anonyme de la Brasserie Gambrinus**, à Valladolid (Espagne).  
**Société anonyme de teinturerie**, à Saint-Julien (Aube).  
**MM. Montmayer et Rodocanachi**, fabriques d'huiles, à Marseille.  
**MM. Le Fraper, Gaux et Cie**, brasseurs, à Kérinou, près Brest (seconde commande).  
**MM. Michelin et Cie**, manufacture de caoutchouc, grande installation frigorifique pour séchage de l'air.  
**M. S.-C. Radisson**, brasseur, à Cuire, près Lyon.  
**Brasserie de Sochaux**, Doubs (M Jenné, 3<sup>e</sup> commande).  
**Université de Lyon** (Faculté de Médecine).  
**M. Theumann**, charcuterie, à Paris.  
**MM. Boone, Flévet frères**, à Lille, Glacières Roubaisiennes.  
**M. Burg**, brasseur, à Limoges.  
Etc., etc.

Machines livrables de suite, prêtes en nos ateliers en tant que disponible.

# A. FLUHLER

LYON — 274, rue Vendôme, 274 — LYON