G. MOREAU ET LUCIEN LÉVY

TRAITÉ COMPLET DE LA FABRICATION DES BIÈRES

PARIS
CH. BÉRANGER EDITEUR

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSEE
COMMERCIAL
LILLE

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

CLERMONT ET QUIGNARD

Maison fondée en 1825

USINE : à Saint-Denis (Seine). BUREAUX : 130, r. de Turenne, Paris

LAINE MARQUE DÉPOSÉE

GÉLATINE Pour la clarification des Vins et **LAINÉ** Spiritueux, Cidres, **BIÈRES**, etc.

EN TABLETTES

(Tablettes marquées LAINÉ) *solubles à chaud seulement.* Prix : 10 fr. le kilogr.

En *paquets* de 500 gr. et de 250 gr. *Envir.* 20 *tabl. pour* 50 *hectolitres.*

EN POUDRE

(Poudre LAINÉ) *soluble dans l'eau froide.* Prix 12 fr. le kilogr.

En *Bidons* de 500 gr. *(20 doses pour 50 hectolitres).*

EN SOLUTION

(Gélatine LAINÉ liquide) *soluble dans l'eau froide.* Prix : 6 fr. le litre.

En *Flacons* de 1 litre. (20 *doses pour* 50 *hectolitres*).

REMARQUES — Chaque paquet (enveloppe bleue, cachet rouge) bidon ou flacon doit être scellé : 1° Avec une étiquette portant la marque de fabrique ; 2° avec le timbre de garantie de l'Union des fabricants.

Remise et escompte suivant quantités sur prix forts.

SOCIÉTÉ DES BRASSEURS POUR L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL

Fondée en 1886

Déclarée Union professionnelle reconnue le 3 avril 1903

(Statuts publiés au *Moniteur Belge* du 18 avril 1903. Acte n° 250 Unions professionnelles)

Rue du Lac, 2 (Rue de Bruges), GAND

Institut Supérieur de Brasserie

École professionnelle de Brasserie, de Distillerie et de Fabrication de Levures

SOUS LE PATRONAGE DU

Gouvernement Belge, de la Province de la Flandre Orientale de la Ville de Gand, de l'Association générale des Brasseurs Belges, de l'Association des Brasseurs du Hainaut, de l'Association des Brasseurs de la Province de Liège, etc.

Ecole officielle de la Brasserie Belge.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Chaudronnerie en Fer et en Cuivre

ET CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

DINCQ & GILBERT

CUESMES-LEZ-MONS

Téléphone 284 **Téléphone 455**

L'usine s'occupe spécialement de la Construction et Transformation du matériel pour BRASSERIES et MALTERIES

Générateurs, Machines à Vapeur, Cuve matière, Filtres à Moûts, Transmissions, Bacs divers, Concasseurs, Monte-Charge, etc.

Seuls concessionnaires des brevets **Decroes** pour le chauffage des moûts et des bacs à eau chaude, sans serpentins ni doubles enveloppes et des brevets **Hoton** et **Vandam** pour la désinfection et la stérilisation des fûts.

Installation de Chauffage à la Vapeur et à Eau chaude

Plans, Devis et Renseignements sur demande.

Librairie Polytechnique CH. BÉRANGER, Éditeur

PARIS, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15. — LIÈGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21

MANUEL DE DISTILLERIE

Guide pratique pour l'alcoolisation des grains, des pommes de terre et des matières sucrées

Par le Dr M. BUCHELER

Directeur de l'Institut technique de Distillerie de Weihenstephan (Bavière)

Traduit de l'allemand et augmenté de nombreuses additions

Par le Dr L. GAUTIER

Un volume grand in-8° avec 156 figures dans le texte. Prix relié : 20 francs.

AIDE-MÉMOIRE DU CHIMISTE

CHIMIE INORGANIQUE ET CHIMIE ORGANIQUE

Documents Chimiques — Documents Physiques
Documents Minéralogiques — Documents Mathématiques

Par RAOUL JAGNAUX

Directeur du laboratoire Hautefeuille

Un beau volume solidement relié en maroquin, contenant environ 1000 pages, avec figures dans le texte. Prix : 15 francs.

ANALYSE CHIMIQUE DES SUBSTANCES COMMERCIALES MINÉRALES ET ORGANIQUES

Par RAOUL JAGNAUX

Ingénieur, Directeur du laboratoire Hautefeuille
Professeur de Chimie à la maison d'éducation de la Légion d'honneur.

Deuxième édition revue, corrigée et considérablement augmentée.

Un volume grand in-8° d'environ 1.100 pages, avec gravures dans le texte
Prix relié : 20 francs.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

CONSTRUCTION ET INSTALLATION

DE

MACHINES ET USTENSILES

pour toutes les industries du LAIT

Propriétés de la Maison :

Machine à homogénéïser le Lait, Stérilisateurs, Réchauffeurs, Filtres centrifuges, Pasteurisateurs, Récupérateurs, Acido-Neutralisateur, Pots Securitas, etc.

A. GAULIN

Ingénieur-Constructeur, breveté S. G. D. G. en France et à l'Étranger

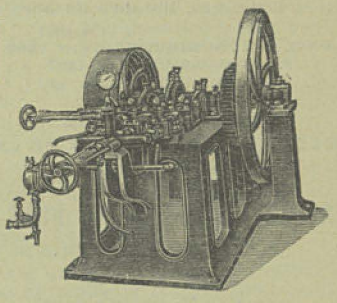
170, Rue Michel-Bizot, et 19-21, Rue Lasson

PARIS, 12 Arrond[t]

Adresse télégr. : GAULINETTE, PARIS. — Téléphone : 920-50

Exposition universelle 1900

MÉDAILLE D'OR — MÉRITE AGRICOLE



MACHINE A HOMOGÉNÉISER

Références d'installations les plus grandes et les plus modernes.

Envoi franco du Catalogue.

Librairie Polytechnique CH. BÉRANGER, Éditeur

PARIS, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15. — LIÈGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21

TRAITÉ DE CHIMIE AVEC LA NOTATION ATOMIQUE

Par LOUIS SERRES

Ancien élève de l'École polytechnique

Professeur de chimie à l'École municipale supérieure Jean-Baptiste Say

Un vol. in-8° de plus de 900 pages, avec 295 gravures sur bois intercalées dans le texte.

Prix : 10 francs.

GUIDE PRATIQUE POUR L'ANALYSE DE L'EAU

ANALYSE CHIMIQUE, MICROGRAPHIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE

Par le Dr W. OHLMÜLLER

Professeur d'hygiène à l'Université de Berlin

TRADUIT D'APRÈS LA DEUXIÈME ÉDITION ALLEMANDE

Par le Dr L. GAUTIER

Un volume in-8°, avec 77 figures dans le texte et une planche. — Relié : 10 fr.

TRAITÉ DE L'ÉPURATION DES EAUX

NATURELLES ET ARTIFICIELLES

Par E. DELHOTEL

Ingénieur des Arts et Manufactures

Un volume in-8°, avec 147 figures dans le texte. — Prix relié : 15 fr.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

CONSTRUCTION DE DISTILLERIES ET BRASSERIES

PRODUCTION CONTINUE DE LEVAINS PURS

E. BARBET

Ingénieur Constructeur

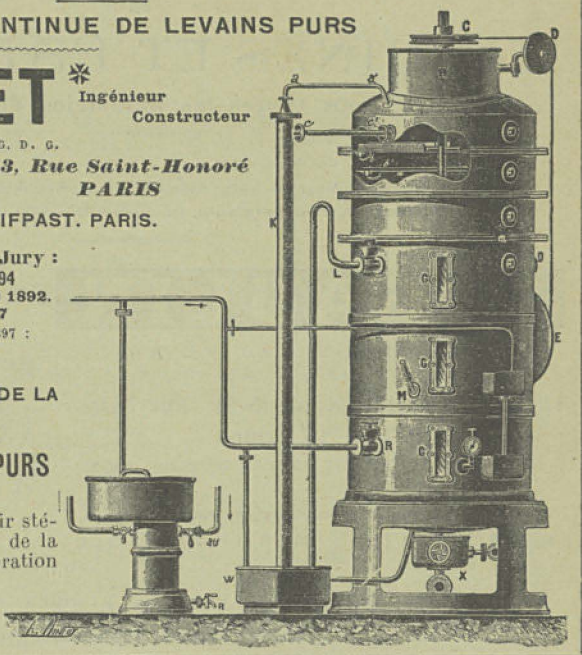
BREVETÉ S. G. D. G.

Bureau et laboratoire spécial : 173, Rue Saint-Honoré PARIS

Téléphone n° 239-20.

Adresse télégraphique : RECTIFPAST. PARIS.

Hors Concours, Membre du Jury :
Exposition Universelle LYON 1894
PRIX AGRONOMIQUE (Objet d'art) **1892.**
Prix Martine (Objet d'art) **1897**
Exposition de BRUXELLES 1897 :
GRAND PRIX
EXPOSITION DE PARIS 1900
MÉDAILLE D'OR ET CROIX DE LA LÉGION D'HONNEUR



APPAREILS A LEVAINS PURS

à ensemencement mensuel

Culture en aérobiose par air stérilisé. Conservation indéfinie de la race et de la pureté. Amélioration des races.

Rendements supérieurs

USINE MEURA

TOURNAI (Belgique)

PH. MEURA, Ingénieur-Constructeur

MAISON SPÉCIALE

POUR

la Construction du Matériel complet de BRASSERIES et Malteries

NOUVEAUX APPAREILS :

Saccharificateur et Filtre à Moûts, système MEURA, breveté

TRANSFORMATIONS

Etudes, Plans, Devis **Renseignements gratuits**

Demander le nouveau catalogue ainsi que la brochure sur l'emploi et les avantages du **FILTRE A MOUTS « MEURA »**

IRIS - LILLIAD - Université Lille

1916
21 Jb 82
MUSÉE COMMERCIAL & COLONIAL
876
28 AOUT 1947
VILLE de LILLE
Vitr — 15
Ray — 5

TRAITÉ COMPLET

DE LA

FABRICATION DES BIÈRES

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

BMtc 39
bib/386922/-102441
MUSÉE COMMERCIAL LILLE

TRAITÉ COMPLET

DE LA

FABRICATION DES BIÈRES

PAR MM.

G. MOREAU et LUCIEN LÉVY

Professeurs à l'École Nationale des Industries agricoles de Douai.

Avec 173 figures dans le texte

ET 5 PLANCHES HORS TEXTE

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

SUCCESSEUR DE BAUDRY ET Cie

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MAISON A LIÉGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1905

Tous droits réservés.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

TRAITÉ COMPLET

DE LA

FABRICATION DES BIÈRES

PARTIE PRÉLIMINAIRE

INTRODUCTION

On appelle *bière*, dans le sens général du mot, toute infusion fermentée de grains de céréales ; mais, dans le sens plus particulier où nous l'entendons aujourd'hui, la bière est une infusion d'orge germée (*malt*), aromatisée avec du houblon et fermentée au moyen de la levure.

L'infusion prend le nom de *moût*. Elle contient, plus ou moins modifiées, la plupart des parties constituantes du grain et du houblon : en particulier du sucre provenant de l'amidon transformé et que la fermentation dédouble ultérieurement en alcool et en acide carbonique. Elle donne ainsi naissance à la bière qui se trouve être une boisson à la fois rafraîchissante, tonique et nutritive.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

HISTORIQUE

On attribue l'invention de la bière aux Egyptiens qui désignaient sous le nom de *zythum* une boisson enivrante fabriquée avec de l'orge ; ce qui faisait dire à Pline que les Egyptiens avaient forcé l'eau de leur fleuve à les enivrer. On rapporte que dans la ville de Péluse on faisait un *vin d'orge* réputé qui était servi sur la table des Pharaons [1].

Mais comme nous trouvons la bière mentionnée à l'origine des temps historiques chez des peuples qui n'avaient sans doute aucune relation avec l'Egypte, il est plus probable que l'usage d'une boisson faite avec des céréales a existé à des âges très reculés, chez des peuplades diverses à qui le hasard l'avait révélée.

C'est ainsi que les voyageurs anciens l'ont rencontrée chez les tribus habitant les bords de l'Euphrate ou les montagnes du Caucase. Xénophon la signale chez les Arméniens ; Archiloque de Paros chez les Phrygiens et les Thraces ; Hécatée chez les Péoniens qui la fabriquaient avec de l'orge ou du millet ; Strabon la trouve chez les Ethiopiens, les Lusitaniens et les Ligures ; Pline chez les Sibériens et Pythéas de Marseille, dans ses longs voyages, la mentionne chez tous les peuples du Nord qu'il désigne sous le nom général de Scythes. Les premiers explorateurs de l'Amérique constatent chez les Péruviens l'usage d'une bière de maïs et Mungo-Parck, dans l'intérieur de l'Afrique centrale, celui d'une bière de millet. On sait que les Chinois fabriquent avec le riz, depuis un temps immémorial, une boisson alcoolique.

Quoi qu'il en soit et bien que l'orge fût la principale céréale employée, la bière, à ces époques éloignées, n'était pas fabriquée avec de l'orge germée. La bière consistait très vraisemblablement en une infusion d'orge concassée ou broyée et abandonnée à la fermentation spontanée [2]. Elle prenait un goût acide très prononcé, mais qui s'améliorait en vieillissant, comme certaines bières belges de nos jours. Le houblon était également inconnu. Les Egyptiens

[1] Voy. Hérodote, Théophraste, Aristote, Hécatée de Millet. Le hacq des Egyptiens, qui signifie liqueur, philtre, remède paraît avoir été une sorte de bière de Sorgho. Cette expression est dans les hiéroglyphes figurée par les deux signes H et K à savoir : Δ.

[2] Xénophon (Anabase IV) raconte que lorsque Cyrus arriva en Arménie, sur les bords de l'Euphrate, ses soldats « trouvèrent pour breuvage de la bière qui était bien forte quand on n'y mettait point d'eau, mais semblait douce à ceux qui y étaient accoutumés. On buvait avec un chalumeau, dont il y avait là un grand nombre de toutes sortes et sans nœuds, dans les vaisseaux mêmes où était la bière sur laquelle on voyait l'orge nager. » Voy. aussi Virgile, *Géorgiques*, III, v. 380.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

parfumaient leur vin d'orge avec des semences de lupin ; les peuples du Nord y ajoutaient des pommes de pin et divers aromates; certains en corrigeaient la crudité en la mélangeant de miel ou d'hydromel[1].

Lorsque César pénétra dans la Gaule, il y trouva la bière. Elle portait le nom de cervoise, en latin *cervisia* (du celtique cera, grain et vise, force)[2]. Tout porte à croire que la cervoise était fabriquée avec du malt. En effet, les Gaulois avaient un mot spécial pour désigner le grain dont on faisait la bière; ils l'appelaient *brace*[3], ou grain fermenté. Paul Orose, écrivain espagnol du IVe siècle, parlant d'une boisson analogue à la cervoise et que consommaient ses compatriotes les Numautins (peuple de la Tarraconaise, province septentrionale de l'Espagne), s'exprime ainsi : « les Numantins ne boivent pas de vin, mais d'une boisson artificielle et excitante faite avec le suc du froment et qu'ils appellent *celia*. Ils commencent par humecter les grains pour exciter le feu de leur force germinative; puis ils les font sécher et les réduisent en farine. Ils en extraient le doux suc auquel s'ajoute, par fermentation, une certaine dureté et une chaleur qui provoque l'ivresse ». Ces quelques lignes contiennent bien l'indication d'une germination préalable des grains et il est permis de supposer que les Gaulois, en relations directes avec le nord de l'Espagne, traitaient l'orge de la même façon.

Du reste, déjà à l'époque des Mérovingiens, la fabrication de la bière paraît arrivée à un certain degré de perfection. On connaît l'art d'enduire les tonneaux qui la contiennent d'une poix spéciale, et de clarifier les liquides avec des copeaux. Sous les Carlovingiens, plusieurs chartes et donations font mention de houblonnières[4].

Le mot bière d'origine germanique, n'a commencé à s'employer que vers le XVe siècle et paraît correspondre à l'introduction en France de bières allemandes. On le trouve pour la première fois, croyons-nous, dans les statuts des brasseurs donnés par Charles VIII, en 1489, statuts qui édictent des prescriptions concernant la réception des bières étrangères à Paris. Pendant longtemps, les deux mots de cervoise et de bière ont été employés, mais non pas indifféremment. Ils servaient à désigner deux boissons différentes et que Ducange définit ainsi : *At vero cervoise uti potius præstantioreo quem bière vocamus distinguitur*. La bière se buvait surtout l'été, sans doute à cause de son acidité, qui la rendait plus rafraîchissante[5].

[1] Voy. le *Kalewala*, poème finlandais du XIe siècle, 13e *rune*.

[2] Et non de Cérès, comme on le dit. Le nom de cervoise est un mot bien gaulois et d'origine celtique (Pline).

[3] *Braces unde fit cervisia* lit-on dans les lettres (Epist. 23) d'Eginhard et dans les capitulaires de Charlemagne. Brace est l'origine des mots brasser, brassin, brasseur (Littré). et s'est conservé jusqu'à nos jours dans le mot *brai* qui, encore dans le nord, sert à désigner la farine de malt.

[4] *Vie de Saint-Colomban*, par le moine Jonas. *Vie d'Udalric*, religieux de Cluny. Capitulaires de Charlemagne. *Charte de Charles le Chauve*. Charte de Henri Ier en faveur du monastère de Saint-Salve à Montreuil-sur-Mer.

[5] Ducange cite aussi plusieurs extraits de lettres de grâces ou de rémissions qui prouvent d'une façon certaine que la cervoise était meilleure, plus estimée et d'un prix plus élevé que la bière.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On est donc en droit de conclure que la cervoise, d'origine gauloise, était de la vraie bière, comme nous l'entendons aujourd'hui, faite avec du malt et du houblon, tandis que la bière, d'origine germanique, était une boisson très inférieure fabriquée avec des céréales crues (non germées) et aromatisée avec ce qu'on appelait des épices, ou des Gruyts (mot d'origine saxonne), mélanges où entraient du poivre de Brabant, des semences de fenouil, de jusquiame, des graines de lavande, d'anis, du safran, de la canelle, de la gentiane, des clous de girofle, etc. L'usage, du reste, de ces ingrédients ne tarda pas à « se répandre pendant le Moyen Age, au point que Legrand d'Aussy dit « que la Belgique et particulièrement la Hollande avaient un grand nombre de houblonnières dont la récolte était en partie expédiée en France et que cette culture est presque entièrement abandonnée depuis que l'on fait de la bière sans houblon » [1].

Dans les Gaules, la bière était un article de ménage ; on la faisait à la maison et la femme était chargée de ce soin. Puis ce caractère se perdit peu à peu et les couvents eurent bientôt le monopole de la fabrication. On citait les bières des Abbayes des Montvilliers, de Saint-Amand (Rouen), de Fécamps, etc.

Avec le temps la fabrication sortit des abbayes ; il y eut plus tard des corporations de cervoisiers ; en 1269, Saint-Louis leur donnait des statuts et érigeait le droit de faire la cervoise en privilège royal.

Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, la science a peu fait pour la fabrication de la bière. Olivier de Serres dans son *Théâtre de l'Agriculture* la décrit et ce sont en partie les méthodes encore employées de nos jours en Belgique pour la fabrication des bières locales ; Diderot, dans son *Encyclopédie*, lui consacre un long article. Mais on s'en tient à des méthodes empiriques, à des procédés résultant d'observations pratiques et traditionnelles et dont la marche timide ne fait que des progrès d'une extrême lenteur.

Il appartenait au XIXe siècle d'apporter la lumière dans les procédés surannés et de faire de la pratique un art raisonné s'appuyant sur la science.

Dans le prodigieux développement scientifique et industriel qui distingue le siècle écoulé, la France a pris la plus grande part ; et la contribution de la brasserie dans le progrès général ne laisse pas que d'être des plus considérables. Il suffit de rappeler quelques noms.

Lavoisier, Thénard, Gay-Lussac, de Saussure, établissent les rapports qui existent entre la matière fermentescible et les produits de la fermentation ; ils indiquent l'alcool et l'acide carbonique.

En 1833, Payen isole la diastase ; en 1847, Dubrunfaut découvre la maltose ; en 1876, Pasteur publie ses « *Études sur la bière* ».

Les progrès de la brasserie deviennent rapides, la qualité de la bière s'améliore, la consommation augmente partout et l'industrie de la fabrication de la bière prend le premier rang parmi les industries agricoles.

[1] Legrand d'Aussy, *Histoire de la vie privée des Français.*

IRIS - LILLIAD - Université Lille

STATISTIQUE GÉNÉRALE

On estime (Journal *le Gambrinus*) le nombre total des brasseries dans le monde entier à 42 000, produisant plus de 235 400 000 hectolitres, rapportant aux différents États près d'un milliard d'impôts.

La production du vin n'est évaluée qu'à 130 millions d'hectolitres.

Voici la production de la bière dans les principaux pays.

PAYS	NOMBRE des brasseries.	PRODUCTIONS en hect., 1903.
États-Unis	2 210	74 260 000
Allemagne	18 230	67 484 368
Grande-Bretagne	5 547	58 104 605
Autriche-Hongrie	1 436	20 642 298
Belgique	3 319	14 000 800
France	3 360	10 944 000
Russie	920	6 210 000
Danemark	370	2 392 100
Suisse	228	1 998 800
Pays-Bas	372	1 580 000
Suède	250	3 350 000
Norvège	40	490 000
Roumanie	18	70 963
Luxembourg	13	203 619
Espagne	39	570 000
Italie	78	175 600
Serbie	9	72 984
Grèce	11	89 300
Bulgarie	19	51 550

En France, la fabrication de la bière a suivi pendant le siècle une progression toujours croissante : elle était en 1800 de 3 millions d'hectolitres seulement ; en 1870 elle atteignait 7 millions. La progression continue, encore de nos jours, mais plus lentement, le vin reste toujours la boisson préférée dans la plus grande partie du pays.

C'est dans le Nord que la consommation est la plus considérable ; elle y est presque exclusive. Sur 13 à 14 millons versés au Trésor par la brasserie française, le département du Nord en paie près de 6 et le Pas-de-Calais 1,5.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

STATISTIQUE ET LÉGISLATION

Avant de commencer l'étude des systèmes de fabrication, il est bon de jeter un coup d'œil sur l'organisation des impôts dans les différents pays. Ceux-ci peuvent avoir une répercussion, au moins dans une certaine mesure, sur le choix des procédés à employer. Cependant cette dépendance des systèmes d'impôts et des systèmes de fabrication est moins absolue qu'on peut l'imaginer *a priori* parce que tout système d'impôts se complète par une réglementation de contrôle, laquelle fait naturellement intervenir les quantités non visées directement par l'assiette de l'impôt. Par exemple un impôt sur la quantité de matières premières se contrôle par la quantité et la densité des moûts, tandis qu'un système basé sur ces dernières données se pourrait vérifier par les quantités de matières premières ou de bière fabriquée.

Quoi qu'il en soit, il est bon de jeter un coup d'œil sur les différentes contributions qui frappent la bière dans les différents pays.

L'impôt peut atteindre la bière de trois manières :

1° En frappant les matières premières;

2° En imposant le moût à un moment quelconque de sa fabrication, soit en prenant pour base la contenance des vaisseaux, pour frapper le volume seul, soit en touchant à la fois le volume et la densité;

3° En taxant directement la bière elle-même, soit au volume, soit au poids, soit d'après son titre alcoolique.

Il y a d'ailleurs des pays où il n'y a pas d'impôts sur la bière.

Nous commencerons cette étude par les nations étrangères.

NATIONS ÉTRANGÈRES

PAYS D'IMPOTS A LA MATIÈRE PREMIÈRE

NORVÈGE

En 1901, il y avait 46 brasseries et en 1902, 42 seulement; la production en 1901 a été de 456 000 hectolitres.

L'impôt est sur l'orge crue, avant la trempe. Les cuves mouilloires sont sous scellés et l'orge est pesée par le service lui-même.

Les brasseries ont un registre d'entrée des orges et des malts employés.

Elles sont d'ailleurs exercées. La taxe est de 0,24 fr. par kilogramme d'orge.

En Norvège les droits de douane frappant les matières de la brasserie sont :

Orge	1 fr. 12 par kilogr.	
Malt	1 — 40 —	
Houblon.	0 — 72 —	avec une tare de 4 p. 100 en balles
		— — 28 — en cylindres.
Bières en bouteille.	0 — 72 par litre	
Bières en fût. . . .	0 — 31 —	avec une tare de 19 p. 100.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ALLEMAGNE

La statistique allemande pour la totalité de l'impôt est représentée dans le tableau suivant[1].

	1898-1899	1899-1900	1900-1901	1901-1902	1902-1903
Nombre de brasseries	»	19 281	18 840	17 962	18 230
Fabrication en 1000 hect. . .	67 968	69 500	70 857	70 943	67 484
Importation	568	631	564	»	»
Exportation	625	682	802		
Consommation par habitant.	124,2	125	125,1	»	125

L'importation qui a eu une tendance à augmenter a maintenant une tendance à descendre. L'exportation croit sans cesse.

Si l'on envisage ce que l'on appelle l'Allemagne du Nord, c'est-à-dire les pays ou villes suivants : Prusse, Saxe, Hesse, Mecklembourg, Thuringe, Oldenbourg, Brunswick, Anhalt, Lubeck, Brême, Hambourg[2]; on trouve un système d'impôt dont voici les grandes lignes. Les lois des 31 mai et 18 novembre 1872 frappent toutes les matières utilisables sauf le houblon. Les taxes sont par 100 kilogrammes :

Pour l'orge, grains crus, malt, riz, amidon vert à 30 p. 100 d'eau, 5 francs.

Pour l'amidon sec, la farine d'amidon, la fécule, les gommes, dextrines, sirops, 7,50 fr.

Pour les sucres, solutions de sucre, caramels ou bières colorantes ou toutes espèces non prévues, 10 francs.

L'impôt peut se percevoir de trois façons :

1° Sur la déclaration de versement en cuve-matière ou en chaudière, avec fixation des heures;

2° Sur les quantités soumises à la mouture, avec exemption de la déclaration des heures des trempes. Le moulin est fermé et ouvert par les employés de la régie. Le brasseur déclare à part les matières non soumises à la mouture;

3° Sur la base d'un abonnement consenti de gré à gré entre le brasseur et l'administration et déterminé d'après le contrôle de la production des années précédentes.

La bière exportée reçoit un remboursement de 1,25 fr. par hectolitre.

Au contraire la bière importée subit des droits élevés : en fûts ou en bouteilles par 100 kilogrammes de poids brut 7,50 fr.

Citons les droits d'entrée sur :

L'orge	2,82 fr.	par 100 kilogrammes.
Le malt	5 —	—
Le houblon	25 —	—

[1] L'impôt sur la bière est totalisé du 1er juillet au 30 juin.

[2] L'Alsace-Lorraine a conservé l'ancien système français; le duché de Saxe-Cobourg-Gotha et Kœnigsberg ont le système bavarois.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

WURTEMBERG

	1902-1903
Nombre de brasseries	5 632
Production en hectolitres	3 792 253
Importations —	111 000
Exportations —	100 000
Consommation par tête d'habitant	172
Produit net de l'impôt	12 881 137

Les lois du 8 avril 1856 et 1er avril 1881 ont établi l'impôt sur le malt, avec autorisation d'employer les succédanés. La taxe est de 12,50 fr. par 100 kilogrammes de malt, 87 kilogrammes de sirop, 75 kilogrammes de glucose ou sucre d'amidon, 87 kilogrammes de farine de riz. Le malt est taxé à la mouture, soit à la brasserie où le moulin est fermé et ouvert par les employés, soit dans un moulin public, agréé par l'État, où le malt est transporté muni d'un laisser passer. En ce cas, les meuniers sont des sortes d'agents fiscaux assermentés et exercés.

On rembourse 2,82 fr. par hectolitre sur les bières exportées.

Les droits d'entrée sont les mêmes que pour l'Allemagne du Nord.

BAVIÈRE

	1903
Nombre de brasseries	5 755
Production en hectolitres	17 350 868
Importation —	71 000
Exportation —	2 768 000
Consommation par tête d'habitant	234,6
Produit net de l'impôt	50 918 141

L'impôt est au *volume* du malt employé, à raison de :

6,25 fr. par hectolitre de malt jusqu'à 2 000 hectolitres; 7,50 fr. par hectolitre de malt jusqu'à 10 000 hectolitres, plus une augmentation de 25 pfennings (0,31 fr.) au-dessus de 10 000 kilogrammes et de 50 pfennings au-dessus de 40 000 hectolitres.

Tous les succédanés, y compris les caramels et bières de couleur, sont formellement interdits. (L'interdiction remonte à l'année 1516.)

L'impôt se perçoit à la mouture du malt, qui a lieu dans des moulins spéciaux, munis d'appareils mesureurs automatiques et enregistrant sur des cadrans les quantités de malt passant entre les cylindres.

Le brasseur tient un registre des quantités de malt qu'il met au moulin et on lui accorde une tolérance de 8 litres par hectolitre.

Les droits sont remboursés sur les bières exportées à raison de 2,62 fr. et 2,82 fr. par hectolitre de bière, suivant les quantités de malt employées.

La Bavière fait partie du Zollverein (droit d'entrée de l'Allemagne du Nord).

IRIS - LILLIAD - Université Lille

GRAND-DUCHÉ DE BADE

	1902-1903
Nombre de brasseries	700
Production en 1 000 hectolitres	2 967
Importations	244 000
Exportations	248 000
Consommation par habitant	156
Produit net de l'impôt	9 244 000 francs.

Autrefois l'impôt était à la contenance brute des chaudières. La loi du 30 juin 1896 l'a établi sur le malt (toutes céréales germées). Les succedanés sont interdits (sucres, grains crus, etc.). L'impôt est perçu à la mouture d'après le barème suivant :

Les premiers 250 quintaux par 100 kilogrammes de malt	10 francs.
Pour 1 250 kilogs en plus	12,50 fr.
Pour 1 500 à 5 000 en plus	13,75 —
Pour plus de 5 000 en excédant	15,00 —

Les bières de fermentation haute ne paient que 2,50 fr. par kilogramme de malt, si elles sont consommées à la maison.

Les droits sont remboursés à l'exportation d'après des arrangements intervenus entre l'administration et les brasseurs et en tenant compte des droits perçus.

Le grand-duché fait partie du Zollverein.

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

De même le grand-duché de Luxembourg fait partie du Zollverein où en 1900 il y avait 17 brasseries fabriquant 223 000 hectolitres.

ALSACE-LORRAINE

	1899-1900	1902-1903
Nombre de brasseries	77	71
Production	1 128 000	1 147 848
Importation	352 000	
Exportation	30 000	
Produit net de l'impôt	8 710 700 francs	
Consommation par tête d'habitant		83,4

L'Alsace-Lorraine est encore sous le régime de l'ancienne législation française, impôt à la contenance nette de la chaudière, avec dinstinction de bière forte et de bière faible. La taxe est pour la première de 1,92 fr. et 0,725 fr. pour la deuxième et par hectolitre.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

BELGIQUE

	1898	1899	1900	1901	1902
Quantité de farine déclarée ch. II, loi 1885 (kg.). . .	183 200 353	190 756 869	192 942 081	191 083 306	
Contenance imposable, ch. III, loi 1885 (hect.).	80 612	76 971	67 876	59 331	
Production totale (hect.).	13 509 046	14 046 067	14 191 000	14 066 000	14 020 000
Nombre de brasseries . .	3 143	3 183	3 223	3 253	

Détails pour 1901 :

	Nombre d'usines.	Quantité de farines.	Contenance imposable.
Anvers	331	22 332 140	9 162
Brabant	510	53 046 734	1 213
Flandre occidentale.	572	26 702 760	17 452
Flandre orientale.	651	32 220 540	19 938
Hainaut	674	37 793 920	9
Liége	124	6 562 303	1 677
Limbourg	143	3 717 051	8 902
Luxembourg	65	2 352 563	189
Namur	183	6 355 295	437

Les importations ont été en :

	1898	1899	1900	1901	1902
Totales (hectol.)	135 038	140 068	148 832	151 375	149 968
D'Allemagne	61 000	70 000	76 000	81 000	82 000
D'Angleterre	59 000	56 000	57 000	57 000	52 000

L'exportation est d'environ 4 000 hectolitres par an.

Il y a deux systèmes d'impôt, au choix du brasseur :

1° L'ancien système, de plus en plus abandonné, et qui taxe la capacité de la cuve-matière à raison de 4 francs par hectolitre de contenance (Chap. III, loi 1885).

2° Le nouveau système, introduit par la loi de 1885, chap. II, qui impose le malt employé, à raison de 10 centimes par kilogramme.

Le versement déclaré par le brasseur et qui ne peut être inférieur à 15 kilogrammes par hectolitre de moût, est contrôlé par la densité du moût et son volume, avant refroidissement, sur la base d'un rendement légal qui a été fixé à 25 litres de moût ramenés à un degré de densité, à la température de 17°,5, par kilogramme de malt déclaré, avec une tolérance de 2 litres et demi en plus. Ce qui correspond à des rendements de 65 p. 100 et 71 p. 100.

Le contrôle a lieu dans la chaudière de cuisson, ou dans un vaisseau collecteur déclaré par le brasseur.

Les sucres et substances analogues sont autorisés et exempts d'impôt, mais le brasseur doit faire une déclaration spéciale de leur emploi.

On rembourse 2,50 fr. sur les bières exportées.

Droits d'entrée : bières en fûts, 5 francs l'hectolitre ; en bouteilles, 7 francs ; malt, 1,50 fr. par 100 kilogrammes ; houblon et orge, entrée libre.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

PAYS-BAS

	1903
Nombre de brasseries	372
Production en hectolitres	1 580 000
Importation	35 000
Exportation	68 000
Produit de l'impôt (approximatif)	2 600 000

Même impôt facultatif qu'en Belgique, à raison de 2,10 fr. par hectolitre de contenance de la cuve-matière, ou de 2,20 fr. par 100 kilogrammes de malt.

Les droits sont restitués sur les bières exportées quand la quantité n'est pas inférieure à 10 hectolitres. On rembourse 2,10 fr. sur les bières à 13 p. 100 d'extrait originel et 1,25 fr. sur les bières plus faibles.

Droits d'entrée : Bière 6,30 fr. par hectolitre. L'orge, le malt et le houblon entrent librement.

RUSSIE

Brasseries, 920.

Production approximative, 6 210 000 hectolitres.

L'impôt était, autrefois, à la contenance de la cuve-matière. La loi du 10 juin 1900 l'a établi sur le malt, d'après la base d'un rendement légal contrôlé en chaudière de cuisson et taxé sur une échelle de rendement.

La taxe est de 26,86 fr. par 100 kilogrammes de malt d'un rendement de 60 p. 100 et au-dessous.

Elle est de 29,30 fr. par 100 kilogrammes pour un malt de rendement compris entre 60 et 65 p. 100.

Enfin pour un rendement supérieur elle est de 39 francs par 100 kilogrammes.

Si l'extrait originel dépasse 16 p. 100 le malt est frappé d'un impôt supplémentaire de 17,10 fr.

Le malt est moulu dans la brasserie et pesé sur une bascule automatique reliée directement au moulin.

Les succédanés sont défendus.

Sur les bières exportées, on rembourse 6,50 fr. par hectolitre ayant moins de 16 p. 100 d'extrait originel et 17,88 fr. s'il y a un extrait plus abondant.

Les boissons de ménage telles que le kwass qui ne contiennent pas 1,5 p. 100 d'alcool sont exemptes d'impôt.

Les droits de douane sont assez élevés.

Bières en fûts	36,60 fr. l'hectolitre.
— en bouteilles	0,80 fr. par bouteille.
Malt	48,78 par 100 kilogrammes.
Houblon	24,39 —
Orge	libre.

La *Finlande* a le système bavarois avec les moulins enregistreurs. La taxe est de 9,99 fr. par 100 kilogrammes de malt.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Elle a également un tarif de douane spécial.

Bières en fûts	29,70 fr. par 100 kg. (tare 17 p. 100)
— en bouteilles	0,42 fr. par bouteille.
Houblon	21,80 fr. par 100 kilogrammes.
Malt	libre.
Orge	libre.

PAYS D'IMPOT A LA DENSITÉ ET AU VOLUME

La France appartient à cette catégorie nous en parlerons en détail ultérieurement.

ANGLETERRE

La production anglaise est représentée par le tableau suivant :

	1900	1901	1902
Angleterre et pays de Galles (hect.).	51 480 000	50 363 000	50 110 000
Ecosse	3 455 000	3 461 000	3 213 000
Irlande	5 041 000	5 287 000	5 316 000
Total	59 976 000	59 171 000	58 639 000

En 1903, la production s'élève à 58 104 605 hectolitres soit par tête d'habitant en 1903, 144 litres.

	1901	1902	1903
Nombre de brasseries pourvues de licence	6 290	5 750	5 547
— — domestiques assujetties au droit sur la bière	2 756		
Nombre de brasseries domestiques non assujetties (moins de 250 francs de loyer)	10 148		

Les importations sont assez minimes. En 1902 on a importé de

Suède	328	hectolitres.
Norvège	708	—
Danemark	7 383	—
Allemagne	30 693	—
Hollande	49 400	—
Belgique	4 527	—
Total	93 019	hectolitres.
d'une valeur de	3 936 500	francs.

Les exportations en 1902, ont été en

Egypte	31 217	hectolitres.
Etats-Unis	70 540	—
Colonies d'Afrique	58 920	—
Indes anglaises	178 710	—
Australie	123 560	—
Antilles	31 015	—
Autres	346 115	—
Total	839 577	hectolitres.
d'une valeur de	44 624 100	francs.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Depuis quelques années les exportations pour les États-Unis et l'Autriche tendent à décroître. Au contraire pour les Indes et les colonies d'Afrique il y a augmentation.

Il faut remarquer que dans les bières anglaises entre le plus souvent du sucre. Voici les poids utilisés en 1902.

Angleterre et Pays de Galles	1 401 267	quintaux métriques.
Ecosse	43 605	—
Irlande	2 335	—

L'impôt d'après la loi du 12 août 1880 est au volume du moût et à sa densité après refroidissement sur la base d'un rendement légal qui admet que 2 bushels (72,70 l.) de malt fournissent 1 barrel (163,57 l.) de moût de densité 5,7 (c'est-à-dire que 100 kilogrammes de malt sont supposés donner environ 225 litres de moût à la densité 8,7 soit 12,825 degrés hectolitres).

La taxe est de 5,135 fr. l'hectolitre à la densité 5,7 ou proportionnellement.

Les succédanés sont autorisés et la loi admet que 100 kilogrammes

de sucre correspondent à.	286,22	litres de malt.
de glucose solide correspondent à.	250,45	—
de sirop de sucre correspondent à.	235,13	—
de sirop de glucose correspondent à.	195,50	—

Le contrôle a lieu dans les cuves guilloires ou dans les cuves de fermentation, mais le service peut faire les constatations sur la bière en cours de fermentation, ou après, dans quel cas il reconstitue la densité originelle par une distillation. Aucun mélange de bière ne peut être fait qu'après les constatations du degré-hectolitre et après déclaration.

Le brasseur tient des registres où il inscrit les matières premières employées et les volumes et les densités de ses moûts, dont les indications se contrôlent l'une par l'autre.

Sur les bières exportées, les droits sont remboursés à raison de 5,135 fr. l'hectolitre à 5,7 de densité. Les bières importées paient le même droit, sauf les bières concentrées (caramels, bières de couleur, etc.), qui acquittent 21,40 fr. l'hectolitre quand elles ont une densité de 1,215 et 26,90 fr. quand elles ont une densité supérieure. L'orge, le malt et le houblon n'ont pas de droits d'entrée.

AUTRICHE-HONGRIE

	1900-1901	1901-1902	1902-1903
Nombre de brasseries[1]	1 483	1 456	1 436
Production.	20 686 523	21 312 988	20 642 298
Consommation par tête d'habitant .	»	»	137

Au point de vue des importations disons qu'en 1898-99 on a importé 80 729 quintaux pendant qu'on exportait 925 406 quintaux. En 1903 l'impôt avait produit 99 203 338 francs.

[1] *Les petites tendent à disparaître.*

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La loi du 19 décembre 1852 a fixé l'impôt d'après l'extrait déterminé au moyen du saccharimètre Balling, et d'après le volume mesuré sur les bacs refroidissoirs dont les robinets de vidange sont sous scellés. Le taxe est de 0,4175 fr. par degré hectolitre à 14°R.

Le brasseur est obligé de déclarer, à la fois, et le volume et l'extrait Balling qu'il prétend obtenir. On accorde une tolérance de 6 p. 100 sur les degrés déclarés [1] ; il n'y en a pas pour le volume, dont les excédents sont pris en charge jusqu'à concurrence de 5 p. 100. Au delà, il y a contravention.

Le contrôle ne se borne pas à la reconnaissance sur les bacs, il s'exerce encore sur les bières en fermentation, dans les caves de garde, où les employés sont autorisés à faire des recensements et sur les ventes, dont le brasseur est obligé de tenir registre.

A l'exportation on rembourse au choix du brasseur ou 2,70 fr. par hectolitre quelle que soit la bière ou l'équivalent du droit payé par le brasseur sur sa bière la plus légère.

Les droits de douane sont les suivants :

Bières en fûts	4,94 fr.	les 100 kilogrammes.
— en bouteilles	17,29 —	—
	(tare 20 p. 100 en caisses ; 12 p. 100 en paniers).	
Orge	1,86 fr.	les 100 kilogrammes.
Malt	3,70 —	—
Houblon	24,70 —	—
	(tare 4 p. 100 en balles et 13 p. 100 en cylindres).	

ITALIE

Le nombre de brasseries est de 78 (1903).

Production approximative 175 600 hectolitres.

L'impôt est du même système qu'en Autriche, avec cette différence que l'exercice cesse après l'entonnement et que les mélanges de brassins sont autorisés. Mais il est interdit de faire une bière au-dessus de 16° Balling.

La taxe est de 1,20 fr. par degré-hectolitre.

Pendant le repos de la brasserie, les chaudières sont mises sous scellés.

Droits d'entrée : Bières en fûts 12 francs par hectolitre ; en bouteilles 20 francs par 100 bouteilles, puis, en plus, un droit de fabrication de 19,20 fr. par hectolitre. Cependant l'importateur peut réclamer la taxation au degré-hectolitre et il paie, en ce cas, la surtaxe de 1,20 fr. par degré reconstitué.

Pour les matières premières les droits sont :

Orge et malt, 4 francs par 100 kilogrammes. L'entrée du houblon est libre.

PAYS D'IMPOT SUR LA BIÈRE FABRIQUÉE

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Brasseries	2 210 en 1903
Production	74 260 000 hectolitres.
Importations	115 000 —
Exportations	42 000 —

[1] Cela fait environ une tolérance de 0°,6.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

L'impôt est perçu au moyen de timbres mobiles, de valeurs différentes et proportionnelles, apposés sur les fûts au moment de leur sortie de la brasserie, masquant complètement le trou du bouchon et portant le nom du destinataire, le lieu et la date de livraison.

L'unité est le barrel de 143 litres et la taxe de 1 dollar (5,20 fr.) par barrel, sans distinction de la qualité de la bière. Cela correspond à 3,56 fr. par hectolitre.

Tous les mois, avant le 10, le brasseur remet au service une copie des registres où il inscrit les matières premières employées, les bières fabriquées ou sorties et dont il affirme par serment la sincérité.

La fabrication est entièrement libre, sans aucun exercice. Mais les fraudes sont réprimées sévèrement par des amendes très fortes et des peines d'emprisonnement.

A l'exportation les droits sont restitués.

Les droits de douane sont :

Bières en bouteilles	0,52 fr. par litre. (sans préjudice du droit sur le verre).
— en fûts	0,26 fr. par litre.
Orge	4,13 — l'hectolitre [1].
Malt	6,20 — —
Houblon	132,25 — le quintal.

SERBIE

Nombre de brasseries en 1903, 9.

Production, 72 984 hectolitres.

L'impôt est du type américain avec une taxe de 12 francs par hectolitre.

Les droits d'entrée sont :

Bières en fûts ou en bouteilles	5 francs l'hectolitre. (tare de 10 p. 100 en fûts, 20 p. 100 en bouteilles).
Orge et malt	1 franc par quintal.
Houblon	— par litre.

ROUMANIE

Nombre de brasseries, 28.

Production approximative 70 963 hectolitres.

L'impôt est basé sur l'emploi des timbres américains. En outre, chaque fût est accompagné d'une lettre de voiture et les brasseries sont exercées.

La taxe est de 11,65 fr. l'hectolitre.

Les droits de douane sont :

Bières en fûts	30 francs les 100 kilogrammes. (tare 10 p. 100).
— en bouteilles	50 francs les 100 kilogrammes. (tare 25 p. 100 en caisses ; 10 p. 100 en paniers).
Orge et malt	libres.
Houblon	25 francs les 100 kilogrammes. (tare 10 p. 100 en caisses, 2 p. 100 en sacs).

[1] L'unité est le bushel de 36,35 l. il doit peser 48 livres, c'est-à-dire 21,772 kg.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

DANEMARK

Chiffres de 1903.

Nombre de brasseries, 370.

Production 3 292 100 hectolitres

Dont environ les 2/5 seulement imposés comme ayant 2,5 p. 100 d'alcool au plus.

La taxe est de 9,9 fr. par hectolitre.

Les droits d'entrée sont :

Bières en fûts	15,60 fr. par	100 kilogrammes.
— en bouteilles	39,00 —	—
Houblon	39,60 —	—
Orge et malt	libres	

GRÈCE

Nombre de brasseries, 11.

Production approximative, 89 300 hectolitres

L'impôt est de 0,24 fr. par 100 kilogrammes, mais il est variable et fixé chaque année par une Commission qui s'entend pour cela avec les brasseurs. Cette taxe est payable mensuellement.

Les droits de douane sont de :

Bières en fûts	0,48 fr. par	100 kilogrammes.
— en bouteilles	0,72 —	—
Orge	3,92 —	—
Malt et houblon	libres	

PAYS NON IMPOSÉS

ESPAGNE

Nombre de brasseries en 1903, 39.

Production approximative 570 000 hectolitres.

On paie un droit fixe de 40 francs par an pour 10 litres de capacité de chaudières de cuisson.

Les droits de douane sont :

Bières en fûts	19,50 fr.	tarif maximum par hectolitre.
— en bouteilles	15,00 —	— minimum —
Orge et malt	4,40 —	par 100 kilogrammes.

BULGARIE

Nombre de brasseries en 1903, 20.

Production approximative 51 550 hectolitres.

Aucun impôt d'Etat mais des droits communaux de 0,80 fr. par 100 kilogrammes.

Les droits d'entrée sont de 14 p. 100 *ad valorem* sur les marchandises.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

SUISSE

Nombre des brasseries en 1903, 228.
Production en 1903, 1 998 000 hectolitres.
Aucun impôt.
Droits de douane.

Bières en fûts	4 et 5 francs	les 100 kilogrammes brut.
— en bouteilles. . .	10 —	—
Orge	0,30 fr.	—
Malt	1,50 —	—
Houblon.	4 francs	—

SUÈDE

Nombre de brasseries en 1903, 250.
Production 3 350 000 hectolitres.
Pas d'impôts.
Droits de douane.

Bières en fûts	11,1 fr.	par 100 kilogrammes.
— en bouteilles.	19,50 —	par 100 litres.
Orge	5,47 —	par 100 kilogrammes.
Malt	6,95 —	—
Houblon.	15,25 —	—

PORTUGAL

Production approximative 30 000 hectolitres.
Droits de douane.

Bière.	47,6 fr.	par hectolitre.	
Orge	9,07 —	par 100 kilogrammes.	tare 1 p. 100.
Malt	3,40 —	—	

INDES BRITANNIQUES

Droits de douanes :

Bière . . . . . 3,52 fr. par hectolitre.
L'orge, le malt et le houblon sont francs de droit.

RÉPUBLIQUE ARGENTINE

Droits de douane :

Bières en fûts.	43,65 fr.	l'hectolitre.
— en bouteilles	58,18 —	—
Orge.	9,70 —	les 100 kilogrammes.
Malt	10 p. 100	*ad valorem*.
Houblon	25 p. 100	—

BRÉSIL

Bières en fûts ou en bouteilles .	212,4 fr.	par 100 kilogrammes.
Orge	11,32 —	—
Malt	22,64 —	—
Houblon	84,96 —	—

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les *pays suivants* ont sur la bière des droits de douane *ad valorem :*

Turquie	8 p. 100.
Chine	5 —
Egypte	8 —
Maroc	10 —
Tunis	8 —
Japon	5 —
Perse	5 —

FRANCE

STATISTIQUE

Le régime fiscal de la France est actuellement basé sur une taxe au degré-hectolitre.

Avant d'entrer dans les détails de cette législation, donnons les éléments de statistique.

La France compte environ 3 360 brasseries qui ont produit :

	1901	1902	1903
Degrés-hectolitres	52 112 862	52 050 370	54 719 051
Somme perçue	13 512 927	13 080 913	13 823 130

Ce dernier chiffre représente environ 13 millions d'hectolitres. Mais il est difficile d'établir ce chiffre exactement, car les statistiques n'indiquent ni les densités ni les moûts surtaxés.

L'importation des bières a été en quintaux.

	1901	1902	1903	
Angleterre	14 294	10 705	13 197	
Allemagne	155 315	148 332	147 210	
Autriche	2 085	4 860	8 033	
Divers	13 948	13 936	13 415	
	187 642	117 839	181 855	
Valeurs approximatives	6 567 000	6 224 000	6 365 000	francs.
Volumes approximatifs	125 000	83 000	121 000	hectolitres.

Ces chiffres peuvent paraître petits, mais il ne faut pas oublier que le poids du fût entre dans le décompte des importations.

L'exportation s'est élevée en 1901 à 110 665 quintaux d'une valeur de 4 427 000 francs et représentant environ 74 000 hectolitres. L'exportation est en décroissance.

Il convient de dire que les 3 360 brasseries de France sont très inégalement réparties ; le Nord paie 46 p. 100 de l'impôt, le Pas-de-Calais, 13 p. 100.

Pour 1902 on peut classer ainsi les départements, en arrondissant les chiffres de leur production exprimés en milliers d'hectolitres.

Nord	24 117	Seine	2 124
Pas-de-Calais	7 831	Ardennes	2 061
Aisne	2 220	Somme	1 477
Meurthe-et-Moselle	2 217	Vosges	1 011

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Marne	881	Finistère	185
Meuse	695	Loire-Inférieure	177
Bouches-du-Rhône	518	Haute-Garonne	165
Haut-Rhin	465	Isère	161
Seine-et-Oise	447	Ardèche	156
Oise	361	Haute-Saône	152
Seine-Inférieure	364	Gard	132
Doubs	352	Aude	128
Haute-Marne	320	Haute-Vienne	126
Loire	268	Puy-de-Dôme	123
Côte-d'Or	260	Indre-et-Loire	121
Seine-et-Marne	246	Indre	118
Allier	203	Hérault	100

Les départements moins importants sont :

Tarn-et-Garonne avec 99 000; le Lot-et-Garonne et le Morbihan avec 98 000 ; la Charente avec 92 000; la Vienne avec 86 000; le Loiret avec 76 000; l'Eure-et-Loir et les Basses-Pyrénées avec 19 000; les Pyrénées-Orientales, le Jura, l'Ille-et-Vilaine avec 66 000 ; le Vaucluse avec 63 000 ; l'Aude avec 61 000; la Gironde avec 56 000; le Tarn, le Cher et les Alpes-Maritimes avec 53 000 ; l'Aveyron, la Lozère, la Manche avec 36 000; les Deux-Sèvres avec 32 000 ; les Côtes-du-Nord et la Sarthe avec 30 000 ; les Hautes-Pyrénées, le Cantal, l'Yonne, la Charente-Inférieure, la Corrèze, la Haute-Loire avec 26 000 ; la Creuse et le Rhône avec 20 000; la Vendée avec 17 000; l'Ain et l'Eure avec 13 000 ; la Dordogne avec 10 000 ; le Loir-et-Cher avec 10 000; les Basses-Alpes, la Mayenne, la Nièvre avec 9 000 ; l'Ariège, le Calvados, la Saône-et-Loire avec 8 000, le Lot avec 6 000; le Maine-et-Loire, avec 2 500, la Savoie et le Gers avec 1 800; les Landes avec 1 000.

Enfin le Var, les Hautes-Alpes, la Drôme, l'Orne et la Haute-Savoie ne produisent pour ainsi dire pas de bière.

Au point de vue des villes, disons que Lille fabrique plus de 500 000 hectolitres et consomme près de 400 litres par an et par tête d'habitant. Viennent ensuite Roubaix avec une production de près de 250 000 hectolitres, et une consommation de 250 litres ; puis Saint-Quentin, 120 000 ; Tourcoing, 115 000; Amiens, 65 000 ; Dunkerque, 62 000.

La consommation de Paris n'est que de 12 litres par habitant; celle de Nancy de 60 litres ; Lyon et Marseille ne consomment que 10 litres et leur production n'est que de 30 000 hectolitres pour chacune.

LÉGISLATION

Les données statistiques relatives à la bière une fois établie, arrivons à la législation.

DROITS DE DOUANE

Pour nous débarrasser de suite d'un point très simple de cette étude, disons que la bière paie à l'importation un droit de douane de 12 francs au tarif maximum et un droit de douane de 9 francs au tarif minimum par 100 kilo-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

grammes de poids brut, sans tare, plus le droit de fabrication calculé sur la densité originelle reconstituée.

Cela dit passons à la législation intérieure.

LÉGISLATION INTÉRIEURE

Historique. — Pendant tout le Moyen Age aucun impôt ne vient directement frapper la bière et les brasseurs ne sont assujettis qu'aux droits ordinaires dus par tous les commerçants.

Un édit de Louis XIII, de 1626, institua des contrôleurs et visiteurs de cervoise dont le salaire est fixé à 10 sols tournois par vacation et par muid de bière et fit défense de brasser plus de 15 setiers de malt par jour (21 hectolitres 1/2). En outre un droit fixe de contrôle et de visite est établi, s'élevant à 100 sols par an.

Plus tard, Colbert fait signer par Louis XIV les ordonnances du mois d'août 1697 qui obligent les brasseurs à déclarer par écrit les mises de feu sous les chaudières et l'heure d'entonnement, lequel ne peut avoir lieu que de jour ; elles appliquent à la bière un impôt prélevé, au choix du fermier général, sur le nombre ou la contenance des vaisseaux d'entonnement, ou sur la capacité des chaudières avec diminution d'un quart, et autorisation d'avoir des hausses de 4 pouces et demi.

Ces droits formaient un total de 9 livres 13 sous 6 deniers par muid, soit, en monnaie d'aujourd'hui environ 9,70 fr. pour 1 872 litres, ou 0,50 fr. par hectolitre.

Un édit du mois d'août 1781, ajoute à ces droits 10 sous par livre, soit moitié en plus.

C'est la première législation de la brasserie ; elle contient en germe le principe de la loi de 1816.

Les droits sont supprimés en 1791, puis rétablis en 1804, par la loi du 5 ventôse an XII, qui frappe la bière d'un droit unique de 0,40 fr. par hectolitre. La loi du 24 avril 1806 ajoute des taxes de consommation fixées, pour les bières, à 5 p. 100 quand il s'agissait de vente en gros et à 10 p. 100 pour les ventes au détail.

La loi du 25 novembre 1808 soumet la bière à une taxe unique fixée à 2 francs par hectolitre de la contenance brute de la chaudière, sous déduction de 5 p. 100 pour déchets de fabrication.

La loi du 8 décembre 1814, article 93, fait une distinction entre la bière forte et la petite bière et met l'impôt à 1,50 fr. pour la première et à 0,75 fr. pour la seconde, par hectolitre de la contenance de la chaudière.

La loi du 28 avril 1816 fixe ces droits respectivement à 2 francs et à 0,50 fr. et réglemente la fabrication de la petite bière.

La loi du 1er mai 1822, complète cette réglementation en fixant à deux le nombre obligatoire des trempes de bière forte précédant le brassin de petite bière qui doit être fait avec la même drèche et prescrit la déclaration du nombre et des heures des trempes. Elle interdit, en même temps, tout mélange.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La loi du 25 mars 1817 élève le droit à 3 francs pour la bière forte et fixe le droit pour la petite bière à 0,50 fr. et 0,75 fr. dans le cas où elle se vendrait 5 francs et au-dessus ; celle du 1er mai 1822 maintient la taxe de 3 francs pour l'une et établit pour l'autre le droit unique de 0,75 fr. ; le 12 décembre 1830, on réduisit ces taxes à 2,40 fr. et à 0,60 fr.

L'article 4 de la loi du 1er septembre 1871 les porte à 3,60 fr. et 1.20 fr., et la loi du 30 décembre 1873 à 3,75 fr. et 1,25 fr. décimes compris.

Ce régime fiscal devait durer plus de quatre-vingts ans, malgré les réclamations des intéressés et les nombreux abus auxquels il donnait lieu, et ne fut modifié que par les articles 6 à 17 de la loi de finances du 30 mai 1899.

Le nouveau régime institue l'impôt au degré-hectolitre calculé à 15°, en chaudière de cuisson ou sur les bacs refroidissoirs sous réserve, dans ce cas, que la température du moût ne soit pas tombée au-dessous de 60°.

Un décret, de même date que la loi, détermine les obligations de détail auxquelles les brasseurs sont tenus par l'application de l'article 14 de la loi du 30 mai ; puis une circulaire n° 340, du 31 mai 1899, commente le nouveau régime.

La taxe, fixée provisoirement à 0,50 fr. par degré-hectolitre, est abaissée à 0,25 fr. par la loi du 29 décembre 1900.

Nous donnons dans une annexe, à la fin du volume, les principaux articles de la loi et du décret du 30 mai 1899, modifiés par la loi du 29 décembre 1900.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

TECHNIQUE DE LA FABRICATION

DÉFINITIONS

La fabrication de la bière se subdivise en deux parties essentiellement distinctes :

1° Le maltage des grains ;

2° La fabrication proprement dite.

Le maltage, dont le but est de produire dans la graine les ferments solubles (diastases) capables de saccharifier l'amidon et de le rendre fermentescible comprend cinq opérations qui sont :

1° Le triage et le nettoyage des orges ;

2° Le mouillage ou trempage des grains ;

3° La germination ;

4° Le touraillage ou séchage des grains ;

5° Le dégermage et polissage du malt (toilette du malt).

La fabrication proprement dite se subdivise également en cinq parties :

1° La mouture ou concassage du malt ;

2° La préparation du moût (trempes), qui comporte deux procédés, la méthode par infusion et la méthode par décoction ;

3° La cuisson du moût avec le houblon ;

4° Le refroidissement du moût ;

5° La fermentation.

DIFFÉRENTES SORTES DE BIÈRE

On distingue deux sortes de bière : la bière de fermentation basse et la bière de fermentation haute, correspondant chacune à l'emploi d'une levure de race spéciale fermentant à des températures et dans des temps différents. D'une façon générale, on applique aux bières basses les procédés de trempes dits par décoction et aux bières hautes les procédés par infusion.

La fermentation basse est plus particulièrement employée en Allemagne, en Bavière notamment, où elle a été créée au xve siècle. Les bières qui en résultent, plus douces, d'un goût plus flatteur pour le palais, sont aussi d'une fabrication plus compliquée. Elles exigent un matériel plus considérable, des matières premières de qualité supérieure et des soins plus particuliers. Elles

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ne sont bonnes à consommer qu'après de longs mois de garde et obligent le brasseur à des provisions coûteuses. Elles demandent l'emploi de grandes quantités de glace ou l'utilisation de machines frigorifiques dont l'entretien, très onéreux, augmente sensiblement le prix de revient de la bière.

La fermentatation haute est employée en Angleterre. Elle était générale autrefois en France, où la fermentation basse était pour ainsi dire inconnue. Mais depuis une trentaine d'années, celle-ci tend de plus en plus à se substituer aux anciens procédés employés dans notre pays et la fermentation haute se confine tous les jours davantage dans les départements du Nord, où la bière est de consommation plus courante et d'un prix moins élevé. Les bières de fermentation haute sont, relativement à la matière première mise en œuvre, plus alcooliques, mais plus sèches. Elles n'exigent pas un matériel aussi grand ni aussi coûteux ; elles sont consommées plus rapidement et se prêtent, par conséquent, mieux à la fabrication des bières légères et économiques.

Dans ces deux grands genres de bière le nombre des variétés est presque illimité, mais il existe des types auxquels toutes les variétés peuvent se rattacher plus ou moins.

En fermentation haute ce sont : les bières anglaises pâles (pale-ale) et noires (stout et porter), puis les bières brunes et blanches du Nord.

En fermentation basse, les trois types principaux sont : la bière brune de Munich, épaisse, lourde, avec un arome accentué de malt grillé ; la bière pâle de Pilsen, légère, vineuse, avec un goût plus prononcé de houblon ; la bière dorée de Vienne qui tient le milieu entre les deux autres. Ces différences proviennent des procédés de fabrication qui ne sont pas tout à fait les mêmes dans ces trois pays, mais aussi, et surtout, du malt employé, plus coloré sur la touraille pour la Munich, plus pâle pour la Vienne et la Pilsen, si bien, que les malteurs ont eux-mêmes adopté ces expressions et font, au gré du brasseur des malts de Munich, de Vienne ou de Pilsen, et que ces désignations sont devenues courantes en malterie et en brasserie pour distinguer soit un malt, soit une bière, fabriqués selon les procédés appliqués à Munich, à Vienne ou à Pilsen.

L'ordre logique à suivre dans notre étude est évident.

En premier lieu, on étudiera les matières premières, eau, houblon, orge, etc.

Puis on procédera à la confection du malt et, avant de passer à l'étude de la fabrication proprement dite, on dira ce qu'on doit savoir de la levure.

De sorte que les grandes divisions de cet ouvrage seront :

Première partie : Matières premières ;

Deuxième partie : Maltage ;

Troisième partie : Levure ;

Quatrième partie : Fabrication proprement dite.

Annexes.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE DES MATIÈRES PREMIÈRES

DE L'EAU

RÔLE DE L'EAU

L'influence de l'eau en brasserie a été exagérée. On croyait volontiers autrefois que les qualités de certaines bières dépendaient presque exclusivement de l'eau employée et qu'il était difficile, sinon impossible, de les obtenir avec d'autres eaux, de composition différente.

Ce serait une erreur, néanmoins, de croire que les matières solubles, tenues en dissolution dans l'eau, puissent être sans influence aucune. Dans les opérations du maltage et du brassage, nous mettons en rapport intime des substances de compositions très différentes et il est naturel que les matières chimiques de l'eau puissent avoir une action sur les matières du grain ou du houblon et par suite sur la composition des moûts et de la bière.

Mais nous voulons dire que ces matières, ou certaines de ces matières, peuvent varier dans des proportions assez notables sans que les qualités de la bière en soient modifiées d'une manière très sensible. Il y a entre les eaux employées à Munich, celles de Pilsen, de Vienne, de Burton, en Angleterre, des différences de composition assez considérables, et les bières fabriquées dans ces pays, avec leurs propriétés propres, ont cependant un ensemble de propriétés communes.

La question de l'eau n'en est pas moins importante, parce que suivant sa composition, suivant la présence en plus ou moins grande quantité de telle ou telle substance, cette eau conviendra plus ou moins pour la fabrication de telle ou telle bière. Il n'est pas indifférent d'employer n'importe quelle eau[1].

Mais ces influences sont, en somme, peu connues, soit que les expériences, cependant très nombreuses, n'aient pas été dirigées dans le sens qui devait résoudre les questions, soit, plutôt, que la composition très complexe des moûts les rendent particulièrement délicates et difficiles.

[1] L'eau de puits a ordinairement l'avantage d'un régime constant ; mais il faut des puits bien installés, éloignés des fosses et des dépôts d'engrais ; un bon tubage est nécessaire pour empêcher les infiltrations des couches supérieures ; il en est de même d'une margelle contre les infiltrations superficielles.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Non seulement l'eau entre, par le brassage, dans la composition intime de la bière, mais elle sert, en malterie, au mouillage ou trempage des grains, et en brasserie, au lavage de la levure, au rinçage des ustensiles, au refroidissement du moût, à l'alimentation des chaudières à vapeur et des machines à glace. Pour chacun de ces usages, l'eau demande des qualités spéciales, et l'idéal serait, assurément, de pouvoir choisir des eaux de qualités appropriées à chaque emploi; cela n'est guère réalisable dans la pratique, le brasseur devant employer la même eau pour tous les usages et telle que la nature la lui fournit.

On dit communément que toute eau bonne à boire est propre à fabriquer la bière et que, par conséquent, toute eau de brasserie doit présenter tout d'abord les caractères d'une eau potable et entre autres, être claire, sans odeur et sans couleur et se rapprocher par la composition des types indiqués dans les tableaux ci-joints.

Composition d'une eau potable.

	Par litre.	En grammes.
Poids total de la matière minérale	0,020	0,500
Carbonate de chaux	0,010	0,300
Chaux moins celle du carbonate	0,001	0,030
Magnésie	0,001	0,020
Alumine	»	0,005
Potasse et soude	»	0,010
Chlorures en NaCl	»	0,020
Oxyde de fer (Fe^2O^3)	0,001	0,005
Ammoniaque	0,0002	»
Acide sulfurique (SO^3)	0,001	0,040
— nitrique	»	0,005
— phosphorique	»	0,0005
Silice	»	0,020
Acide carbonique libre	15 cm^3	20 cm^3
Oxygène	>3 cm^3	»

On classe quelquefois les eaux potables ainsi :

Classification du comité d'hygiène de France.

	Très bonnes.	Potables.	Suspectes.	Mauvaises.
Chlore	$<0,015$	$<0,040$ [1]	0,050-0,100	$>0,100$
Acide sulfurique	0,002-0,005	0,030	$>0,030$	$>0,050$
Matières organiques en O	$<0,001$	$<0,002$	$<0,004$	$>0,004$
Matières organiques et produits solubles	$<0,015$	$<0,040$	$<0,070$	$<0,100$
Degré hydrotimétrique, total.	5-15	5-30	>30	>100
Degré hydrotimétrique, après ébullition	2-5	5-12	12-18	>20

Ce n'est pas tout à fait exact. Assurément, une telle eau peut donner une bonne bière ; mais une eau considérée comme non potable peut donner une

[1] Sauf au bord de la mer.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

bière meilleure : ainsi une eau à fort résidu fixe (plus de 500 milligrammes par litre) est ordinairement considérée comme une eau non potable et peut, cependant, sous certaines réserves, donner une excellente bière.

Une eau chimiquement pure ne convient pas.

Une autre qualité de l'eau de brasserie que nous ne devons pas passer sous silence, c'est qu'elle doit être *fraîche et de température constante*. Cela a son importance en malterie, où la durée du trempage de l'orge varie avec la température de l'eau ; l'orge s'imbibe d'autant plus vite que l'eau est plus chaude et, si la température n'est pas constante, il devient d'autant plus difficile de régler la durée et d'obtenir des germinations régulières.

En brasserie, l'eau sert à refroidir les moûts, et il en faudra d'autant moins qu'elle sera plus froide. On y gagnera non seulement une économie de temps et de force motrice, mais encore la rapidité d'une des opérations les plus délicates et les plus dangereuses de la fabrication, au moment où le moût court le plus de risques de s'altérer.

COMPOSITION DE L'EAU[1]

Voyons quelles sont les principales substances que l'on rencontre le plus ordinairement dans l'eau et quelle est leur influence sur les opérations de la malterie et de la brasserie. On trouve :

1° Des sels de chaux, de magnésie et de soude ;
2° Des composés ferrugineux ;
3° Des chlorures ;
4° Des composés oxygénés de l'azote et des composés ammoniacaux ;
5° Des matières organiques ;
6° Des micro-organismes.

SELS DE CHAUX

La chaux se trouve dans l'eau à l'état de bicarbonate de chaux et à l'état de sulfate de chaux. On dit que l'eau est douce quand elle contient peu de chaux ; elle est dure quand elle en renferme de grandes quantités.

La dureté de l'eau est dite temporaire quand elle disparaît par l'ébullition, parce que, pendant l'ébullition, l'acide carbonique combiné avec la chaux se dégage et que la chaux se dépose au fond du vase : elle est dite permanente quand elle persiste après cuisson. La dureté temporaire est due au bicarbonate de chaux[2] ; la dureté permanente, au sulfate de chaux[3].

On pourrait donc diviser les eaux en deux catégories :

1° Les eaux douces ;

[1] L'analyse de l'eau est une chose importante en brasserie. Nous avons résumé les méthodes employées dans une annexe rejetée à la fin du volume.

[2] Il arrive souvent qu'un excès de bicarbonate de chaux soit l'indice de matières organiques. En effet la décomposition de celles-ci donne de l'acide carbonique qui peut dissoudre du carbonate supplémentaire.

[3] Krutwig a récemment montré que les eaux calcaires, sulfatées et salées ont la même action dissolvante sur l'orge et sur le blé, pourvu qu'elles soient suffisamment froides.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

2° Les eaux dures ;

et subdiviser cette dernière catégorie en :

1° Eaux dures temporaires (eaux bicarbonatées) ;

2° Eaux dures permanentes (eaux sulfatées), suivant que la dureté est due au calcaire ou au sulfate.

D'une façon générale, les eaux douces conviennent moins pour la fabrication. En malterie, pendant le trempage de l'orge, elles extraient du grain une plus grande quantité de substances et occasionnent une perte plus grande ; sur le germoir, elles favorisent le développement des moisissures ; au brassage, elles donnent des moûts plus colorés et dissolvent des substances âcres du houblon qui nuisent à la finesse de l'arome ; pendant la cuisson du moût, la séparation des albuminoïdes se fait moins bien ; en fermentation, elles donnent des bières plus atténuées et d'une clarification plus laborieuse.

Bicarbonate de chaux. — Les eaux carbonatées ne paraissent pas avoir une grande influence en malterie ; cependant à la trempe elles empêchent l'élimination de l'acide phosphorique[1], tandis qu'au brassage, elles neutralisent l'acidité du moût. Or une légère acidité est indispensable pour favoriser l'action des diastases qui saccharifient l'amidon ou qui solubilisent les matières azotées. D'autre part, l'acidité du moût est nécessaire pour le développement des levures alcooliques et un milieu neutre est plus favorable à la propagation des bactéries nuisibles. Les bières sont plus altérables. Le bicarbonate de chaux neutralise également l'acide phosphorique, si utile pour la nutrition de la levure.

Il nous paraît donc indispensable de faire bouillir une eau carbonatée avant de s'en servir, pour éliminer l'excès de bicarbonate de chaux.

Les eaux chargées plus exclusivement de bicarbonate donnent, en général, des moûts plus colorés[2] et ne conviennent pas pour la fabrication des bières pâles. C'est ainsi qu'en Angleterre, elles ne sont employées que pour la fabrication des stouts et jamais pour les pales-ales (Moritz et Morris). Les eaux de Pilsen agissent peu par les carbonates. En effet pendant l'ébullition des trempes et du moût, le bicarbonate est décomposé en acide carbonique qui se dégage et en carbonate de chaux qui se dépose dans les drèches et dans le houblon. L'eau agit comme eau douce et extrait du malt et du houblon une plus grande quantité de matières solubles.

En somme, l'eau ne contenant que du bicarbonate de chaux peut être considérée comme une eau douce, dans la méthode par décoction des trempes.

Sulfate de chaux. — Les eaux sulfatées, au contraire, donnent à la bière des avantages incontestables ; c'est un fait absolument confirmé par la pratique et prouvé par la réputation des bières des brasseries de Burton (Angle-

[1] Une eau riche en bicarbonate est suspecte au point de vue microbien parce que de pareilles eaux se forment en corrodant les terrains qui deviennent de mauvais filtres à microbes.

[2] On admet également que les eaux bicarbonatées extraient facilement une matière rance.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

terre), dont les eaux contiennent jusqu'à 111 milligrammes de sulfate de chaux par litre.

On croyait d'abord que cette influence favorable provenait de ce que ces eaux dissolvaient moins de matières azotées que les eaux douces et que la bière est d'autant plus conservable qu'elle est plus pauvre en matières protéiques. Southby a prouvé que les eaux séléniteuses en extraient tout autant que les eaux douces. Briant pensait que les matières azotées dissoutes par les eaux dures étaient de nature différente, moins décomposables. Southby a prouvé qu'il fallait chercher la raison de cette influence dans une précipitation plus grande des matières azotées pendant la cuisson du moût. Il faisait deux saccharifications, l'une avec de l'eau distillée, l'autre avec une eau contenant 0,794 gr. de sulfate de calcium et 0,188 gr. de sulfate de magnésie. Les moûts filtrées étaient bouillis et présentaient des différences très sensibles. Le moût d'eau distillée restait trouble ou voilé ; les matières albuminoïdes, quelle que soit la durée de l'ébullition, n'étaient pas coagulées, ou ne l'étaient qu'en poussière très fine et ne déposaient pas; le moût se troublait très fort par refroidissement. Le moût d'eau sulfatée se *tranchait*, au contraire, très rapidement, les matières albuminoïdes se séparaient en gros flocons, lourds, qui se déposaient promptement et laissaient le liquide clair et brillant. Ces expériences ont été confirmées par Moritz et Morris.

Le sulfate de chaux et le sulfate de magnésie favorisent donc la coagulation des matières azotées et contribuent ainsi à la clarification plus rapide de la bière, de même qu'à sa conservation, en éloignant des substances qui nuisent à sa stabilité.

Le sulfate de chaux ne neutralise pas les acides du moût. Il précipite une petite quantité d'acide phosphorique à l'état de phosphate de chaux insoluble; mais Moritz et Morris ont prouvé que cette quantité est très faible et qu'il en reste assez à l'état soluble pour suffire à l'entretien de la levure.

On attribue aux sulfates une action antiseptique légère, mais certaine, dont l'effet sensible est un ralentissement de la fermentation; ils donnent des bières plus pâles parce qu'ils extraient moins de substances colorantes du malt et du houblon; ils s'opposent à la dissolution des matières âcres ou rances du houblon et les bières ont une amertume et un arome plus fin, plus agréable; ils ralentissent la fermentation et lui donnent un cours plus régulier.

Dans le maltage des grains, pendant le trempage de l'orge, le sulfate de chaux agit comme sel de chaux : il y a moins de substances entraînées, moins de perte. D'autre part, il se forme du phosphate de chaux insoluble qui reste fixé dans l'intérieur du grain et qui redeviendra soluble plus tard, pendant les opérations du brassage; il y a moins d'acide phosphorique emporté par l'eau.

En résumé, les eaux sulfatées sont à préférer.

Cependant, il ne faudrait pas que le sulfate de chaux fut en excès. Dans ce cas, on a constaté une diminution de rendement, sans doute parce qu'il se forme des combinaisons insolubles entre la chaux et les matières azotées.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Comme le sulfate de chaux ralentit la fermentation, un excès peut par trop diminuer la force fermentative de la levure, retarder et même suspendre la fermentation secondaire. D'une façon générale, les eaux dures donnent des bières moins fermentées, moins atténuées que les eaux douces. L'action n'est pas très bien expliquée : soit que l'eau dure, en excès, précipite une plus grande quantité d'acide phosphorique, soit que les sulfates agissent défavorablement sur les diastases de la levure.

Jusqu'à 500 milligrammes par litre, on n'a constaté aucune action nuisible. On a cependant cité quelques cas de trouble de glutine dans la bière, dus à la présence du sulfate de chaux.

En malterie, on préfère les eaux plus douces, malgré la perte un peu plus grande qu'elles entraînent. Les eaux trop sulfatées retardent l'imbibition du grain et prolongent le mouillage, qui n'est jamais aussi complet.

SELS DE MAGNÉSIE

Les sels de magnésie, carbonate ou sulfate, qui accompagnent toujours les sels de chaux, n'ont aucune influence spéciale quand ils sont en justes proportions et agissent comme les sels de chaux. En excès, ils pourraient avoir une influence fâcheuse sur le goût de la bière et même sur la santé du consommateur, c'est rarement le cas des eaux ordinaires.

On estime qu'une eau ne doit pas contenir plus de 40 milligrammes de magnésie, carbonatée ou sulfatée, pour n'avoir aucune influence sur le goût et la qualité de la bière.

Au delà, elle réduit l'action de la diastase, la bière prend une coloration plus foncée et un goût plus acre, provenant d'une dissolution plus grande des résines du houblon, surtout si la magnésie se trouve à l'état de carbonate. Le sulfate de magnésie, comme le sulfate de chaux, donne des bières plus pâles.

SELS DE SOUDE

Les sels de soude sont nuisibles. Le carbonate donne des moûts ayant tous les défauts des moûts faits avec de l'eau distillée : on n'obtient pas de coagulum en chaudière, le liquide reste trouble. Il retarde la saccharification, l'arrête même quand il est en excès et donne souvent le trouble des saccharifications incomplètes. Les bières sont plus colorées et d'une amertume fort désagréable.

Le sulfate de soude donne des bières plus pâles, mais âpres, dures et sans moelleux.

Moritz et Morris disent que les eaux sodées sont inutilisables en brasserie. Ils conseillent de les améliorer avant leur emploi, soit en ajoutant du chlorure de calcium, qui décompose les sulfate et carbonate de sodium et forme des sulfate et carbonate de calcium et du chlorure de sodium ; soit en ajoutant d'abord du plâtre qui transforme le carbonate de soude en sulfate, qu'on décompose ensuite par addition de chlorure de calcium ; soit encore en traitant l'eau par l'acide sulfurique ou même l'acide chlorhydrique, qui transforme les carbonates en sulfates ou en chlorures.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il faut remarquer que les eaux bicarbonatées qu'on décompose à l'ébullition, outre qu'elles perdent de l'acide et de l'eau évaporée, tendent à la formation de carbonates alcalins par réaction du carbonate de chaux sur les sels de potasse ou de soude[1]; mais en même temps ces sels de soude réagissent sur les sels de magnésie. De sorte que le résultat final dépend des proportions des quatre sortes de sels.

FER

Le fer se rencontre assez rarement dans les eaux ordinaires. Il ne doit s'y trouver qu'en quantité très minime, 20 à 30 milligrammes par litre, pas plus. En excès, il altérerait la saveur de la bière et en changerait la couleur en formant avec le tanin du houblon un tannate de fer noir. En outre, les sels ferreux précipitent les principes extractifs du houblon et empêchent leur solution. Au brassage, ils donnent des moûts sombres, colorent la levure, dont ils gênent l'action et produisent des désordres dans la fermentation. Le fer se trouvant dans l'eau à l'état de carbonate ferreux, rarement à l'état de sulfate, il est facile de l'éliminer en aérant l'eau fortement, soit en la faisant tomber en cascade sur des fagots, soit encore par une ébullition préalable. Le fer se dépose à l'état d'oxyde, sous forme de limon, qu'on sépare ensuite mécaniquement.

En malterie, où l'eau ne peut pas être bouillie avant son emploi, la présence du fer est une calamité. Les eaux ferrugineuses produisent un malt gris, de mauvaise apparence et dont la coloration se communique à la bière.

Les sels d'alumine troublent la bière.

CHLORURES

En général, les chlorures sont plutôt nuisibles, ils peuvent avoir une influence très contraire sur la saccharification, surtout avec des malts pauvres en diastases. Cependant, le chlorure de sodium peut se trouver dans l'eau en certaines proportions, 40 à 50 milligrammes par litre, sans nuire à la fabrication et même donner une bière ayant plus de moelleux et de bouche. Certains brasseurs, dans ce but, ajoutent du sel aux moûts dans les chaudières de cuisson, mais c'est assez souvent aux dépens de la finesse et de la limpidité de la bière. Moritz et Morris disent que quand la proportion dépasse 70 grammes par hectolitre, il exerce une influence nuisible sur le pouvoir fermentatif de la levure, pendant la fermentation principale ; il donne des fermentations paresseuses et une levure faible.

D'après ces auteurs, le chlorure de calcium augmenterait notablement les

[1] Une eau bicarbonatée ne réagit pas sur la phtaléine à froid, elle ne réagit qu'après ébullition et formation du carbonate de potasse. Pour qu'une eau rougisse à froid par la phtaléine, il faut qu'elle contienne plus de 5 milligrammes de potasse. Pierre a fait un certain nombre d'essais d'où il semble résulter que des doses inférieures à 15 grammes de carbonate de soude par litre augmentent l'extrait, que des doses de 50 grammes le diminuent. A cette dose le pouvoir diastasique diminue très fort ainsi que la maltose et que l'acidité ; les quantités d'albuminoïdes s'abaissent à mesure que l'alcalinité augmente ; mais les moûts sont troublés soit par des dextrines, soit par de l'empois.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

malto-dextrines dans les moûts, c'est-à-dire les dextrines combinées à la maltose et conviendrait pour la fabrication des bières douces, peu atténuées ; ce qui confirmerait l'influence des chlorures sur la diastase.

En malterie, tous les chlorures agissent défavorablement en retardant la germination et même, s'ils sont en excès, en la suspendant (Lintner).

On peut tolérer une quantité de 30 à 35 milligrammes de chlore par litre. Encore, faut-il s'assurer que la présence du chlore dans l'eau n'est pas due à des infiltrations et qu'à côté ne se trouvent pas des matières organiques en décomposition. Cette vérification résulte, comme l'a fait remarquer Fernbach, d'analyses effectuées périodiquement, surtout au point de vue du chlore, des matières organiques et des microbes.

Une eau qui contient beaucoup de chlore est à surveiller parce que cela peut indiquer la présence de matières fécales.

Dans le cas du voisinage d'une fosse, il faut vérifier qu'il n'y a pas de variations inattendues indiquant des infiltrations.

COMPOSÉS AZOTÉS

Ammoniaque. — L'ammoniaque est toujours produite dans l'eau par la décomposition des matières animales ou végétales. Elle est le criterium d'une fermentation organique et sa présence doit faire douter de la qualité de l'eau ; car, il est probable que l'eau ainsi chargée d'ammoniaque a parcouru des terrains qui non seulement ne retiennent plus ce corps mais en produisent par des décompositions de matières azotées dues à des microbes. Elle donne la mesure de l'activité vitale des bactéries de l'eau, comme l'alcool formé pendant la fermentation donne la mesure de l'activité vitale des levures (Moritz et Morris). Elle prouve surtout que la décomposition microbienne des matières organiques n'est pas terminée.

En malterie, elle favorise le développement des moisissures sur le malt.

Au brassage, elle n'est pas dangereuse par elle-même, surtout dans les faibles proportions où elle se trouve ordinairement dans les eaux ; elle n'a aucune influence sur la saccharification et elle peut être utile à la levure comme substance alimentaire.

Quoi qu'il en soit, l'eau de brasserie ne doit pas contenir d'ammoniaque, ou seulement des traces impondérables.

Acide nitreux. — L'acide nitreux se forme par oxydation de l'ammoniaque sous l'influence des bactéries de nitrification. Sa présence est un indice que des substances organiques sont dans l'eau en pleine voie de décomposition. Il est absolument nuisible. Il retarde et suspend même la saccharification ; il est un poison pour la levure et apporte des désordres dans la fermentation ; il donne des bières très altérables et favorise le développement des ferments de maladies. L'eau ne doit pas en contenir.

Acide nitrique. — L'acide nitrique qui paraît être le dernier terme de l'oxydation de l'ammoniaque et des matières organiques est moins dange-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

reux, surtout dans les eaux dures, où il existe à l'état de nitrate de chaux. Néanmoins, en excès, et s'il est accompagné d'impuretés, nitrites ou chlorures, il peut contribuer aux désordres de la fabrication. Il empêche l'imbibition complète des grains et retarde la germination ; il peut même la surprendre en partie ; les nitrates épuisent la levure, arrêtent ou retardent la fermentation, obligent le brasseur à changer de levain plus souvent, aident au développement des ferments de maladie. Dans les eaux douces on ne peut tolérer plus de 10 milligrammes, par litre, avec les eaux dures un peu davantage[1]. Moritz et Morris citent une brasserie dont l'eau en renfermait jusqu'à 15 milligrammes et donnait de bons résultats, mais ils ajoutent que l'eau était calcaire et pure d'autre part.

Lawrence Briant a trouvé que les nitrates sont sans influence jusqu'à 40 milligrammes par litre, que la dose nocive est d'autant plus forte que l'eau est plus dure, mais que dans tous les cas, les doses supérieures à 70 ou 80 milligrammes par litre produisent des bières pâles, des fermentations incertaines, des levains faibles, diminuent l'atténuation et favorisent le développement des bactéries. Il a constaté que cette action nuisible dépend en outre de la dureté de l'eau, de l'état de la levure et de la quantité employée. Il en conclut qu'aucun moyen pratique d'éliminer les nitrates n'existant, on peut diminuer leur action en donnant à l'eau une dureté artificielle, en employant une levure vigoureuse et à forte atténuation et en augmentant la dose habituelle de levain.

Malgré cela, les nitrates pouvant servir à la nutrition des bactéries, les bières auront une tendance plus grande à devenir acides.

MATIÈRES ORGANIQUES

La présence de l'ammoniaque, des nitrates et des nitrites révèle que l'eau contient des matières organiques de provenance animale ou végétale. Les bières qui résulteront de l'emploi de cette eau auront une tendance à s'altérer très promptement et cela pour deux raisons :

1° Ces substances organiques qui passent dans la bière se décomposent facilement et peuvent par leur présence seule, en plus ou moins grande quantité, devenir dangereuses pour le goût et la conservation de la bière ;

2° Elles constituent dans la bière, à cause de leur nature essentiellement azotée, un milieu nutritif excellent pour les germes, les bactéries et favorisent leur développement. Tous ces mauvais ferments trouvant un terrain approprié, se multiplient ; la bière se trouble et s'altère rapidement.

Il importe donc que le brasseur se rende compte de la quantité de matières organiques contenues dans son eau par la quantité d'oxygène nécessaire pour les oxyder complètement.

L'expérience a démontré qu'une eau qui ne demande que 0,0005 gr.

[1] Il est bon de vérifier les microbes d'une eau riche en nitrates, car s'il y a beaucoup de microbes, c'est que la décomposition des matières organiques est terminée ; tandis que s'il y en a peu, on peut croire que la formation du nitrate n'a eu lieu que dans l'échantillon après son prélèvement.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

d'oxygène pour l'oxydation des matières organiques est une eau suffisamment pure. Comme on admet que le poids de matières organiques égale vingt fois le poids d'oxygène consommé, une telle eau ne contient donc que 10 milligrammes de matières organiques par litre. L'eau est impure et doit être rejetée quand elle exige plus de 2 milligrammes d'oxygène, représentant plus de 40 milligrammes par litre de matières organiques. Il faut remarquer qu'en fait il n'y a nulle proportionnalité entre les matières organiques et l'oxygène, car le poids de celui-ci dépend du poids moléculaire de la matière organique.

MICROORGANISMES DE L'EAU

L'eau, en parcourant les profondeurs du sol, se charge plus ou moins de microorganismes ; mais le sable et le calcaire ont une action filtrante d'autant plus grande que la couche est plus ou moins profonde. Les eaux provenant d'une grande profondeur du sol en contiennent beaucoup moins que celles qui sont à la surface, ou près de la surface. Toutes les eaux en contiennent plus ou moins, même les plus pures, mais tous ces microorganismes sont détruits pendant l'ébullition du moût, soit par l'effet de la chaleur, soit par l'action antiseptique du houblon et l'influence acide du moût.

Ils n'ont donc pas par eux-mêmes d'action nuisible, mais leur influence doit être envisagée à deux points de vue.

1° Leur nombre démontre un milieu approprié à leur existence et à leur nutrition et par conséquent la présence de substances qui se décomposent facilement et peuvent devenir dangereuses ;

2° Ils sont tués pendant l'ébullition, mais leur destruction augmente la proportion des matières organiques du moût et constitue un milieu favorable pour le développement, après fermentation d'autres microorganismes ou ferments qui altèrent la bière.

Nous considérons, néanmoins, avec Moritz et Morris, Prior, etc., que cette influence est peu importante et peut être négligée, à moins que l'eau ne soit très fortement contaminée et que les germes pullulent, parce que la pellicule du malt en apporte bien davantage.

Mais l'eau sert à d'autres usages où ils peuvent être directement dangereux : les lavages de la levure, le rinçage des ustensiles, qui peuvent introduire dans les moûts après ébullition, des microbes nuisibles à la fermentation ou à la conservation de la bière. Une analyse biologique de l'eau s'impose ici et il importe de s'assurer une fois pour toutes que l'eau ne contient pas de microorganismes. Puis on devra soumettre l'eau à une observation régulière au point de vue du nombre de microbes ; leur augmentation indiquant des infiltrations nouvelles. Pour ce faire on étudie l'eau sur moût gélatinisé (huit jours) ; on en emploie 1 centimètre cube, 0,1 cm^3 ; 0,01 cm^3 ; 0,001 cm^3.

Il faut d'ailleurs se défier des multiplications, à même les échantillons ; les flacons doivent être parfaitement stérilisés et transportés dans la glace ou mieux il convient de faire les ensemencements sur place. Suivant les résultats de l'analyse, l'eau servant aux lavages de la levure sera filtrée, celle uti-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

lisée pour le rinçage des ustensiles et des fûts sera, sinon filtrée, du moins additionnée d'un antiseptique.

Nous avons, à ce sujet, les analyses publiées par Schwackhofer, dont nous donnons une partie des résultats d'autre part, analyses faites sur un très grand nombre d'eaux employées à Vienne. Schwackhofer a montré qu'une eau qui, au point de vue chimique est inutilisable, l'est généralement aussi au point de vue biologique ; mais qu'une eau qui, à l'analyse chimique, est une eau bonne pour la brasserie, peut être mauvaise au point de vue biologique. Il conclut, cependant, de ses résultats, qu'une eau bonne chimiquement et mauvaise biologiquement, peut devenir utilisable par filtration.

Une considération qui a son importance, c'est que l'eau, même la plus pure, soumise à certaines conditions de stagnation et de chaleur, dans les tuyaux ou dans les réservoirs, peut subir une véritable auto-infection qui fait pulluler les microorganismes et la fait devenir absolument mauvaise. M. Miquel, du laboratoire du parc Montsouris, en cite un exemple :

Une eau relativement pure, celle de la Vanne, qui contient normalement 69 bactéries par centimètre cube, abandonnée à elle-même, dans un lieu chaud, en contient bientôt 30 000 à 40 000 par centimètre cube. Il faut donc, en brasserie, ne se servir que d'eau fraîchement tirée du puits, et ne jamais la laisser séjourner dans les réservoirs, encore moins dans les tuyaux de conduite.

Voici quelques analyses d'eau de brasserie.

QUELQUES ANALYSES D'EAU

Eaux anglaises. — *Eaux de Burton of Trent* (Moritz et Morris).

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE	Grammes par hectolitre.	COMBINAISONS PROBABLES	Grammes par hectolitre.
Acide silicique	0,70	Chlorure de sodium	5,57
Alumine	0,70	Sulfate de potasse	2,27
Chaux	51,84	Nitrate de soude	2,81
Magnésie	14,48	Sulfate de soude	14,57
Soude	10,35	— de chaux	111,12
Potasse	1,23	Carbonate de chaux	10,87
Chlore	3,38	— de magnésium	30,41
Acide sulfurique	74,62	Silice et alumine	1,40
— nitrique	1,78		179,02
Oxyde de fer	traces.		

Eau de la brasserie Bass et C° à Burton (d'après Cooper).

	Milligrammes par litre.
Sulfate de chaux	791
Carbonate de chaux	143
Sulfate de magnésie	13
Chlorure de calcium	188
	1 135
Degré hydrotimétrique	63 20

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Eau de la brasserie Alsop et fils à Burton (d'après Böttinger).

	Milligrammes par litre.
Sulfate de chaux	270
Carbonate de chaux	221
— de magnésie	24
Chlorure de sodium	144
Sulfate de potasse	109
— de magnésie	142
Silice	11
Carbonate ferreux	8
	929
Degré hydrotimétrique	56,57

Eaux allemandes. — *Eau de la distribution publique de la ville de Munich.* — *A*) Analyse faite en 1901 par le Dr Doemens; *B* et *C*) Analyses faites il y a quelques années.

	A	B	C
Résidu d'évaporation	284	282	281
— de calcination	246	—	—
Chaux	106	111,2	114
Magnésie	30	35	31
Chlore	1,6	4,7	4
Silice	7	6,4	5
Fer	— faibles traces		—
Potasse	—	2,1	0,8
Soude	—	2,3	1,0
Acide carbonique à moitié combiné	—	173,6	—
— sulfurique	7,5	7,1	4,8
— nitrique	faibles traces	—	1,0
— nitreux	—	—	—
Ammoniaque	—	—	—
Matières organiques	12,4	—	9,9
Dureté totale	26	28,6	28,4
— permanente	—	7,8	—

Eau de la bürgerliche brauerei de Pilsen (Thausing).

	Milligrammes par litre.
Résidu fixe	51,2
Perte à la combustion	6
Oxyde de fer et alumine	traces.
Chaux	9,8
Magnésie	4,2
Alcalis	2,5
Chlore	3
Acide sulfurique	4,3
— azotique	traces.
— azoteux	—
— silicique	—
— carbonique { libre	—
— carbonique { combiné	9,9
Ammoniaque	—
Oxygène pour l'oxydation des matières organiques	0,8
Degré hydrotimétrique (français)	0,87

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Analyses des eaux des principales brasseries de Munich
(d'après Kradisch et Lintner).

	DANS 100 000 PARTIES D'EAU					
	SPATEN	LŒWEN	PSCHORR	HOF	AUGUSTI-NER	FRANZIS-KANER
Résidu fixe	54	53,21	112	60	85	35,41
Perte à la combustion	19,50	17,10	20,33	21,30	20,32	10,20
Chaux	23	19	38,45	16,33	34,33	18,66
Magnésie	11,27	7,04	20,85	8,82	10,14	6,17
Acide sulfurique	—	peu.	10,61	5,56	8,90	—
Substances organiques	1,98	1,20	2,48	1,50	1,50	1,20
Chlore	—	—	13,24	4,15	5,90	—

Eau de la brasserie de Klein-Schwechat à Vienne (Lermer.)

	Milligrammes par litre.
Résidu fixe	380
Reste après combustion	296
Soude combinée au chlore	9,61
Chlore	14.66
Soude	13,11
Potasse	14,97
Chaux	86,45
Magnésie	42,82
Oxyde de fer	0,11
Acide sulfurique	68,50
— phosphorique	0,08
— carbonique	92,79
— silicique	9,57
Substances organiques	5,66
— non dosées	21,67
	380,00
Degré hydrotimétrique	8,2

Les eaux, quelles qu'elles soient doivent être emmagasinées dans des réservoirs.

RÉSERVOIRS A EAU

Les réservoirs à eau se placent ordinairement à la partie la plus élevée de l'établissement, pour que la répartition puisse se faire par chute partout où il est nécessaire. On les fait en métal, et non en bois, qui pourrit. On les écarte ou on les sépare d'une façon complète de la malterie et de la brasserie, des greniers ou des magasins à orge et à malt, de la salle de mouture, de tous les locaux où se produisent des poussières qui souilleraient l'eau. On les protège contre celles-ci, par des couvercles fermant aussi hermétiquement que possible. Ils doivent pouvoir se vider entièrement et il faut, de temps en temps, les nettoyer à fond, parce que l'eau dépose toujours à la longue, un

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Analyses d'eaux (milligrammes par litre). (SCHWACKHÖFER.)

N°s	RÉSIDU FIXE	PERTE à la combustion.	OXYDE DE FER et alumine.	CHAUX	MAGNÉSIE	ALCALIS	CHLORE	ACIDE AZOTIQUE	ACIDE SULFURIQUE	ACIDE SILICIQUE	ACIDE CARBONIQUE	AMMONIAQUE	ACIDE AZOTEUX	OXYGÈNE pour l'oxydation.	DEGRÉS hydrotimétriques.	AUTEURS de l'analyse.	ANALYSE BIOLOGIQUE			
																	Microorganismes par cc.		p. 100 des microorganismes tués dans	
																	sur peptone et gélatine.	sur moût et gélatine.	le moût.	la bière.
GROUPE I. — EAU TRÈS BONNE																				
1	263,8	8	1,2	135,2	3,9	3	trace.	—	—	3	109,5	—	—	—	7,9	Weiss.	56	—	—	—
2	429,6	60,4	—	140,6	47,6	6,8	2,1	—	12,6	8,4	159,2	—	—	1,2	12,4	Jalowetz.	165	—	—	—
3	443,4	48	2,8	128,6	53,4	3,9	22	17,4	69,7	13,4	84,2	trace.	—	1,4	11,4	Weiss.	609	—	—	—
GROUPE II. — EAU BONNE																				
4	496	13	0,6	149,8	59,3	45,2	17	—	71,6	—	147,8	—	—	0,6	13,0	Rohn.	3 260	—	—	—
5	540,4	128	—	135,4	74,8	1,7	2,5	—	30,8	8	171,4	—	—	2,2	13,6	Jalowetz.	785	—	—	—
6	430,8	39,2	1	128,2	52,3	22	11,5	—	69,2	—	109	—	0,1	0,4	11,3	Rohn.	6 120	—	8	—
GROUPE III. — EAU UTILISABLE																				
7	748	88	2,8	196	51,2	83,7	37,1	83,7	88,5	22	124	—	1	1,8	14,8	Rohn.	583	—	—	—
8	766	112	2,8	183,6	29	84,4	72,3	37,3	68,4	26,4	147	trace.	1,9	4	12,6	»	4 134	—	8	—
9	232,4	29,3	1,5	96	8,5	6,2	trace.	—	4,8	6	80,1	—	—	0,2	6,0	Weiss.	7 176	—	32	—
GROUPE IV. — EAU UTILISABLE EN CAS DE NÉCESSITÉ																				
10	778,4	96	5,6	171,4	71,4	72,6	88,3	4,5	99,6	14	155	2,1	—	2,8	15,4	Rohn.	46 700	—	70	—
11	283,7	22	5,2	96,3	13,7	11,1	10	—	40,6	20	68,4	—	—	1,6	6,2	Wiener.	6 000	—	80	8
12	390	69	2,5	101,2	28,9	12	13,3	32,7	47,2	17,2	66	—	—	0,9	7,9	Weiss.	8 456	—	20	19
GROUPE V. — EAU INUTILISABLE																				
13	2724,4	180	4,6	836,8	117,5	88	16,8	18,4	1278,8	14,4	164	2,1	5,7	2,2	56	Wiener.	—	—	—	—
14	165,2	14,8	2,4	69,2	21	9,9	2,8	—	—	—	—	2,02	1,3	2,2	7,8	Rohn.	769 780	—	100	4
15	771,4	35	2,8	182,6	76,7	55,4	11,6	—	219,4	39,2	143,6	23,4	5,1	0,4	16,2	Weiss.	121 687	—	100	60

IRIS - LILLIAD - Université Lille

sédiment qui peut devenir un foyer d'infection. On doit en proscrire le bois, le plomb et le zinc. Cependant, lorsque l'eau doit servir aux lavages on peut protéger le réservoir en fer en plaçant près de la paroi des lames de zinc ; c'est ce métal qui est attaqué mais il se dissout dans l'eau.

Les eaux calcaires très chargées d'acide carbonique peuvent attaquer les réservoirs en fer. Le mieux est de bitumer ces réservoirs.

ORIGINE DES EAUX

Les eaux que le brasseur peut employer sont ou des eaux de rivière et de fleuve, ou des eaux de pluie, ou des eaux de source et de puits. Il ne peut être question des eaux minérales ou des eaux de mer. Quel cas le brasseur doit-il faire de ces eaux suivant leur origine ?

Les eaux de rivière ou de fleuve, comme les eaux d'étang, doivent être écartées. Elles sont trop souvent contaminées par les eaux résiduelles des fabriques, quand ce n'est pas par les eaux d'égoût et les détritus que les ruisseaux d'une ville y conduisent. On peut faire une exception lorsque l'eau est prise près de sa source, ou très en aval d'une ville, quand les matières organiques en suspension ont eu le temps de s'oxyder et de se déposer. Mais, dans ce cas, les eaux courantes ont perdu leur caractère originel. Le mouvement des eaux à fait évaporer l'acide carbonique, les sels calcaires se sont déposés, ce sont des eaux douces. En outre, elles contiennent toujours une plus grande quantité de bactéries.

L'eau pluviale, considérée comme pure, ne convient pas davantage. Elle ne renferme pas de sels calcaires. En outre, elle contient les matières solubles de l'air, tels que les nitrites et circulant sur les toits, les branches d'arbres, elle ramasse beaucoup d'impuretés, par conséquent de substances organiques qui, l'été, entrent facilement en putréfaction.

Les eaux de source et de puits sont les meilleures. Leur composition varie, bien entendu avec celle des terrains parcourus. Les eaux provenant des terrains primaires granitiques ont un minimum de résidu fixe, mais celles coulant sur des roches calcaires sont riches en substances solubles qui s'y dissolvent à la faveur de l'acide carbonique qui prend naissance dans les décompositions qui s'accomplissent dans les profondeurs du sol. Il importe donc qu'une analyse renseigne sur la composition des différentes couches d'eau que l'on rencontre dans le forage des puits.

Au point de vue des matières organiques, les eaux profondes sont les meilleures. C'est dans le voisinage de la terre, nous l'avons vu, que les microorganismes sont plus abondants et leur multiplicité suppose toujours un milieu convenant à leur développement et peu propre à la fabrication de la bière.

Il faut veiller avec soin à ce que le puits soit bien cimenté, parfaitement étanche et qu'aucune infiltration ne puisse s'y produire. Aussi est-il bon de faire de temps en temps une nouvelle analyse de l'eau, pour s'assurer que la composition n'en a pas changé.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

D'après ce qui vient d'être dit on pourrait avoir intérêt à purifier les eaux.

ÉPURATION DES EAUX

Il n'existe pas de moyens donnant une purification complète des eaux. En tout cas, tous ces procédés sont dispendieux.

Quand l'eau n'est pas très impure, une ébullition préalable suffit. La séparation des sels de chaux entraîne la plus grande partie des matières organiques. Il faut avoir soin, seulement, que le dépôt soit bien formé et qu'il ne soit pas entraîné ensuite dans la cuve matière, où il serait redissous à la faveur des acides du moût. Quand l'eau est très impure et qu'on ne peut en employer d'autres, il faut recourir aux moyens mécaniques ou aux traitements chimiques.

MOYENS MÉCANIQUES. — FILTRATION

La filtration donne généralement des résultats incomplets. La masse filtrante, que ce soit du sable, du charbon, de l'amiante ou de la porcelaine

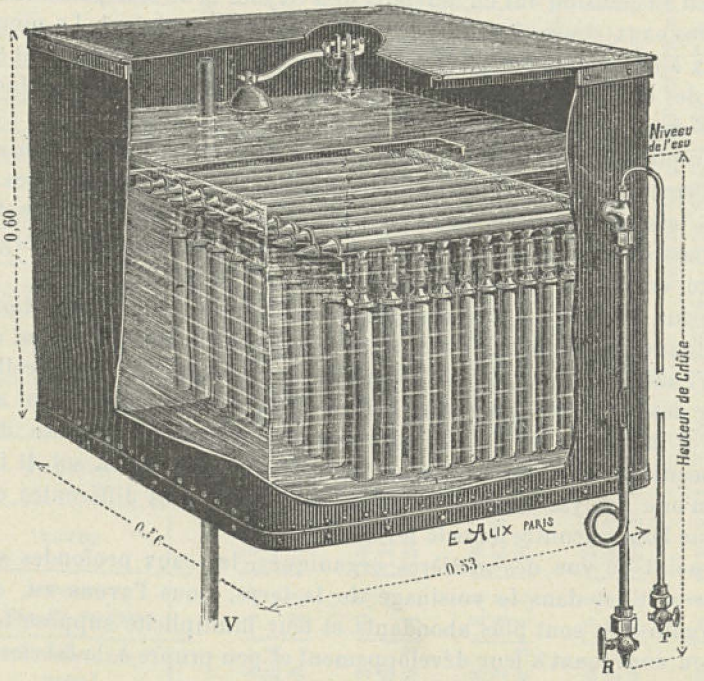


Fig. 1. — Filtre Chamberland.

dégourdie, ne retient que les microbes, mais laisse passer la plus grande partie des matières organiques. Le plus employé est le filtre à sable. Il se compose de couches de sable quartzeux, alternées avec des couches de cail-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

loux lavés et de gravier. Le sable retient les microorganismes qui forment bientôt eux-mêmes une couche filtrante imperméable. Mais le débit du filtre ne tarde pas à diminuer au fur et à mesure que cette couche augmente. Il faut alors donner plus de pression de sorte que l'eau entraîne les microorganismes et sort plus contaminée. Il faut, de temps en temps, chaque semaine au moins, nettoyer le filtre, en y injectant alternativement de la vapeur et de l'air, puis en y faisant couler de l'eau pure pendant un certain temps pour entraîner les matières organiques qui n'ont pas été éliminées par ce traitement. Le filtre à sable ne nous paraît donc pas très pratique, en brasserie du moins, tant au point de vue des résultats, qu'au point de vue économique, étant donné les grandes quantités d'eau employées dans la fabrication.

Le filtre Chamberland, en porcelaine dégourdie (fig. 1,) donne de meilleurs résultats et il est d'un nettoyage et d'un entretien plus faciles, mais le débit est faible et demande d'assez fortes pressions. Il ne peut guère être utilisé en brasserie que pour la filtration d'eaux employées à certains usages spéciaux, tels que le lavage de la levure.

TRAITEMENTS CHIMIQUES

Le principe de tous ces procédés est d'obtenir des combinaisons chimiques qui se précipitent et entraînent avec elles les matières en suspension. Peu réussissent complètement et beaucoup laissent dans les eaux des matières qui peuvent être dangereuses.

Le traitement le plus simple est l'addition de chaux en quantité suffisante pour saturer l'acide carbonique et obtenir un précipité abondant de carbonate de chaux. Mais l'eau perd en partie ses propriétés d'eau calcaire et donne des moûts plus colorés.

Schwackhofer trouve la chaux insuffisante et propose d'y adjoindre du sulfate d'aluminium et de la silice. L'eau filtrée peut ensuite être utilisée.

M. Buisine recommande l'emploi du sulfate de fer. Ce procédé réussit surtout si l'on a de l'acide carbonique; le carbonate gélatineux de sesquioxyde de fer entraîne les matières organiques. Il est bon de filtrer au sable.

Le permanganate de potasse, à la dose de 1 gramme par hectolitre, peut améliorer les eaux en oxydant les matières organiques. L'eau est bouillie avec le réactif, et laissée en repos ; on ajoute de la poudre de bois pour décomposer l'excès de réactif et on décante pour séparer le dépôt de chaux et d'oxyde de manganèse. Il se forme du carbonate de potasse qui sous l'influence du sulfate de chaux tend à donner du sulfate de potasse et du calcaire, mais à l'ébullition il y a rétrogradation partielle. On a préconisé l'emploi de l'ozone ; le procédé est dispendieux.

Ces traitements sont surtout préconisés pour la purification des eaux résiduaires, mais peuvent s'employer avec avantage lorsque le brasseur n'a à sa disposition qu'une eau souillée par des infiltrations.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

CHOIX DES MÉTHODES D'ÉPURATION

Il faut d'ailleurs remarquer qu'en brasserie les eaux servent à des usages variés qui ne nécessitent pas le même traitement.

Si les eaux sont très calcaires. — Au point de vue du brassage, on les fait bouillir ce qui est dispendieux, ou l'on traite à la chaux.

Pour les autres usages, on peut se contenter de chauffer à 60-80°, ce qui élimine seulement une partie du calcaire.

En ce qui concerne les générateurs, on peut utiliser le traitement à la chaux ; mais en général on emploie le système suivant :

Dans un bassin de décantation à deux compartiments dont un en remplissage et l'autre en vidange, on ajoute des quantités de chaux et de carbonate de soude suffisantes pour transformer les bicarbonates en carbonate de chaux et les sulfates en sulfate de soude et carbonate de chaux.

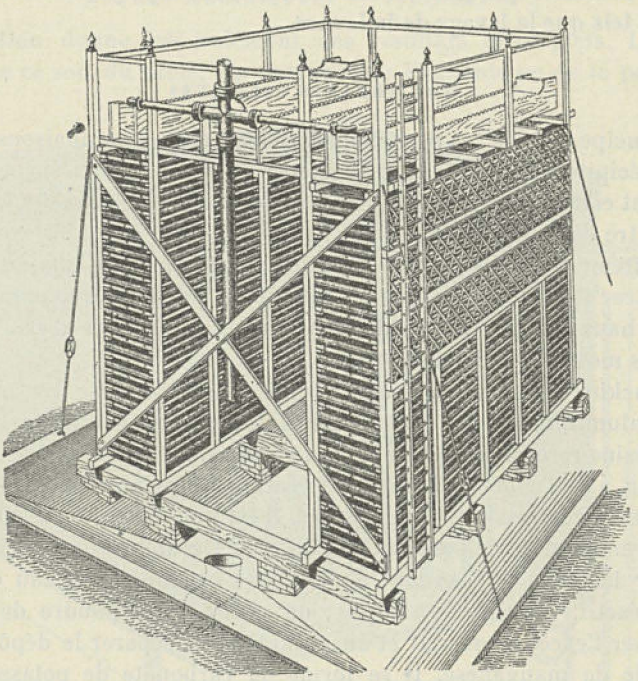


Fig. 2. — Réfrigération de l'eau.

Il y a d'ailleurs des appareils continus. Cette méthode supprime les causes d'incrustations. On peut aussi procéder par une méthode les détruisant.

Le plus ancien procédé consiste à introduire dans le générateur de la lessive de soude qui agit sur le carbonate de chaux qui se dépose par ébullition et du carbonate de soude qui décompose le sulfate de chaux

IRIS - LILLIAD - Université Lille

déposé par évaporation. Mais il peut y avoir des entraînements de carbonate qui encombrent les valves et les tuyaux surtout avec les eaux très dures (30-35°).

Un procédé plus moderne est celui de l'aluminate de baryte, mais il est inconstant en ce sens que les réactions (sulfate de baryte ; aluminate de chaux) sont incomplètes.

Les désincrustants commerciaux sont des mélanges de carbonate de soude avec des matières sucrées (mélasses) ou taniques (tans, extraits, etc.). Ils sont très chers et peuvent être falsifiés.

Si les eaux sont trop peu calcaires. — On doit ajouter de la chaux soit en ajoutant du chlorure, soit du sulfate de calcium ; celui-ci risque moins d'abîmer les levains.

Le mieux est de filtrer l'eau sur du gypse.

L'aération peut détruire les *nitrites ;* il n'existe aucun système d'élimination des *nitrates et des chlorures.*

RÉFRIGÉRATION DE L'EAU

Il peut se faire que l'eau ne soit pas abondante ; le mieux est de refroidir l'eau des réfrigérants soit en la faisant couler sur des sortes de toits en zinc ou sur des fascinages (fig. 2) rappelant ceux des salines, ou sur des échafaudages en bois, soit enfin en la lançant en jets, recueillis dans des bassins.

HOUBLON

HISTORIQUE

Le houblon était connu des Anciens. Pline le cite sous le nom de *Lupus salictarius.* Mais c'était le houblon sauvage. D'après Linnée, le houblon cultivé serait d'origine asiatique. Il serait venu de Chine, d'où il se serait propagé en Russie, puis en Europe.

Néanmoins, son emploi dans la fabrication de la bière est de date relativement récente et ne remonte qu'au VIIe ou VIIIe siècle.

Au XIVe siècle les houblonnières sont très répandues en Allemagne, en Bohême surtout, où le houblon jouit déjà d'une grande réputation. On encourageait sa culture en indiquant les meilleurs terrains et en accordant une protection, sous forme de réduction des impôts, aux cultivateurs qui s'y consacraient.

En Angleterre, le houblon fut prohibé pendant de longues années : on considérait son emploi comme nuisible à la santé. Il fut successivement proscrit en 1400, 1450, 1530 et 1552, et cette prohibition ne fut levée définitivement que vers la fin du XVIe siècle, sous le règne d'Elisabeth.

En France, il existe une donation du roi Pépin, de 768, qui mentionne des

IRIS - LILLIAD - Université Lille

houblonnières. En Normandie il y avait de nombreuses houblonnières qui paraissent n'avoir disparu de ce pays que vers le XIVe siècle. Jusque-là, la cervoise était la boisson populaire et celle des abbayes de Montivilliers[1], de Saint-Amand[2], de Fécamp [1] était réputée à l'époque.

En Lorraine, la culture du houblon n'est devenue florissante que vers 1780, à Rambervilliers, notamment, d'où elle se propagea dans les environs. Ce n'est qu'en 1802 qu'elle fut importée en Alsace par un brasseur badois nommé Derendinger, de Pforzheim, qui vint s'établir à Haguenau et y cultiva des plants de Bohême. Elle existait déjà dans la partie des Flandres qui forme aujourd'hui les départements du Nord, dès les premiers siècles de son expansion. Enfin, en 1836, Victor Noël implanta avec succès les houblons de Bohême dans une partie de la Bourgogne, principalement dans la Côte-d'Or.

AIRE DE CULTURE

La zone de culture du houblon s'étend, en Europe, du 46e au 60e degré, environ, de latitude septentrionale. Dans le nord-est de l'Amérique, elle va du 36e au 45e degré ; dans l'ouest, du 37e au 55e degré de latitude nord. En Australie, la zone s'étend du 36e au 46e degré de latitude méridionale. Cette zone forme une large bande qui part des États-Unis (Michigan, New-York), se dirige vers le sud-ouest de l'Angleterre (Hereford), passe par le sud-est (Kent, Sussex), traverse la Manche, entre dans nos départements du Nord et en Belgique, redescend vers le sud-est par la Meurthe et la Meuse pour entrer en Alsace-Lorraine, faisant un crochet par les Vosges pour pénétrer en Bourgogne ; franchit le Rhin, suit le Palatinat, le Grand-Duché de Bade (Schwetzingen et Sandhausen), le Wurtemberg (Rottemburg), la Bavière (Spalt), la Bohême (Saaz) ; traverse la Prusse orientale par la Silésie et se dirige vers la Russie par la Galicie et la Bukovine. Il faut ajouter à cette bande : Au sud, la Hongrie, la Carinthie et la Styrie qui fournit le houblon très précoce qui paraît le premier sur le marché ; et au nord le Brunswick et le duché de Posen (Neutomischel). On trouve encore le houblon cultivé en Saxe, un peu en Suède et en Norvège, dans les Pays-Bas, enfin en Australie, au Japon et en Chine.

Disons maintenant un mot de l'importance de la culture du houblon dans les différents pays.

Quelque minimes qu'aient été les débuts du houblon, il n'en constitue pas moins aujourd'hui une plante industrielle de la plus haute importance, ainsi qu'on le pourra juger par les quelques données statistiques qui suivent.

Voici d'abord un tableau qui montre que la moyenne annuelle de la production a été en 1879-1898 de 900 000 quintaux.

[1] Seine-Inférieure.
[2] Manche.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

STATISTIQUE GÉNÉRALE

PRODUCTION ET CONSOMMATION DANS LE MONDE ENTIER. MOYENNES DE 20 ANS (1879-1898).
(*Statistique du ministère de l'Agriculture.*)

EN QUINTAUX MÉTRIQUES	PRODUCTION	CONSOMMATION
Allemagne (totalité)	300 000	190 000
Bavière	157 000	»
Wurtemberg	51 000	»
Grand-Duché de Bade	24 000	»
Alsace-Lorraine	51 000	»
Prusse	17 000	»
Angleterre	240 000	330 000
États-Unis	170 000	155 000
Autriche-Hongrie (totalité)	66 000	82 000
Bohême	50 000	»
Autres Etats	16 000	»
Belgique	50 000	42 500
France	30 000	35 000
Russie	28 000	18 500
Australie	10 000	12 500
Danemark	1 000	7 000
Suède et Norvège	300	5 000
Suisse	200	3 500
Italie	»	1 000
Autres pays	4 500	8 000
Total, défalcation des chiffres de détail pour l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie	900 000	890 000

La moyenne de la production est donc supérieure à la consommation, mais la production est loin d'être invariable. Dans cette même période de vingt années elle a varié de 1 127 000 quintaux (1894) à 387 000 (1879). Ceci explique les écarts considérables qui existent parfois d'une année à l'autre dans le prix du houblon qui varie par kilogramme de 2 francs à 8 francs et quelquefois plus.

Si on estime le nombre d'hectolitres de bière fabriqués dans le monde entier à 235 000 000 hectolitres, la consommation de houblon par hectolitre est de 350 à 400 grammes.

Le nombre d'hectares cultivés s'élève environ à 118 000, sur lesquels l'Allemagne entre pour 27 p. 100, l'Angleterre pour 26, les États-Unis pour 25, l'Autriche pour 8,3, la Belgique et la Hollande pour 5,4, la Russie pour 4,7 la France pour 2,3, l'Australie pour 1 et enfin la Suède, la Norvège et le Danemark pour 0,1.

STATISTIQUE FRANÇAISE

En France, 13 départements produisent du houblon, en plus ou moins grande quantité. Ce sont ceux figurant dans le tableau ci-après avec la pro-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

duction en quintaux et les hectares cultivés (Statistiques du ministère de l'Agriculture 1900) :

	QUINTAUX	HECTARES
1° Nord	18 000	900
2° Côte-d'Or	11 920	1 040
3° Meurthe-et-Moselle	6 250	583
4° Haute-Marne	1 320	75
5° Aisne	873	70
6° Jura	430	30
7° Haute-Saône	330	38
8° Vosges	178	17
9° Charente-Inférieure	120	20
10° Somme	96	8
11° Pas-de-Calais	60	10
12° Isère	40	5
13° Indre-et-Loire	18	2
	39 635	2 790

Trois départements surtout sont producteurs de houblon : la Côte-d'Or, la Meurthe-et-Moselle et le Nord.

Dans la Côte-d'Or, les houblonnières occupent principalement les cantons du nord et de l'est du département (Fontaine-Française, Genlis, Is-sur-Tille, Mirebeau, Pontailler-sur-Saône, Selongey), avec quelques plantations dans les arrondissements de Beaune (Seurre, Saint-Jean de Losne) et de Châtillon-sur-Seine (Aignay-le-Duc, Recey-sur-Ource). La surface cultivée qui était encore de 1040 hectares en 1900, est tombée à 946 hectares en 1903. La production par hectare varie de 538 kilogrammes en 1902 à 1150 kilogrammes en 1899 ; elle est en moyenne de 850 kilogrammes.

En Meurthe-et-Moselle, la culture du houblon est répartie dans les cantons nord de l'arrondissement de Nancy (Pont-à-Mousson et Nomény), dans l'arrondissement de Lunéville et dans celui de Toul. La culture, qui comprenait en 1882 plus de 800 hectares, n'en compte plus aujourd'hui que 600 environ. La production varie, par hectare, de 800 à 1 200 kilogrammes.

Dans le Nord, on trouve la culture du houblon dans les arrondissements d'Hazebroucq (Bailleul, Boeschèpe), de Cambrai (Busigny, Le Pommereuil), d'Avesnes (Bousies), et un peu dans l'arrondissement de Dunkerque. L'étendue de culture est de 960 hectares et la production totale d'environ 13 000 quintaux en moyenne, peut varier, par hectare, de 13 à 17 quintaux.

Dans la Haute-Marne, la culture est répartie dans l'arrondissement de Langres (canton de Prauthoy).

Pour se rendre compte de la consommation en France il convient de tenir compte du commerce extérieur.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

En 1900, la France a reçu :

De Belgique	7 361	quintaux de houblon.
D'Allemagne	13 200	—
De divers	1 411	—
Soit	21 972	—

Et elle a exporté 2 136 quintaux surtout en Angleterre et un peu en Belgique.

Il y a donc 19 844 quintaux à ajouter en 1900 à la production nationale de 39 539 quintaux. Cela fait un total de 50 383 quintaux bien supérieur à la moyenne de 35 000 de la période 79-98 qui était probablement calculée sans tenir compte des bières faibles et qui par conséquent se trouvait d'un 1/3 ou d'un 1/4 trop faible[1].

Le tableau suivant donne l'état du commerce extérieur de la France pendant les quinze dernières années et de ses variations. Les chiffres sont en quintaux métriques.

	5 ANNÉES avant 1893.	5 ANNÉES après 1893.	5 DERNIÈRES ANNÉES jusqu'en 1903.
Production moyenne	35 655,60	32 103,80	34 866
Importations	164,18	127,46	125,89
Exportations	30 445,80	24 076,82	21 891,37
Excédent des importations sur les exportations	19 660,72	18 968,63	19 364,25
Production	35 655,60	32 102,80	34 866
Consommation	55 316,32	51 071,43	54 230,25

ÉTUDE GÉNÉRALE DU HOUBLON AU POINT DE VUE BOTANIQUE

CARACTÈRES BOTANIQUES

Le houblon (humulus lupulus), appartient à la famille des urticées. C'est une plante vivace par les racines, grimpante, dioïque. Les fleurs mâles sont disposées en panicules (fig. 3) ; c'est-à-dire qu'un axe porte des rameaux qui se ramifient eux-mêmes. Ces rameaux secondaires portent les fleurs ; le périgone a cinq folioles et cinq étamines. Les fleurs femelles sont disposées en chatons (épis dont les fleurs ont le même sexe) formés de folioles ou bractées imbriquées se recouvrant les unes les autres et formant, à la maturité, un capitule fructifère herbacé ; le périgone est accrescent et porte deux stigmates. La

[1] En 1902, les importations n'ont été que de 19 551 quintaux, la baisse provenant des houblons belges qui n'ont été que de 4 985 quintaux.

Dans cette même année les exportations ont été de 2 412 quintaux.

Enfin disons que les droits d'entrée sur le houblon sont de 45 francs au tarif maximum, et de 30 francs au tarif minimum.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

graine est un akène entouré par le périgone et enfermé dans les bractées ; l'embryon est en spirale.

La racine est cylindrique, rampante et étend ses radicelles par en bas et sur les côtés ; elle est munie d'un chevelu abondant.

La tige est grimpante, volubile et garnie de jets latéraux.

Fig. 3. — Fleur mâle de houblon.

Les feuilles sont pétiolées, inégalement lobées, à 3 et 5 lobes, avec autant de nervures ; elles sont dentelées grossièrement et inégalement, cordiformes et leur couleur va du vert clair au vert foncé.

Les inflorescences mâles, qui sont des panicules, forment en réalité de petites grappes peu fournies montées sur de petits rameaux sortant des aisselles de feuilles.

Les inflorescences femelles, ou cônes, sont également placées en grappes sur les ramilles qui sortent des aisselles des feuilles (fig. 4).

Ce sont les fleurs femelles seules qui sont employées dans la fabrication de la bière et on évite avec soin qu'elles ne soient fécondées, en éloignant des plantations tous les sujets mâles. Lorsque le cône est fécondé, il se forme un akène assez volumineux, résistant, que l'on sent en pressant sous les doigts. Les cônes fécondés croissent plus rapidement que les autres, ils deviennent souvent doubles des cônes non fécondés ; l'axe est plus gros, les bractées sont plus épaisses, le cône plus lourd et sa couleur plus pâle, la graine est développée aux dépens de la substance utile, de sorte que les cônes contiennent moins de lupuline, par exemple : lupuline 7 p. 100, écailles 74 p. 100, graines 18 p. 100, au lieu de : lupuline 10 p. 100, écailles 86 p. 100, graines 4 p. 100.

Cette diminution de la lupuline jointe à une augmentation de produits

IRIS - LILLIAD - Université Lille

âcres due aux parties ligneuses plus abondantes et peut-être à la dissolution d'un alcaloïde spécial à la graine diminue la finesse de la bière et donne souvent un arrière-goût qui rappelle celui du buis.

Le cône du houblon est donc constitué par la réunion de bractées rattachées à une tige commune, duvetée et contournée en spirale (l'axe); les spires

Fig. 4. — Cones de houblon, grandeur naturelle. Inflorescence femelle.

Fig. 5. — Axe du houblon grossi 3 fois (d'après Thausing).

sont au nombre de 8 à 10 (fig. 5). Les bractées sont réduites à des écailles, se recouvrant les unes les autres à la façon des tuiles d'un toit, ce qui donne à la fleur la forme conique. Le nombre des bractées est de 40 à 100 sur chaque cône et la longueur des cônes est de 2 à 3 centimètres; seul le cône du houblon sauvage atteint 4 centimètres.

Chaque bractée (fig. 6) est repliée à la base et le pli renferme l'ovule. Tout autour de celui-ci et par conséquent sur la surface interne de la bractée, sont installées une grande quantité de petites glandes résineuses, très aromatiques qui, une fois desséchées, prennent l'aspect d'une poussière jaune d'or, très brillante, qui se détache facilement et laisse sur la peau une tache jaunâtre

IRIS - LILLIAD - Université Lille

visqueuse et persistante. C'est la *lupuline* qui renferme en très grande partie les principes actifs qui font utiliser le houblon en brasserie.

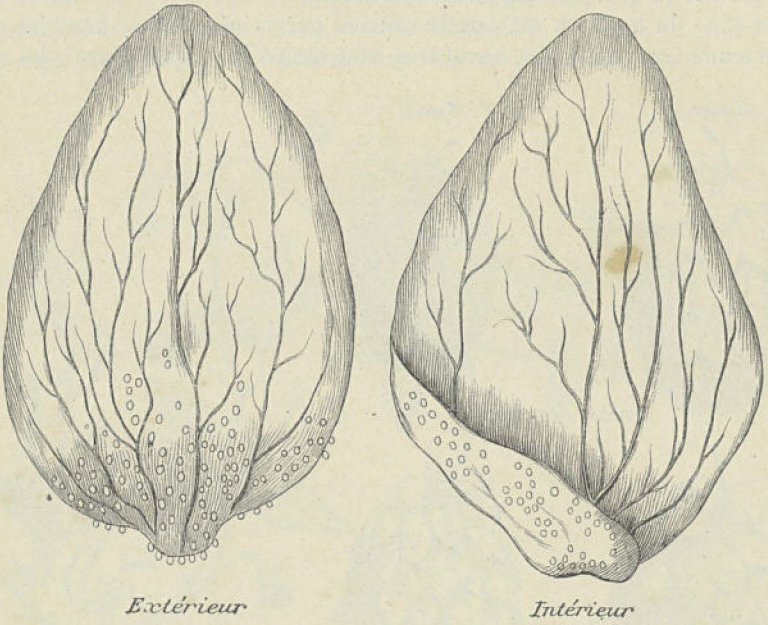


Fig. 6. — Bractées grossies 5 fois (d'après Thausing).

Cette poussière résineuse, aromatique et amère se forme à l'époque de la maturité du houblon [1]. Sur l'épiderme intérieur (la cuticule) de la bractée

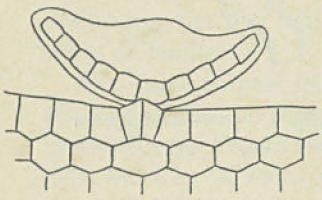


Fig. 7. — Formation de la lupuline, avant la sécrétion.

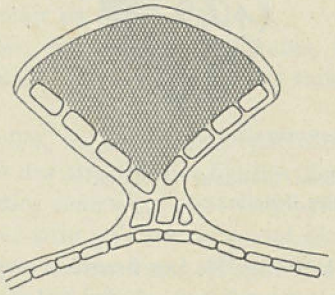


Fig. 8. — Formation de la lupuline, coupe vers la fin de la sécrétion.

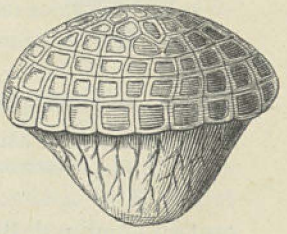


Fig. 9. — Grain de lupuline, après la sécrétion.

émerge un poil qui est d'abord composé d'une cellule unique, et qui, bientôt, par une cloison transversale, se divise en deux. La partie supérieure, de nature glandulaire, s'allonge dans le sens longitudinal et donne naissance,

[1] Cette expression est prise ici dans le sens technique; car dans le sens botanique, il n'y a pas maturité, puisque les ovules ne sont jamais fécondés.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

par subdivision, à de nombreuses cellules qui s'accroissent surtout du côté des bords et constituent une sorte de coupe (fig. 7). Lorsque cette cupule est arrivée à une grosseur déterminée, la sécrétion glandulaire se produit, entre la couche de cellulose et la cuticule des cellules laquelle se trouve soulevée par le liquide huileux et jaune qui est la sécrétion (fig. 8). L'ensemble forme une partie saillante au-dessus de l'organe.

Le grain de lupuline prend alors la forme d'un gland de chêne court et déprimé ou d'une toupie (fig. 9). Il est composé de cellules polyédriques régulières et mesure de 160 à 240 μ. En le pressant, le liquide huileux sort des cellules et se répand.

PHYSIOLOGIE DU HOUBLON

Au point de vue physiologique, Beckenhaüpt a indiqué quelques résultats intéressants en prenant comme critérium l'azote total plus facile à déterminer que l'azote assimilé.

Pendant la première période de la végétation, la plante absorbe surtout de l'azote, peu ou pas d'acide phosphorique ; à mesure que l'on approche de la floraison, la quantité de ce dernier croît au point de devenir 8 fois plus grand qu'au début. La potasse, d'abord à peu près égale à l'azote, croît d'une manière correspondante à l'acide phosphorique.

Dans la feuille, il y a prédominance de plus en plus marquée de la potasse; seules les vieilles feuilles assimilent du phosphore lequel s'accumule dans les tiges et les fruits.

Dans les cônes, l'azote diminue d'abord ; puis il y a une forte absorption d'acide phosphorique ; la potasse, peu utile pour le protoplasma, est faible au début, mais augmente rapidement et prédomine à l'époque des fruits.

Ce fait, joint à celui que l'acide phosphorique des vieilles feuilles entraîne de la potasse, explique que cet élément diminue dans les tiges.

La potasse des cônes s'accumule surtout dans la lupuline, fait concomittant avec la diminution d'absorption de cet élément dans les fruits et comme il y a parallélisme entre la potasse et l'acide, la lupuline contient plus d'acide que le grain.

Comme conséquence, il faut penser que, plus il y a de potasse et d'acide phosphorique non combinés dans les cônes, plus il y a de lupuline et par suite d'éther et de résine.

Certaines parties du houblon possèdent à l'égard de l'azote une faculté d'assimilation particulière : ainsi, dans un échantillon, on a trouvé en azote assimilé : tige 60 p. 100; bractées 66 p. 100 ; lupuline 23 p. 100 ; grains 54 p. 100, de l'azote total inclus dans chacun de ces organes.

La lupuline a besoin de peu d'azote; un excès de celui-ci est aux dépens de la finesse.

Au point de vue spécial des cônes, on peut dire que moins il y a d'azote assimilé et par conséquent plus d'azote soluble, plus il y a de cônes peu développés, plus il y a de tanin, sans doute parce que la chlorophylle ne pouvant s'engager dans des combinaisons azotées s'engage dans une autre direction

IRIS - LILLIAD - Université Lille

et sans doute aussi parce que le tanin ainsi formé gêne la formation de composés azotés.

En général ce sont les variétés de choix qui correspondent à la richesse en tanin et par suite au grand nombre de cônes avortés. La finesse correspondrait-elle à une nutrition insuffisante ? En tout cas elle correspond aux variétés précoces, petites, de faible nutrition et dont la tige est rose ou rougie par l'autocyanine, dérivée du tanin.

Dans les grandes variétés, le rapport azote à potasse varie de 0,55 à 0,45 et le rapport acide phosphorique à potasse varie de 0,33 à 0,45.

Dans les petits cônes, il semble se former le maximum de résine totale. En effet celle-ci s'accumule dans les fruits. Or ceux-ci sont toujours sur les bractées de la base qui ne manquent jamais, tandis que les supérieures manquent dans les cônes avortés des bonnes qualités.

Lorsque le rachis est petit, c'est-à-dire lorsque la végétation n'est pas rigoureuse, il y a en général plus de résine molle, sauf le cas où il manque de la potasse par rapport à l'azote et à l'acide phosphorique et où l'excès des acides favorise l'oxydation de la résine molle. Et encore, l'excès d'azote et d'acide phosphorique peut-il être engagé dans les fruits, s'il y en a beaucoup ; de sorte que, malgré ces excès, il pourra y avoir beaucoup de résine molle. Celle-ci est en raison inverse de l'acide phosphorique, ce qui prouve que l'acide favorise l'oxydation.

Les variétés de Saaz sont très capricieuses à cause des engrais azotés trop abondamment employés ; les bonnes variétés sont celles où l'on évite la formation des grains par la suppression des pieds mâles.

Les espèces grossières sont douées d'une forte odeur qui éloigne sans doute les oiseaux, tandis que les espèces fines, riches en tanin et qui ont par elles-mêmes une tendance moins grande à se désagréger et par suite à résister aux oiseaux, n'ont pas cette odeur et ne l'acquièrent que par l'effet de cultures non soignées.

Au point de vue de l'arome, la lumière ne joue pas un grand rôle, d'ailleurs l'arome utile se développe à l'ombre pendant le séchage même.

CULTURE

CLIMAT ET TERRAIN

Le houblon ne vient pas partout, c'est une plante délicate qui demande des conditions toutes spéciales de climat et de terrain. Il habite les vallons abrités des grands vents, le long des cours d'eau et des rivières. Il préfère des terrains d'alluvion où se rencontrent des mélanges de sable, d'argile et de calcaire. Néanmoins, il peut croître sous des climats très variés et dans des terres de constitutions géologiques très différentes, puisqu'on le cultive également en Bohême, en France, en Allemagne, en Angleterre, en Danemark et qu'il vient en Algérie et en Egypte. Mais il lui faut toujours une terre profonde, pour faciliter le développement de ses racines, très meuble à la surface pour favoriser la pousse des racines horizontales, et ni trop humide ni trop sèche.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

L'exposition qui lui est la plus favorable est celle du levant au midi, les courants d'air n'ont sur lui d'influence que s'ils sont trop violents. Cependant les terrains abrités lui sont toujours plus favorables que les terrains découverts. Il vient mal dans le voisinage des marais, des forêts et des grandes routes, dont la poussière lui est nuisible. Il n'aime pas les changements brusques de température. Une sécheresse prolongée, aussi bien qu'une humidité continue lui sont contraires. Les brouillards arrêtent sa croissance. Les gelées matinales ont sur lui une influence défavorable, surtout si elles se prolongent jusqu'à l'été.

ENGRAIS

Le houblon demande des engrais azotés, et minéraux, riches surtout en potasse et en acide phosphorique. Cela est indiqué par la composition même de la plante.

Wolf, dans la moyenne de 45 analyses a trouvé les proportions suivantes :

	LA TOTALITÉ des cendres p. 100 est	P. 100 DE CENDRES ON A EN								
		Potasse.	Soude.	Chaux.	Magnésie.	Fer.	Acide phosphorique.	Acide sulfurique.	Acide silicique.	Chlore.
Plante totale.	9,47	24,62	3,41	22,17	7,87	2,91	9,18	4,78	20,08	6,47
Cônes	7,59	34,45	2,19	16,65	5,47	1,45	16,73	3,58	16,60	3,28
Feuilles . . .	18,04	12,43	3,80	42,55	6,45	0,89	6,08	4,12	21,56	2,73
Sarments . .	4,85	28,03	4,04	30,88	6,68	0,88	10,78	3,26	8,46	9,07

La moyenne en azote rapportée à la substance sèche était :

Pour les cônes . . . . . 3,22 p. 100
Pour la plante totale . . . . . 2,50 —

Krauss trouve à peu près les mêmes chiffres :

	Cônes.	Feuilles et sarments.	
Cendres pures	7,5	9,8	p. 100 de matière.
Potasse	41,0	21,5	p. 100 de cendres.
Acide phosphorique.	15,5	9,6	

La composition varie naturellement avec les pays; ainsi les houblons anglais renferment généralement moins de potasse que les houblons du continent.

Stambach recommande l'emploi du fumier de ferme comme donnant le meilleur rendement, dans la proportion de 20 000 kilogrammes par hectare

IRIS - LILLIAD - Université Lille

et à son défaut, un engrais artificiel préparé avec 480 kilogrammes de salpêtre du Chili, 300 kilogrammes de superphosphate et environ 1 000 à 1 200 kilogrammes de kaïnite.

Bien cultivé et la pousse faite dans de bonnes conditions, un hectare peut fournir de 1 000 à 1 200 kilogrammes de fleurs. Mais, généralement, la récolte est en raison inverse de la qualité. Moins le houblon est fin, plus la récolte est abondante. Le houblon fin ne donne guère plus de 600 kilogrammes à l'hectare ; un houblon grossier peut donner de 12 à 20 quintaux.

PERCHES ET FILS DE FER

La plante est vivace [1] seulement par la racine. L'hiver, elle végète sous terre et au printemps, elle émet des tiges sarmenteuses qui sortent de boutons charnus. Ces tiges qui se composent d'entre-nœuds et qui portent de petits crochets au moyen desquels elles s'attachent aux tuteurs, grandissent et peuvent atteindre de 8 à 10 mètres. Chaque pied donne plus de pousses qu'il n'en peut nourrir : aussi coupe-t-on les premières qui deviennent un succédané des asperges. Les tiges s'enroulent autour du support dans le sens des aiguilles d'une montre. Elles étaient soutenues autrefois par de hautes perches [2], mais on préfère aujourd'hui les poteaux reliés par des fils de fer autour desquels s'enroulent les sarments. Ce dernier système a l'avantage de donner à la plante plus d'air et moins d'ombre ; il facilite la récolte par la possibilité que l'on a d'abaisser les fils sans secousses ; le sol, que l'on était obligé de tasser au pied des perches, pour caller celles-ci, est moins compact et la plante pousse mieux, plus librement ; le cône s'abîme moins parce qu'il ne subit plus, par le vent, des chocs contre le bois.

Le houblon fleurit en juillet-août et se cueille, le précoce d'août à septembre, le tardif en septembre.

VARIÉTÉS

Il existe deux grandes variétés de houblon : le houblon rouge et le houblon vert. Cette distinction est établie d'après la différence de couleur des rameaux qui supportent les cônes (bras).

Le houblon rouge a les bras d'un bleu verdâtre avec des raies rougeâtres, surtout du côté opposé au soleil. Les cônes en sont généralement petits, en forme d'œuf ; ils contiennent néanmoins une grande quantité de lupuline et leur odeur est particulièrement agréable et aromatique, ce sont ceux des meilleurs crus.

Le houblon vert a les bras d'un vert intense. Les bractées et par suite les

[1] La plante est reproduite de boutures. On prend un morceau de racine de 15 à 18 centimètres avec des radicelles et on le replante au mois de mars en quinconces, avec des espacements de 1,7 m. à 2 mètres. On a un plus mauvais rendement en serrant plus.

[2] Elles sont en aune, pin ou sapin et, préférablement, en bouleau. La première année elles ont 5 à 6 mètres et comme on les retire chaque année, on les remplace dès la deuxième année par des perches de 10 mètres.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

cônes sont plus épais que les précédents, ils sont longs ou oblongs. En général, il est plus grossier que le houblon rouge, il renferme beaucoup de lupuline, mais d'une odeur moins fine, plus pénétrante et rappellant un peu celle de l'ail. Il est en définitive de qualité inférieure et donne des houblons de second ordre, mais avec un plus fort rendement que l'autre variété.

Quelquefois on fait une autre distinction. On subdivise les houblons en houblons précoces et houblons tardifs. Mais ce caractère est loin d'être constant et peut varier avec la température, la nature du sol, la culture, etc.

D'ailleurs, d'une façon générale le houblon rouge est précoce et le houblon vert est tardif.

SOUS-VARIÉTÉS

Les sous-variétés sont innombrables et les qualités très différentes suivant les pays. Les plus réputées sont celles de Bohême et de Bavière.

Voici deux classifications que nous empruntons, l'une à Thausing et l'autre à B. Erben, directeur de l'École d'agriculture de Rakonitz. Cette dernière est basée sur les prix moyens des diverses provenances pendant vingt ans.

Classifications.

THAUSING

1. Saaz I (Bohême).
2. Saaz II.
3. Spalt I (Bavière).
4. Saaz III.
5. Auscha rouge I (Bohême).
6. Spalt II et Kinding (Bavière).
7. Spalt III.
8. Auscha rouge II.
9. Wolnzach (Bavière).
10. Hallertau (Bavière).
11. Schwetzingen et Sandhausen (Grand duché de Bade).
12. Neutomischel (Grand duché de Posen).
13. Wurtemberg.
14. Styrie (ouest) et Moravie.
15. Galicie I, Alsace, Grenzhausen (Nassau), Allenstein (Prusse).
16. Galicie II, Haute-Autriche, Styrie (sud), Aischgrund, Betzenstein, Bavière (montagne).
17. Hongrie et Transylvanie.
18. Hersbruck, Altdorf, Laufen, Frankonie, Russie I.
19. Bourgogne.
20. Auscha vert, Haute-Autriche II.
21. Lorraine.
22. Altmark, Dannenberg.
23. Belgique (Alost et Poperinghe), nord de la France.
24. Russie II et III.

ERBEN

1. Saaz (Bohême).
2. Spalt (Bavière).
3. Kent (Angleterre).
4. Auscha (Bohême).
5. Neutomischel (Posen).
6. Wurtemberg.
7. Grand-Duché de Bade.
8. Dauba (Bohême).
9. Aischgrund (Bavière).
10. Hersbruck (Bavière).
11. Sussex (Angleterre).
12. Bourgogne.
13. Alsace.
14. Alost (Belgique).
15. Russie.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

DESCRIPTION DE QUELQUES SOUS-VARIÉTÉS

Ce qui distingue les houblons entre eux, c'est d'abord la plus ou moins grande finesse de leur arome, puis la forme du cône, de l'axe des bractées, et leur grandeur. Bien que ces caractères ne soient pas absolument précis et qu'ils puissent varier d'une année à l'autre, nous allons décrire, d'après eux, quelques principales variétés.

Mais il faut remarquer, qu'il s'agit de provenances et non de crus, car dans une même localité on cultive plusieurs variétés différentes.

Bohême, Saaz (fig. 10). — Houblon rouge à cône oblong, de grosseur moyenne, bien formé et contenant beaucoup de lupuline. L'axe est fin, les spires régulières, au nombre de 8 à 10 ; les bractées sont fines, leurs points d'attache rapprochés. L'arome est très délicat. Au toucher, il paraît doux et

Fig. 10. — Houblon de Saaz.

sec. Il retient sa lupuline mieux qu'aucune variété et conserve plus longtemps son arome fin.

Le Saaz représente le type le plus parfait. Le Auscha rouge a l'arome un peu plus faible. Le Auscha vert s'éloigne encore davantage du type. Le cône est rond, grand, en forme de pommes de pin, à axe épais ; il est farineux, mais à odeur forte et alliacée.

Bavière. Spalt. — Le Spalt a le cône plus petit que le Saaz, ovale, mais bien fermé. L'axe est fin et régulier ; l'arome excellent, quoique un peu moins fin que celui du Saaz ; il le conserve bien. Dans les années normales, il paraît un peu plus riche en tanin que le Saaz.

D'autres provenances bavaroises sont Kinding, Wolnzach, Hersbrück, Hallertau.

Grand-Duché de Bade. Schwetzingen, Sandhausen. —Cône oblong moyen. Houblons assez fins, moins forts que les précédents, convenant très bien pour la fabrication des bières courantes.

Wurtemberg. Rottenbourg. — Houblon vert, léger, à cône moyen, à axe un peu fort, assez riche en lupuline ; bon arome, manquant de finesse.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Alsace. — En général (fig. 11), le houblon d'Alsace a le cône long pointu, l'axe grossier, à spires irrégulières très écartées, les bractées épaisses. Il est très farineux, mais l'arome n'est pas délicat. Le Bischwiller fait exception ; il a le cône petit, rond, l'axe mince et les spires régulières, l'odeur assez fine.

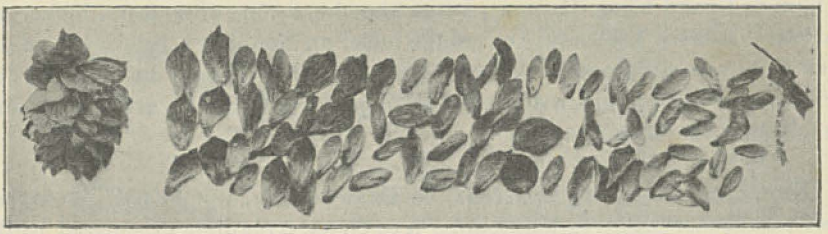


Fig. 11, *a*. — Houblon d'Alsace.

Fig. 11, *b*. — Houblon de Rambervillers.

Bourgogne. — Replant de Saaz et qui a bien conservé le caractère typique de son origine. Le cône est moyen, oblong ; l'axe mince, à spires régulières. Il renferme beaucoup de lupuline ; l'arome est très fin et très délicat, quoiqu'à un degré moindre que le Saaz, dont il a aussi le toucher.

On cultive encore en Bourgogne des *replants alsaciens* (Haguenau et Bischwiller) et un replant de Rambervillers (Vosges), qui tendent à se substituer aux crus allemands, à cause de leur plus grand rapport [1].

Lorraine. — Houblon grossier, sans finesse, à odeur forte et alliacée. Cône grand, déformé, axe fort, très irrégulier et le plus souvent tordu.

Meurthe-et-Moselle. — Le houblon de Meurthe-et-Moselle comporte deux variétés : le houblon de pays (Lorraine) à cône ordinaire, régulier, à

[1] On reproche au houblon de Bourgogne de ne pas conserver son arome. C'est un défaut qui tient surtout aux modes défectueux de séchage et d'emballage employés en Bourgogne et auxquels il serait facile de remédier. On lui reproche aussi de ne pas donner des bières gardant le parfum du houblon et de ne pas convenir aux bières de garde. C'est, croyons-nous, une erreur. Nous avons fait, à l'Ecole des Industries agricoles, des bières de garde en employant exclusivement du houblon de Bourgogne et nous en avons conservé en bouteilles pendant plusieurs années, pasteurisées, qui, au contraire, avaient acquis, en vieillissant, un goût de houblon extrêmement délicat.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

écailles nombreuses et serrées, à odeur de fruit caractéristique, mais agréablement parfumé et riche en lupuline; un houblon d'Alsace (Haguenau) à cône allongé, à odeur forte et légèrement alliacée.

Nord. — Dans le Nord, on cultive surtout le houblon belge désigné sous le nom de Grand blanc (Carnau), à tige blanche, à cône gros, long, lâche, peu parfumé, à odeur herbacée. On trouve aussi un houblon à tige rouge, d'origine inconnue, plus petit, assez parfumé et très amer; puis un houblon vert de Lorraine et un houblon d'Alsace, principalement dans les arrondissements de Cambrai et d'Avesnes.

Belgique. Poperinghe-Alost. — Cône oblong, très grand, de couleur verte, se conservant très longtemps. Axe épais, irrégulier et souvent tordu. V. Carnau, rachis long, peu brisé, angles très ouverts, surface rougeâtre, nue. — V. Grœne-belle, rachis court, développement inégal des tubérosités, angles inégaux. — V. Witterank, rachis énorme, sans chevelu, contourné d'une façon particulière; l'arome est faible et herbacé. En général, ces houblons sont très riches en tanin. Les proportions des bractées sont plus faibles que dans les variétés allemandes.

Les quantités de graines sont de 3,42 p. 100 (Grœne-belle) de 8,09 p. 100 (Carnau) de 4,91 p. 100 (Wittzank) tandis que dans les variétés allemandes, elles ne représentent que 0,5 p. 100.

Le poids des rachis atteint dans les trois variétés belges 9,5; 12,5; 3,17, tandis que les variétés allemandes ont de 8 à 9 p. 100.

Angleterre. Goldings. — Les Goldings sont les plus fins des houblons anglais. Le cône est petit, rond, et très riche en lupuline. L'arome est très fin. Tous les autres houblons anglais sont plus grossiers.

Amérique. — Les meilleurs houblons américains, sont ceux de New-York, dont les cônes sont petits, serrés et dont l'arome est assez délicat.

CLASSIFICATION MATHÉMATIQUE DES VARIÉTÉS

Beckenhaupt pense que la finesse du houblon est en rapport avec la structure de l'axe et que cette finesse pourrait être caractérisée par le rapprochement des points d'attache des bractées sur cet axe. Pour classer un houblon, il mesure la longueur de l'axe et la divise par le nombre de points d'attache. En prenant la moyenne de 20 à 30 cônes de différentes formes et grandeurs d'un lot, il établit une expression mathématique de la finesse de ce lot.

Il a trouvé que les houblons les plus fins (Saaz, Spalt, etc.) montrent des rapprochements de 1,10 mm., 1,16 mm. et 1,22 mm., tandis que les houblons belges et les houblons sauvages ont un minimum de 1.62 mm., et 1,71 mm.

Le Dr Rémy, appliquant cette méthode de mensuration à plusieurs variétés de houblon, a donné les résultats suivants :

1° Il n'y a pas d'espèce absolument fine ni absolument grossière ; mais

IRIS - LILLIAD - Université Lille

pour une espèce déterminée, il y a une proportion plus ou moins forte de cônes fins ; d'ailleurs la culture sur tel ou tel terrain tend à modifier les résultats ;

2° Les variations d'une même variété sont telles qu'elles comprennent souvent, entre leurs limites, une des limites d'autres variétés.

	Minimum.	Maximum.	Moyenne.
Hallertau	1,25	1,81	1,23
Goldings (anglais)	1,16	2,14	1,35
Saaz II	1,10	1,88	1,41
Saaz I	1,27	2,14	1,51
Saaz, propre cru	1,25	2,00	1,59
Spalt	1,22	1,90	1,64
Rambervillers	1,14	2,33	1,70
Oldenbourg	1,42	2,25	1,79
Belge	1,62	2,50	1,83
Sauvage (Prusse)	1,71	2,50	2,22

M. Van Buggesthout a appliqué la méthode aux houblons belges. Voici les moyennes obtenues :

Poperinghe		2,26
Alost	Grœne-belle	1,92
Contrée d'Assche, variétés.	Carnau	2,36
	Witterank	2,80

MALADIES DU HOUBLON

Le houblon est exposé sur pied à de nombreuses maladies dues soit aux brusques changements de température, soit à un excès d'humidité ou à une sécheresse prolongée, soit encore à des champignons ou à des piqûres d'insectes.

Elles se traduisent sur le cône par une diminution de lupuline et par une coloration plus accentuée tirant sur le rouge cuivre et répartie en taches plus ou moins larges et plus ou moins fréquentes.

On voit assez souvent, au milieu d'une tache, un point noir autour duquel se forment des couches concentriques qui vont en se dégradant. Ceci est en opposition avec ce qui arrive pour les taches provenant de la grêle ou d'un choc sur les supports ; celles-ci sont irrégulières et d'une teinte égale.

Voici les principales maladies :

MALADIES D'ORIGINES MAL CONNUES

Brûlure. — C'est une maladie assez fréquente qui résulte d'une trop grande sécheresse : les feuilles jaunissent, se roulent, tombent et la récolte avorte en partie.

Rouille rouge. — Elle se produit surtout dans les années humides et paraît due à une moisissure (Phragmidium humuli de Borth).

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MALADIES DUES A DES PLANTES

Podosphæra castagnei. — *Nielle du houblon*. — Moisissure du type oïdium qui, en juillet et août, couvre les feuilles d'un mycelium blanc, sorte de feutrage s'étendant bientôt sur les jeunes pousses et les cônes avec un aspect farineux caractéristique ; d'où le nom de maladie du blanc.

Fumago salicina. — *Charbon*. — En juin et juillet, il couvre les feuilles d'un mycelium noir. Les cultivateurs désignent cette maladie sous les noms de noir, de chancre, de cancer ; le mycelium brun porte un périthèce formé de tubercules qui s'ouvrent en capsules.

On peut encore citer comme plante parasite, non microbienne, la grande cuscute (longues tiges parasites sans feuilles ni fleurs).

INSECTES PARASITES

On peut ajouter à l'étude des maladies celles des insectes parasites qui nuisent au développement des cônes.

1° L'*Araignée rouge du houblon*, qui suce les feuilles et file autour une toile blanche.

2° L'*Altise*, ou puce du houblon, petit coléoptère cuivré, à élytres rayées, dont la larve se nourrit des feuilles et des jeunes cônes.

3° La larve de l'hoplie, coléoptère voisin du hanneton.

4° La larve du hanneton ou ver blanc qui s'attaque aux racines ; le hanneton lui-même.

5° La larve de l'*hépiale* (lépidoptère), chenille rouge qui attaque les racines ; on conseille de faire des arrosages de fumier de porc dilué.

6° La larve du *pyrale du houblon*, autre lépidoptère et qui se place à l'intérieur des tiges.

7° La chenille du *Grand-paon* (Vanessa Io) qui exerce ses ravages dans les houblonnières de mai à fin juin.

8° Les *pucerons*, qui peuvent produire jusqu'à dix générations successives dans le cours d'un été et envahissent une houblonnière avec une rapidité incroyable. Ils se tiennent à la partie inférieure des feuilles, qu'ils détruisent petit à petit.

9° La *courtillière* (Gryllotalpa Sulgaro), orthoptère qui mange les feuilles et les cônes.

Remarque. — Le *Miellat* est une sorte de vernis sucré qui recouvre la surface extérieure des feuilles[1] et empêche la respiration. Comme il apparaît peu de temps avant la floraison, les fleurs avortent en partie.

A côté des insectes on peut citer un rongeur, le campagnol (Armicola paludosus), qui ronge les racines.

[1] Il est probable que le mécanisme du miellat est le suivant. Après une journée chaude pendant laquelle la sève s'est produite en abondance, une nuit froide resserre les tissus et produit l'exsudat.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

TRAITEMENT DES HOUBLONS MALADES

Toutes ces maladies se soignent par des échenillages, par le goudronnage des sarments (altise), par des arrosages à l'eau de savon et de tabac (pucerons); mélanger 100 litres eau, 1 kilogramme savon noir, 200 grammes cristaux de soude, 1 litre jus tabac titré[1]. Ces arrosages doivent cesser lors de la floraison. On peut encore saupoudrer de soufre le matin, quand la plante est humide de rosée (blanc et le noir) (125 à 150 kilogrammes à l'hectare), plus tard il convient de désinfecter les perches et de détruire par le feu les débris qui restent sur le sol après la cueillette.

En Angleterre, on détruit les pucerons en arrosant les tiges avec une décoction de quassia amara 2,2 kg. et 2 kilogrammes de savon gras dans 500 litres d'eau.

RÉCOLTE DU HOUBLON. SOINS CHEZ LE PRODUCTEUR

RÉCOLTE

Il importe que le houblon soit récolté au moment précis de sa maturité, ni trop tôt ni trop tard. Insuffisamment mûr, il n'a pas encore toutes ses qualités[2], est moins actif et peut produire des troubles dans la bière. Il est vrai que par préjugé certains brasseurs recherchent ce houblon pour les bières pâles : c'est une erreur. Le houblon cueilli trop tard subit un changement de couleur ; il devient rouge, les cônes s'ouvrent et il perd de son parfum.

On reconnaît que le houblon est arrivé à complète maturité : 1° quand la belle couleur verte de la fleur commence à tirer sur le jaune ; 2° quand les bractées, recourbées à leurs extrémités libres, ferment bien le cône qui, en même temps, devient plus ferme ; 3° quand l'arome devient plus prononcé ; 4° quand le cône pressé fait entendre un bruissement.

Pour effectuer la récolte, on coupe la souche à environ 0,40 m. du sol, puis les grandes perches sont renversées, ou les fils de fer, autour desquels le houblon a enroulé ses tiges fleuries, sont descendus. Alors on détache les fleurs avec soin, en leur laissant leurs pédoncules. Placées dans des sacs, ou de préférence dans de larges paniers, elles sont transportées dans de vastes magasins; là on leur fait subir d'abord l'opération du triage et ensuite celle du séchage ou touraillage. Quelquefois le récoltant traite le houblon plus complètement, mais dans ce cas il ne fait qu'appliquer les procédés du marchand de houblon.

TRIAGE

A l'étage le plus élevé des magasins, les sacs ou les paniers sont vidés et

[1] Le jus de tabac titré est vendu en France, par la régie, en bidons : 5 litres (9 francs), 1 litre (2 francs), 1/2 litre (1,30 fr.).

[2] En Angleterre, on cultive souvent le houblon sur de vastes terrains ; il en résulte qu'on commence la récolte au moins quinze jours trop tôt. C'est une perte, car pendant les quinze derniers jours, la qualité du houblon augmente de 1/5 ou de 1/6.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

les cônes amoncelés en tas peu élevés à proximité des trieurs. Ces derniers sont de grands tamis à mailles de 3 centimètres environ, soumis à un mouvement très doux de va-et-vient et sur lesquels sont retenus; 1° les cônes trop grands ; 2° ceux qui sont réunis par deux ou par trois ; 3° les tiges et les feuilles.

Le résidu de ce premier tamisage est ensuite recueilli à la main et quelquefois soumis à un nouveau triage.

SÉCHAGE

Les cônes sont desséchés et cela le plus tôt possible, pour éviter l'échauffement qui ne manquerait pas de se produire dans le houblon humide : plus le houblon sera séché tôt après la cueillette, meilleur il sera et mieux il se conservera.

La dessiccation se fait, soit en exposant les cônes au grand air, sur de larges claies, soit, de préférence, aujourd'hui, sur les plateaux d'étuves à courant d'air forcé. Le danger du touraillage du houblon est triple. On risque de donner une odeur de fumée, on effeuille toujours plus ou moins les cônes, enfin s'il y a surchauffe, si par exemple certains points atteignent 60°, le reste de la masse étant seulement à 40°, la résine s'altère.

Toujours est-il que, tant par perte de farine que par altération, on diminue la résine d'environ 1,6.

Nous verrons plus loin qu'il y a dans le houblon des résines molles et des dures; la proportion des premières qui sont les seules utiles augmente un peu au touraillage (13 p. 100 au lieu de 10 p. 100 par exemple).

Une touraille consiste essentiellement en une bâtisse comportant un plateau situé au même niveau que le grenier et constitué soit par une toile métallique, soit par une tôle perforée, soit, de préférence, par une grille en bois non résineux. Dans ce cas, elle est recouverte d'un tissu à mailles lâches ou d'un clayonnage en crin de cheval. Sous le plateau, au rez-de-chaussée, se trouve un poêle dont le tuyau de dégagement circule dans la chambre de chaleur ou espace compris entre le massif du calorifère et le plateau et en se tenant toujours éloigné de ce dernier d'un intervalle de deux mètres.

Le tirage est assuré par une cheminée et la ventilation est réglée soit par des prises d'air froid, soit par des insufflations d'air dans la chambre de chaleur.

Dans ces dernières années, on a perfectionné les tourailles à houblon.

1° En disposant les toiles du plateau de manière à pouvoir les enrouler sur un rouleau et effectuer ainsi la vidange;

2° Au lieu du foyer ordinaire on a cherché à employer les calorifères dans lesquels le gaz du foyer chauffe de l'air, lequel va circuler dans la touraille ;

3° Au lieu d'un seul grenier par lequel on charge et on décharge le plateau, ce qui amène le mélange des houblons humides et secs, on ménage ordinairement deux salles différentes. Il est bon que la salle d'emballage ait au moins les dimensions du plateau;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

4° On a cherché à rendre la toiture le plus étanche possible en faisant des joints ou en la matelassant avec des pièces de feutre ; c'est un procédé défectueux, puisqu'il empêche la ventilation.

Quant aux dimensions à donner aux tourailles, on peut compter sur 2,5 m² de plateau pour 100 kilogrammes à travailler.

Les ventilateurs, quand il y en a, doivent pouvoir fournir 10 à 12 mètres cubes d'air à la minute pour 1 mètre carré de plateau et le passage de l'air doit être de 1,5 dm² par mètre carré de plateau.

Le houblon est étendu sur le plateau en couche de 0,30 m. et séché avec de grandes précautions, à une température ne dépassant pas 35° pour qu'il ne perde rien de son arome.

L'opération dure de onze heures à quinze heures suivant, la température et la ventilation.

Le houblon récolté est à 50-80 p. 100 d'humidité, le séchage à l'air le ramène à 23 p. 100.

La dessiccation abaisse l'humidité à 3 ou 6 p. 100, mais l'humidité de l'air pendant l'ensachage fait remonter le chiffre à 7-12 p. 100; il ne faut pas descendre au-dessous de 8 p. 100, car le houblon devient friable.

Quand on conserve par le froid, il vaut mieux ne pas descendre au-dessous de 14 p. 100, car le houblon est alors bien plus friable.

Un houblon mal séché garde sa forme extérieure, mais sa couleur est plus foncée, il a souvent une odeur rance.

Le houblon est ensuite mis en sacs et expédié chez le marchand, qui procède au soufrage, à la compression en balles avec ou sans mélange d'espèces et enfin au magasinage.

Ces opérations ont pour but, surtout, la conservation du houblon. Cette conservation est importante puisqu'il s'agit de préserver une marchandise toujours chère qui n'est livrée que petit à petit.

Avant d'indiquer les opérations de la conservation, disons un mot des principes qui doivent guider.

PRINCIPES DE LA CONSERVATION DU HOUBLON

CAUSES D'ALTÉRATION

Il y a trois sortes de causes d'altération :

1° Les microorganismes qui, de par l'origine du houblon, sont fatalement sur celui-ci;

2° Les diastases ;

3° L'action simultanée de l'oxygène, de la température et de l'humidité.

Microorganismes. — D'après Behrens, l'échauffement du houblon et son altération seraient dus à un bacille, *Bacillus lupuliperda*, en forme de bâtonnet. Son habitacle ordinaire est la terre, d'où il est emporté par le vent, avec la poussière, sur les cônes, où il apparaît inerte. Mais si les cônes, deviennent humides et si la température est favorable, le bacille reprend

IRIS - LILLIAD - Université Lille

vie, se multiplie et provoque une fermentation du houblon qui s'étend bientôt à toute la balle. Il y aurait alors production d'ammoniaque, de triméthylamine, et dégagement de mauvaise odeur. Le bacillus lupuliperda liquéfie lentement la gélatine; il rend neutres les milieux acides, par production d'ammoniaque et de triméthylamine; dans les milieux sucrés, il produit de l'acide butyrique. Il ne se développe pas sur les cônes vivants, mais sur les fleurs mortes.

Sur le houblon humide, Harz a trouvé de nombreuses moisissures, dont la présence altère les matières du houblon et dont les spores peuvent communiquer à la bière un goût de moisi. Il cite entre autres : l'*aspergillus glaucus*[1], le *penicillium glaucum*, les *mucors nigricans, racemosus et mucedo*, le *cladosporium penicilloïdes*, etc. Tous ces micro-organismes se développent sur le houblon mal conservé et à l'air humide en donnant lieu à des acides.

Diastases. — Les diastases internes du houblon tendent à en modifier la nature.

Agents extérieurs. — Ce que nous savons des microbes et des diastases nous indique que leur action ne peut se produire que dans des conditions convenables d'humidité, d'oxygénation et de température.

Si ces conditions ne sont pas réalisées, les causes d'altération ne pourront pas agir.

Le séchage a pour but de diminuer l'humidité; il est d'ailleurs accompagné d'un soufrage qui agit évidemment sur les microorganismes.

L'ensachage comprimé ou les réservoirs à vide et à gaz variés ont pour but de diminuer l'aération.

Enfin il faut éviter les fortes températures pendant le magasinage.

SOINS CHEZ LE MARCHAND

Ordinairement, nous l'avons dit, c'est le marchand qui termine la préparation du houblon avant qu'il ne soit livré au brasseur. Le premier séchage est souvent insuffisant et le marchand lui en fait subir un second[2].

Cette deuxième opération peut se faire exactement comme la première. Mais dans ces derniers temps on a préconisé des systèmes différents.

On a préconisé le vide, mais cela dessèche trop le houblon et le rend cassant.

La meilleure disposition est une touraille à air froid (—12°). Cet air est très sec et enlève beaucoup d'humidité, car on tombe en deux heures et demie de 23 p. 100, à 4,5 p. 100 chiffre qu'on ne dépasse pas.

[1] Voir *Microbes et Distillerie*, de L. Lévy.

[2] Quelques marchands casseraient des cônes : l'intérieur en étant d'une couleur plus vive on obtiendrait pour l'ensemble une couleur plus homogène et plus vive que rechercheraient certains brasseurs, on ne sait d'ailleurs pourquoi.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

L'air sort très réchauffé, il est à 8°. Ce système n'a pas l'inconvénient du séchage par l'air à la température ordinaire, lequel est très oxydant et altère l'huile.

SOUFRAGE

Une des opérations effectuées par le marchand est le soufrage.

Le soufrage se fait soit pendant le second séchage, soit après, sur la même touraille ou sur une touraille spéciale, analogue à l'ancienne touraille de malterie, dite touraille à *selle*, à feu direct et dont la chambre de chaleur a la forme d'un cône renversé. Le houblon est étendu sur le plateau en couche de 0,20 m., on ferme toutes les ouvertures et dans le foyer, dans des coupes spéciales, on brûle du soufre en canon. On laisse, pendant quatre heures, les vapeurs sulfureuses qui se dégagent, en contact avec le houblon. L'acide sulfureux pénètre dans l'intérieur des cônes, s'y fixe et protège le houblon contre les changements ultérieurs.

Il faut brûler de 1 à 2,5 kg. de soufre par 100 kilogrammes de houblon, suivant la couleur primitive du houblon, un peu plus pour le houblon sombre ou rougeâtre, moins pour le houblon vert et clair. Les cônes ne retiennent guère que 1/5 du soufre employé.

Théorie du soufrage. — Que faut-il penser du soufrage?

En 1855, une commission allemande, dont faisait partie Liebig, avait été nommée pour examiner la question de savoir si le soufrage était nuisible au houblon et préjudiciable à la fabrication de la bière. La commission a conclu : que le soufrage était avantageux parce qu'il aidait à la bonne conservation du houblon, et qu'il ne portait aucun préjudice ni à la fabrication, ni à la santé du consommateur. Liebig pensait que le houblon soufré absorbait moins d'humidité.

Cette opinion a été amplement vérifiée par une expérience de plus de quarante années. Il est certain que le houblon soufré conserve plus longtemps les propriétés de ses résines et de ses huiles. Seule la couleur est modifiée en devenant plus claire.

Quel est le mode d'action de l'acide sulfureux?

D'après Behrens, il tue ou gêne considérablement le développement des micro-organismes destructeurs des parties précieuses du houblon. D'après Duclaux, il empêche l'action oxydante de l'oxydase qui est incluse dans les cônes et qui ne serait autre que la laccase de Bertrand.

ENSACHAGE

Après le séchage et le soufrage, on laisse le houblon pendant quelque temps sur le sol de chambres bien sèches et bien aérées, pour qu'il reprenne un peu d'humidité et qu'il perde sa trop grande friabilité, puis on l'empaquette pour l'expédier soit dans des sacs de forte toile, soit dans des cylindres en tôle galvanisé, où il est très fortement comprimé. Ces modes d'emballage visent moins le minimum de volume que l'élimination de l'air.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Pour l'emballage en toile, le sol du grenier est percé d'une ouverture carrée où l'on suspend le sac, dont l'extrémité inférieure repose sur un plateau et dont les côtés sont maintenus par une sorte de moule en planches ; on verse le houblon par couches que l'on presse au moyen du plateau carré d'une presse à vis. Ce plateau est situé juste au-dessus de l'ouverture du sac. Le sac plein, on en rabat les bandes supérieures et on les coud.

Dans l'emballage en cylindres, le houblon est comprimé à plusieurs atmosphères au moyen d'une presse hydraulique et le cylindre est ensuite fermé hermétiquement par un plateau boulonné.

La compression en toile réduit le volume du houblon à un tiers environ de son volume primitif, celle en cylindre, à moins d'un quart. Le houblon en cylindre se conserve intact plusieurs années.

Les balles sont de 100 kilogrammes, leur volume représente un peu plus de 1/4 de mètre cube ; un cylindre de 1,25 m. de hauteur et 0,63 de diamètre peut contenir 200 kilogrammes, alors que son volume est d'environ 400 litres. Les marchands, avant la mise en balle, font, s'il y a lieu, les coupages de bonnes et de mauvaises variétés.

MAGASINAGE

Les balles de houblon sont souvent gardées fort longtemps en magasin. La conservation dans le vide ou par l'acide carbonique ou l'azote ou l'acide sulfureux n'a pas encore fait ses preuves ; certains auteurs prétendent même que l'action oxydante a tout de même lieu. En tout cas, s'il y a transformation, ce ne doit pas être une oxydation puisqu'on opère dans des gaz inertes.

Quoi qu'il en soit, nous laisserons ces méthodes de côté, nous ne donnerons que les méthodes usuelles, employées chez le brasseur, plus mal placé pour conserver le houblon que le marchand.

SOINS CHEZ LE BRASSEUR

Le houblon nouveau ne peut être employé de suite et exclusivement : il donnerait des bières troubles (trouble de résines) et excessivement amères. Il faut le mélanger avec les houblons vieux et augmenter progressivement la dose.

Ordinairement, le brasseur achète ses houblons en trois fois : 1° une petite partie au moment de la récolte, ou peu de temps après ; 2° une autre partie en novembre ou décembre, après les premières gelées ; 3° le reste en mars ou avril[1]. Il lui faut donc emmagasiner une grande partie de sa provision et la conservation demande quelques soins.

Pour assurer la conservation du houblon, nous savons qu'il faut :

1° Le priver de l'accès de l'air ; 2° empêcher l'eau de s'y fixer ; 3° éviter les effets de la chaleur.

Pour cela, il importe que le houblon, outre les procédés d'empaquetage

[1] Il est toujours préférable de faire faire les expéditions par un temps sec, ou pendant la gelée.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

que nous avons décrits précédemment, soit enfermé dans des magasins très secs, obscurs, très frais, isolés par des parois en bois écartées des murs de quelques centimètres et sans circulation d'air. Dans ces dernières années, on a recommandé avec succès la conservation dans des locaux refroidis artificiellement par la circulation d'une solution de chlorure de calcium, refrigérée à la machine à glace. On emploie des tuyaux fixés au plafond du magasin, comme ceux des caves de brasserie ; mais on place en dessous des gouttières pour recueillir l'eau condensée. On maintient ainsi dans le magasin une température constante de 2° à 3° [1]. En ce cas, le magasin peut être installé tout contre les caves de garde. Le système des magasins refroidis ne dispense pas de garnir les murs de parois en bois et de prendre toutes les précautions pour éviter l'humidité. Dans ces conditions, le houblon se garde d'une année à l'autre, sans perdre beaucoup de ses qualités.

Dès qu'une balle arrive, on la porte au magasin, où on la pose sur des poutres en bois, en ayant soin que les balles ne se touchent pas. On a l'habitude de la fendre dans le sens de la longueur et d'y introduire de place en place des bâtons en bois ou des tiges de fer qui servent à s'assurer de temps en temps qu'aucun échauffement ne se produit. Dans le cas où un échauffement se manifeste, il faut immédiatement vider la balle sur le plancher et employer le houblon le plus tôt possible.

Les cylindres ne s'ouvrent qu'au moment où on commence à en utiliser le houblon. Comme il y est très pressé, on se sert pour le retirer d'espèces de tridents à dents recourbées, appelés *fourchettes à houblon*.

Le houblon perd, pendant sa conservation, de 5 à 10 p. 100 de son poids, suivant les conditions où il est emmaganisé. Il y a lieu d'en tenir compte dans les prix de revient.

MOYENS DE CONSERVATION ANORMAUX

On a proposé différents moyens pour conserver le houblon intact, mais qui ne semblent pas avoir été adoptés par la pratique. Nous en citerons deux :

1° PROCÉDÉ LOUIS BOULÉ

Houblon normal. — On sépare mécaniquement et par des tamisages spéciaux, la lupuline du houblon. On fait d'autre part une extraction à l'eau distillée des bractées privées de lupuline ; on évapore ensuite et on amène à l'état sec au moyen du vide et à basse température. L'extrait sec, mélangé aux grains de lupuline est enfermé dans des boîtes en fer-blanc, dans lesquelles on fait le vide et où l'on injecte de l'acide carbonique, puis on soude hermétiquement. Le contenu des boîtes est employé concurremment avec les bractées séchées et un peu de houblon naturel.

[1] D'après certains auteurs, pour le houblon sec 5 à 9° suffisent, mais pour le houblon humide il faudrait 0°. Cette température a d'ailleurs l'avantage de sécher l'air.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

2° PROCÉDÉ BREITHAUPT

Ce procédé consiste dans une extraction de l'huile qui est conservée à part, dans des bouteilles cachetées. On emploie le houblon privé d'huile, puis séché à nouveau et pressé, comme d'habitude, en le faisant bouillir avec le moût. On ajoute l'huile après ébullition et même après refroidissement. Ce procédé a été quelque peu employé en Allemagne, mais ne s'est pas propagé. Il est certain que ces traitements du houblon augmentent sensiblement le prix de revient d'un produit déjà naturellement très cher.

EXAMEN PHYSIQUE DU HOUBLON

QUALITÉS EXTÉRIEURES

Examen général. — L'échantillon doit être examiné sur papier bleu et en pleine lumière. La couleur doit être uniforme, les cônes entiers et bien cueillis, c'est-à-dire qu'ils ne doivent pas être mélangés de parties de tiges ou de feuilles, dont la présence est inutile, augmente le poids et dénote une récolte faite avec peu de soin. Pas de moisissures. En pressant sur l'échantillon avec la paume de la main, on l'aplatit et il ne doit se redresser que lentement. On sent l'odeur générale qui doit être agréable et particulière à l'espèce.

Examen des cônes. — *Forme.* — La forme des cônes n'a aucun rapport avec le contenu en lupuline; néanmoins, il paraît général que le houblon qui possède l'arome le plus fin a la forme petite, ramassée et ovoïde.

La forme type est la forme ovale, allongée en pointe étroite (houblon rouge de Saaz et de Spalt). Dans les qualités secondaires on trouve des formes plus variées : en cloche (houblon vert d'Auscha), en boule (houblon vert de Dauba), cylindrique (houblon de Galicie), etc. Les cônes doivent être bien fermés, les bractées bien appliquées les unes sur les autres et légèrement recourbées à leur pointe supérieure, de façon que l'ouverture soit close et ne puisse laisser échapper la lupuline, ni évaporer facilement l'huile essentielle.

Grandeur des cônes. — Les cônes ont de 2 à 3 centimètres de long, sur 15 à 20 millimètres de large. Les cônes sont grands quand il ont plus de 3,5 cm.; au delà de 4 centimètres, ils sont anormaux. Les houblons fins ont toujours le cône petit.

Uniformité des cônes. — Les cônes doivent être uniformes. Bien que ce ne soit pas absolu et que dans un lot on puisse trouver un certain nombre de cônes inégaux, du moins la majorité des cônes doivent être de forme et de grandeur égales, et ceux qui sont inégaux ne pas trop s'écarter du type général. Une trop grande inégalité fait soupçonner un mélange de variétés.

Intégrité des cônes. — Les cônes doivent être entiers. S'il en est autrement, si des cônes sont brisés, effeuillés, la lupuline est perdue ou répandue

IRIS - LILLIAD - Université Lille

dans le sac et très inégalement répartie. Les cônes doivent offrir encore assez de résistance pour ne pas se briser au moindre contact. Leurs tiges doivent être minces, ni trop longues, ni trop courtes, ni trop souples, ni trop cassantes. Ce dernier point est une question d'humidité : si le houblon est trop humide, la tige est élastique ; s'il est trop sec, la tige se casse.

Bractées. — Les folioles ou bractées seront peu épaisses, d'un jaune verdâtre ou d'un vert tirant sur le jaune. Un vert trop accentué accuse un houblon cueilli avant maturité. Des bractées rouges ou tachées de rouge dénotent soit un houblon mal séché (rouille de grenier), soit un houblon qui a souffert de maladies (rouille cuivrée). La couleur doit être franche, unie et sans taches. Cependant, les taches rouges peuvent quelquefois être produites par la grêle, ou par le choc des fleurs contre la perche ou le fil de fer, sans qu'elles aient une influence sur la qualité. En ce cas, les taches sont rouge brique et extérieurement la bractée conserve son éclat ; tandis que si les taches proviennent d'une maladie ou d'un échauffement sur le grenier, les bractées sont plus ou moins ternes. En vieillissant, les bractées rougissent et brunissent de plus en plus.

Le nombre des bractées est indifférent ; cependant, les houblons fins en ont moins, de 50 à 60, tandis que les houblons ordinaires, dits houblons lourds, en ont davantage, de 70 à 90. Leur forme n'a aucune importance.

Axe. — La forme de l'axe contourné en spirales et qui supporte les bractées a, au contraire, une grande importance. A un axe régulier, correspond toujours un cône régulier. Dans les houblons fins, l'axe est mince, menu, à spires étroites, très régulières et au nombre de 6 à 10, au plus ; il est couvert de poils fins, soyeux et d'un blanc grisâtre. Dans les houblons inférieurs, il est plus gros, à spires souvent inégales et toujours en plus grand nombre, 10 à 13 ; les poils sont plus rares et l'aspect est brun.

Odeur des cônes. — Les cônes frottés entre les mains doivent répandre l'odeur agréable, très aromatique, particulière au houblon ; cette odeur doit être franche, ni trop faible (houblons belges et du Nord), ni trop forte (houblon de Lorraine). Certains houblons verts ont une odeur alliacée très prononcée (Dauba, Alsace) ; le houblon séché à trop haute température prend une odeur de pain d'épices (assez fréquente dans les houblons anglais) ; séché sur de mauvaises tourailles, mal construites, il contracte une odeur de fumée ; les houblons vieux, surannés ou mal conservés dégagent une forte odeur de fromage.

Viscosité des cônes. — Les cônes doivent laisser sur la main une trace jaune très visqueuse. Lorsqu'on presse le cône entre le pouce et l'index, de façon à l'aplatir, il ne doit se redresser que lentement et ne reprendre que peu à peu sa forme primitive. La résine et l'huile essentielle contenues dans le cône retiennent les bractées aplaties. Quand elles se redressent trop vite, le

IRIS - LILLIAD - Université Lille

houblon est pauvre en résine et en huile, le houblon est inférieur, ou il est vieux.

Lupuline. — La lupuline s'examine à la loupe. Il faut qu'elle soit abondante, cela va sans dire, puisque c'est elle qui renferme la majeure partie des principes utiles; mais il faut, de plus, qu'elle soit très brillante et d'un jaune d'or étincelant. C'est une preuve de la fraîcheur du houblon. Dans le houblon vieux, elle est sombre, rougeâtre et devient de plus en plus brune avec l'âge. Frottée sur du papier, elle laisse une trace épaisse, grasse, jaune clair quand le houblon est jeune, brune quand le houblon est vieux. Pressés entre deux lamelles de verre, les grains de lupuline laissent échapper des gouttes d'un liquide visqueux, mais clair et d'un jaune brillant quand le houblon est frais; plus épais et plus rougeâtre à mesure que le houblon vieillit et perd de ses qualités.

La lupuline entoure l'ovule. Quand le houblon est fécondé, il s'est formé un akène assez volumineux et résistant qui se révèle à la simple pression du cône entre les doigts. Les cônes fécondés ont moins de valeur, la graine peut communiquer à la bière un goût âcre et désagréable.

Houblon soufré et pressé. — Certains caractères d'appréciation du houblon sont plus difficiles à distinguer quand le houblon a été soufré (couleur, odeur), ou quand il a été pressé (forme des cônes).

Le soufrage donne aux cônes une teinte plus uniformément verte et peut masquer soit l'âge du houblon, soit une altération due à des maladies, ou dissimuler des mélanges. Van den Hulle conseille de faire infuser le houblon dans de l'eau chaude. L'eau enlève l'acide sulfureux et le houblon reprend sa couleur naturelle.

Pour les houblons fortement comprimés en cylindres, par exemple, et dont la forme des cônes ne peut plus se voir, Chodounsky recommande de détacher avec soin quelques cônes que l'on choisit entiers autant que possible, de les placer sur un plateau de verre, séparés les uns des autres et de les exposer à l'air, dans une chambre humide. En quelques heures, le houblon a absorbé assez d'humidité pour reprendre sa forme primitive et permettre l'examen.

Méthode de pointage de Berlin. — Pour résumer l'examen physique, à Berlin, on donne une note de 1 à 15 à la structure et une autre à l'arome; la somme de ces deux notes constitue la note de pointage du houblon.

Dans chaque examen :

1 à 3	signifient	mauvais;
4 à 6	—	médiocre;
7 à 9	—	bon;
10 à 12	—	fin;
13 à 15	—	très fin;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Voici le pointage de quelques échantillons de houblons exposés en 1900 à Paris :

	Structure.	Arome.	Total.
Saaz	13	12	25
Spalt	13	13	26
Hallertau	12	10	22
Schwetzingen	12	11	23
Goldings précoce	12	10	22
— fuggle	13	10	23
Alsace	11	5	16
Belges	5	3	8

Essais mécaniques. — ***Méthode Haberlandt.*** — Haberlandt a proposé un mode d'essai mécanique ayant pour but de trier et d'évaluer les différents organes du houblon : tige, bractées, etc.

On pèse une certaine quantité de cônes, que l'on effeuille ensuite au-dessus d'un petit tamis à mailles serrées (25 à 36 au centimètre carré), en se servant de pinces. Avec un pinceau, on détache la lupuline adhérente aux bractées. La lupuline passe à travers les mailles du tamis et on la recueille sur un papier taré, noir ou violet, pour mieux voir son éclat. Sur le tamis, on sépare les bractées, les tiges, les impuretés, les semences, etc., et on pèse tout à part. On rapporte au tant p. 100.

Haberlandt a trouvé ainsi que le houblon contenait :

Lupuline	de 7,92 à 15,70 p. 100
Bractées	de 69,79 à 78,56 —
Tiges et axes	de 8,50 à 17,54 —
Fruit	de 0.02 à 7,80 —

RÉSULTATS DE QUELQUES EXPÉRIENCES EFFECTUÉES PAR HABERLANDT

PROVENANCES	LUPULINE p. 100	FOLIOLES p. 100.	TIGES p. 100.	SEMENCES p. 100
Saaz (ville)	15,70	75,70	8,50	0,10
Saaz (environs)	12,40	69,79	17,57	0,27
	10,17	75,06	14,20	0,57
Auscha rouge	9,13	77,53	13,06	0,28
Auscha vert	10,09	76,08	13,10	0,73
Styrie	8,33	78,36	17,86	0,45
Neufild	9,75	74,37	10,88	5,00
Schewetzingen	10,33	76,10	13,24	0,33
Posen	11,52	73,12	15,13	0,23
Alsace	8,45	74,35	16,95	0,25

La méthode est inexacte. Si le houblon est jeune, il est très difficile de détacher la lupuline et il en reste toujours adhérant aux bractées ; si le houblon est vieux, les folioles se brisent et il en passe des fragments à travers le tamis.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Enfin le tamisage est également difficile pour le houblon humide.

Méthode de Rémy. — Dans le même ordre d'idées on peut citer des expériences de Rémy dans lesquelles il s'est borné d'une part à évaluer les tiges et pédoncules et d'autre part les grains.

	Tiges et pédoncules p. 100.	Graines p. 100.
Saaz	14,9	0,5
—	12,7	0,0
Spalt	11,7	0,5
Wurtemberg	11,9	3,6
—	12,9	0,5
Aischgrund	11,7	1,6
—	18,9	3,6
Alsace	10,3	0
Altmark	14,4	18,2
—	18,6	5,7

Analyse d'après l'arome et la finesse. — Étant donnée la difficulté de l'analyse chimique dont il sera parlé plus loin, on s'est préoccupé de savoir si l'on peut juger réellement d'un houblon par son arome.

Beckenhaupt a utilisé pour ce fait un jeu d'appareils formé d'une râpe et de six tubes en carton, à fond de toile métallique et où l'on met des quantités égales de houblon pour comparer les aromes ou des quantités croissantes pour juger de leur intensité ; on peut placer successivement ces six tubes sous le nez.

Sous le rapport de l'odeur, il a divisé les houblons en 5 types :

Saaz;

Spalt;

Goldings;

Lorraine (odeur de pomme);

Auscha (odeur alliacée).

Et il pense qu'on peut par comparaison établir le type d'un houblon.

D'autre part l'arome est influencé par certains corps tels que l'acide phosphorique, etc. Beckenhaupt utilise ces variations à l'aide de réactifs pour juger des espèces.

Il humecte le houblon à essayer avec des solutions à 10 pour 100, puis il le sèche de manière à le ramener à l'humidité primitive; il effeuille les cônes et les soumet à l'examen nasal.

L'acide phosphorique vieillit le houblon frais, puis lui donne une odeur vineuse que prend de suite le houblon vieux.

L'acide malique produit une odeur du même genre :

Le sulfate de potasse affaiblit d'abord l'odeur, puis la modifie de manière qu'elle devient très forte.

D'autre part Chodounsky a remarqué que le mot finesse signifie à la fois la délicatesse de structure et la qualité industrielle et il pense qu'en déterminant la délicatesse, on a un indice de la qualité.

Si le sol est maigre et la race fine, les axes sont minces, les côtes peu

IRIS - LILLIAD - Université Lille

épaisses et les points d'attache des folioles plus rapprochés. Il n'y aura pas de graines et au contraire il y aura beaucoup de lupuline et de résine. Inversement pour les races grossières des terres sèches.

Chodounsky a adopté comme critérium l'écartement moyen des points d'attache des bractées; plus ces points sont rapprochés, plus la race est fine. Mais il faut remarquer que les nombres oscillent entre des limites étendues et qu'on ne peut déterminer avec certitude la race. Ce que l'on peut déterminer, c'est, si étant connue la race, on est près du chiffre moyen, ou ce qui revient au même si la race n'a pas de tendance à dégénérer.

CHIMIE DU HOUBLON

Le houblon est employé pour donner à la bière un goût amer agréable, pour aider à sa clarification et pour augmenter sa conservabilité. Ces trois actions sont dues d'une part à la présence des folioles dans le moût et d'autre part à certains éléments de la plante qui sont : l'huile essentielle, les résines, le principe amer et le tanin. Le houblon contient encore de l'eau, une cire, de la gomme, des matières azotées, un peu de sucre, de la cellulose, une amylase analogue à celle du malt, peut-être un alcaloïde, enfin des matières minérales. Ces dernières substances sont toutes sans importance, ou n'ont qu'une importance tout à fait secondaire.

HUILE ESSENTIELLE

Si on distille du houblon frais sous l'eau, la vapeur entraîne une huile extrêmement aromatique, incolore et qui surnage à la surface de l'eau condensée. C'est cette huile qui donne au houblon son arome et le parfum délicat qui lui est propre. Elle est entièrement contenue dans les grains de lupuline. Le houblon humide en contient de 2 à 8 p. 1000.

Elle a été étudiée par Personne et par Greshoff. Elle est très peu soluble dans l'eau : 20 000 parties d'eau n'en dissolvent qu'une partie ; elle est plus soluble dans l'éther, l'alcool et l'éther de pétrole. Sa densité est égale à 0,8972. Son point d'ébullition est compris entre 130° et 270°, ce qui prouve qu'elle est un mélange. Mais elle est entraînable par la vapeur d'eau. Personne, en effet, a trouvé qu'elle est composée de deux corps, l'un privé d'oxygène, $C^{10}H^{16}$, carbure qui paraît voisin du bornéène ; l'autre contenant de l'oxygène, $C^{10}H^{16}O$, qui serait un produit d'oxydation du premier.

Cette oxydation lui permettrait de se dissoudre dans le moût. En tout cas, sa faible solubilité et son extrême volatibilité sous l'influence de la vapeur d'eau font qu'il en reste très peu dans le moût et qu'une grande partie se dégage pendant l'ébullition du moût ou son refroidissement. Quoi qu'il en soit, c'est à l'huile qu'est due l'odeur forte et aromatique qui se répand dans les salles de brassage pendant la cuisson du moût ou autour des bacs refroidissoirs. Une autre partie beaucoup plus faible reste dans le moût et si elle n'est pas à l'état de résinate soluble, elle s'y dissout pendant la fermentation sous l'influence de l'alcool qui se forme.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Chapmann, dans une série de travaux publiés en 1893 et repris en 1903, a examiné quelques échantillons de cette huile essentielle.

Par distillation fractionnée il a obtenu :

1° Un carbure $C^{10}H^{16}$ de la série grasse et voisin du myrcène bouillant à 74-75° sous 33 millimètres de pression et à 165° sous 760.

Il est inactif, absorbe l'oxygène de l'air, se polymérise en une résine incolore ; sa densité est 0,8041 ;

2° Un corps $C^{10}H^{18}O$ bouillant à 120-130° sous 46 millimètres, faiblement lévogyre et qui est un mélange de linalol inactif, avec une petite quantité de substance active ;

3° A 135-150° un éther de l'acide isononoïque $C^9H^{18}O^2$ mélangé de linalol et d'un peu de géraniol ;

4° Au-dessus il passe de l'humulène pur.

Les deux carbures représentent 80 à 90 p. 100 de l'huile de houblon.

L'huile essentielle, traitée par CrO^4 bouillant, donne des acides acétique, valérianique, succinique, diméthyl-succinique dissymétrique. L'acide nitrique ne donne que des acides oxalique et acétique. L'acide succinique provient du myrcène ; l'acide diméthyl-succinique de l'humulène.

Le corps $C^{10}H^{16}O$ de Personne doit être le linalol de Chapmann. Il paraît être à l'état d'éther avec les acides des résines.

Le houblon contient très peu d'huile essentielle, pas plus de 2 à 8 p. 1000, et seulement les houblons très fins en ont plus de 5 p. 1000.

Aussi, l'huile ne paraît pas avoir une très grande influence sur la bière. L'action même antiseptique qu'on lui attribuait a été contredite par Greshoff, Chapmann, Bokorny. Lorsqu'on veut conserver dans la bière le parfum qu'elle peut lui communiquer, il faut, soit faire infuser une partie du houblon dans le moût chaud, sans ébullition, comme en Bohême, soit en ajouter dans les tonneaux, après fermentation, comme en Angleterre. Cette addition de houblon à la bière introduit outre l'huile et un peu de résine, de l'amylase et des microorganismes.

L'huile a un rôle, cependant, c'est d'aider à la conservation du houblon. En enlevant l'huile au houblon, les résines se détériorent très rapidement et les résines molles se transforment partiellement en résines dures.

On suppose qu'aussi longtemps qu'elle existe, c'est elle qui s'empare de l'oxygène de l'air tandis que les résines demeurent intactes. De là, la nécessité d'un empaquetage très soigné du houblon et de sa conservation à l'abri de l'air.

En vieillissant, l'huile s'oxyde et on pensait autrefois que cette oxydation donnait de l'acide valérianique $C^5H^{10}O^2$ auquel on attribue l'odeur désagréable que répandent les houblons vieux.

Mais aujourd'hui, avec Hayduck, on pense plutôt que l'oxydation de l'huile donne une résine (résine d'Hayduck) et que l'acide valérianique provient plutôt de l'oxydation soit des acides amers, soit des résines lesquelles, d'après Hayduck, seraient des produits d'oxydation intermédiaire des acides amers.

D'après Bungener l'huile se conserverait très bien à l'air, ce qui pourrait être une preuve que l'acide valérianique des houblons vieux provient des

IRIS - LILLIAD - Université Lille

résines. Mais il peut très bien arriver que l'huile isolée inattaquée à l'air libre soit transformée par le contact de l'oxydase à même le houblon.

Une quantité très forte d'huile n'est pas désirable dans la bière parce que c'est un excitant du système nerveux.

RÉSINES

Lermer avait trouvé deux résines, l'une communiquant à la lupuline sa couleur jaune et pouvant être précipitée d'un extrait éthéré du houblon, par la potasse caustique, l'autre donnant une coloration verte si on agite l'extrait par l'éther avec une solution de sulfate de cuivre.

Hayduck en a trouvé trois, auxquels il a donné les désignations α, β, γ. Pour les obtenir il fait une extraction du houblon par l'éther et traite le résidu évaporé par l'alcool à froid. Il obtient d'abord la précipitation d'un corps analogue à la cire et sur lequel nous reviendrons tout à l'heure. Ajoutant ensuite à la solution alcoolique de l'acétate de plomb, il obtient un nouveau précipité qui, après élimination de l'acétate de plomb, lui donne une première résine désignée sous le nom de résine α.

L'évaporation de la solution alcoolique filtrée laisse un résidu composé de deux résines, l'une soluble dans l'éther de pétrole, la β-résine ; l'autre insoluble, la γ-résine. Les deux premières sont des résines molles, la troisième est une résine dure.

L'*α-résine* est soluble dans l'alcool, l'éther, l'éther de pétrole, le chloroforme, le sulfure de carbone. Elle est peu soluble dans l'eau, qu'elle colore en jaune, mais à qui elle communique un goût amer très intense et persistant, Elle est plus soluble dans l'eau de fontaine que dans l'eau distillée et contracte avec les sels terreux alcalins des combinaisons solubles. Avec les oxydes des métaux lourds, elle forme, au contraire, des combinaisons insolubles. Sa solution aqueuse donne un précipité blanc avec l'acétate de plomb, bleuâtre avec le sulfate de cuivre, brun avec le perchlorure de fer ; l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique étendus la troublent, sans donner de précipité. En solution alcoolique, elle donne avec l'acétate de plomb un précipité jaune abondant ; avec l'acétate de cuivre un précipité vert qui tourne peu à peu au jaune brun. Si on mélange à sa solution éthérée une solution aqueuse de sulfate de cuivre, la couche d'éther qui surnage se colore en vert pâle.

Elle est de consistance visqueuse, épaisse, de couleur brun clair, inodore, faiblement acide, d'une saveur fortement amère, enfin antiseptique.

Chauffée avec de l'eau à 100°, elle donne naissance à trois produits :

1° Une résine molle soluble dans l'éther de pétrole, qui n'est précipitée ni par l'acétate de plomb, ni par l'acétate de cuivre, de couleur jaune clair ;

2° Une résine molle également soluble dans l'éther de pétrole et précipitable par les mêmes sels, mais de couleur plus sombre ;

3° Une résine dure, insoluble dans l'éther de pétrole, dont la solution éthérée n'est pas colorée en vert par le sulfate de cuivre et dont la solution alcoolique est seulement troublée par l'acétate de plomb.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La *β-résine* se distingue de la précédente en ce qu'elle est moins visqueuse, plus fluide et qu'elle possède une très forte odeur de houblon. Elle est, du reste, mélangée avec une certaine quantité d'huile essentielle, qui s'en sépare par distillation. Elle n'est précipitée de sa solution alcoolique ni par l'acétate de plomb, ni par l'acétate de cuivre ; ce dernier la colore en vert émeraude. Le sulfate de cuivre donne la même coloration à sa solution éthérée.

Son ébullition avec l'eau donne également naissance à trois produits : une résine molle, soluble dans l'éther de pétrole et ayant tous les caractères de la résine mère ; une seconde résine molle, insoluble dans l'éther de pétrole ; une résine dure, insoluble.

Elle a des propriétés antiseptiques ; vis-à-vis du ferment lactique, et de celui de la tourne elle est très active, au contraire elle l'est peu vis-à-vis du ferment acétique.

Les résines molles paraissent à Remy être en quantité proportionnelle à la qualité du houblon, mais ces quantités dépendent non seulement des variétés, mais aussi de la maturité, car elles se forment en dernier lieu, et des circonstances climatériques, car la transformation en résine dure est d'autant plus rapide que la température et l'humidité sont plus fortes.

On ne sait d'ailleurs pas si tous les houblons ont les mêmes résines : certains faits établis par la pratique tendent à faire croire le contraire. Ainsi dans les brasseries de la région d'Hallertau les bières se conservent mieux avec les qualités inférieures des houblons indigènes qu'avec les qualités supérieures.

Remy a trouvé que 18 centigrammes de houblon d'Altmark sont plus antiseptiques que 25 de Saaz.

En Belgique on préfère sous ce rapport les Indigènes aux Allemands.

Les différentes résines molles n'ont pas la même couleur, cela résulte d'expériences faites en Amérique par Hautked.

Ainsi il a trouvé pour le :

Houblon	du Pacifique.	une teinte	jaune d'or.
—	vieux.	—	rouge brun.
—	de New-York, Wisconsin.	—	verte plus ou moins foncée suivant l'année.
—	de Bohême	—	jaune vert.

Il semble exister une proportionnalité entre la richesse en lupuline et celle en résines molles, car la lupuline les contient (c'est pour cela que les houblon sains et frais ont des fleurs visqueuses). Remy a trouvé par une extraction à l'éther de différentes lupulines, des quantités de résine variant de 82 à 95 p. 100 de lupuline, chiffres qui seraient encore plus élevés si on éliminait avec soin les folioles qui ne contiennent pas 5 p. 100 de résines molles.

D'après Remy, les résines molles sont plus abondantes si le rachis est petit (pied peu vigoureux). Il semble que la faible proportion de potasse par rapport à l'azote ou à l'acide phosphorique, favorise l'oxydation des résines molles.

Donc si les rapports $\frac{\text{azote}}{\text{potasse}}$ et $\frac{\text{acide phosphorique}}{\text{potasse}}$ sont grands il y aura peu de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

résine molle malgré un rachis petit. Cependant si ces rapports étant grands, il y a beaucoup de graines accumulant une partie de l'azote et du phosphore, il peut y avoir beaucoup de résines molles.

A richesse de potasse constante, on peut dire que les quantités de résines molles sont en raison inverse du phosphore; pour l'azote la loi est moins nette.

La *γ-résine* est une résine dure, insoluble dans l'éther de pétrole, soluble dans l'alcool et l'éther, indifférente à toutes les réactions qui caractérisent les résines α et β. Sa solution dans l'eau distillée se trouble en refroidissant, tandis que dans l'eau de fontaine, la solution reste claire.

Elle est fortement colorée en brun; sans odeur et absolument sans amertume. Elle n'est pas antiseptique.

D'après Remy, la résine dure décroît en quantité lorsque l'azote et l'acide phosphorique croissent.

Les résines[1] jouent dans la bière un rôle assez complexe et qui n'est pas encore bien connu. Leur très faible solubilité et leur viscosité font qu'elles se répartissent dans le moût à l'état de particules très divisées, à l'état en quelque sorte d'émulsion. Pendant la fermentation, au fur et à mesure que le sucre disparaît, elles y sont, en partie du moins, soulevées et éliminées par les mousses en même temps que la levure, l'alcool dissout le reste. Le *couvercle* qui se forme à la surface de la bière dans la fermentation basse, après la fermentation principale, est composé en grande partie de résines; c'est cette élimination qui rend si amères les premières mousses qui sont rejetées au début de la fermentation. Il en résulte que, suivant que cette élimination s'est faite plus ou moins complètement, la bière garde un goût plus ou moins amer. Leurs solubilités différentes à chaud et à froid peuvent causer dans la bière un trouble particulier, appelé trouble de résine.

Mais, d'autre part, elles ont un effet antiseptique très certain[2]. Elles s'opposent au développement des ferments lactiques et butyriques, retardent l'évolution des ferments acétiques. Pour la même raison, elles exercent une certaine influence sur les cellules de levure alcoolique, diminuent leur pouvoir fermentatif, ralentissent la fermentation qui prend un cours moins tumultueux et exercent, par là, une action plutôt bienfaisante.

La résine dure est sans effet. Les résines molles, au contraire, agissent et communiquent leur amertume à la bière. Mais contrairement à ce qu'on a pensé pendant longtemps il y a une autre cause d'amertume dans la bière.

[1] Il est probable que ce ne sont guère que les résines molles qui jouent un rôle. En tout cas, dans les houblons anglais de plus mauvaise qualité que les continentaux, il y en a ordinairement moins.

[2] C'est un point sur lequel les différents auteurs ne sont pas d'accord. Greshoff, Bungener, Lintner attribuent le pouvoir bactéricide à des substances dérivées des acides; substances solubles dans l'eau chaude; Braungart cite ce fait que les Anglais préfèrent à leurs houblons les houblons américains moins riches en résines molles, un de leurs arguments est l'élimination progressive des résines pendant la fermentation; mais ce n'est pas une raison, car alors elles sont remplacées par d'autres antiseptiques tels que l'alcool.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On a trouvé dans le houblon frais de 17 à 18 p. 100 de résines solubles dans l'éther, parmi lesquelles :

De 7 à 8 p. 100 d'α-résine ;

De 8 p. 100 de β-résine.

De 5 p. 100 de γ-résine.

D'après les expériences d'Hayduck, confirmées par celles de Prior, on retire du houblon :

Par une 1re extraction 14,5 p. 100 des résines ;

Par une 2e extraction 14,9 p. 100 des résines ;

Par une 3e extraction 11,5 p. 100 des résines ;

Par une 4e extraction 8,1 p. 100 des résines.

Il reste donc, après quatre extractions, encore 52,9 p. 100 des résines dans le houblon. Comme les brasseries ne font qu'une seule extraction, elles ne retirent guère que 14,5 p. 100 des résines.

Prior s'est occupé de la question de savoir combien de ces résines passent dans la bière. Il a mesuré les extraits aqueux, alcooliques, éthérés du houblon avant et après ébullition.

En rapportant le tout à la substance sèche il a trouvé :

	Avant.	Après.
Extrait aqueux.	32,5	20,72
— alcoolique.	26,4	9,59
— éthéré	19,16	7.67

Donc 20,72 pour cent seulement des matières solubles dans l'eau sont restés dans la chaudière.

ACIDE AMER

Lermer, en traitant un extrait alcoolique de houblon par l'éther et la potasse, a obtenu un corps cristallisable qui rougit le tournesol, auquel il a donné le nom d'acide amer α du houblon et la formule $C^{32}H^{50}O^{7}$. Ce corps est insoluble dans l'eau et ne donne à celle-ci aucune amertume ; il est soluble, au contraire, dans l'alcool et lui communique une amertume très intense [1].

Bungener a isolé d'un extrait de houblon par l'éther de pétrole, évaporé dans le vide, un deuxième acide lupulique amer ou acide β. Cet acide n'a pas les mêmes propriétés que celui de Lermer. Il fond à 92°, au lieu de 56°, il est soluble dans l'alcool, l'éther, le benzol, le chloroforme, l'acide acé-

[1] Depuis la rédaction de cette page, Lintner et Sneil ont publié une étude complémentaire de cet acide α. C'est un acide cristallisable dans l'alcool et l'acide acétique, la benzine et l'acide acétique, l'acétone et l'acide acétique. Son sel de plomb obtenu par l'action de l'acétate de plomb alcoolique sur la résine α, cristallise dans un excès d'acétate, mais surtout dans un mélange chaud d'acide acétique et d'alcool 96° ; on repasse du sel de plomb à l'acide par l'action d'éther mêlé d'acide sulfurique. Cet acide traite par la soude, abandonne des résines, de l'acide valérianique, et un autre acide cristallisable de formule $C^{15}H^{24}O^{4}$ ayant une fonction carboxyle, une fonction carbonyle, une fonction hydroxyle et une double liaison. Les auteurs l'ont nommé humulone.

L'acide α oxydé au permanganate donne de l'acide valérianique. Les auteurs font de l'acide α un éther d'acide valérianique et d'humulone, ils lui attribuent la formule $C^{20}H^{22}O^{5}$.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tique, très peu dans l'éther de pétrole et pas du tout dans l'eau. Il est faiblement acide et cristallise en prismes rhomboïdaux. La formule serait $C^{25}H^{36}O^{5}$.

Il est très instable. Si on laisse les cristaux exposés à l'air, ou bien si on laisse évaporer à l'air et à la température ordinaire leur solution alcoolique, ils se transforment en une masse jaune, résineuse, ayant l'odeur des acides gras et dont la solution est fortement amère. Si l'acide amer cristallisé est bouilli avec de l'eau à l'abri de l'air, l'eau reste incolore et sans saveur. Si, pendant l'ébullition, on fait traverser un courant d'air, l'eau se colore et prend une saveur amère très prononcée. C'est ainsi qu'il communiquerait son amertume au moût de bière pendant la cuisson et le refroidissement. D'après Farkas, il a une action très nette sur les centres nerveux, mais moins que l'acide α.

Il a des propriétés antiseptiques et à la dose de 5 milligrammes p. 100 il suspendrait le développement du ferment lactique ; à la dose de 2 à 3 milligrammes p. 100, il l'arrêterait complètement. Bungener attribue à lui seul l'action antiseptique que Hayduck donne aux résines. Il est sans effet sur les levures.

Bungener a conclu aussi que l'odeur désagréable du vieux houblon provient de l'oxydation de l'acide amer et non de l'huile essentielle. L'acide amer traité par les moyens d'oxydation donne de l'acide valérianique. Les vieux houblons en contiennent moins que les houblons frais.

Il y aurait donc deux acides amers ; c'est l'opinion de Hayduck, qui a séparé les deux acides des deux résines α et β.

D'après lui, à l'origine il n'y aurait que l'huile essentielle et les deux acides amers. L'huile, en s'oxydant en partie, donnerait naissance à la γ résine ; les deux acides, à leur tour, formeraient, par oxydation, les résines α et β.

Aucune analyse ne donne les proportions d'acide amer contenu dans le houblon.

TANIN

Il existe dans toutes les parties de la fleur mais surtout dans les bractées.

Lorsqu'on met celles-ci, par exemple, dans une solution de perchlorure de fer, elles noircissent, tandis que la lupuline se colore à peine et les tiges fort peu.

D'après Rémy voici les doses de tanin contenues dans certaines variétés.

Saaz	2,92	4,88
Spalt	2,99	3,22
Hallertau	2,71	2,86
Aischgrund	1,42	2,15
Wurtemberg	3,26	5,40
Alsace	1,96	3,34
Altmarck	1,82	2,65

IRIS - LILLIAD - Université Lille

D'après Barth (1898) voici d'autres nombres.

Spalt ville	5,95
— environs	4,93
Siegelmark	4,07
Saaz	4,07
Auscha	4,27
Wurtemberg	3,90
Kent	3,50
Hallertau	3,39
Altmarck	2.63
Californie	3,30
Alsace	2,49

Ces nombres, quels que soient les auteurs, sont très sujets à caution puisque les méthodes d'analyse sont incertaines.

D'après Rémy, plus il y a d'azote soluble dans un houblon et plus il y a d'acide phosphorique, plus il y a de tanin, parce que, sans doute, les produits de synthèse chlorophyllienne ne trouvant pas à s'engager dans des composés azotés, se dirigent vers une autre voie, et puis sans doute qu'un excès de tanin gêne la formation des composés azotés non éliminés à l'état soluble.

Ce sont les variétés de choix (riches en cônes assortis) qui contiennent le plus de tanin. Ce qui semblerait indiquer que la finesse correspond à une nutrition insuffisante.

En vieillissant le houblon s'appauvrit en tanin ; ainsi Hayduck n'en a plus trouvé que 1/2 p. 100 dans un houblon de six ans. Les modes de conservation, sauf le soufrage, influencent peu la résistance du tanin.

Préparation et propriétés du tanin. — Un extrait alcoolique étendu est précipité par l'acétate de plomb, celui-ci est décomposé par l'hydrogène sulfuré qui entraîne le plomb et le phlobaphène. La liqueur alcoolique est alors traitée par de l'alcool à 70 p. 100, ce qui précipite le tanin. Celui-ci séché, traité par l'éther acétique est filtré, pour éliminer le phlobaphène entraîné et qui est insoluble. La solution est évaporée.

Le tanin se présente sous la forme d'une poudre brun clair, amorphe, soluble dans l'eau, avec fluorescence verte, l'alcool étendu, l'éther acétique, peu soluble dans l'alcool absolu, insoluble dans l'éther.

Il est astringent et faiblement acide au tournesol, décolore l'iodure d'amidon, est précipité par les acides minéraux et par le chlorure de sodium. Il précipite l'albumine, la gélatine, la colle de poisson. Ses solutions donnent une coloration verte très intense avec le perchlorure de fer sans précipité. Suivant Hayduck, contrairement à Etti, le tanin se fixe sur peau.

La diffusibilité du tanin de houblon est assez faible, de sorte que vingt-cinq lavages à l'eau bouillante n'épuisent qu'incomplètement les cônes. Windisch a montré qu'un houblon macéré cinq heures dans l'eau bonillante contient encore du tanin.

On vend souvent ou du vieux houblon saupoudré de tanin ordinaire ou du tanin de houblon pour ajouter à la bière. La fraude se reconnaît ainsi :

IRIS - LILLIAD - Université Lille

1° Le perchlorure de fer Fe^2Cl^6 donne un précipité noir bleu.

Tandis que le tanin de houblon donne un précipité brun verdâtre et un filtrat brun de sorte que le mélange des deux tanins donne du noir.

2° Le ferricyanure à 1 p. 1000 additionné de son volume d'ammoniaque donne avec le tanin une coloration rouge, tandis qu'il ne donne rien avec le tanin de houblon.

Transformation du tanin en phlobaphène. — Le tanin de houblon est très altérable. Sa solution évaporée au bain marie donne du phlobaphène; sa transformation est d'ailleurs complète à sec et à 40° ou en évaporant en présence des alcalis.

Ce phlobaphène existe toujours dans le houblon à côté du tanin dont il paraît être un produit de déshydratation car il a la formule $C^{30}H^{16}O^{15}$.

Il a été isolée par Etti en 1876. Un extrait éthéré est précipité par l'alcool étendu; le précipité brun de phlobaphène est lavé à l'acétate d'éthyle qui enlève le tanin entraîné.

Le phlobaphène est une poudre brun rouge, peu soluble dans l'eau et dans l'alcool. Il est soluble dans l'ammoniaque ce qui le distingue des résines. Le perchlorure de fer produit dans ses solutions un précipité vert sombre, sale. Il précipite la peau animale et l'albumine.

Le phlobaphène devient tout à fait insoluble à 130°.

Rôle du tanin. — Le rôle du tanin dans la bière est assez discuté : d'ailleurs les méthodes de dosage sont tellement variables que deux houblons au même titre apparent ne donnent pas les mêmes résultats. Quoi qu'il en soit, on a discuté le rôle qu'il joue dans la saveur; d'autre part l'effet antiseptique n'est pas certain.

On a dit aussi qu'au refroidissement du moût, il se déshydrate en donnant du phlobaphène qui en se précipitant clarifie la bière et on peut citer à l'appui de cette opinion le fait qu'un moût traité par de la lupuline isolée ne se casse pas.

C'est une opinion due à Pasteur, mais elle n'est pas basée sur une expérience directe, on a souvent trouvé de l'importance au tanin en lui attribuant de précipiter des albuminoïdes dans le moût, de clarifier ainsi tout en aidant à la conservatiou d'une bière devenue moins riche en azote.

Enfin on attribue au tanin un effet sur le collage de la bière.

Au point de vue de la saveur il ressort des travaux de Hayduck, que le tanin, qui n'a aucune influence sensible sur la saveur de la bière, joue un rôle considérable dans sa coloration. Plus on houblonne fortement, plus la bière est pâle, ce qui s'explique par la raison qu'on fait disparaître une proportion plus forte de matière albuminoïde, à laquelle il faut rapporter la coloration du moût pendant l'ébullition.

En ce qui concerne le pouvoir antiseptique, il est assez faible et le pouvoir antiseptique du houblon tient surtout à ses résines dont on compare souvent l'effet à celui de l'acide salicylique.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Au point de vue de la clarification du moût, Hayduck est d'avis qu'il faut distinguer le tanin et le phlobaphène.

En effet, si l'on fait une macération d'orge dans l'eau, à froid, qu'on la porte à l'ébullition et qu'on filtre, on obtient une solution de matière albuminoïde non coagulable, sur laquelle on peut, comme l'a fait Hayduck, étudier l'action du tanin du houblon et du phlobaphène.

Introduit dans cette solution, le tanin du houblon donne un précipité qui se redissout à l'ébullition et se sépare par le refroidissement. La liqueur filtrée renferme encore du tanin, car elle donne une réaction avec le perchlorure de fer; elle renferme aussi de la matière albuminoïde, et précipite par l'addition du tanin ordinaire. On arrive ainsi à la conclusion que la matière albuminoïde soluble de l'orge fournit, avec le tanin du houblon, une combinaison peu soluble dans l'eau froide et très soluble dans l'eau bouillante, de sorte que d'une solution à chaud, elle se précipite par le refroidissement d'autant plus complètement que le liquide est plus fortement refroidi.

Si on fait un essai analogue avec le phlobaphène, on obtient aussi un précipité ; mais la combinaison produite est tout à fait insoluble, de sorte qu'on pourrait, avec un excès de phlobaphène, arriver à la précipitation complète de toute la matière albuminoïde, chose impossible avec le tanin.

Ces recherches d'Hayduck l'ont amené à la conclusion que le rôle du tanin, comme précipitant des matières azotées, est très minime. Hyde avait déjà vu que l'ébullition seule, sans houblon, précipite autant de matières albuminoïdes que lorsqu'on ajoute du houblon, et Hayduck est d'accord avec Briant et Meacham pour constater que, s'il y a une différence en faveur du houblonnage, elle est presque insignifiante.

Cependant, P. Baillon n'admet pas l'idée de Hayduck. Il cite à l'appui de son opinion, le cas d'un moût à 23°B chauffé à 120° se troublant à froid, mais rendu parfaitement clair par filtration, qui, chauffé une deuxième fois à 120° pendant trente minutes ne se trouble plus à 0° alors qu'il précipite par le tanin de chêne ou de houblon.

Une autre expérience dans le même sens est celle-ci :

Du moût non houblonné est traité par le réactif d'Almen, il se produit immédiatement un fort précipité, on filtre; on ajoute du tanin à 20 p. 100, on a un nouveau précipité abondant; d'autre part, si à du moût houblonné on ajoute le réactif d'Almen[1], on a un précipité, mais le filtrat traité de nouveau par une solution concentrée de tanin, on a un très léger précipité très difficile à rassembler, même en douze heures.

Le houblon dans ce cas a donc précipité quelque chose que précipite le tanin. Mais il faut remarquer que, dans ces expériences, les précipitations par le houblon ont lieu à froid (0°) tandis qu'Hayduck a opéré à diverses températures en ayant soin de dire qu'aux hautes températures, la combinaison de tanin et d'albuminoïde est soluble.

[1] 190 centimètres cubes alcool 50° ; 8 centimètres cubes acide azotique à 25 p. 100 ; 4 grammes tanin de noix de galle.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

En ce qui concerne l'élimination de l'azote du moût, il n'est rien moins que certain, car si le moût perd 2 p. 100 de son azote le tanin peut en importer jusqu'à 5 p. 100.

En effet, il faut considérer que le houblon renferme, d'après Rémy, 30 p. 100 de son azote à l'état de matières azotées solubles qui peuvent se dissoudre dans le moût sans réagir sur le tanin et sans subir aucune altération par l'ébullition ; ces matières azotées représentent un élément nutritif important pour la levure et, en se dissolvant, elles se substituent à de la matière azotée du moût, coagulée par l'ébullition, de sorte que l'azote total du moût restant à peu près constant, sa qualité se trouve profondément modifiée.

Il y a encore un point des idées de Hayduck qui mérite d'attirer notre attention. On a attribué à des matières azotées le trouble que la bière subit par le froid, qu'on a appelé trouble de glutine ; pour Hayduck, ce trouble est dû à une diminution de solubilité de la combinaison peu soluble des matières azotées avec le tanin du houblon, et la précipitation complète à chaud, telle que la produit le phlobaphène, serait préférable à la production de combinaisons un peu solubles que produit le tanin.

Les recherches les plus récentes ont contribué à amoindrir considérablement le rôle du tanin dans le houblonnage et nous en avons la preuve dans les idées de Hayduck sur cette opération.

M. Héron est allé plus loin dans cette négation du rôle du tanin. Pour lui, ce qui précipite une matière azotée, ce n'est pas le tanin, mais le phlobaphène ; le tanin lui-même n'est capable de produire aucun précipité. On peut s'en convaincre facilement en filtrant du moût non houblonné à diverses phases de son ébullition en chaudière, et ajoutant à ce moût parfaitement clair, une infusion bien limpide de houblon. Il ne se produit aucun précipité, même à l'ébullition.

Néanmoins, M. Héron ne va pas jusqu'à nier absolument l'intervention du tanin. Pour lui, le tanin se combinerait avec les peptones du moût pour donner un corps qu'il appelle tano-peptone et qui passerait dans la bière en vertu de sa solubilité dans les acides faibles que le moût renferme toujours.

Il ne reste donc plus, pour le tanin du houblon, qu'une période de la fabrication où il joue un rôle : c'est au moment du collage, et ce rôle est restreint aux bières de fermentation haute.

Ce rôle est confirmé par le fait que, dans les bières qui ont refusé de prendre la colle, on ne trouve que des traces de tanin, parce que le houblon employé à leur fabrication était défectueux, et ne renfermait plus qu'une quantité infime de tanin.

Il importe donc, pour la réussite du collage, d'employer des houblons riches en tanin et non des houblons surannés, dans lesquels la majeure partie du tanin a disparu.

De plus, la teneur en tanin ne renseigne pas seulement sur cette substance. On a, en effet, constaté dans un grand nombre d'analyses de houblons, que les houblons les plus riches en tanin sont aussi ceux qui renferment le

IRIS - LILLIAD - Université Lille

plus de résines et le plus de substances aromatiques. Il y a donc intérêt à se servir de houblons riches en tanin, parce que, sauf des exceptions assez rares, on sera assuré d'avoir affaire en même temps à des houblons présentant les principales qualités requises en brasserie.

CIRE

Hayduck, pour obtenir les résines, faisait une extraction par l'éther à température ordinaire. Il distillait l'éther et le résidu, traité à froid par de l'alcool à 90°, laissait une substance brune, analogue à la cire et que Lermer croit identique à la myricine[1]. Cette substance a été peu étudiée ; en tout cas, sa complète insolubilité dans l'eau fait supposer qu'elle n'a aucune importance dans la fabrication.

ACIDES

Payen et Chevalier ont trouvé, dans le houblon, l'acide malique à l'état libre et à l'état de combinaison avec le calcium ; Etti, l'acide citrique combiné à la potasse ; Lintner, de l'acide succinique. Les cendres renferment de l'acide phosphorique et de l'acide sulfurique ; les houblons vieux contiennent de l'acide valérianique.

Behrens estime les différents acides à 2,81 — 6,75 p. 100, exprimés en acide lactique. D'après lui, plus l'acidité est grande, moins le houblon est coloré. Il explique ainsi la coloration plus accentuée que prennent les cônes, soit sous l'influence des rayons du soleil lorsqu'ils sont cueillis trop tard, soit sous l'influence des bactéries de putréfaction ou de l'humidité, lorsqu'ils sont mal conservés.

MATIÈRES AZOTÉES

Le houblon contient des matières azotées. Personne les avait décrites sous le nom de glutine. Les enveloppes de la lupuline donnent une coloration rouge avec le réactif de Millon. Hayduck a dosé dans différents houblons de 12 à 24 p. 100 de matières azotées, dont 4,6 à 10 p. 100 de solubles.

Parmi celles-ci se trouvent la triméthylamine (Griessmayer) ; l'asparagine (Bungener), qui forme environ 30 p. 100 des matières solubles des cônes ; la choline (Griess et Harrow), qui existe pour 1/5e p. 100.

Nul doute que les matières azotées du houblon qui se dissolvent dans le moût n'augmentent la valeur alimentaire de la bière et ne contribuent à la nutrition de la levure. La choline serait intéressante surtout, parce qu'elle se combinerait avec l'acide carbonique et participerait au moelleux et à la mousse de la bière.

Alcaloïde du houblon. — On avait observé depuis longtemps qu'une bière fortement houblonnée et concentrée avait un effet narcotique. Lermer l'attribue à une substance blanche, cristallisable qui, en fondant, dégage une faible odeur de corne.

[1] Palmitate de myricyle $C^{15}H^{31}CO^2C^{30}H^{61}$.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Griessmayer a extrait de la triméthylamine brute du houblon, un alcaloïde qu'il appelle le *lupulin*. C'est un liquide brun jaunâtre, à odeur assez forte et analogue à la conicine, donnant toutes les réactions des alcaloïdes. Il l'a trouvé aussi dans les bières de Bavière.

Gresshof l'a isolé de houblons sauvages américains et le nomme *hopéine*. Ladenbourg l'a considéré comme une morphine impure ; l'alcool amylique le sépare en deux corps différents dont l'un identique à la morphine.

Des recherches plus récentes n'ont pas confirmé ces expériences et la présence d'un alcaloïde reste hypothétique, on croit que s'il existe c'est en très faible quantité et seulement dans les graines des houblons très inférieurs. Hantke et Kremer ont isolé une matière à odeur de nicotine ayant les propriétés des alcaloïdes des graines et non du houblon proprement dit et Faras a constaté, qu'en injection, l'infusion de graines de houblon est un poison du cœur. Certains auteurs pensent que l'alcaloïde du houblon serait voisin de celui du hadshi c'est-à-dire du chanvre. Seulement cet alcaloïde n'est pas établi d'une manière bien certaine. Quant à sa nature on est encore moins fixé, cependant on a souvent parlé de cocaïne.

DIASTASE DU HOUBLON

Brown et Morris ont prouvé l'existence dans le houblon d'une amylase analogue à celle du malt et capable de saccharifier l'amidon et les dextrines. Quand on ajoute du houblon frais à la bière, après fermentation, comme c'est l'habitude en Angleterre, cette diastase entre en solution, transforme les dextrines en sucre, qui fermente, et augmente l'atténuation de la bière. D'après les auteurs, cette diastase serait contenue en très grande partie dans les ovules ; les bractées en auraient très peu. Un extrait en contient toujours peu parce que le tanin la coagule. Mais dans la bière le tanin trouve toujours assez d'albuminoïdes pour ne pas se fixer sur cette diastase.

Il est probable qu'il y a dans le houblon de nombreuses diastases ; elles jouent un rôle en préparant le terrain aux microbes qui altèrent le houblon pendant qu'on le conserve.

Delbrück a fait remarquer que ces altérations tiennent à la race, au mode de culture, aux soins de la récolte et que pour les étudier d'une manière comparative il faut toujours opérer sur une même quantité, dans un même vase et avec la même humidité.

AUTRES SUBSTANCES

Le houblon contient de la cellulose, de la gomme et des sucres réducteurs. Brown et Morris ont trouvé dans un extrait de houblon 3,65 p. 100 de sucre, dont 1,55 p. 100 de dextrose, 2,10 p. 100 de lévulose. Suivant certains auteurs, il y a une matière colorante voisine du quercitrin.

La semence fécondée renferme une huile grasse à saveur forte et désagréable, qui surnage sur les moûts pendant le refroidissement et peut, en trop grande quantité, influencer la saveur de la bière.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MATIÈRES MINÉRALES

Les cendres sont riches surtout en potasse, en acide phosphorique, en chaux et en acide silicique.

Wolf a trouvé, dans 26 analyses, une moyenne 7,54 p. 100 de cendres.

HOUBLON CONSERVÉ

On sait qu'on est obligé de conserver le houblon. Quelles sont les modifications qui en résultent pour sa composition. On peut dire qu'il y a transformation des résines douces en résines amères, et destruction de tanin : 50 p. 100 en six mois d'après Héron[1].

Le houblon conservé par la méthode ordinaire perd beaucoup de sa valeur en un an; mais si on opère à 0° cette perte est très réduite.

Le froid protège les résines ; voici quelques résultats de Briant et Reacham.

	RÉSINE DOUCE	RÉSINE AMÈRE	TOTALE
Houblon en balles . . .	11,75	3,16	14,91
7 mois 22°.	8,82	5,94	14,76
7 — 10°.	9,21	5,11	14,36
7 — 3°.	10,67	4,20	14,87
7 — au-dessous de 0.	11,10	3,57	14,67

Un houblon de Kent Goldings conservé six ans par le froid n'a perdu 1°, que 0,19 p. 100 de résines totales (0,25 de résines douces avec production de 0,06 de résines amères) et 2°, 0,25 de tanin. C'est donc une détérioration de 1,6 p. 100 par rapport aux résines et de 10 p. 100 par rapport au tanin; Tandis que la conservation ordinaire cause une dépréciation de 25 à 35 p. 100 et même supérieure.

ANALYSE DU HOUBLON

Ce qui fait la valeur du houblon, c'est son arome qui se communique à la bière, or aucune analyse chimique ne permet de l'évaluer et surtout d'évaluer ce qui en passera dans la bière. L'appréciation par les signes extérieurs reste, jusqu'à ce jour, le seul procédé qui permette de porter un jugement sur la qualité d'un échantillon.

On a tour à tour attribué la valeur du houblon au tanin (Ott et Moser), au principe amer, à l'huile éthérée, aux résines (Prior), aux seules résines molles (Lawrence Briant, Meacham), sans prouver qu'une de ces substances dominant dans le houblon put servir de base à une détermination de sa qualité. Aubry, analysant des houblons très fins de Saaz et des houblons grossiers d'Alsace, a trouvé que tous les deux donnaient, à peu de chose près, les mêmes extraits aqueux et alcooliques.

[1] Hayduck, dans un houblon de six ans, n'a plus retrouvé que 0,5 de tanin. Enfin pendant la conservation il y a une transformation de l'huile essentielle qui paraît alors contenir de l'acide valérianique.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il nous paraît, en tout cas, plus rationnel d'attribuer une plus grande importance aux résines qui résident toutes dans la lupuline, parce que l'abondance de cette dernière dans les cônes, fait leur véritable valeur.

Dans l'analyse chimique, on se contente de déterminer : l'humidité, l'extrait aqueux, l'extrait alcoolique, l'extrait par l'éther de pétrole et le tanin.

HUMIDITÉ

On pèse exactement 4 à 5 grammes de cônes effeuillés sur un verre de montre et on sèche dans le vide, au-dessus de l'acide sulfurique, à température ordinaire, jusqu'à poids constant. Il faut plusieurs jours. (Si on séchait à l'étuve, l'acide s'évaporerait.)

EXTRAIT AQUEUX

On fait bouillir un poids déterminé de houblon pendant deux à trois heures dans 100 à 200 centimètres cubes d'eau distillée, on refroidit, on filtre et on ramène au volume primitif. La densité du liquide donne l'extrait; on n'a pas les résines.

EXTRAIT ALCOOLIQUE

On épuise 5 à 6 grammes de houblon, 6 ou 8 fois, avec environ 10 fois son poids d'alcool, dans un appareil de Soxhlet, jusqu'à ce que l'alcool qui traverse le houblon ne soit plus coloré. On filtre, on évapore et on pèse le résidu.

Barth recommande de ne pas évaporer l'alcool, parce que certaines substances du houblon peuvent s'évaporer, mais d'amener l'extrait alcoolique à une quantité déterminée et de chercher l'extrait par la densité.

Cette méthode ne peut être précise car de l'eau du houblon se mêle à l'alcool et il n'y a pas toute l'eau, pas plus que tout l'alcool, puisque les feuilles de houblon restent humides. D'autre part, on sèche et on pèse le houblon retiré de l'appareil, ce qui sert de contrôle.

L'alcool extrait les mêmes substances que l'eau et, en plus, les résines. La différence entre l'extrait aqueux et l'extrait alcoolique donne la quantité des résines.

L'expérience peut suffire au brasseur pour une étude comparative de ses houblons. L'alcool extrait tout ce que le brasseur peut en retirer.

EXTRAIT PAR L'ÉTHER DE PÉTROLE

On effeuille 4 à 5 grammes de houblon, en ayant soin de retirer les feuilles ou autres impuretés mélangées aux cônes. Après pesée, on introduit le houblon, enfermé dans un dé en papier à filtrer, dans un extracteur de Soxhlet. On verse dans l'extracteur environ 120 centimètres cubes d'éther de pétrole bouillant à 50° et on chauffe à 68°-70°, pendant huit à dix heures[1]. On filtre

[1] Pour éviter les accidents, il est bon d'utiliser pour le chauffage la disposition suivante : On entoure le ballon d'une enceinte en fer-blanc, cylindro-conique, percée d'un trou à la

IRIS - LILLIAD - Université Lille

chaud et on évapore jusqu'à poids constant. On achève ensuite d'épuiser le houblon resté dans l'appareil, avec de l'éther ordinaire pendant dix à douze heures, de la même manière ; on filtre et on évapore. Le houblon épuisé, à son tour séché et pesé, contrôle l'opération. Les résultats sont rapportés au poids net du houblon.

A propos du dosage des résines par l'extrait éthéré (éther de pétrole, puis éther). *J. Lintner* pense que cette méthode est capricieuse parce que l'éther de pétrole étant un mélange qui s'évapore des parties les plus volatiles, l'extraction est différente suivant les conditions où l'on opère. Il se dissout plus ou moins de la résine à la faveur du pétrole moins volatil et des autres résines déjà dissoutes.

Briand et Meacheam, les auteurs de la méthode, ont repris l'étude de la question et donnent raison à Lintner en ce sens qu'ils considèrent leur méthode comme variable, mais ils pensent qu'en opérant d'une manière constante on a de bons résultats comparables.

Toujours est-il qu'ils considèrent la méthode Lintner comme aussi bonne et plus rapide que la leur.

Méthode Lintner. — Le principe est d'extraire les résines non par épuisement, mais par décoction dans beaucoup d'éther de pétrole, de manière à enlever le minimum de résine γ. Puis à faire le dosage de la résine extraite non par évaporation, mais par alcalimétrie. Il faut remarquer que l'acide amer β est aussi dosable par alcalimétrie, mais qu'il est infiniment peu soluble dans l'éther de pétrole.

Voici le manuel opératoire.

10 grammes de houblon sont mis dans un ballon de 500-505 relié à un réfrigérant ascendant et contenant 300 centimètres cubes d'éther de pétrole bouillant à 30-50°.

On fait bouillir pendant huit heures, on arrête l'ébullition, on amène le volume à 505 avec de l'éther de pétrole. On filtre dans un flacon à l'émeri, on prélève 200 centimètres cubes de ce liquide correspondant à 2 grammes de houblon et on y ajoute 80 centimètres cubes d'alcool fort. On titre avec de la potasse déci-normale en présence de la phtaléine.

On admet que le poids moléculaire moyen de l'acide α est 400, c'est-à-dire que 1 centimètre cube de potasse correspond à 40 milligrammes d'acide amer α.

Il est bien entendu que la méthode n'est qu'approximative.

DOSAGE DU TANIN

Les méthodes peuvent se grouper ainsi :

1° Celles qui déterminent l'absorption par la poudre de peau ;

partie conique et inférieure. Un bidon défoncé est tout indiqué pour servir dans cette opération. Quoi qu'il en soit, on envoie par le trou inférieur à l'aide d'un tube quelconque en verre ou en plomb, un jet de vapeur produite dans une autre pièce.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

2° Celles qui procèdent par oxydation du tanin;

3° Celles qui utilisent l'absorption de l'iode.

Les méthodes sont tout à fait différentes dans leurs résultats; ainsi la première a donné 4,15 et la deuxième 1,8 p. 100 pour le même échantillon; les méthodes du premier groupe donnent des nombres trop forts. Pour appliquer une des méthodes, il faut épuiser le houblon de son tanin.

Hayduck procède par plusieurs extractions successives qui peuvent altérer le tanin.

Il est mieux de faire une seule extraction. Dans une fiole de 1 000-1 005 centimètres cubes, on met 10 grammes de houblon, on ajoute 900 centimètres cubes d'eau, on porte au bain-marie en agitant de temps en temps, puis on refroidit à 15° et on complète le volume à 1 005 pour 1 000.

Méthodes à la peau. — Pour pratiquer les méthodes à la peau on pourrait, par exemple, s'inspirer de la méthode Neubauer Lowenthal-Schöder, en traitant 10 centimètres cubes de la liqueur par 3 grammes de poudre de peau. Il faut opérer sur filtre taré à sec dont l'augmentation de poids indiquera le tanin.

Méthodes par oxydation. — Les méthodes par oxydation sont le plus souvent basées sur l'emploi du permanganate, mais il y en a d'autres.

Méthodes au permanganate. — Pour éliminer l'influence des substances étrangères, il est bon de faire deux dosages ; l'un sur la totalité des matières, l'autre sur le résidu après précipitation du tanin, soit par la gélatine, soit par la peau.

Voici les principales méthodes.

Méthode Neubaüer Lœwenthal. — Réactifs :

1° Solution d'indigo; 30 grammes de carmin en pâte, par litre ou mieux 1gr,5 d'indigotine et 30 centimètres cubes d'acide sulfurique par litre.

2° Solution de tanin de houblon pur à 2 grammes par litre;

3° Permanganate à 1,666 gr. par litre;

4° Solution décime d'acide oxalique;

5° Noir animal (épuisé par HCl);

6° Acide sulfurique normal titré.

On commence par établir la corrélation entre : 1° une solution formée de 20 centimètres cubes d'indigo, de 10 d'acide et de 700 centimètres cubes d'eau et, 2° le permanganate (virage au jaune d'or). Puis on recommence en présence de 0,02 gr. (10 cm³) de tanin pur. Cela donne l'équivalence du tanin et du permanganate. Quant au dosage, on le fait une première fois sur 10 centimètres cubes de l'extrait à 1 gramme pour 100 centimètres cubes du houblon et une deuxième fois en présence d'ammoniaque, supposée précipiter les matières pectiques. On prend la différence.

Exemple.

1° L'indigo est équivalent à n de permanganate.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

2° L'indigo + 10 centimètres cubes de tanin pur représentent n' de permanganate.

Donc ($n' - n$ de permanganate valent 0,02 gr. de tanin.

3° Sur l'extrait de houblon ; il faut ajouter N' de permanganate.

4° Sur l'extrait de houblon rendu ammoniacal ; il faut N de permanganate.

N' — N représentent le tanin ; il y a donc $\frac{N' - N}{n' - n} \times 0{,}02$ gr. de tanin dans 10 centimètres cubes de houblon, soit avec la solution adoptée dans 0,1 gr. Par conséquent il y a $\frac{N' - N}{n' - n}$ 20 grammes p. 100 de tanin.

Enfin comme la possession de tanin pur est chose difficile, on se contente souvent d'exprimer le tanin en son équivalent en acide oxalique.

(6,3 gr. d'acide oxalique = 31,6 cm³ de permanganate à 1 gramme par litre).

Méthode Neubaüer Lowenthal et Schroder. — Après avoir titré comme plus haut, on fait 2 dosages, l'un directement sur l'extrait de houblon, l'autre sur cet extrait précipité par 3 grammes de peau.

Autres méthodes par oxydation. — Nous citerons la méthode Thompson dont voici le principe : l'oxyde puce de plomb décompose H^2O^2 en liqueur alcaline et le tanin absorbe l'oxygène naissant.

0,10 gr. de tanin peut absorber 20 centimètres cubes d'oxygène mesurés à 0° et 760.

On opère sur un extrait alcoolique de houblon fait de telle manière qu'on ait à peu près 1 gramme de tanin (environ 200 grammes de houblon) dans un liquide qu'on ramène à 50 centimètres cubes par évaporation.

On prélève 5 centimètres cubes qu'on place dans un appareil disposé pour recueillir l'oxygène. On ajoute H^2O^2, de la soude, puis PbO^2. Après deux heures on lit le volume d'O ; on attend encore une heure pour voir si le volume varie. Soit V le volume en centimètres cubes, V' celui qui correspond à l'eau oxygénée, il y a dans les 5 centimètres cubes de matières employées $(V' - V) \times \frac{0{,}1 \text{ gr.}}{20}$ de tanin.

soit pour les 50 centimètres cubes d'extrait $\frac{V}{20}$ grammes de tanin.

Remarque. — Il n'est pas bon, dans cette méthode, de faire l'essai sur la liqueur précipitée à la peau, car celle-ci peut agir sur l'eau oxygénée. La méthode n'est donc qu'approximative.

Méthodes à l'iode. — La meilleure est celle de Kokosinski.

Réactifs :

1° Solution normale de soude ;

2° Acide sulfurique normal ;

3° Solution d'iode $\frac{N}{50}$;

4° Solution d'hyposulfite de soude $\left(\frac{4N}{50} = 9{,}92 \text{ par litre}\right)$;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

5° Solution d'acide gallique (0,5 gr. par litre) ;

6° Empois d'amidon.

On fait un extrait de 10 grammes de houblon dans 500 centimètres cubes d'eau bouillante, en ayant soin d'ajouter avant l'ébullition un peu d'eau oxygénée pour oxyder l'acide sulfureux dû au soufrage.

On prend 3 flacons de 100 centimètres cubes ; dans le premier on met 10 centimètres cubes d'eau distillée ; dans le deuxième 10 centimètres cubes d'acide gallique ; dans le troisième, 10 centimètres cubes d'extrait de houblon.

Dans chaque flacon, on met 4 centimètres cubes de soude, 20 centimètres cubes d'iode de manière à ce qu'il soit en excès. On agite cinq minutes et dans chaque flacon on ajoute 4 centimètres cubes d'acide sulfurique, 10 centimètres cubes d'hyposulfite et quelques gouttes d'amidon. On revient au bleu avec de l'iode versé à la burette.

Comme dans la réaction de l'iode et de l'hyposulfite 1 atome d'iode réagit sur 1 molécule ou 2 équivalents d'hyposulfite, c'est-à-dire que 1 centimètre cube de la liqueur d'iode correspond à $\frac{1\ cm^3}{2}$ de la liqueur d'hyposulfite ; par conséquent 10 centimètres cubes de celui-ci valent 20 d'iode. Soit n, n', n'', les quantités d'iode ajoutées. On en a employé $(20 - 20 + n)$, $(20 - 20 + n')$, $(20 - 20\ n'')$. De sorte que l'acide gallique a exige $n' - n$ et le houblon $n'' - n$ d'iode.

Le houblon représente donc $\frac{0{,}005\ gr.}{n' - n}\ n'' - n$ d'acide gallique et comme on a opéré sur 10 centimètres cubes contenant le tanin de $\frac{10\ gr.}{50}$ de houblon.

Dans 100 grammes de houblon, il y aura 500 fois plus de tanin, soit $\frac{5\ gr.}{2} \times \frac{n'' - n}{n' - n}$ en acide gallique.

Remarque sur le dosage du tanin. — En réalité quoique le rôle du tanin paraisse faible dans la bière, il est bon de faire ce dosage car les houblons riches en tanin sont ordinairement les meilleurs.

Il faut remarquer qu'en vieillissant, le tanin tend à diminuer ; par exemple en un an la perte est de 50 à 55 p. 100 ; en quatre ans, elle atteint 80 p. 100. Le soufrage d'ailleurs augmente la conservabilité du tanin.

CONCLUSIONS A TIRER DE L'ANALYSE DU HOUBLON

Il existe de nombreuses analyses de houblon. Aucune ne peut servir de type parce que la composition chimique du houblon varie avec les années, l'état de la récolte et l'âge des échantillons.

EXEMPLES D'ANALYSES

Nous citerons cependant quelques analyses, plutôt dans le but de fournir un schéma de la constitution du houblon, que de permettre des comparaisons analytiques.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Analyses de Payen et Chevalier.

Huile	2
Substance amère	10,3
Résines	50
Tanin	5
Autres matières extractives	32,7

Analyses de Wimmers.

	Bractées.	Lupuline.
Huile	»	0,12
Substance amère	4,68	3,01
Résines	2	2,01
Gomme	5,83	1,26
Cellulose	63,95	8,99
Tanin	1,61	0,65
Matières solubles dans l'eau	12,12 +	4,92 = 17,04

Analyses de la station d'essai de Vienne (d'après Thausing).

	Saaz.	Auscha.
Eau	9,90	10,61
Cendres privées de CO^2	10,01	7,87
Sable	0,91	0,81
Parties organiques	79,18	80,71
	100,00	100,00
Huile	0,13	0,17
Tanin soluble dans l'eau	2,52	3,18
Substances solubles dans l'alcool à 82 p. 100	20,12	20,97
Dont résines	14,57	15,14
Substances solubles dans l'eau	11,24	10,51
Substances inorganiques	3,42	5,10
Acide carbonique dans 100 parties de cendres	8,71	9,51

Analyses de Chodounsky.

Résines molles	10 à 20 p. 100
Huile	0,15 à 0,5 —
Tanin	1,38 à 5,13 —
Sucre	3,7 —
Matières azotées	2 à 4 —
Dont solubles	0,75 à 1,6 —
Cendres	5,13 à 15,3 —

100 parties de cendres contiennent :

	Minimum.	Maximum.	Moyenne.
Potasse	16,30	51,60	34,61
Soude		8,80	2,20
Chaux	9,80	24,60	16,65
Magnésie	1,50	13,40	5,47
Oxyde de fer		3,20	1,40
Acide phosphorique	9,20	22,60	16,80
Acide sulfurique		12,20	3,59
Acide silicique	10,30	26,10	16,36
Chlore	1	7	3,19

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Analyse de Rautert (Ellingerhopfen).

Eau	14,5
Huile	0,5
Résines	15,9
Tanin	3
Gommes	11,1
Substances extractives	6,4
Cendres solubles dans l'eau	0,3
Cellulose et substances insolubles dans l'eau et l'alcool	48,3
	100,0

Analyse de Daubrawa (H. de Saaz) (Lintner-Lehrbuch).

Eau	7,8	
Cellulose	58,9	
Cire	0,5	Solubles dans l'alcool et l'éther.
Substance amère	5,3	
Résines	15,1	
Tanin	7,8	
Gommes, etc.	4.8	
	100,0	

Il est bien évident que l'on doit souhaiter que la question de l'analyse des houblons fasse un pas définitif en avant. C'est aux nombreuses stations qui s'occupent de la question à agir d'accord et avec esprit de suite.

Mais dans l'état actuel des choses, la seule manière de juger d'un houblon est l'étude des caractères extérieurs par un homme expérimenté.

Si l'analyse est peu propre à faire juger de la qualité d'un houblon, elle permet de mettre en évidence le soufrage.

PREUVES DU SOUFRAGE [1]

On fait infuser 10 grammes de houblon dans 200 centimètres cubes d'eau distillée, pendant quelques heures ; on filtre et on prend 50 centimètres cubes du liquide filtré dans un ballon ou dans un tube à essai ; on ajoute 1,5 gr. de zinc et 25 centimètres cubes d'acide chlorhydrique et on coiffe le ballon ou le tube à essai d'un papier à filtrer trempé dans une solution d'acétate de plomb. Si le houblon est soufré, il se dégage de l'hydrogène sulfuré qui noircit le papier de plomb.

On dose ensuite l'acide sulfurique au moyen du chlorure de baryum, après avoir décoloré la solution d'iode avec quelques gouttes de lessive de soude.

Lorsque le soufrage est mal conduit, il peut arriver que le houblon renferme du soufre pur. En ce cas, pendant la fermentation, il se dégage de l'hydrogène sulfuré qui donne à la bière un mauvais goût. Pour savoir si le houblon contient du soufre pur, on l'introduit dans un ballon contenant de l'eau distillée et on ajoute de la levure fraîche. On ferme le ballon avec un

[1] Comme falsification du houblon, on ne peut guère employer que l'addition de sable, d'eau, de variétés communes ou de houblons surannés.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

papier au plomb qui noircit s'il se dégage, pendant la fermentation qui se produit, des vapeurs d'hydrogène sulfuré.

On estime que le houblon est fortement soufré (à 5 p. 100) quand le papier noircit en cinq minutes environ; faiblement soufré (à 2 p. 100) quand il noircit en dix minutes. Ce n'est qu'approximatif. Windisch décrit la méthode suivante :

On fait infuser pendant une heure et en agitant de temps en temps, 25 grammes de houblon dans 500 centimètres cubes d'eau distillée. On filtre, on acidifie avec de l'acide phosphorique et on ajoute un peu de carbonate de soude, pas assez pour neutraliser, mais suffisamment pour produire de l'acide carbonique qui chasse l'air du liquide et du ballon. On réunit ce dernier à un réfringérant en communication avec un ballon contenant une solution titrée d'iode et on distille. L'iode oxyde l'acide sulfureux qui se dégage.

$$SO^2 + 2I + 2H^2O = SO^4H^2 + 2HI.$$

On n'a plus qu'à doser l'iode restant.

Pour terminer ce chapitre du houblon, nous indiquerons les habitudes commerciales très spéciales et très complexes qui régissent les transactions.

HABITUDES COMMERCIALES

Le houblon se vend au quintal ordinaire (50 kilogrammes); les prix s'entendent marchandise rendue franco.

Les cours, très variables suivant la récolte, les qualités, la température, la demande, l'abondance de la marchandise, sont réglés, pour l'Europe, par les marchés de Nuremberg[1].

L'échange se fait entre le producteur et le consommateur par l'entremise d'intermédiaires qui sont les marchands de houblon. Le cours est toujours supposé payé en culture, argent comptant, pris sur place. Entre l'achat au cours de Nuremberg et la vente au consommateur, il y a des frais que l'on peut fixer ainsi, par 50 kilogrammes, pour la France : pour commission, magasinage, pesage, bénéfice du marchand, etc., environ 20 p. 100 du cours; pour droits d'entrée, 15 francs; pour transport de 5 à 10 francs. On ajoute à la somme de tous ces frais, 5 p. 100 pour intérêts des débours du marchand.

Si, par exemple, le cours est de 165 francs, il faut augmenter cette somme de 33 francs (20 p. 100) de frais, de 15 francs de douane et de 5 à 10 francs de transport; soit 53 à 58 francs. On paiera 218 à 223 francs les 50 kilogrammes, plus 10,90 à 11 francs pour intérêts.

Les houblons fins de Bavière et de Bohême se livrent ordinairement, sur demande, en balles plombées et accompagnées d'un certificat d'origine délivré par la mairie de la commune.

[1] Souvent, dans les contrats à longs termes, on prend pour base le cours d'une place différente. Il faut faire attention que le marché de Munich a des cours toujours plus élevés que celui de Nuremberg; c'est parce qu'il s'agit toujours de marchandises de premier choix.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

DÉRIVÉS DU HOUBLON

On emploie rarement les dérivés du houblon.

Ce sont :

1° L'*huile essentielle* distillée à la vapeur et qui provient de mauvais houblon ;

2° La *lupuline* recueillie à la cueillette ou au triage ou en tamisant des feuilles. Elle ne provient jamais d'espèces fines.

3° Des *extraits alcooliques* qui contiennent du tanin, des résines et des matières colorantes. Ils sont faits avec des vieux houblons.

4° Des *extraits à l'éther de pétrole,* ils contiennent les résines molles, un peu de résine dure, un peu d'huile essentielle. Mais il n'y a pas de tanin. Ils peuvent servir à enrichir en résines molles, des houblons parfumés.

On vend en Amérique de ces extraits de houblon par l'éther de pétrole ; on les donne comme équivalents à 12 fois leur poids de houblon ; mais on y trouve seulement 75 p. 100 de produits encore solubles dans l'éther de pétrole. Ce qui fait qu'ils ne valent que 9 fois leur poids de houblon.

Ils contiennent souvent du fer provenant des appareils et à cause de cela ils donnent des moûts moins colorés parce qu'une partie du tanin s'empare du fer et se précipite.

ORGE

La bière étant une boisson provenant d'un moût sucré et fermenté, on peut la fabriquer avec toutes les céréales contenant des matières saccharifiables. Mais c'est l'orge qui donne la meilleure bière à tous les points de vue.

La préférence donnée à l'orge tient à plusieurs causes :

1° L'orge donne à la germination, plus de diastase que les autres céréales, sauf peut-être le blé employé d'ailleurs d'autre part.

2° Pendant la germination, la plumule (gemmule) pousse entre l'enveloppe et l'amande du grain ; dans les autres céréales, sauf l'avoine, elle pousse à l'extérieur. Elle ne risque donc pas, dans l'orge, d'être brisée pendant les pelletages des couches et le grain germe plus facilement, plus régulièrement et surtout plus complètement. Le grain en est mieux désagrégé ; les substances, plus solubles, se dissolvent plus complètement pendant les opérations du brassage.

3° La constitution chimique de l'orge se prête mieux que toute autre à la fabrication d'une bière de bon goût, limpide et stable. Toutes les matières s'y trouvent en proportions justes, qui contribuent à rendre la fabrication plus facile et à donner à la bière toutes les qualités désirables.

Le blé contient trop de matières azotées, surtout de gluten, et donne des bières peu limpides, très altérables et ayant une grande tendance à devenir acides.

Le seigle est dans le même cas.

L'avoine possède un principe aromatique, sinon désagréable en lui-même, du moins déplacé dans la bière.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le riz décortiqué, qui contient beaucoup plus d'amidon que l'orge, donne des bières fines, agréables, mais il manque de matières azotées et de substances minérales. Les levains s'épuisent rapidement, les fermentations sont paresseuses, les bières moins nutritives, sont plates et sans bouche.

Le maïs est riche en amidon, en matières azotées et minérales, mais il renferme une proportion élevée de matières grasses; les bières sont colorées, nutritives, ont du moelleux et de la bouche, mais sont exposées à rancir et à prendre un goût désagréable.

Tous ces grains ne peuvent s'employer seuls ; on les utilise néanmoins, le riz et le maïs surtout, soit dans un but économique, soit pour répondre à des besoins locaux, mélangés au malt d'orge qui apporte avec la diastase ses qualités propres et supplée ainsi à celles qui leur manque.

Voici la composition des principales céréales, il faut remarquer que ce ne sont que des moyennes autour desquelles il y a naturellement de fortes variantes.

Analyses des céréales.

	ORGE	SEIGLE	BLÉ	AVOINE	MAÏS	RIZ DÉCORTIQUÉ
Eau	13 77	15 05	13 05	12 37	13 2	14 5
Matières azotées	11 14	11 52	12 35	10 41	9 85	6 5
Matières grasses	2 16	1 75	1 75	5 43	4 62	0 427
Matières saccharifiables	64 93	67 81	67 91	57 78	18 41	77 5
Cellulose	5 31	2 01	2 53	11 19	2 49	0 5
Cendres	2 69	1 81	1 81	3 02	1 51	0 563

On peut juger de l'importance de l'orge en jetant un coup d'œil sur les statistiques suivantes.

STATISTIQUES

La production de l'orge dans le monde entier s'élève à environ 180 millions de quintaux. Malheureusement les statistiques ne font aucune différence entre les orges fourragères et celles qui sont employées dans l'industrie. Il est impossible de dire ce que consomme la brasserie. Cette production se répartit entre les différents pays à peu près de la façon suivante, en moyenne et en chiffres ronds.

FRANCE ET PAYS ÉTRANGERS

	Millions de quintaux.		Millions de quintaux.
Russie	49	France	11
Autriche-Hongrie	27	Roumanie	7
Empire d'Allemagne	24	Danemark	5,3
États-Unis d'Amérique	20	Espagne	5
Grande-Bretagne	17	Canada	3

IRIS - LILLIAD - Université Lille

	Millions de quintaux.		Millions de quintaux.
Suède	3,2	Grèce	0,7
Italie	2	Serbie	0,7
Finlande	1,1	Bosnie	0,6
Pays-Bas	1	Portugal	0,4
Norvège	1	Suisse	0,1
Belgique	0,8		

FRANCE

En France la statistique se résume ainsi :

	1900	1901
	15 965 790 hectolitres.	13 693 140 hectolitres.
Ou :	10 265 960 quintaux.	8 718 550 quintaux.
Valant :	169 070 700 francs.	145 021 360 francs.
Provenant de :	806 270 hectares.	744 089 hectares.
Soit :	19,80 hectolitres à l'hectare.	18,40 hectolitres à l'hectare.
Ou :	18,73 quintaux à l'hectare.	11,71 quintaux à l'hectare.

Voici la production décennale des 22 départements les plus grands producteurs d'orge.

Production moyenne décennale (1890-1899).

(Bulletin du ministère de l'Agriculture).

	HECTOLITRES	POIDS MOYEN
Mayenne	979 260	66,50
Marne	727 360	63
Eure-et-Loir	663 270	65,50
Sarthe	645 190	66,50
Manche	642 910	66
Ille-et-Vilaine	621 180	66,75
Pas-de-Calais	607 300	61
Allier	606 630	65
Aube	532 800	62,75
Haute-Loire	473 070	63,75
Vienne	453 940	61,75
Calvados	446 700	65,25
Orne	436 190	66
Côtes-du-Nord	415 200	65
Côte-d'Or	404 690	62,50
Finistère	386 760	66,25
Somme	363 570	62,25
Loiret	350 610	65
Nord	339 070	59
Puy-de-Dôme	331 950	65,50
Indre	328 100	67
Deux-Sèvres	308 040	63,50

Tous les autres départements fournissent moins de 300 000 hectolitres.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Si nous examinons ce tableau, nous voyons que nous pouvons ranger les régions de la France dans l'ordre suivant :

1° Le Nord-Ouest, qui produit le plus d'orge, avec de très bonnes qualités pour la brasserie dans les départements de la Mayenne, de la Manche, de l'Orne, de la Sarthe et du Finistère.

2° Le Nord, avec des qualités inférieures, excepté en Eure-et-Loir (O. de la Beauce).

3° Le Centre, avec les excellentes orges de l'Allier et du Puy-de-Dôme.

4° Le Nord-Est, où la Marne et l'Aube fournissent les orges réputées de Champagne.

5° L'Est, avec les bonnes qualités de la Côte-d'Or.

6° L'Ouest qui n'a que des qualités ordinaires.

7° Le Sud-Est, où on trouve de très bonnes orges dans la Haute-Loire.

Les régions du Sud-Est et du Sud ont une production très faible et en général des orges médiocres.

Le commerce extérieur, en 1903, s'est réparti ainsi :

IMPORTATIONS [1]	Quintaux.
Algérie	571 993
Tunisie	524 201
Russie	129 933
Turquie	5 338
Belgique	1 394
Allemagne	329
Autres pays	46 987
	1 280 175

D'une valeur de 18 228 000 francs.

EXPORTATIONS	Quintaux.
Angleterre	102 905
Belgique	109 912
Allemagne	12 257
Suisse	3 086
Autres pays	14 886
	244 046

D'une valeur de 3 868 000 francs.

En 1901 et 1902, les importations et les exportations avaient été de :

1901	1902
1 889 894-343 479	1 546 030-465 822

Voici le détail pour 1902 :

	Importations.	Exportations.
Russie	3 487 quintaux.	»
Belgique	193 —	131 182 quintaux.
Allemagne	12 —	12 731 —
Turquie	121	»
Algérie	1 516 715 —	»
Tunisie	12 534 —	»
Angleterre	»	298 982 —
Suisse	»	6 007 —
Divers	12 998 —	16 920 —

Si l'on compare ce tableau à celui de 1903 on voit une très grande variation pour les différents pays. Cela provient de l'importance de leurs récoltes

[1] Le droit de douane sur l'orge est de 3 francs les 100 kilogrammes.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il résulte des chiffres précédents que la consommation de l'orge en France s'est élevée en 1900 à 10 712 464 quintaux et 1901 à 10 266.365 quintaux.

Mais tout ne va pas à la brasserie dont les exigences oscillent autour de 2 000 000.

Il convient de joindre à ces statistiques de l'orge les chiffres qui se rapportent au malt.

	1900	1901	1902	1903	
Importations[1] .	28 476	21 728	16 656	16 743	quintaux.
	854 000	678 000	520 000	514 000	francs.
Exportations. .	44 154	37 905	17 757	7 209	quintaux.
	1 280 000	1 061 000	497 000	199 000	francs.

Donc les importations et les exportations ont une tendance à diminuer.

PRIX DE VENTE

L'orge se vend au quintal de 100 kilogrammes et les prix varient suivant les qualités et l'abondance, ou la rareté de la marchandise.

Si nous prenons la moyenne du prix de l'orge de brasserie pendant vingt années, de 1878 à 1898, nous trouvons que la valeur a oscillé de 14,64 fr., prix le plus bas en 1895, à 21,22 fr., prix le plus haut atteint en 1878, ce qui fait une moyenne de 17,71 fr. le quintal.

CARACTÈRES BOTANIQUES

L'orge appartient à la famille des Graminées et à la tribu des Hordéacées, à laquelle elle donne son nom et dont elle forme un genre distinct, le genre Hordéum.

Fig. 12, *a*. — Une partie de la tige de l'épi laissant voir les chaumes portant les épillets.

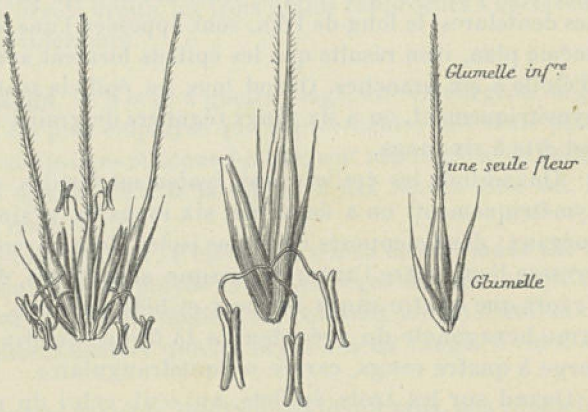


Fig. 12, *b*. — Fleurs d'orge.

Les fleurs sont en épi. L'épi est formé (fig. 12) d'un axe articulé présentant dans sa longueur des dents alternées; chaque dentelure porte trois épillets

[1] Le droit d'entrée sur le malt est de 4 francs les 100 kilogrammes.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

uniflores. La fleur a trois étamines et un ovaire sessile armé d'un poil au sommet. Le caryopse est enveloppé par deux glumelles inégales qui forment la corolle. Le calice est constitué par deux glumes linéaires situées sur les côtés extérieurs. La glumelle extérieure se prolonge en une arête souvent très longue (la barbe), garnie de pointes très fines et rigides. Dans la plupart des variétés, les glumelles, les balles, sont adhérentes au caryopse et ne s'en détachent pas pendant le battage, le grain est dit vêtu; dans d'autres, les balles se séparent, le grain est nu. On n'emploie en brasserie que les grains vêtus, à cause de la difficulté de faire germer les grains nus.

Lorsque le grain est arrivé à maturité (fig. 13), il a une forme en losange, plus ou moins allongée ou plus ou moins trapue, suivant la variété. Il présente deux faces, la dorsale arrondie et la ventrale plus aplatie, qui porte une fente longitudinale appelée le sillon. L'enveloppe (la balle) est généralement jaune, régulière et porte à sa surface des rides formant des nervures longitudinales. C'est l'une de ces nervures, sur la face dorsale, qui se prolonge en arête fragile et forme la barbe qui se trouvera cassée au niveau du grain pendant le battage.

CLASSIFICATION DES ORGES

On distingue trois groupes d'orge :

1° L'orge à six rangs, Hordeum hexastichum;

2° L'orge à quatre rangs, Hordeum tetrastichum;

3° L'orge à deux rangs, Hordeum distichum.

Cette distinction est basée sur la disposition des épillets fertiles sur la tige de l'épi.

Nous avons vu que chaque dentelure de l'épi porte trois épillets. Comme les dentelures, le long de l'épi, sont opposées l'une à l'autre, presque sur le même plan, il en résulte que les épillets forment autour de l'axe une espèce d'étoile à six branches. Quand tous les épillets sont fertiles et sont rangés symétriquement, on a six rangs réguliers de grains le long de l'épi et l'orge est dite à six rangs.

Quand tous les épillets sont également fertiles, mais ne sont pas rangés symétriquement, on a de même six rangs de grains le long de l'épi, mais inégaux; deux composés de grains isolés, deux formés chacun de deux grains pressés l'un contre l'autre et presque superposés, de sorte que l'épi semble n'avoir que quatre rangs inégaux et bien saillants. L'épi, au lieu d'avoir la forme hexagonale du précédent, a la forme quadrangulaire, de là les noms d'orge à quatre rangs, carrée ou quadrangulaire.

Quand sur les trois épillets, un seul, celui du milieu, est fertile, tandis que les deux épillets de côté avortent, on n'a plus que deux rangs de grains le long de l'épi et l'orge est dite à deux rangs.

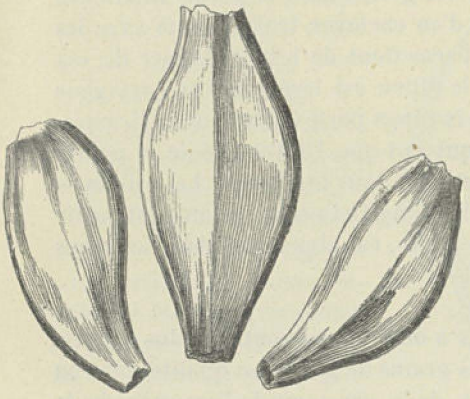
Chacun de ces groupes comprend de nombreuses variétés.

Orges à six rangs. — Il y a deux variétés d'orge à six rangs, une de printemps et une d'hiver. Elles sont peu employées en brasserie, à cause de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

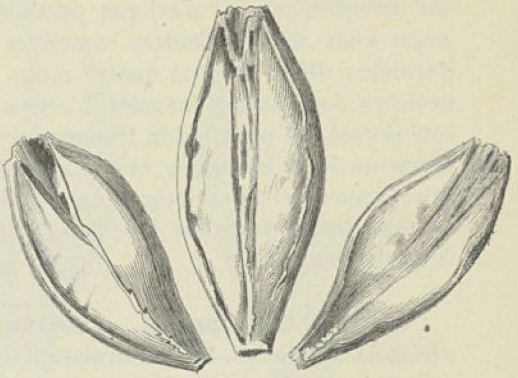
l'inégalité de leurs grains qui sont plus petits à mesure qu'on se rapproche du sommet de l'épi. En outre le grain du milieu de l'épillet est plus oblong que ceux de côté.

On peut distinguer par leur forme les grains isolés (fig. 13 *a* et *b*). Ils sont symétriques par rapport à un plan passant par le sillon et portent, de part et d'autre, deux facettes peu marquées. De plus, le grain du milieu de l'épillet est droit et allongé, ceux de côté, plus maigres, ont la pointe inférieure recourbée tantôt à droite, tantôt à gauche ; si bien que si on place sur une feuille de



Côté dorsal

Fig. 13, *a*. — Orge à six rangs (d'après Windisch).



Côté ventral

Fig. 13, *b*. — Orge à six rangs (d'après Windisch).

papier, d'abord un grain droit, puis à sa droite un grain incurvé à gauche et à sa gauche un grain incurvé à droite, les trois grains rapprochés s'enclavent exactement par la pointe inférieure.

Orges à quatre rangs. — L'orge à quatre rangs, dite escourgeon, orge carrée, orge commune, est plus employée que la précédente, soit seule pour la fabrication des bières ordinaires et économiques, soit mélangée avec l'orge à deux rangs. La balle épaisse facilite la filtration des moûts. Elle est, le plus souvent, d'un prix modéré.

C'est en général une orge d'hiver, c'est-à-dire semée en automne. On la récolte plus tôt et elle peut être employée avant les orges de printemps. Le grain est allongé et resserré, la balle épaisse ; il contient moins d'amidon et relativement plus de matières azotées que les orges à deux rangs. Il est d'une valeur très inférieure.

Il en existe de nombreuses variétés, dont une de printemps, peu répandue, à grain petit et moins rempli.

Parmi les variétés cultivées en France, nous citerons :

L'escourgeon de Beauce, une des meilleures. L'épi est long et serré, les barbes sont élevées, droites, le grain est très oblong et renflé ; c'est la plus hâtive des céréales : elle mûrit avant le seigle et l'avoine.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

L'escourgeon du Nord mûrit plus tard, l'épi a les mêmes caractères, mais la paille est plus haute, le grain est plus oblong et plus maigre.

L'orge d'Algérie a les épis courts, la paille très élevée; le grain est très long, souvent renflé; la balle est épaisse, blanche ou légèrement bleuâtre.

Dans toutes les orges à quatre rangs, les grains des rangs latéraux, plus pressés, sont moins gros que ceux du centre, isolés. Le poids des grains du centre est, en moyenne, d'environ 40 milligrammes, celui des grains de côté de 30 milligrammes. Il en résulte une inégalité de grains qui diminue leur valeur industrielle. On trouve également des grains dont la pointe inférieure est incurvée, mais il n'est pas possible d'en enclaver trois comme avec les orges à six rangs. D'autres caractères permettent de les distinguer de ces dernières. Dans l'orge à quatre rangs, le sillon est irrégulier et partage le grain en deux parties inégales. L'orge à six rangs porte à la pointe inférieure, côté dorsal, un petit sillon transversal qui fait que l'extrémité de la pointe forme un léger bourrelet; ce sillon n'existe pas dans les autres. Le poil basilaire, appendice floral engagé dans le sillon longitudinal et qu'on peut sortir en pressant sur la pointe avec l'ongle du pouce, est plus touffu dans les orges à quatre rangs.

Orges à deux rangs. — Les orges à deux rangs sont les plus recherchées en brasseries. Elles fournissent des grains de première qualité, tant au point de vue du poids, de leur régularité, de la grosseur de l'amande, de la finesse de leur écorce, de leur richesse en amidon, de leur contenu peu élevé en azote, que de la facilité avec laquelle ils se travaillent, du rendement qu'ils donnent et de la qualité de bière qu'ils produisent.

Ce sont des orges de printemps, c'est-à-dire qu'elles se sèment au printemps et sont récoltées un peu plus tard que les précédentes. Elles se distinguent par leur courte durée de végétation et aussi par leur grande fertilité.

Il en existe de nombreuses variétés, que l'on peut classer en trois groupes :

1° *Les orges longues, Hord dist. nutans*, dont l'épi, à la maturité, se courbe au sommet, de sorte que les barbes se touchent et se confondent. Ce groupe comprend les plus belles espèces. Nous citerons :

Les orges autochtones de Champagne, d'Auvergne et de Saumur.

L'orge Chevalier, cultivée pour la première fois en 1830, par un Anglais, M. Chevalier, puis par Lord Leicester, introduite en Alsace et en France par M. Gruber, brasseur à Strasbourg, et qui s'est très bien acclimatée. C'est l'orge de brasserie par excellence. Les grains ont la peau fine, sont ventrus et peuvent avoir une longueur de 9 millimètres sur 4 et demi de largeur et un poids de 43 et 45 milligrammes. C'est une orge rustique, qui verse peu, résiste à la rouille, est peu sensible au froid du printemps et à la sécheresse. Sa durée de végétation est de 110 à 115 jours. Elle s'acclimate partout, s'habitue facilement au sol, au climat, sans perdre beaucoup de son caractère originel. En a donné naissance à de nombreuses sous-variétés. L'orge de Hanna (Moravie), introduite en France par M. Schribaux, les orges de la

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Saale (Magdebourg), de Franconie, de Mirane, cultivées dans l'est de la France, sont des variétés d'orge Chevalier, modifiées par la culture.

Nous citerons encore dans ce groupe les orges de Hongrie. Elles sont très variées, mais fournissent la plupart des orges réputées pour la brasserie.

2° *Les orges courtes, Hord dist. erectum,* dont les épis restent verticaux jusqu'à complète maturité, sont plus larges et moins longs. Donnent des orges assez rustiques, s'accommodant de terrains moins bons, et des grains blancs qui conviennent très bien à la brasserie. Ce groupe comprend surtout les orges anglaises, impériale, écossaise, Annat; ce sont des orges hâtives, d'une durée de végétation de 110 jours et d'un grand rendement.

3° *L'orge éventail. Hord dist. Zeochritum,* appelée aussi orge paon, orge riz, dont les barbes divergentes sont disposées en éventail ou en queue de paon. Elle est peu répandue, bien que donnant un grain très blanc, assez gros de 10 millimètres sur 4 millimètres, en moyenne, pesant environ 48 milligrammes et apprécié par la brasserie. Mais c'est une orge tardive, d'une durée de végétation de 125 jours et d'un rapport peu élevé.

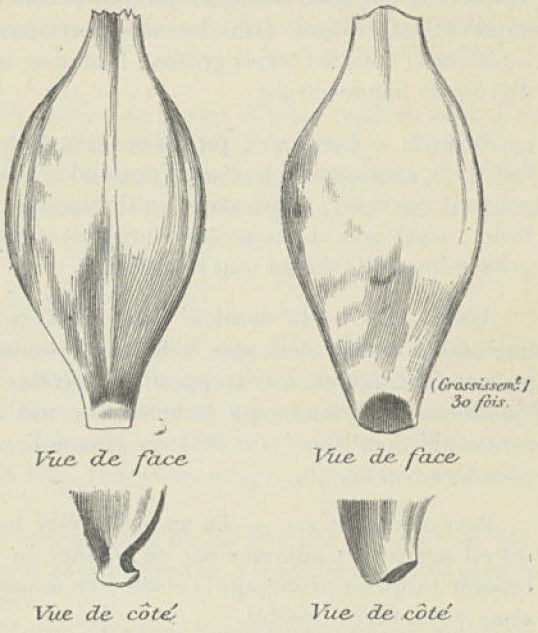


Fig. 13, *c.* — Grain d'orge à deux rangs (d'après Atterberg).
A gauche H, erectum; à droite H, nutans (chevalier).

Les grains de ces trois groupes présentent peu de différence entre eux; cependant, d'après Atterberg (fig. 13, *c*), les orges courtes ont le petit sillon transversal formant bourrelet à la pointe inférieure, comme les orges à six rangs, tandis que les orges longues, n'ont pas de sillon et ont la base tronquée formant un petit plan incliné du côté de la face dorsale. En outre, toutes ces orges ont le poil basilaire long et armé de poils formant touffe, tandis que l'orge Chevalier, ou dérivée du Chevalier, a le poil basilaire glabre ou seulement garni de poils courts.

CULTURE DE L'ORGE

Climat. — La culture de l'orge est très étendue. C'est la céréale qui s'avance le plus au Nord et au Midi, parce que sa durée très courte de végétation lui permet de mûrir, soit avant la sécheresse des étés dans les pays chauds,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

soit avant les gelées d'automne, dans les pays froids. Elle demande peu de chaleur et peu d'eau. Cependant, au point de vue plus spécial de la production des orges de brasserie, un climat tempéré est préférable. Dans les pays chauds, à long été et sec, l'orge mûrit trop vite, les grains restent petits, à pellicule épaisse et sont vitreux (O. d'Afrique). Dans les pays froids, humides, les grains sont allongés, maigres et légers (escourgeons du Nord). Dans les pays tempérés, au contraire, les grais sont plus gros, plus farineux et moins azotés. L'orge craint surtout l'humidité ; un climat humide, un sol mouillé entravent sa culture. Dans les étés pluvieux, l'orge est toujours de qualité inférieure ; dans les terres grasses, humides, imperméables, il est impossible d'avoir de bonnes orges.

Terrain. — Les terres qui lui conviennent le mieux sont les terres demi-fortes, de consistance moyenne, profondes et *calcaires*. Les terres argileuses peuvent convenir, à condition qu'elles contiennent du sable. Dans les terres fortes, argileuses et compactes, l'orge vient moins bien. Elle verse et la trop grande humidité du sol nuit à sa qualité.

Assolement. — Le meilleur assolement consiste à semer l'orge : 1° après une plante sarclée, telle que la betterave ou la pomme de terre ; 2° après les racines fourragères, à l'exception des navets; 3° rarement après le blé et les légumineuses, à moins que le terrain ne soit en très bon état de propreté et convenablement fumé. On ne sème jamais l'orge une seconde fois après une première récolte.

Préparation du sol. — La terre doit être bien ameublie et très propre. Le sol est préparé en automne par un labour; on répand les engrais et on laisse reposer jusqu'au printemps. Le sol, à ce moment, est ameubli à la herse, on sème et on roule aussitôt.

Semailles. — La semaille doit se faire d'aussi bonne heure que possible, en mars au plus tard. Les semailles précoces sont plus avantageuses et les semis tardifs augmentent le taux de l'azote. Après le 1er avril, le rendement et la qualité vont en diminuant, si on retarde la semaille. On sème en lignes, à raison de 100 à 150 kilogrammes par hectare, avec un écartement des lignes de 10 à 15 centimètres. Un trop grand écartement favorise la production des grains vitreux, riches en azote.

Engrais. — On recherche surtout en brasserie les orges riches en substances saccharifiables et relativement pauvres en azote. L'augmentation d'une orge en matières azotées correspond toujours à une diminution de la quantité d'amidon et les orges très azotées donnent généralement des bières moins stables.

Les cultures intensives donnent plus de rendement, mais c'est aux dépens de la qualité des orges. Les engrais ont une action très marquée sur la composition chimique de l'orge. Le fumier frais d'écurie ou d'étable ne convient pas; il faut qu'il soit très épuisé, très décomposé et, encore, ne doit-on

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'employer qu'en faible quantité. Les meilleurs engrais sont le nitrate de soude, utilisé modérément et dans des limites ne dépassant pas 100 à 125 kilogrammes par hectare ; puis les engrais phosphatés, superphosphates, scories, etc., dans la proportion de 30 à 40 kilogrammes d'acide phosphorique soluble par hectare. Il ne faut pas d'engrais potassiques qui favorisent l'absorption plus grande de l'azote. Les orges de Champagne doivent leur réputation à la présence d'une forte quantité de calcaire et de phosphates dans le sol, celles d'Auvergne au terrain volcanique où elles poussent.

Il faut fumer en automne ; l'orge vient mal sur fumure fraîche et sa qualité en souffre.

Moisson. — On ne doit moissonner que quand le grain est bien mûr. Une récolte hâtive est nuisible parce que la maturité se fait ensuite d'une façon irrégulière et que l'orge germe mal. On met en gerbes le même jour, on rentre et on bat le plus tôt possible. Il faut éviter surtout que l'orge soit mouillée avant sa rentrée en granges.

CONSERVATION

Les grains battus, nettoyés et triés sont conservés dans des greniers propres, secs, bien aérés et ventilés. Les tas sont retournés très souvent, de façon que l'orge sèche et se maintienne à l'état sec. L'orge fraîchement récoltée a toujours beaucoup d'eau, au moins 20 p. 100. Conservée dans de bonnes conditions, elle en perd jusqu'à 10 p. 100, puis en reprend, mais sans en avoir plus de 12 à 14 p. 100.

Aussi longtemps que l'orge *sue*, on tient les tas très peu élevés et on pellette très souvent. Il faut veiller à ce que l'orge ne s'échauffe pas et ne prenne un mauvais goût sur les greniers.

Pendant la conservation de l'orge il y a lieu d'éviter les animaux rongeurs. Le mieux est d'utiliser les chats et les chiens, les pièges sont également à employer, mais il faut éviter les grains empoisonnés à cause de leur ressemblance avec les grains à travailler.

A côté de ces parasites de forte taille il y a toute une collection d'insectes plus nuisibles les uns les autres. Les charançons, l'alucite, la teigne sont les plus à craindre.

Enfin il y a lieu de se mettre à l'abri des moisissures.

CHOIX DE L'ORGE DE BRASSERIE

Nous avons dit que le brasseur donne la préférence d'abord aux orges à deux rangs, puis aux orges à quatre rangs. Mais il ne suffit pas de faire choix d'une variété, il faut encore que les grains répondent à certains caractères qui les désignent plus particulièrement à la préférence du brasseur. La valeur des orges dépend de la nature du terrain, du climat, de la culture et surtout de l'état de l'atmosphère au moment de la maturité et de la récolte. Toutes ces circonstances jouent un rôle important dans la composition de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'orge et il importe que le brasseur, avant de faire son choix, soumette les échantillons à une série d'essais que nous allons d'écrire.

ANALYSE DE L'ORGE

PRISE D'ÉCHANTILLON

Cas des sacs. — Si l'orge à examiner est dans des sacs, on prélève dans chacun d'eux à une certaine profondeur et non à la surface, une poignée de grains.

On réunit le tout dans un panier et on malaxe de manière à effectuer le mélange; puis on étale les grains sur une table, en faisant une couche de forme carrée que l'on subdivise, par deux séries de lignes parallèles, en carreaux égaux.

Cela fait, on ramasse les grains d'un certain nombre de ces carreaux choisis d'une manière arbitraire, mais déterminée; on les réunit à nouveau dans un panier et on recommence l'opération précédente. On continue cette réduction de l'échantillon par la même méthode tant que celui-ci est trop considérable; lorsqu'il ne représente plus que 400 ou 500 grammes, on l'étale en carrés dont on prend le centre.

C'est de ces grains ainsi prélevés au centre qu'on se sert si l'on a besoin d'un échantillon un peu lourd. S'il faut un échantillon formé seulement de quelques grains comme par exemple pour déterminer le pouvoir germinatif, on compte alors les 1000 premiers grains du dernier échantillon, on les aligne sur du papier et on ramasse périodiquement un grain sur cinq ou sur dix suivant l'importance de l'échantillon à obtenir.

Cas des tas. — Si l'on a à prélever un échantillon dans un tas, on ramasse des poignées tout autour et à toutes les profondeurs, puis on continue comme plus haut.

Cas des couches. — Si le grain est en couche peu élevée, on parcourt celle-ci suivant des lignes parallèles; tous les cinq pas on prélève une poignée et on continue comme plus haut.

L'échantillonnage étant fait, voyons comment on procède aux essais. Nous examinerons successivement le cas d'une étude complète, puis celui d'une étude rapide.

EXAMEN ORGANOLEPTIQUE

C'est sur l'échantillon ainsi prélevé que le brasseur procède aux essais qui portent sur :

1° Le toucher;
2° La couleur et l'aspect de l'enveloppe;
3° L'odeur;
4° La grosseur et l'uniformité des grains;
5° La pureté;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

6° Le poids;
7° L'état de l'amande et de l'embryon;
8° Le pouvoir germinatif.

Toucher. — Le toucher renseigne sur la siccité de l'orge. On doit éprouver une sensation chaude et onctueuse; si l'orge est humide, la main n'entre pas facilement dans le tas. Les grains, passés par cascades d'une main dans l'autre, doivent glisser facilement sans se tasser et en faisant entendre un bruit sec et sonore.

Couleur et aspect de l'enveloppe. — La couleur doit être jaune paille clair ou blanc jaunâtre; dans ce cas on a ce que l'on appelle de l'orge blanche. Quand elle est verdâtre, c'est qu'elle a été coupée avant maturité complète. Quand les grains sont jaunes ou rouges, quand ils ont une apparence terreuse ou qu'ils ont la pointe brune — le *pied noir*, comme on dit, — c'est que l'orge a souffert de l'humidité, soit sur terre, soit dans les greniers.

Il y a certainement un rapport entre l'aspect extérieur du grain et la qualité de son contenu; cependant, certaines années et sous l'influence de la culture et des conditions climatériques, l'orge peut être plus ou moins jaune, sans que sa valeur en souffre. Dans les années pluvieuses, l'orge n'a jamais l'apparence claire qu'elle a dans les années sèches.

Mais le pied noir est toujours un signe douteux. Il est souvent l'indice de la présence sous la pellicule d'un champignon parasite qui peut causer des désordres dans l'amande, blesser l'embryon et empêcher la germination. Dans ce cas, il importe surtout de faire un essai germinatif.

Pour donner meilleure apparence à un échantillon, une falsification consiste à soufrer l'orge ou à y ajouter un peu d'huile. Il est facile de découvrir la fraude soit en faisant l'essai du soufrage ou simplement par l'odeur ; soit en frottant les grains sur du papier qui se tache d'huile, ou en les agitant avec du bronze en poudre qui reste adhérent et leur donne un aspect doré.

L'enveloppe doit être mince, transparente et finement striée. Elle est inutile dans la fabrication de la bière et ne joue qu'un rôle mécanique au brassage en aidant au soutirage et à la clarification des trempes. Elle n'apporte aucun principe utile et se retrouve intacte dans la drêche. Or le poids de l'enveloppe peut varier de 6 à 16 p. 100 du poids total du grain. On comprend que le brasseur ait intérêt à préférer les orges à pellicule mince. Les orges à deux rangs sont généralement dans ce cas; les orges à six rangs et surtout à quatre rangs ont la peau épaisse. Du reste, en général, le poids de la balle augmente avec les grains petits et maigres; il y a peu d'exceptions.

Odeur. — L'odeur doit être franche et rappeler celle de la paille bien sèche. Une odeur piquante, terreuse ou de moisi, indique une orge humide et mal conservée. Elle germera mal, d'une façon défectueuse et donnera lieu à un développement de moisissures au germoir.

On se rend compte de l'odeur en remplissant d'orge à moitié un flacon

IRIS - LILLIAD - Université Lille

qu'on tient fermé une heure ou deux en agitant de temps en temps et qu'on flaire ensuite. Il suffit souvent, pour saisir l'odeur caractéristique, d'en tenir une petit poignée enfermée dans la main.

Grosseur et uniformité des grains. — On préfère les grains gros, ventrus et lourds, parce qu'ils contiennent plus d'amidon. Cette préférence n'est pas toujours justifiée, parce que les grains ventrus se désagrègent souvent moins bien à la germination que les grains un peu plats.

Ce qui est plus important, c'est l'uniformité des grains. Qu'ils soient bombés et courts ou plats et longs, dans tous les cas, ils doivent être égaux ; sans cela, le mouillage et la germination ne marcheront pas d'une façon parallèle ; les uns trop trempés germeront trop vite ou pourriront sur le germoir, tandis que les autres, trop peu mouillés, ne germeront pas assez.

Pour la même raison, il ne faut pas mélanger des orges de variétés ou d'origines différentes, des orges à deux et à quatre rangs, de Champagne et d'Auvergne ; la composition différente des orges, les diversités qui existent dans les cultures font que les orges ne germent pas toutes dans le même temps. Il faut réunir ensemble des orges non seulement de même région, mais, autant que possible, de même culture.

Une fraude consiste à mélanger des orges vieilles à des orges fraîches, quoique de même origine. Les orges surannées germent plus difficilement ; l'essai du pouvoir germinatif peut renseigner.

Pureté. — L'orge doit être aussi pure que possible, c'est-à-dire ne contenir ni graines étrangères, ni poussières, ni impuretés d'aucune sorte, pierres, terre, etc.

Les graines étrangères pourrissent sur le germoir et sont une cause d'infection pour le malt et pour la bière.

Une orge saine ne doit pas non plus contenir de grains cassés, ce qui arrive assez souvent avec le battage mécanique. Les grains mutilés se couvrent de moisissures.

Les grains ne doivent pas avoir conservé leurs barbes, qui augmentent inutilement le poids de l'orge et les barbes doivent être cassées au ras de la pointe, sans que l'amande soit à découvert.

Poids. — On distingue le poids absolu et le poids volumétrique.

Poids absolu. — Le poids absolu est le poids de 1000 grains. Pour les déterminer, on compte 1000 grains et on pèse ; ou, ce qui est plus exact, on pèse un nombre indéterminé de grains, pris au hasard, et on les compte ensuite.

1000 grains doivent peser au moins 33,5 gr. Seulement les belles qualités pèsent jusqu'à 50 grammes.

A propos du poids de 1000 grains, il faut remarquer que le poids de l'hectolitre n'est pas toujours caractéristique, qu'un facteur fausse les résul-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tats, c'est la rugosité des enveloppes qui empêche les grains de se serrer et c'est pourquoi on mesure le poids de 1000 grains.

Comme il est fastidieux de faire ce compte, on a inventé des appareils mécaniques, rateaux dont chaque dent enlève un grain ; plancher, ayant 1000 alvéoles. L'appareil ci-joint (fig. 14) est essentiellement formé d'un tamis à secousses.

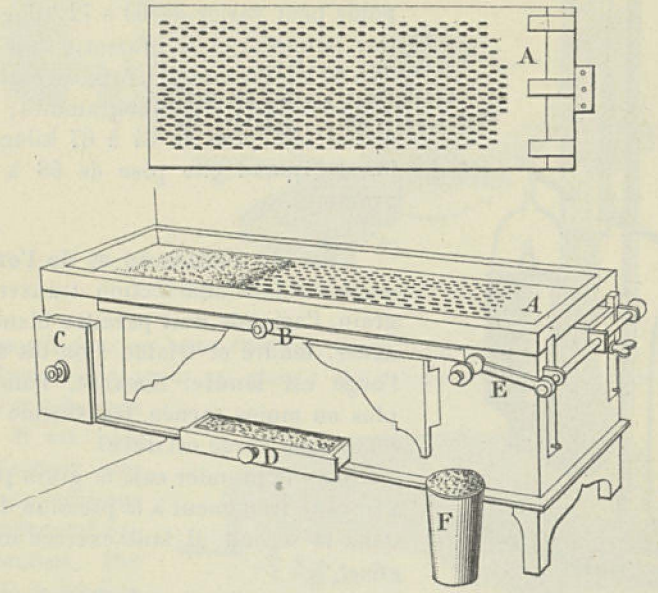


Fig. 14. — Appareil pour compter 1 000 grains.

Ces appareils éliminent les plus gros grains de sorte que le résultat est trop faible.

Même à la main, on fait une sélection ; de sorte que le meilleur moyen d'opérer est de peser un poids quelconque d'orge et de compter le nombre de grains.

Poids volumétrique. — Le poids volumétrique est le poids à l'hectolitre. On l'évalue avec l'appareil Brauer. Il se compose essentiellement (fig. 15) d'un fléau de balance portant d'un côté un réservoir en forme d'entonnoir bouché à la partie inférieure par un tampon et de l'autre un plateau portant une tare de l'entonnoir et un poids supplémentaire de 150 grammes. On remplit l'entonnoir jusqu'à équilibre; puis, en ouvrant le tampon, on le vide dans un vase à long col gradué par fractions de 1,5 cm^3. On lit le volume, qui indique à combien de fois 1,5 cm^3 correspondent 150 grammes, ou à combien de centimètres cubes correspondent 100 grammes; soit V : le poids est alors $\frac{100 \times 100 \text{ gr.}}{V}$ pour 100 centimètres cubes ou $\frac{10\,000 \text{ kg.}}{V}$ par hectolitre.

On donne la préférence aux orges lourdes. Mais ce n'est pas absolu et nous

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ferons ici les mêmes réserves que pour la grosseur des grains. Une orge de poids moyen peut être supérieure à une orge lourde. Il faut, bien entendu, qu'en outre, toutes les autres conditions soient réunies. Il est néanmoins peu avantageux de malter une orge légère et, en général, une orge lourde est préférable. Le poids peut varier de 60 à 72 kilogrammes; une bonne orge de brasserie doit peser de 64 à 66 kilogrammes. L'orge est légère quand elle pèse de 60 à 63 kilogrammes; moyenne quand elle pèse de 64 à 67 kilogrammes; lourde quand elle pèse de 68 à 72 kilogrammes.

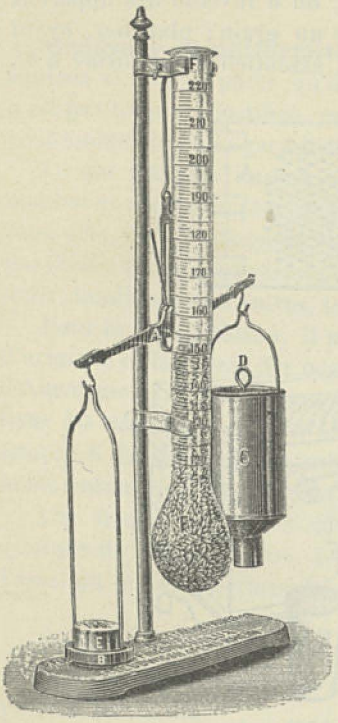


Fig. 15. — Pèse-grain.

État de l'amande et de l'embryon. — Si on fait une section transversale du grain, l'amande doit paraître blanche, farineuse, tendre et friable : on dit alors que l'orge est tendre. Souvent, l'amande est plus ou moins cornée, translucide et dure : on dit que l'orge est dure.

Dans le premier cas, le grain pour s'ouvrir cède facilement à la pression des dents; dans le second, il faut exercer un certain effort.

A cet état physique de dureté, correspond une composition chimique spéciale : les grains durs sont plus riches en matières azotées; d'autre part, l'amande forme une masse plus compacte, plus serrée et la désagrégation se fait moins bien, ou moins vite.

La section de l'amande présente alors un aspect glacé, quelquefois bleuâtre, plus ou moins étendu, tout à fait caractéristique qui fait dire que l'orge est *glacée*[1]. Il y a des grains qui sont entièrement glacés, d'autres à moitié, aux trois quarts. Il est utile d'établir le tant pour cent des grains glacés ou demi gla-

[1] Johannsen d'abord, plus récemment Munro et Beaver, ont remarqué que les grains d'orge vitreux peuvent être rendus farineux au moyen d'un trempage à l'eau, suivi d'un séchage à la température de 45°.

Par exemple, le coefficient de farinosité étant déterminé pour une orge donnée, un échantillon est alors trempé pendant vingt-quatre heures, dans de l'eau à 15°; on l'essuie ensuite entre des feuilles de papier à filtrer, et enfin on sèche à 47° pendant soixante-neuf heures. Le coefficient est déterminé à nouveau. Une orge Chevalier dont le coefficient était 29,7 avant traitement a donné un coefficient de 87,1 après traitement, tandis que la densité était tombée de 1,417 à 1,289. Dans d'autres cas, le traitement indiqué a élevé le coefficient de 66 à 92.

Le degré de farinosité ainsi obtenu dépend dans une large mesure de la vitesse de dessiccation. Ainsi, un échantillon d'orge, trempé dans l'eau pendant vingt-quatre heures, et séché à 43° pendant soixante heures, montre un coefficient de farinosité moins élevé que s'il a été séché à l'air pendant trois à quatre jours, et finalement séché à 30°, 40°, et 43° pendant deux jours pour chacune de ces températures. On doit empêcher la germination de se produire

IRIS - LILLIAD - Université Lille

cés, parce que en présence d'une orge dure, la germination doit être conduite différemment : le mouillage plus profond, la germination prolongée de un ou de deux jours, les couches arrosées, les radicelles plus développées pour entraîner l'excès de matières azotées.

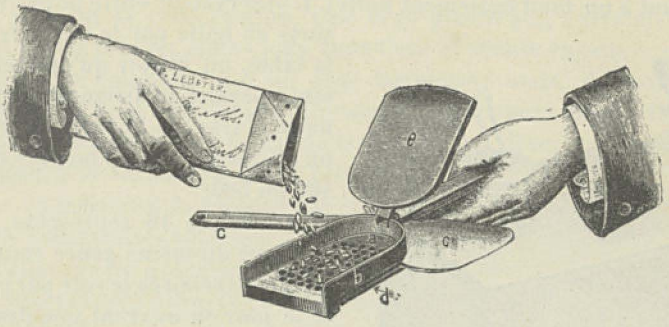


Fig. 16. — Farinatum de Pohl.

Grains glacés. — Assez souvent, l'aspect extérieur du grain, de l'enveloppe indique si le grain est glacé : elle est un peu grisâtre, comme plombée ; mais ce n'est pas constant. Il est préférable d'ouvrir des grains ; on se sert pour cela d'un appareil appelé *farinatum*. Par exemple, le farinatum de Pohl (fig. 16) est une plaque en métal perçée de 50 alvéoles (*a*) dans lesquelles on place des grains debout et faisant saillie de la moitié de leur longueur au-dessus de la plaque ; avec un couteau (*g*), on guillotine les grains et sur les sections, on compte les grains farineux et glacés. Souvent l'appareil est muni d'un couvercle (*e*) qui maintient les grains. L'appareil de Fichter est du même genre (fig. 17).

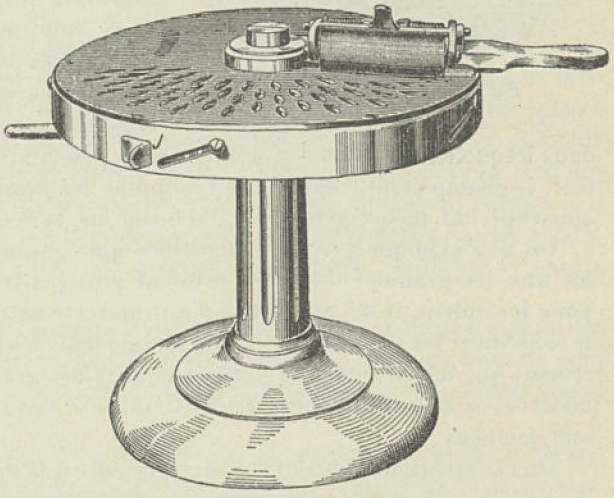


Fig. 17. — Farinatum de Fichter.

pendant ces expériences ; on arrive à ce résultat en employant pour le trempage de l'eau saturée de chloroforme. L'orge, dont le coefficient était 46,1 avant traitement, montre un coefficient de 84,5 après traitement et séchage rapide, de 91,0 après séchage lent.

Les transformations que subit le grain pendant la production de l'état farineux sont dues à la cytase qui dissout la lamelle intermédiaire entre les cellules et permet la désagrégation de l'endosperme.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Un autre procédé consiste à exposer un certain nombre de grains à une lumière qui les traverse. Les grains glacés paraissent transparents et clairs; les grains farineux, opaques et noirs. On se sert d'une table portant à son centre un carreau de vitre et entourée sur trois côtés de planches noircies, réunies par en haut à un fond également noirci. L'observateur entre la tête dans cette sorte de boîte par le côté ouvert. Sous la table, un miroir qu'on incline à volonté permet de diriger un rayon lumineux à travers le carreau, sur lequel on a étalé un certain nombre de grains, 400 ou 500.

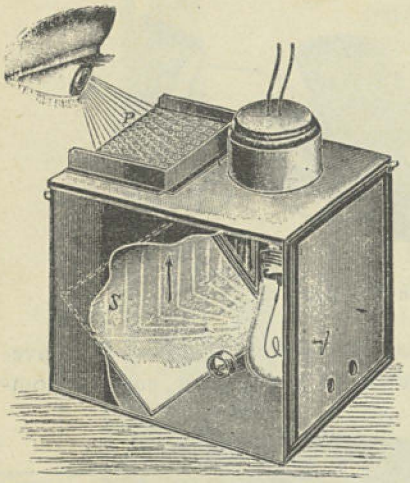


Fig. 18. — Diaphanoscope.

La figure 18 représente un autre appareil du même genre constitué par une boîte éclairée le soir par une lampe et le jour en ouvrant une des faces. Il faut alors observer sous un voile noir.

Le *diaphanoscope* de Asthon consiste en un tube de cuivre portant à une extrémité une lentille, à l'autre une boîte qui se fixe soit par un taraudage, soit à baïonnette; elle renferme deux lames de verre et entre ces lames, une plaque en caoutchouc perçée de cinquante trous formant des alvéoles dans lesquelles on place les grains d'orge couchés. En regardant par la lentille, le champ lumineux, on peut compter les grains transparents. D'autres appareils, du même genre, ont la forme de stéréoscopes.

On ne s'explique pas les dispositions qui causent les grains glacés. Pour les uns, les granules d'amidon seraient plus petits dans les grains glacés; pour les autres, il n'y aurait pas d'air intercalé entre les granules[1], ou entre le contenu et les parois des cellules, comme dans les grains farineux : d'autres croient que le phénomène est dû au serrage des granules[2] ou à la nature des matières azotées. Des grains glacés trempés à l'eau puis séchés à 45° paraissent farineux.

On est mieux fixé sur les causes extérieures. Il intervient ici des questions de culture, de climat, de température et d'humidité. L'abus des engrais azotés, les cultures intensives donnent des grains glacés; on en trouve davantage dans les années sèches et chaudes, quand on a semé les orges en lignes trop écartées, dans les orges du midi. Non seulement les engrais, mais

[1] De fait la densité, prise au toluène, des grains glacés est supérieure à celle des grains farineux.

[2] Si l'on examine une coupe mince de grain glacé, elle n'est pas différente des autres grains. Mais si l'on colle le grain sur une lame de verre et si on le découpe de manière à laisser une couche très mince, on constate une très grande différence entre les deux sortes de grains. Cela serait d'accord avec l'idée d'une compression, la 2e manière de faire évitant seule la détente.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

le soleil et la sécheresse auraient une influence sur la formation des grains glacés ; une trop grande humidité aurait aussi une action.

Piétri et Grönlund ont fait cette observation que dans la formation des grains glacés l'humidité et la chaleur ont une grande influence, non seulement aussi longtemps que l'orge est sur tige, mais encore au moment de la récolte et après, pendant la conservation. Une orge glacée qui, après maturité, est placée un temps plus ou moins long dans l'eau et séchée ensuite avec soin, se change presque complètement en orge farineuse ; mais, d'autre part, des grains farineux, si le mouillage est prolongé, deviennent glacés. Il y a là des actions diastasiques, d'abord celle de la peptase qui désorganise les matières azotées, puis celle de l'amylase qui gélifie l'amidon.

Quant à l'influence du glaçage sur la composition de l'orge, elle est prouvée par de nombreuses analyses.

Nous citerons les conclusions que H. Heine a tirées de ses expériences :

1° Le poids absolu des grains farineux est en moyenne plus élevé que celui des grains glacés.

2° Le volume occupé par 100 grains farineux est également plus élevé.

3° Le poids spécifique des grains glacés est plus fort.

4° L'humidité est sensiblement la même.

5° Le poids des cendres est plus élevé dans les grains glacés, mais d'une manière peu importante.

6° Les grains glacés contiennent incontestablement plus d'azote que les grains farineux de même espèce. L'auteur fait observer que les grains farineux de certaines orges contiennent plus d'azote que les grains glacés d'une autre orge ; il en conclut qu'il n'y a pas lieu de tirer, au point de vue du contenu en azote, une appréciation de l'orge d'après le pour cent des grains glacés. C'est vrai, mais c'est ici une affaire de climat, de culture et il n'en est pas moins certain que les grains glacés sont plus azotés que les autres. Ce qui serait intéressant et ce qui manque, ce serait de connaître la nature des matières azotées.

7° En ce qui concerne la germination : en général, les grains glacés ont germé plus lentement au début, pendant trois jours ; mais au bout de cinq jours, le nombre des grains germés a augmenté rapidement et a dépassé celui des grains farineux.

On ne peut éviter qu'il y ait des grains glacés dans un lot d'orge. M. Schribaux a fait cette remarque que si on sème des grains farineux bien choisis, chaque épi n'en porte pas moins un certain nombre de grains glacés et ce sont ceux du milieu de l'épi. On doit néanmoins donner la préférence à une orge qui en contient le moins possible.

Embryon. — Si on soulève l'enveloppe dorsale du grain, on trouve, à la pointe inférieure une petite cavité, formant environ 1/30 du grain et dans laquelle est logé l'embryon. Si on l'examine à la loupe, l'extrémité supérieure apparaît verte, d'un vert pâle, mais brillant, et si on l'écarte avec la pointe d'un canif, elle est souple, mais solide, lorsque le grain est sain et

IRIS - LILLIAD - Université Lille

germable. Si au contraire elle apparaît comme rabougrie, de couleur terne ou foncée : le grain est mauvais, il a souffert de l'humidité, ne germera pas, ou germera mal. Souvent il a subi déjà un commencement de germination. L'aspect extérieur peut, du reste en être un indice. L'embryon forme un petit renflement allongé, de chaque côté duquel l'enveloppe, déprimée, montre deux petits creux. Quand la germination commence, l'embryon grossit, le renflement augmente et les creux disparaissent. Si on constate ce phénomène sur un certain nombre de grains, c'est que l'orge a subi un commencement de germination et que, par conséquent, elle a été mouillée sur terre, rentrée humide ou conservée dans de mauvaises conditions.

POUVOIR GERMINATIF

On appelle pouvoir germinatif le nombre de grains qui germent sur 100 grains mis dans les conditions de germination.

La manière la plus simple d'opérer est de mettre les grains trempés dans des doubles de papier filtre et mouillé qu'on place à l'abri de la lumière en réhumectant souvent.

On a construit un grand nombre d'appareils pour produire cette germination plus commodément : par exemple.

L'appareil Steiner (fig. 19) se compose d'une assiette creuse vernissée dans laquelle on met une bouillie de sable et par-dessus un plateau de terre cuite percé de 100 alvéoles dans lesquelles on a placé les 100 grains à étudier.

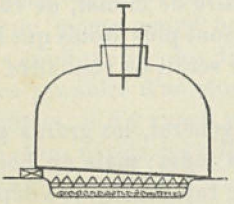


Fig. 19. — Appareil à pouvoir germinatif de Steiner.

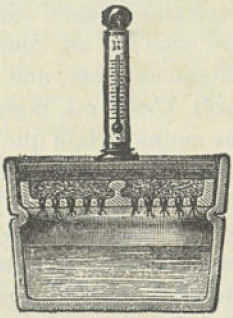


Fig. 20. — Appareil à pouvoir germinatif de Schœnjahn.

On recouvre le tout d'une cloche dépolie percée à la partie supérieure d'une ouverture de dégagement des gaz; on a d'ailleurs soin de disposer la cloche de manière à permettre par en bas la rentrée d'air.

L'appareil Schœnjahn (fig. 20) se compose d'un tamis de porcelaine à 100 trous disposé dans un vase au fond duquel il y a de l'eau jusqu'au niveau de la face inférieure du tamis. On recouvre le tout de sable fin, après avoir installé les grains dans les alvéoles.

Schœnfeld procède autrement. Dans des gobelets cylindriques ou mieux dans des entonnoirs à robinets ou fermés par une pince, il met les grains en

IRIS - LILLIAD - Université Lille

les faisant séjourner alternativement à l'air et sous l'eau. Les alternatives sont les suivantes : Sous l'eau, 5-6 heures (en changeant l'eau une fois) ; 18 heures à l'air ; 5-6 heures sous l'eau. On évacue l'eau, on couvre les vases avec une plaque de verre et on attend le piquage des grains.

D'après des essais comparatifs de Wichmann, l'appareil Schönjahn donne des chiffres plus élevés que les autres.

D'après Kinzel, un trempage trop prolongé et un terrain trop humide nuit à l'énergie germinative (p. 100 en 3 jours) sans toucher au pouvoir germinatif.

Il recommande pour l'étudier d'employer une trempe de 6 heures et un substratum à 7,5-15 p. 100 d'eau.

Quel que soit l'appareil, après la fin de l'opération, on compte le nombre de grains germés ; on prolonge ordinairement l'opération 10 jours. Windisch a indiqué une méthode beaucoup plus rapide que les précédentes et qui permet de juger d'une manière approximative du pouvoir germinatif.

On traite les grains dans un becherglass pendant 30 minutes par quelques gouttes de soude ; les pellicules se dissolvent, on lave à l'eau bouillante plusieurs fois.

Si le germe a résisté et s'il est jaune beurre, le grain est bon ; si le germe n'a pas résisté ou s'il est vert le grain est mauvais.

Remarque. — L'escourgeon a un germe qui vu à la loupe est déjà ramifié.

Urban a indiqué un moyen de déterminer en quelques minutes le pouvoir germinatif de l'orge. Ce moyen consiste à faire bouillir le grain pendant quelques minutes avec de l'eau ; par pression au bout du grain, on réussit alors à détacher l'embryon de certains grains ; pour d'autres, on ne réussit pas. Selon l'auteur, les premiers de ces grains seraient seuls capables de germer.

M. Fichtner s'élève avec raison contre cette manière de voir. Tous les grains renferment un embryon, à moins qu'il n'ait été enlevé par le battage. M. Fichtner s'est même donné la peine de répéter des essais d'après la méthode de M. Urban, et a pu constater que, dans bien des cas où cette méthode conduit au chiffre 100 pour le pouvoir germinatif, un essai de germination donne des chiffres bien inférieurs.

La méthode préconisée ne peut donc servir pour la détermination du pouvoir germinatif. Elle indique simplement la proportion d'embryons intacts, qu'ils soient susceptibles de développement ou non.

Variations du pouvoir germinatif. — Le pouvoir germinatif dépend de la température.

Un chauffage brusque à 50° ne lui nuit pas ; au contraire, si la durée ne dépasse pas deux heures.

Un chauffage brusque à 75° affaiblit le pouvoir germinatif de 3-4 p. 100.

Un chauffage brusque à 100° ne détruit pas tout le pouvoir germinatif et après 8 jours de repos il a repris 50 p. 100 de sa valeur.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Mais si l'on met 6 heures à effectuer le chauffage. la diminution est insensible et elle est de 20-25 p. 100 si on a chauffé en 2 heures.

Ces faits seraient favorables au touraillage des orges mal rentrées ou atteintes de charançon.

Le pouvoir germinatif est influencé par les températures très basses, si l'humidité est grande. De l'orge séchée à l'air (15,8 p. 100 d'eau) ne subit aucune diminution par un séjour de 18 minutes à — 190°.

Mais si l'orge est trempée, l'action du froid est tout autre. Ainsi un séjour à — 20° pendant 30 minutes suivi d'un dégel rapide ou lent (1/2 ou 14 heures) abaisse le pouvoir fermentatif de 97 p. 100 à 6 p. 100. La diminution est d'autant plus grande que le froid est plus prolongé, le dégel plus rapide et la teneur en eau du grain plus grande.

Le pouvoir germinatif de l'orge maintenu à l'abri de l'air diminue sans doute par suite de l'accumulation du gaz carbonique qui se dégage d'autant plus que les grains ont plus d'eau. (Il y a des graines telles que le haricot par exemple qui voient leur pouvoir germinatif s'accroître dans le vide.)

Une chose paradoxale est le pouvoir germinatif du malt touraillé; il s'explique par la présence de grains non germés dans le malt essayé. Dans un malt Pilsen on a ainsi trouvé un pouvoir germinatif apparent de 11 à 50 p. 100; dans un malt de Munich, on a trouvé de 0,75-4,25 p. 100.

Énergie germinative. — On doit distinguer l'énergie germinative et le pouvoir germinatif.

L'énergie germinative est représentée par la quantité de grains pour cent qui ont germé en 48 ou 72 heures; elle donne une appréciation de la rapidité avec laquelle la germination s'accomplira. Si la proportion de grains non germés est faible, on a une garantie que tous les grains germeront dans le même temps et que la germination s'accomplira régulièrement, sans qu'on soit obligé de l'interrompre avant que tous les grains, ou la très grande partie, n'aient atteint le degré voulu.

Avec une bonne orge, sur 100 grains, 95 doivent avoir commencé à germer au bout de 3 jours et ce nombre s'élèvera à 97 ou 98 le sixième jour au plus tard. Avec une orge moyenne, cette proportion peut n'être que de 90 à 93; au-dessous de 90 p. 100, l'orge est inutilisable.

Avant de mettre l'orge en germination dans l'un des appareils, on fait tremper les grains. Tous doivent tomber au fond de l'eau. Ceux qui surnagent sont des grains vides ou trop petits et sans valeur. On en fait le tant pour cent et c'est une observation qui n'est pas à négliger dans l'appréciation des qualités de l'orge, car ces grains écumés dans les cuves à tremper et perdus, constituent un poids inutile. C'est une preuve d'un mauvais nettoyage et d'un triage incomplet de l'orge.

Kukla considère comme défectueuse la manière dont on détermine le pouvoir germinatif (nombre de grains pour cent germés après 8 jours).

Dès que le grain pique, on le retire de l'appareil de germination, sans l'observer davantage. Dans la méthode préconisée par cet auteur en 1896, on

IRIS - LILLIAD - Université Lille

suit la germination du grain pendant 8 jours consécutifs, et on examine séparément le développement de la plumule et des radicelles. On observe alors, avec certaines orges, que le grain pique bien, mais que les radicelles ne se développent pas ou pourrissent immédiatement, ou que les radicelles étant développées, la plumule se fane. Ainsi voici, comme exemple, une orge de Roumanie, dont l'examen a donné les résultats suivants :

Sur 500 grains, ont germé au bout de :

1 jour	320 ou 64,0 p. 100.
2 jours, en plus	99 ou 83,8 —
3 —	54 ou 94,6 —
4 —	9 ou 96,4 —
5 —	6 ou 97,6 —
7 —	2 ou 98,3 —
8 —	3 ou 98,6 —
Ensemble	493 ou 98,6 p. 100.

Puissance germinative (après 3 jours), 94,6.

En somme, on arrive à un pouvoir germinatif satisfaisant; mais le résultat est tout autre si on examine la plumule et les radicelles.

Au bout de huit jours, on a trouvé pour 100 grains :

Plumule et radicelles bien développées	15
Belles radicelles, plumule courte	16
Assez belles radicelles, pas de plumule	62
Plumule courte, radicelles non développées	4
Non germés	3

Le résultat, envisagé ainsi, n'est plus du tout satisfaisant.

Il faut d'ailleurs remarquer que le pouvoir germinatif est faible immédiatement après la récolte, il lui faut un mois pour s'équilibrer; ainsi une orge de pays avait un pouvoir 80 à la récolte et fin décembre 95.

Un avantage des orges de Hongrie, c'est que récoltées plus tôt, elles ont plus tôt un bon pouvoir germinatif.

Cas des grains mouillés. — Une des causes d'affaiblissement du pouvoir germinatif c'est la pluie sur les gerbes non rentrées. D'après Will, il suffirait pour réparer le dommage, de sécher ultérieurement les grains.

Nous verrons plus loin qu'on a préconisé des systèmes de trempe, à la chaux, au chlorure de chaux, etc., qui ont pour but de pallier aux inconvénients de l'orge mouillée.

Pour l'étude de ces graines nouvelles, Hiltner pense que ce n'est pas la teneur élevée en eau des grains imparfaitement mûrs qui retarde leur germination, mais la difficulté qu'ils ont à absorber une quantité d'eau suffisante. Leur enveloppe ne laisse passer l'eau qu'après un séchage complet. La maturation complémentaire porte donc sur l'état de cette enveloppe. En entaillant ou piquant le grain, on triomphe de cette résistance à la fixation de l'eau.

Le procédé imaginé par M. Hiltner consiste donc à entailler ou piquer le

IRIS - LILLIAD - Université Lille

grain avant de le mettre à tremper, puis le faire tremper pendant dix à vingt-quatre heures et le soumettre alors à la germination.

Ses expériences sur le froment et l'orge démontrent qu'en trois jours on a atteint un pouvoir germinatif de 98 p. 100, alors qu'il n'est que de 26,5 p. 100, après trois jours, et de 82 p. 100, après dix jours, pour le grain traité ordinairement.

Voilà donc un procédé simple permettant d'avoir très rapidement, en trois ou quatre jours, des renseignements certains sur le pouvoir germinatif d'un grain dont la maturation n'est pas encore complète.

Avant de pousser plus loin cette étude, il est bon de dire un mot des diastases en général, et particulièrement de celles de l'orge.

DES DIASTASES OU ENZYMES

Les ferments solubles, ou diastases ou enzymes, sont des corps organiques qui donnent naissance à certaines réactions sur d'autres matières organiques, tout en étant toujours en très petite quantité par rapport au poids des matières décomposées. Le nom de ferments solubles rappelle leur faible proportion. L'épithète soluble indique non seulement leur solubilité, mais leur propriété de ne pas être figurés, c'est-à-dire de ne pas posséder une forme comme les ferments proprement dits. Ceux-ci, étant des végétaux, peuvent se reproduire par eux-mêmes, tandis que les ferments solubles étant des produits chimiques ne peuvent le faire.

Ces enzymes prennent naissance à l'intérieur des cellules végétales ou animales et en particulier à l'intérieur des microbes.

Ordinairement une même cellule produit plusieurs enzymes, de sorte que l'étude des produits de l'intérieur des cellules porte sur un mélange d'enzymes. Cette idée du mélange d'enzymes est récente. Autrefois, on admettait que dans une cellule déterminée il n'y avait qu'un seul enzyme spécial à la cellule. Cependant, on savait que la cellule possédait plusieurs genres de réactions chimiques et on pensait que l'enzyme qu'elle renfermait avait des fonctions multiples. Mais on s'est aperçu que les cellules pouvaient donner un très grand nombre de réactions chimiques variables avec les circonstances. Pour ne pas donner à un seul enzyme un trop grand nombre de propriétés différentes, on a été conduit à penser qu'une même cellule renfermait plusieurs enzymes ayant chacun une propriété déterminée. Par exemple dans la levure il y a de la sucrase, de la maltase, de la zymase, etc., enzymes qui invertissent le sucre, la maltose, ou font fermenter la glucose. Il est probable, en réalité, qu'à l'intérieur des cellules, il y a un corps unique, ou quelque corps en petit nombre, jouant au point de vue chimique le rôle de noyau et dont les modifications possibles seraient les différents enzymes.

Il est difficile d'isoler les différents enzymes d'une cellule, car d'une part, leurs propriétés physiques sont très voisines, et d'autre part, les réactifs capables de les précipiter, outre qu'ils les entraînent plus ou moins ensemble, entraînent aussi des matières organiques sur lesquelles les enzymes sont comme mordancés.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Parmi ces matières organiques, on retrouve surtout des matières albuminoïdes, ce qui n'est pas extraordinaire puisque les enzymes sont eux-mêmes de nature protéique.

Le cas de séparation le plus simple, mais le plus rare, est le cas de diffusibilité de l'enzyme à travers la paroi ; c'est ainsi qu'on peut, par lavage, obtenir la sucrase de la levure ou l'amylase du malt. Mais cette circonstance est rare, c'est ainsi que la maltase de la levure a longtemps passé inaperçue.

Enfin une nouvelle difficulté de l'extraction des enzymes réside dans ce fait qu'un enzyme déterminé n'existe dans la cellule mère en proportion suffisante que dans des circontances et qu'à des moments spéciaux.

En particulier, certains enzymes ne prennent naissance que par suite d'un état d'étiolement provoqué dans les cellules.

Comme composition chimique les enzymes sont voisins des albuminoïdes.

Propriétés générales. — En général, ils en ont la plupart des propriétés. Ainsi la diastase du malt (diastase brute) ne réduit pas la liqueur de Fehling; bouillie, sa solution se trouble en se coagulant ; l'acide chlorhydrique fumant donne la coloration violette de la syntonine; l'acide nitrique donne une coloration jaune; le réactif de Millon produit la coloration rouge, due à la tyrosine ; l'acétate de plomb, le sublimé, le tanin, le ferrocyanure en liqueur acétique donnent des précipités.

Toutes ces propriétés appartiennent aux matières albuminoïdes. Au contraire, tandis qu'une matière albuminoïde fortement alcaline, additionnée de sulfate de cuivre, donne une coloration rose (réaction du biuret), la diastase brute ne la donne pas.

La teinture de résine de gaïac et l'eau oxygénée donnent par certains enzymes une coloration bleue, propriété que n'ont pas en général les albuminoïdes.

Enfin les albuminoïdes proprement dits ne sont pas dialysables, ce que sont dans une certaine proportion certains enzymes.

Classification des enzymes. — On peut classer les enzymes ainsi :
1° Enzymes hydrolisants capables de fixer l'eau sur les corps qu'ils attaquent : Ex. : sucrase, maltase;
2° Enzymes oxydants qui se subdivisent en trois catégories :

a) Ceux qui fixent l'oxygène de l'air : oxydases ou aéroxydases.

b) Ceux qui décomposent l'eau oxygénée sans fixer l'oxygène : Catalases.

c) Ceux qui décomposent l'eau oxygénée en fixant l'oxygène, par exemple, sur la teinture fraîche de gaïac, le chlorhydrate de tétraméthylphénylènediamine, le naphtol, le pyrogallol, etc. Ces enzymes se nomment peroxydases[1].

Peut-être ces enzymes sont-ils simplement des mélanges des deux autres?

[1] Ils agissent sur la vieille teinture de gaïac sans H^2O^2; c'est que la vieille teinture contient un peroxyde.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

3° Les enzymes peptonisants qui détruisent les albuminoïdes :

4° Les enzymes réducteurs ;

5° Les enzymes coagulants ;

6° Les enzymes dislocateurs qui scindent par exemple la glucose en alcool et acide carbonique.

Parmi les enzymes il y a ceux de l'orge et ceux de la levure qui sont particulièrement intéressants. Ici nous n'étudierons que les premiers, remettant au chapitre Microbes l'étude des seconds.

Enzymes de l'orge naturelle. — Dans l'orge, le blé, le seigle, le maïs, paraît exister un enzyme appelé diastase de translocation qui agit dès le début pour effectuer la germination. Elle est différente des enzymes qui se produisent plus tard, car elle n'attaque pas les grains d'amidon ; elle agit surtout sur les dextrines. Elle agit d'ailleurs à basse température.

Si l'on fait agir la diastase extraite de l'orge non germée sur une solution d'amidon soluble, à la température de 50°, ce dernier est hydrolysé d'abord rapidement, puis avec une lenteur de plus en plus grande ; après quatre-vingt-seize heures, l'iode fournit encore une coloration bleue.

Si l'on étudie les produits de la réaction, après une durée d'une heure à une heure et demie, on ne trouve que de la maltose et de la dextrine. Après un contact de vingt-quatre heures, on peut mettre de plus en évidence la présence de la glucose.

La dextrine, isolée par précipitation avec l'alcool, donne une coloration bleue avec l'iode ; son pouvoir rotatoire est de 190-195°, et elle possède encore un léger pouvoir réducteur.

La diastase de l'orge agit faiblement sur cette dextrine ; après quatre-vingt-dix heures, on a encore une coloration bleue par l'iode ; il s'est formé de la maltose et de la glucose à côté de dextrine restée inaltérée. Quant à la diastase du malt, son action est beaucoup plus vigoureuse, et, après dix-huit heures à la température de 55°, on n'a plus de coloration par l'iode. Il s'est formé de la maltose, des achroodextrines et beaucoup de glucose.

Comme la diastase de l'orge est sans action sur la maltose, il faut en conclure que la glucose, trouvée dans les produits de son action prolongée sur l'amidon soluble, est dérivée de la dextrine.

Ajoutons que la diastase de l'orge peut liquéfier complètement l'empois d'amidon en deux à trois heures à la température de 50°, avec formation de maltose et de la dextrine déjà décrite.

A côté de cet enzyme qui est hydrolysant semble exister une oxydase que Grüss a trouvée dans l'embryon. Elle empêcherait en milieu aéré la formation d'amidon aux dépens de la saccharose du scutellum.

Fernbach et Wolff ont indiqué dans l'orge crue un enzyme coagulant dont il sera parlé plus loin. On n'a pas trouvé d'enzyme peptonisant dans l'orge non germée. Cependant Weiss croit à un petit pouvoir pepsique à l'exclusion de tout pouvoir trypsique. Ce pouvoir s'exhalte par l'acide lactique.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Enzymes de l'orge germée. — Cytase. — Lorsque la germination a progressé, après vingt-quatre ou trente-six heures, prend naissance la cytase qui corrode les cellules de manière à s'introduire à l'intérieur où elle agit sur les grains d'amidon. Elle ne résiste pas à la chaleur (tourraillage).

Diastase. — A mesure que la germination se développe, la diastase proprement dite se développe, elle liquéfie l'amidon et l'empois et agit à toute température jusqu'à 80° en donnant des dextrines et de la maltose.

Il est probable qu'il y a deux enzymes hydrolysants dans le malt.

A l'appui de ce fait, M. Duclaux présente les arguments suivants :

1° La liquéfaction de l'amidon n'est jamais accompagnée d'une fixation d'eau, tandis que la transformation des dextrines en maltose a toujours lieu par hydratation : la dextrine a la même formule que l'amidon, $C^{12} H^{20} O^{10}$; la maltose a une molécule d'eau en plus, $C^{12} H^{20} O^{10} + H^2O = C^{12} H^{22} O^{11}$.

M. Duclaux ne peut admettre qu'une même diastase puisse produire deux actions différentes.

2° Les réactions avec l'iode ne suivent pas une marche parallèle au degré de saccharification. Ainsi, à 60°, l'iode donne encore la réaction des érythrodextrines, alors qu'il y a déjà 75 p. 100 de la maltose produite ; à 66°, la réaction avec l'iode cesse dès qu'il y a seulement 42 p. 100 de maltose dans le liquide.

Cela s'explique si on admet que la diastase qui transforme les érythrodextrines en maltodextrines n'agit pas avec la même intensité aux températures inférieures.

Il y aurait donc plusieurs diastases, chacune préparant le terrain ou les produits aux autres. M. Duclaux en suppose deux : une amylase décoagulante capable de faire de l'amidon soluble et des dextrines ; une dextrinase hydrolisante agissant sur les dextrines pour en faire de la maltose.

Venant encore à l'appui de cette manière de voir, est le fait bien connu que l'action de la diastase du malt varie avec la température de sa préparation et l'acidité du milieu.

En fait, on admet souvent la présence de deux enzymes, l'un agissant sur la dextrine et donnant la maltose (dextrinase). Il ne résisterait pas aux températures élevées (80°). Le deuxième enzyme plus résistant, agissant sur l'amidon soluble pour donner les dextrines et auquel il convient de conserver le nom d'amylase que l'on donne souvent à la diastase globale.

Cette hypothèse de deux enzymes est d'accord avec les expériences de Wissmann qui ne sont d'ailleurs pas admises par tous les auteurs.

Une plaque de verre est couverte de gélatine amidonnée. On y dépose au centre une trace de diastase brute ; on attend trois jours, après lesquels on plonge la plaque dans l'eau iodée ; le centre reste blanc ; autour on voit un cercle violet, et le fond est bleu.

Ceci peut s'expliquer de deux manières : 1° ou les dextrines et la maltose sont inégalement diffusibles ; 2° ou il y a deux enzymes inégalement diffusibles.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Wissmann prend une deuxième plaque et l'inocule d'un fragment capable de donner du violet par l'iode. Après le développement, le cercle blanc manque. Or, s'il n'y avait qu'un enzyme donnant des produits inégalement diffusibles, on devrait avoir encore les deux régions blanche et violette, et s'il y a au contraire deux enzymes, celui donnant du violet doit continuer à en donner. De même en inoculant une troisième plaque avec un fragment restant blanc, le développement ne donne qu'un cercle blanc; ce qui est encore conforme à l'idée de deux enzymes.

L'auteur croit même avoir mis en évidence, sur ces taches non colorées par l'iode, de la maltose, par la phosphorescence de bactéries se développant en gélatine maltosée et non en gélatine dextrinosée.

Préparation de la diastase globale. — La diastase globale du malt doit être fortement impure, c'est ce qui explique pourquoi les différents auteurs ont décrit des produits différents.

Le premier qui l'ait isolée est O. Sullivan. La méthode a été améliorée par Lintner. On fait un extrait de malt sec dans l'alcool à 20 p. 100. La diastase s'y dissout. On ajoute alors à la solution alcoolique un grand volume d'alcool concentré pour remonter le titre. La diastase soluble dans l'alcool à 20 p. 100 est maintenant insoluble et se précipite. On lave le précipité à l'alcool, puis à l'éther, on sèche et ce que l'on obtient est considéré comme diastase. Quand on en fait l'analyse, on trouve qu'il y a 34 p. 100 d'oxygène, c'est-à-dire une plus grande quantité que dans les matières albuminoïdes qui n'en contiennent que 22 p. 100; de plus le précipité est moins riche en azote; on ne trouve que 10 p. 100 au lieu de 16 p. 100.

Cette étude a été reprise par différents auteurs.

Effront maintient de la farine de malt sous l'eau à 30° pendant seize heures, il filtre et lave la drèche; le liquide est mis en fermentation puis filtré et précipité par l'alcool.

Faisons, avec Osborne, un extrait de malt sec dans de l'eau et ajoutons du sulfate d'ammoniaque. Il se précipite des matières albuminoïdes parmi lesquelles la diastase. Prenons ce précipité, redissolvons-le dans l'eau et mettons-le dans un dialyseur. La diastase dialyse. Si alors on ajoute de l'alcool à l'eau diffusée où se trouve la diatase, celle-ci précipite.

Nous avons ainsi un produit qui n'est pas obtenu comme le précédent et qui n'a pas les mêmes propriétés. Le second possède un pouvoir diastasique six fois plus grand que le premier. Il a sensiblement la même composition que les albuminoïdes, ce qui n'avait pas lieu pour le produit obtenu par la méthode de Lintner.

Néanmoins ce précipité n'est pas pur et doit être considéré comme un mélange. Car si on le dissout dans l'eau et si l'on chauffe, une partie seulement se coagule.

Au lieu d'opérer comme on vient de le faire, intervertissons les opérations Après avoir précipité par l'alcool, dissolvons le précipité dans l'eau et précipitons de nouveau par le sulfate d'ammoniaque. On obtient un nouveau pro-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

duit possédant le pouvoir diastasique. C'est donc une diastase. Si on la fait bouillir avec de l'acide chlorhydrique, on obtient un précipité et la partie restée soluble réduit la liqueur de Fehling. La matière en solution est de l'*Arabinose*. En même temps que la matière albuminoïde, on a donc précipité une pentosane : ce qui rend évident que ce que nous avons appelé diastase n'est qu'un mélange.

On a été plus loin. On a pris ce mélange contenant une pentosane et par précipitations fractionnées, on l'en a isolée. On a donc obtenu un résidu qui était la soi-disant diastase.

Enfin on a préparé des diastases en faisant des extraits par l'eau à 2 p. 100 d'acétate de plomb qui précipite certaines matières albuminoïdes lesquelles se trouvent éliminées lorsqu'ensuite on précipite par l'alcool. La plupart des diastases obtenues par ces procédés ont des propriétés protéolytiques (digestion des matières albuminoïdes).

Lintner a repris la question : Il concentre à 12° Balling un extrait de malt par congélation. Il y ajoute du sulfate d'ammoniaque jusqu'à produire un trouble, puis il en redissout le précipité et le dialyse. Il obtient alors un enzyme hydrolysant qui n'a aucune propriété protéolytique.

Ces divers genres de préparation expliquent les différences d'analyses trouvées par les différents auteurs.

	ZULKOWSKI	KRAUCH	SZILAGYI	LINTNER	JEGOROFF
Carbone	45,57	45,68	46,80	46,66	40,24
Hydrogène	6,49	6,90	7,44	7,35	6,78
Azote	5,14	4,57	9,98	10,42	4,70
Soufre	37,64	36,77	1,14	1,12	0,70
Oxygène			34,64	34,45	41,53
Phosphore	»	»	»	1,12	1,45
Cendres	3,16	6,08	1,14	4,79	4,60

D'après Lintner, les cendres sont formées de phosphate neutre de chaux.

D'après Zulkowski, on y trouve les phosphates de chaux, de magnésie et de potasse.

Il faut remarquer que d'après ces analyses les diastases seraient moins azotées que les corps albuminoïdes.

Lois de la saccharification. — Que l'extrait de malt contienne un ou plusieurs enzymes s'attaquant à l'amidon, la question est trop importante pour les brasseurs, pour qu'on ait négligé de l'étudier de près.

1° Pour des solutions d'amidon à 2-3 p. 100 la loi de la transformation n'est pas exprimée par une courbe logarithmique $K = \frac{1}{0} lg. \frac{1}{1-x}$ ou 0 est le temps en minute, x le taux et K une constante.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Cela entraînerait l'obligation d'une réaction obéissant à la loi des masses, c'est-à-dire où la quantité d'amidon dédoublée dans un temps donné, à un moment donné, serait proportionnelle à la quantité d'amidon existante à ce moment.

La loi paraît être celle-ci :

$$2K = \frac{1}{0} lg \frac{1+n}{1-n}$$

En réalité la première formule s'applique jusqu'à 30-40 p. 100 d'hydrolyse ; l'autre formule s'applique plus complètement au phénomène.

2° Au début d'une saccharification la quantité de maltose est proportionnelle à la quantité d'amylase, la proportionnalité se maintenant jusqu'à 40 p. 100 de maltose.

3° Au point de vue des températures :

a) Kjeldahl a montré qu'après quinze minutes les quantités de maltose obtenues augmentent avec la température de l'opération jusqu'à 63°. Mais elles décroissent si la température employée est de plus en plus grande.

b) Si on attend la fin de l'opération, on constate qu'il y a des proportions différentes de maltose et de dextrine suivant la température.

Ainsi dans une expérience on a eu : (M signifie maltose, et D dextrine).

De 60 à 63°	M = 67,85 p. 100	D = 32,15 p. 100	$\frac{D}{M} = \frac{1}{2}$ sensiblement.
63°	68 —	32 —	= 0,47
64°	50 —	50 —	= 1
64-68°	34,5 —	65,5 —	= 1,86
68-70°	17,3 —	82,6 —	= 4,75

4° L'effet de dilution de l'extrait paraît avoir une action favorable à partir d'une certaine limite, mais cela doit tenir à une plus forte dissolution de diastase et peut-être à une plus forte hydratation de l'amidon.

D'ailleurs le fait précédent a été étudié sur des moûts de brasserie en présence des farines et non sur un extrait de malt isolé dans lequel la dissolution de diastase est effectuée.

5° Les extraits de malt préalablement chauffés à T° employés ensuite à $t°$ ne se comportent pas comme un malt normal employé à cette même température $t°$. Mais ils se rapprochent de ce que serait le malt normal travaillé à la température T° où ils ont été préalablement chauffés.

Aussi un malt chauffé dix minutes à 63° a donné :

A 50°, 63 p. 100 de maltose $\frac{D}{M} = \frac{37}{63} = 0,59$

A 68°, 35 p. 100 — $\frac{D}{M} = \frac{65}{35} = 1,9$

A 70°, 17 p. 100 — $\frac{D}{M} = \frac{83}{17} = 4.9$

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Un malt chauffé trente-cinq minutes à 80° ne donne presque pas de maltose. D'où l'idée dont nous avons déjà parlé des deux diastases, celle qui résiste à 80° qui donne surtout de la dextrine et l'autre détruite à cette température et détruisant la dextrine pour en faire de la maltose.

Si on suit la marche d'une saccharification aux températures de 50 à 60°, on constate qu'elle se fait en deux temps très marqués : 1° une période de quelques minutes (15) très active et 2° une période lente.

On a expliqué ce fait par une usure de la diastase. Celle-ci n'est guère probable puisqu'une nouvelle addition de diastase n'accélère pas la transformation.

On a aussi fait intervenir l'action contraire de la maltose (réaction inverse). Sans nier cette action, il faut observer qu'une addition préalable de maltose agit peu.

Ce qui paraît intervenir dans le ralentissement, c'est la difficile attaque, de certaines dextrines, lesquelles proviendraient de parties différentes des grains d'amidon.

Dans cette hypothèse, la saccharification n'est plus une dégradation par plusieurs échelons de l'amidon vers la maltose, mais une série de dégradations de plusieurs amidons vers la maltose.

Cette hypothèse serait en concordance avec le fait que les grains d'amidon cru sont attaqués par la diastase par points et que les portions les plus résistantes donnent des empois qui se détruisent et se saccharifient moins vite et en laissant aux points de plus grande résistance des dextrines résiduelles qui y seraient soit enclavées, soit combinées.

L'action simultanée de la levure et de la diastase est bien plus forte que celle de la diastase seule. Les dextrines non touchées par l'amylase et la levure isolées, le sont par les deux réunies.

Une remarque importante de Ling et Davis, relative à la saccharification, c'est qu'évidemment, les différents amidons ne se comportent pas de même et que d'ailleurs les résultats indiqués par les auteurs sont relatifs à la fécule. Or, au point de vue de la brasserie, il vaudrait mieux étudier l'amidon d'orge et surtout celui du malt.

Ils ont préparé des amidons différents, lesquels d'ailleurs contiennent des cendres et des matières azotées (surtout lorsqu'on met des alcalis pour empêcher l'action de la diastase, car ceux-ci favorisent l'action des trypsines avec production de composés azotés insolubles; à ce point de vue, il vaut mieux employer le formol).

Les auteurs ont constaté sur ces différents amidons les faits suivants :

1° Un brassage d'amidon, d'eau et de diastase à 63° pendant un quart d'heure équivaut à un brassage vers 67° pendant deux heures;

2° Dans un brassage de deux heures avec de l'amidon, de l'eau et de l'amylase.

A 60° $\alpha D_{3,93}$ est toujours plus petit qu'à 71°
— $R_{3,93}$ — grand —

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Avec les différentes orges ou malts, on a des chiffres différents; mais échelonnés de 60 à 71°.

Pour l'orge	α_D	varie de	140,8	à	146,1
—	R	—	88,7	à	80,6
Pour le malt touraillé	α_D	—	150	à	161°
Ou séché à basse température	R	—	81	à	67°
Pour la fécule	α_D	—	15,45	à	167°
—	R	—	88	à	55,3

Ce qui établit une différence nette entre la fécule, l'amidon d'orge et celui du malt. D'ailleurs les amidons des malts séchés et touraillés sont également différents.

Enfin si on prend de l'amidon d'orge empesé préalablement, α_D est de 168 et R. de 52,4, nombres très différents de ceux de l'amidon cru correspondant. Ce qui prouve que dans un brassage à 71° l'amidon n'est pas empesé.

Substances activantes et retardatrices. — Sur ce sujet, résumons les expériences d'Effront :

1° Les acides minéraux à très faible dose ont une action activante[1]; à mesure que la dose d'acide augmente, l'effet s'atténue pour changer de sens lorsque la dose devient plus forte.

Il y a donc une dose optima, pour chaque acide. Elle dépend du milieu, car l'acide réagit sur celui-ci; elle dépend de la température, car l'effet tend à diminuer à mesure que la température croît.

2° Les acides organiques agissent dans le même sens. A ce sujet Effront a cité au point de vue de la quantité de maltose produite, les résultats suivants :

a) A 30° la présence d'une dose de 1/1000, à 40° 40/1000 d'acide lactique produisent en une heure une augmentation; tandis qu'il y a abaissement marqué au bout de douze heures.

b) A 55° il y a abaissement déjà au bout d'une heure.

Il faut remarquer que l'effet sur la production de dextrines (effet liquéfiant) est fortement diminué à 30° même après une heure.

Il résulte des faits précédents que la présence d'acide lactique doit produire une plus grande atténuation du moût. Il en est de même de la présence de l'asparagine du malt.

3° Parmi les substances favorisantes, il faut citer le phosphate et l'alun d'ammoniaque, l'acétate d'alumine et l'asparagine[2].

Le phosphate acide de chaux et l'alun ordinaire ont une particularité; tandis que les corps précédents agissent toujours de même que l'on mette le

[1] D'après Petit, la dose optima correspondrait à celle qui, par ébullition, produit le maximum de coagulum.

[2] Dans ce dernier temps, John Ford a prétendu que l'action favorisante de l'asparagine qui est un acide amidé était due comme celle de tous les acides, à l'action neutralisante. Effront a repris la question et fait des expériences nombreuses confirmant ses premiers résultats. Les acides amidés ont une action favorisante, indépendante de la température, de l'alcalinité et de plus de la nature de l'amidon.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

réactif dans la diastase ou dans l'empois, les deux substances en question donnent des résultats différents dans les deux cas.

On peut dire des substances activantes :

1° Qu'il y a un maximum pour chaque substance.

2° Que l'effet ne se fait sentir qu'au début.

3° Que l'effet ne se fait sentir que s'il y a peu de diastase par rapport à l'amidon, et que si l'opération ne dure pas trop longtemps.

Ainsi à 50° pendant une heure, sur 100 centimètres cubes d'empois, 0,05 gr. d'asparagine ont donné avec 1 centimètre cube d'infusion de malt, 2 p. 100 de maltose (témoin 18); avec 10 centimètres cubes d'infusion de malt, on a eu 79 p. 100 de maltose (témoin 79).

A 30°; sur 100 centimètres cubes d'empois, 0,5 gr. d'asparagine ont donné avec 1 centimètre cube d'une infusion de malt très faible, après une heure, 45 p. 100 de maltose (témoin 6,4), après douze heures, 75 p. 100 de maltose (témoin 75).

Donc les opérations sans asparagine et avec asparagine s'équivalent si on met 10 centimètres cubes au lieu de 1 centimètre cube de malt ou si l'on prolonge par exemple douze heures au lieu d'une. La conclusion est importante, car en brasserie la diastase est toujours abondante et la saccharification assez prolongée.

Les alcalis nuisent à la diastase, mais neutralisés ils lui restituent sa puissance ; en particulier le carbonate de soude est très actif $\left(\frac{2}{10^5}\right.$ diminuent la maltose des 3/4$\left.\right)$.

Un grand nombre de sels abaissent l'action saccharifiante : le sublimé, le chlorure de calcium, certains sels de zinc, de fer, etc., sont dans ce cas.

De même l'alcool, le formol, le phénol, l'acide salicylique. L'acide picrique ne ralentit pas.

Ces influences d'affaiblissement sont compensées en pratique par ce fait, que le grain d'orge germé contient plus de diastase qu'il n'en faut pour saccharifier l'amidon du même grain. Il y en a assez dans un seul grain pour saccharifier l'amidon de dix grains; d'après Payen, la diastase peut transformer jusqu'à 2000 fois son poids de fécule.

Enzyme pectasique. — Bourquelot et Hérissey ont, avec de l'extrait de malt, dissous des pectoses. Ils attribuent cet effet à un enzyme pectasique.

Enzymes oxydants. — Nous venons de voir que la diastase brute contient probablement deux éléments hydrolysants, mais elle doit contenir des ferments oxydants. En effet si l'on prend une diastase de Lintner séchée, c'est-à-dire le résultat d'une précipitation d'extrait de malt par l'alcool, on constate qu'elle décompose très activement l'eau oxygénée ; lorsque le dégagement est terminé, on constate que la diastase agit très faiblement sur la teinture de gaïac et l'eau oxygénée ou sur le chlorhydrate de la tétrabase. La force catalysante a donc disparu, mais non l'action peroxydante. Or l'action sur l'empois d'amidon n'a pas baissé; l'action hydrolysante a donc subsisté.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Une solution de cette diastase chauffée au bain-marie perd à 78-80° la faculté hydrolysante, à 85° la force catalytique et ce n'est qu'à 90° que la troisième action s'annule.

Enzyme coagulant. — Wolff et Fernbach ont reconnu la présence, dans les graines de céréales vertes, d'une substance possédant la propriété de précipiter l'amidon soluble de ses solutions. Cette précipitation présente tous les caractères d'une coagulation diastasique, et ils proposent pour la diastase nouvelle le nom d'*amylo-coagulase*.

Cette diastase ne se rencontre pas seulement dans les grains verts ; elle existe, d'une manière générale, associée à l'amylase dans un grand nombre de grains mûrs, dans des graines de céréales en voie de germination, dans des feuilles, etc.

Les coagulations les plus nettes leur ont été fournies par une macération de 10 grammes de malt moulu dans 100 centimètres cubes d'eau. Cinq centimètres cubes de cet extrait suffisent pour coaguler en vingt ou trente minutes, à la température de 15 à 25°, 100 centimètres cubes d'une solution d'amidon soluble renfermant de 4 à 4,5 p. 100 d'amidon sec. Cette solution d'amidon a été obtenue en chauffant pendant deux heures à 130°, dans la vapeur d'eau, de l'empois de fécule de pomme de terre.

Dans la solution d'amidon additionnée d'extrait de malt, on voit apparaître tout d'abord un trouble qui s'accentue de plus en plus et finit par se résoudre en grumeaux volumineux. Si l'on opère avec une solution d'amidon plus concentrée, on observe une coagulation plus rapide, avec prise en masse de l'amidon précipité.

Si on se place dans des conditions autres que celles ci-dessus indiquées en diminuant soit la concentration de l'amidon, soit la quantité d'extrait de malt, la coagulation se trouve considérablement retardée et peut même ne pas se produire. Le fait s'explique naturellement par la présence d'amylase dont l'action saccharifiante prédomine et s'exerce sur l'amidon coagulé comme sur l'amidon soluble. Cette action, antagoniste de l'amylo-coagulase, peut être paralysée si on opère à une température suffisamment basse. On peut aussi l'entraver par l'addition d'une substance retardatrice, comme la soude caustique, qui gêne moins l'amylo-coagulase que l'amylase.

La coexistence et l'action simultanée de l'amylo-coagulase et de l'amylase font comprendre facilement pourquoi, même dans les conditions les plus favorables, on n'arrive à coaguler qu'une partie de l'amidon soluble mis en expérience. La quantité d'amidon que les auteurs ont pu coaguler dans leurs expériences les plus satisfaisantes n'a jamais dépassé 30 p. 100 de l'amidon mis en œuvre[1].

Parmi les divers corps dont ils ont essayé l'influence sur l'amylo-coagulase

[1] Depuis l'impression de cette page, les auteurs ont publié un nouveau travail : le phénomène de coagulation n'a lieu qu'en présence d'une diastase liquéfiante. S'il y a saccharification, la coagulation n'a plus lieu. L'amylo-coagulase existe dans l'orge, le blé, le seigle et non dans l'avoine. Celle-ci au contraire peut rendre coagulable un extrait de malt qui ne l'est pas faute d'une amylase liquéfiante.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ils n'ont observé jusqu'ici d'effet très appréciable que pour les acides et les alcalis. La moindre trace d'acide ou d'alcali *libre* retarde notablement la coagulation, et des doses minimes suffisent pour l'empêcher (1/10 000e d'acide acétique ou de soude). La coagulase se comporte donc à ce point de vue comme l'amylase du malt.

Un extrait de malt perd tout pouvoir coagulant lorsqu'il est exposé pendant cinq minutes à la température de 65°; son maintien à 60° pendant un quart d'heure reste sans effet appréciable.

Il faut exclure l'idée que chaque variété d'amidon exige une coagulase particulière. L'extrait de malt peut coaguler l'amidon de riz, de même que la fécule.

L'amylo-coagulase semble représenter un des rouages essentiels du mécanisme par lequel l'amidon se dépose à l'état solide dans les cellules végétales. Son étude formera un chapitre important dans la question de l'antagonisme des actions diastasiques. Cet antagonisme, dont la nouvelle diastase nous offre un exemple frappant, peut sans doute expliquer l'arrêt de certaines actions diastasiques, rapporté souvent jusqu'ici, par analogie avec la maltase étudiée par C. Hill, à des phénomènes de réversibilité. Il explique aussi comment une diastase peut rester ignorée, bien que présente, lorsque les conditions expérimentales dans lesquelles on la place donnent le pas à la diastase antagoniste.

Enzymes peptonisants. — Enfin dans l'extrait de malt se trouve un ou plusieurs enzymes peptonisants[1]. C'est un point mis en évidence dans le malt vert, sec ou touraillé, par Kjeldahl qui a constaté l'action sur le gluten et par Windisch et Schellorn qui ont constaté l'action sur la gélatine. Fernbach et Hubert ont fait voir que les produits obtenus sont plus simplifiés que les peptones (précipitées à l'acide phosphotungstique). Weiss a dans ces derniers temps établi, du moins pour le malt touraillé, qu'il doit y avoir deux enzymes, l'un de nature pepsique et qui agit surtout à 50° mais dure jusqu'à 75° et agit déjà bien à 4°, l'autre de nature trypsique qui est plus lent, donne une décomposition plus profonde, qui n'agit pas à 5°, agit surtout à 47-48° et n'agit plus à 60°.

Les produits pepsiques sont précipités par le chlorure stanneux et les produits trypsiques sont précipités par le tanin à 5 p. 100 avec quelques gouttes de sel marin.

Pour ces enzymes Fernbach et Hubert, ont signalé, de même que pour les diastases, l'action favorisante des phosphates primaires et retardatrice des phosphates secondaires. Les corps étrangers qui favorisent, tels que les

[1] On peut déterminer le pouvoir protéolytique du malt en se servant de gélatine.

On titre une solution de gélatine à 1,5 p. 100, refroidie à 20°, avec de la soude décinormale en présence du méthyl-orange.

On se sert de cette donnée pour neutraliser une gélatine-type faite avec 500 centimètres cubes d'eau chaude, mesurée à 15° et 64 grammes de gélatine; on refroidit à 45°, on colle à l'œuf, on porte à 90°, on filtre à chaud et on ajoute 4 grammes de thymol.

Enfin il est bon de neutraliser, l'extrait de malt à étudier, à la neutralité au méthyl-orange.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

acides à petites doses, sont ceux qui font passer des phosphates secondaires à l'état de phosphates primaires et les doses de ces corps qui font passer un extrait de malt de la neutralité à l'orangé à la neutralité à la phtaléine, c'est-à-dire les doses qui enlèvent aux phosphates secondaires une molécule de base sont justement les doses favorisantes optima.

Les bases ont un effet retardateur dû surtout à la précipitation qui entraînent des matières actives.

Enfin l'alcool a une action retardatrice proportionnelle à sa dose ; l'alcool à 15 p. 100 arrête tout ; les antiseptiques tels que le chloroforme ou le thymol arrêtent le pouvoir trypsique en vingt-quatre heures ; le formol a 1 p. 100 rend inactif l'extrait de malt, en une heure à 45° et au bout de six mois à 5°.

Le toluène, ayant une action très faible, est le meilleur agent de conservation.

Les acides benzoïque et salicylique ont une action retardatrice très profonde.

Ordinairement le pouvoir trypsique est plus sensible que l'autre.

Pour terminer cette question des enzymes relatifs à la matière protéique disons encore que Weiss a trouvé également une présure, coagulant les matières albuminoïdes du lait, existant dans la macération de malt à froid et non dans dans la macération bouillie.

Glucase du maïs vert. — Découvert par Géduld. Il semble invertir l'amidon en glucose et en dextrine. Dans ce cas, le mot glucase est mal choisi.

Il se peut que dans certains malts il y ait un enzyme du même genre. Issaew fournit les arguments suivants en faveur de cette hypothèse :

1° Un malt lavé à l'alcool 80° donne moins de glucose au brassage ; 2° il en donne plus à 60° qu'à 70° et après touraillage qu'avant.

Comme un extrait de malt n'agit pas, tandis que les drêches agissent, l'enzyme serait insoluble.

Diastase des germes de blé. — M. Lindet a trouvé dans les germes de blé une diastase qui a des propriétés saccharifiantes et peut être liquéfiant.

ÉTUDE CHIMIQUE DE L'ORGE

L'orge contient :

1° De l'eau ;
2° Des hydrates de carbone ;
3° Des matières azotées ;
4° Des matières grasses ;
5° Des substances minérales ;
7° Des acides organiques.

Ces matières peuvent varier dans des proportions assez importantes qui augmentent ou diminuent la valeur de l'orge.

Dietrich et König donnent les chiffres suivants. Ils sont les plus pro-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

bables, mais il y a des exemples d'analyses donnant des chiffres hors de ces limites.

Eau	11,34 à 16,90 p. 100
Hydrates de carbone :	
Cellulose	2,31 à 8,17 —
Amidon, sucre, etc.[1]	61,25 à 69,82 —
Matières azotées	8,75 à 8,72 —
Matières grasses	1,29 à 2,85 —
Matières minérales	1,77 à 4,35 —

Analyses d'orge de 1903.

LABORATOIRE DE LA MALTERIE FRANCO-SUISSE

	EAU	AMIDON	MAT AZOTÉES	POIDS DU GRAIN
	p. 100	p. 100	p. 100	Gr.
Bohême	14,2	60,67	9,27	37,86
—	14,04	61,87	8,48	38,41
Autriche	14,66	60,67	8,99	36,72
—	14,15	59,07	8,79	33,02
—	13,88	61,20	8,75	36,35
—	14,89	61,20	8,73	35,86
—	13,92	59,27	9,11	33,84
—	13,95	60,93	8,47	32,9
Orges Slovaques	14,71	60,07	9,17	32,1
—	14,66	59,87	9,70	35,26
—	14,51	60,13	9,24	31,52
—	14,87	60	9,13	33,26
Le Puy	13,28	60,33	9,60	43,29
—	14,44	60,67	8,47	41,42
Issoudun	16,08	60,53	9,12	34,85
—	14,88	60,20	8,79	34,45
—	14,34	60,50	8,86	35,27
Alsace	14,11	59,60	10,74	38,26
—	15,76	57,93	10,36	35,58
—	16,54	57,67	10,53	35,02

En général les orges Chevalier sont moins azotées et plus lourdes à l'hectolitre, pesant 64-72 kilogrammes, les escourgeons étant plus voisins de 62 kilogrammes.

HUMIDITÉ

La quantité d'eau de l'orge est variable et dépend de son degré de maturité ; des conditions climatologiques de sa culture ; de son traitement pendant et après la moisson. Elle est normale quand elle ne dépasse pas 14 p. 100. Elle augmente le poids à l'hectolitre et, par conséquent, n'est pas indifférente au point de vue économique ; d'autre part, une trop grande proportion d'eau

[1] Dont environ 1 p. 100 de sucre et 1,33 p. 100 de dextrine.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

peut altérer les matières constituantes du grain, produire des moisissures et arrêter ou retarder la germination.

Dans des expériences, des orges nouvelles et humides, mises au germoir, n'ont pas germé dans la proportion de 24 p. 100. Ces mêmes orges, séchées à une température de 37° à 38°, pendant treize heures, n'ont plus donné que 11 p. 100 de perte au germoir.

D'autres orges humides et donnant 14 p. 100 de grains non germés n'en ont plus laissé que 4 p. 100 après un séchage de dix heures aux mêmes températures.

Les orges nouvelles, fraîchement récoltées, ne germent jamais bien à cause de leur trop grande humidité. Elles n'ont pas fini leur maturité physiologique. Il faut qu'elles restent quelque temps au grenier. Cependant, on peut hâter cette maturité en les passant sur la touraille et en les soumettant à une température lente et basse, ne dépassant pas 37° à 40°. C'est ainsi qu'on peut utiliser les escourgeons, qui mûrissent plus tôt, peu après leur récolte.

De même, lorsqu'on est obligé d'employer des orges humides et germant mal, on peut les améliorer en les séchant à la touraille, dans les mêmes conditions.

HYDRATES DE CARBONE

Cellulose. — Elle se trouve plus ou moins liquéfiée dans les enveloppes du grain. Elle est inutile dans la fabrication, sauf qu'elle protège la plumule du germe lors de son développement au maltage et qu'elle facilite la filtration et le soutirage des trempes.

Il y en a de 3 à 4 p. 100 du poids du grain : aussi préfère-t-on les orges à pellicules minces qui germent ordinairement mieux et sont plus riches en substances utiles.

Les propriétés de la cellulose sont les suivantes :

Propriétés de la cellulose. — Le bois est formé de quatre sortes de corps :

1° On trouve des corps dits ligno-celluloses qui appartiennent à la série aromatique;

2° On trouve des corps gommeux, pentosanes qui par hydrolyse aboutissent à des sucres en C^5; ces corps réducteurs, à la liqueur de Fehling, faussent les dosages d'amidon, puisqu'on trouve plus de cuivre que n'en comporte l'amidon;

3° On trouve la *Cellulose* (l'ouate est de la cellulose presque pure). Elle est insoluble dans les dissolvants ordinaires, mais se dissout dans le réactif de Schweizer (résultat de l'action, à l'air, de l'ammoniaque sur le cuivre). Elle est inattaquable par le mélange de chlorate de potasse et d'acide nitrique. Elle est insoluble dans $ZnCl^2$ neutre (distinction avec l'amidon), mais soluble dans $ZnCl^2 + HCl$. Inattaquable par la diastase et les acides étendus, elle est saccharifiée par les acides suffisamment concentrés.

Elle se dissout dans SO^4H^2 concentré d'où l'eau en précipite une poudre

IRIS - LILLIAD - Université Lille

blanche qui bleuit par l'iode. L'action de HBr qui aboutit, comme pour la lévulose, à l'isobromométhylfurfurol, semble indiquer dans la cellulose la présence de groupes lévulosiques. En tout cas, il est probable que la cellulose contient le groupement cétonique ; car, en particulier, les premiers produits d'oxydation, connus sous le nom d'oxycelluloses, ne donnent jamais par oxydation nouvelle d'acides en C^6.

Traitée par AzO^3H fumant et SO^4H^2, elle forme la *nitrocellulose ou coton poudre*, base du collodion, du celluloïd, de la poudre sans fumée, etc.

En saponifiant par la potasse le produit qui résulte de l'action de l'anhydride acétique sur la cellulose, on obtient un nouveau sucre, la cellulobiose, $C^{12}H^{22}O^{11}$ hydrolisable en glucose ; ce sucre cristallise, il est soluble dans l'eau froide, insoluble dans l'alcool absolu. Il est réducteur ; $\alpha_D = 33°,7$, avec multirotation, ce n'est donc pas de la maltose.

4° On trouve enfin les *hémicelluloses*, corps attaquables par les acides étendus bouillants et qui s'invertissent en un mélange de sucres en C^6 et C^5. Ce sont des corps intermédiaires entre l'amidon et les pentosanes.

Longtemps, on a confondu en un seul corps la cellulose mêlée d'hémicelluloses et préparée en lavant successivement à la potasse, aux acides étendus à l'eau, à l'alcool, à l'éther. Cette cellulose brute dissoute dans SO^4H^2, puis précipitée par l'eau, donne une poudre blanche qui bleuit par l'iode et laisse en solution différents sucres qui proviennent des hémicelluloses.

La cellulose de la levure contient de l'azote, tant qu'on ne l'a pas lavée à la potasse bouillante. La cellulose des membranes cellulaires de l'endosperme devient plus attaquable par les diastases pendant la germination, surtout si celle-ci est lente.

Amidon. — Il existe à l'intérieur des cellules sous forme de grains dont l'apparence est celle de stries concentriques alternativement claires et foncées, mais en réalité peu marquées. Au centre se trouve un point plus réfringent, le hile, autour duquel rayonne des fentes d'ailleurs rares qui proviennent de la dessiccation du grain. Par exemple, dans l'orge, il y a de ces grains d'amidon qui ont environ 5 μ, d'autres 20 μ, qui portent une sorte de réseau, résultat de l'impression des autres grains. Il y a plus de petits grains vers la périphérie du grain d'orge et comme ils sont plus durs que les autres, le centre est moins dur que la périphérie.

On sait que la partie interne (granulose) des grains d'amidon est relativement soluble ; elle est attaquée par le malt dès 45-50° et bleuit par l'iode tandis que la partie externe dite amylocellulose[1] est insoluble, inattaquée au malt à 45-50°, et jaunit par l'iode. Cet amylocellulose s'attaque plus ou moins pendant la germination, mais il est inattaqué par les enzymes du

[1] D'après Brown et Morris cet amidon cellulose serait le mélange de deux substances, l'une capable de se transformer en une masse soluble par l'eau bouillante, l'autre insoluble mais soluble dans une solution étendue de carbonate de potasse.

Pour Syniewski, il n'y a au contraire dans l'amidon qu'une substance unique, mais capable de prendre deux états, modifiables l'un dans l'autre. Cependant ce qu'il appelle amidon cellulose ou α amylose de Meyer paraît devenu inattaquable à la diastase.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

malt fabriqué, de sorte qu'on le retrouve dans les drêches de brasserie.

Dans le grain d'amidon il y a environ 1/3 p. 100 de matières albuminoïdes.

A en juger par les expériences de Fernbach, faites sur la fécule de pomme de terre, il semble que la partie interne des grains soit riche en phosphore organique, la partie externe l'étant de moins en moins.

Modifications de l'amidon en présence de l'eau. Empois d'amidon. — L'amidon est insoluble dans l'eau froide, mais si on le chauffe en présence de l'eau et en élevant graduellement la température, les granules commencent à se gonfler vers 55°. Ils se remplissent d'eau, augmentent de volume et les couches concentriques se distendent peu à peu. Vers 60° on observe des fentes, des déchirures qui apparaissent sur la paroi des granules. Vers 70° ou 80°, ceux-ci éclatent tout à fait et laissent échapper la granulose qui se répand dans le liquide.

Siniewski pense que, dans l'action de l'eau sur l'amidon, il se produit des phénomènes d'hydrolyse. Par exemple en traitant à l'autoclave sous une pression de 3 à 4 kilogrammes, un empois contenant plus de 50 p. 100 d'amidon, tout se dissout ; mais par refroidissement on a une gelée insoluble dans l'eau froide et inattaquable à la diastase. Si l'on répète les chauffages et les refroidissements alternativement, la gelée devient insoluble à froid et l'auteur la compare à l'amylocellulose.

L'empois, surtout étendu, filtre à travers le papier ; même lorsqu'il est très étendu, il ne filtre pas à travers la porcelaine, le plâtre et le parchemin. De plus si on prend de l'empois ayant l'apparence liquide et si on le congèle, il se forme un dépôt qui ne se redissout plus. L'empois ne doit donc pas être considéré comme une véritable solution.

Pour les différentes sortes d'amidon, les températures de formation de l'empois sont différentes.

Pour la pomme de terre, l'orge, le riz, le maïs, la température varie de 62 à 64° ; pour le seigle elle est de 55°

Voici quelques expériences de Lintner sur la formation de l'empois avec les différents amidons.

AMIDON DE	PROPORTION P. 100 D'AMIDON dissous après 4 heures de contact aux températures de				TEMPÉRATURE d'empesage. degrés.
	50°	55°	60°	65°	
Pomme de terre.	0,13	5,03	52,67	90,34	65
Riz.	6,58	9,68	19,68	31,14	70,75
Orge.	12,13	53,30	92,81	96,24	80
Malt vert.	29,70	58,56	92,13	96,26	85
Malt touraille.	13,07	56,82	91,07	93,62	80
Froment	»	62,23	91,08	94,58	75,80
Maïs	2,70	»	18,50	54,60	70,75
Seigle	25,2	»	93,7	94,5	80
Avoine	9,40	48,50	92,5	93,4	85

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ce sont là les températures où les empois sont terminés, mais ils commencent à se former à une température plus basse suivant les espèces. Ainsi la fécule commence à absorber l'eau à 38°, le seigle à 55°, le maïs, le riz à 50°, etc.

Si on chauffe un empois, il devient plus fluide, et par refroidissement il se prend en masse. La granulose est partiellement soluble à 60-65°. Elle est plus soluble dans l'eau bouillante, ce qui explique la plus grande fluidité de l'empois.

Pour le malt d'orge, où les grains sont déjà corrodés, la formation de l'empois commence au-dessous de 35°, car à cette température la farine s'épaissit.

Rétrogradation de l'empois. — Maquenne en maintenant pendant quelques jours aseptiquement des gelées homogènes d'amidon, a vu la masse devenir opaque. On a une matière qui ne bleuit pas à l'iode et reste inattaquée par la diastase. Elle s'hydrolyse lentement par les acides en donnant de la glucose ; elle se dissout dans la potasse et la liqueur neutralisée bleuit par l'iode, ce qui la rapproche de l'amylocellulose.

La transformation est progressive et va se ralentissant. Elle est plus grande avec une forte concentration et est activée par la chaleur sans être jamais complète.

Elle a lieu aussi bien[1] avec la solution d'amidon obtenue à 130° qu'avec l'empois, elle est donc de nature purement chimique.

L'extrait sec d'une saccharification préparée à froid et filtrée, montre cette rétrogradation et cependant il contient toujours la même proportion de maltose ce qui exclut l'hypothèse d'une réversion due, dans le cas, à ce sucre.

D'autre part Fernbach a trouvé dans l'extrait de malt un enzyme (l'amylocoagulase) produisant une réversion du même genre, mais beaucoup plus rapide et plus abondante ; la réversion n'a lieu que si la diastase vraie du malt a produit une liquéfaction. Le produit obtenu paraît être l'amylocellulose de Maquenne.

Propriétés chimiques. — **Action de la chaleur.** — A 100°, l'amidon prend une couleur légèrement jaunâtre en même temps qu'il acquiert une nouvelle propriété : il devient soluble.

Chauffé à 110-120°, il est à peu près anhydre. A 160° l'amidon est jaune, soluble et peut être précipité de sa solution par l'alcool ; il est alors transformé en dextrines (Corps solubles, précipités par l'alcool et dextrogyres).

Enfin à température plus élevée il se caramélise et réduit alors la liqueur de Fehling ; l'amidon est combustible ; 1 gramme d'amidon dégage en brûlant 4 182 calories.

Action de l'iode. — L'amidon bleuit par l'iode. En réalité c'est la coloration bleue due à la granulose qui l'emporte sur la coloration jaune fournie

[1] Une solution d'amidon, même à froid, rétrograde immédiatement ; de sorte que si on veut qu'elle soit totalement saccharifiée il faut opérer de suite.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

par l'amidon cellulose. On donne le nom d'iodure d'amidon à ce composé bleu, quoiqu'il ne soit pas de composition constante. Les opinions sur sa constitution sont très variées. La plus probable est qu'il y a plusieurs iodures d'amidon dont un qui serait bleu.

La présence de la potasse, ou de l'acide sulfureux, de l'hydrogène sulfuré, du tanin, du malt, du nitrate d'argent gêne la coloration et pour l'obtenir à nouveau il faut mettre un excès ou d'iode ou d'amidon suivant que le corps étranger agit sur l'iode (KOH) ou sur l'amidon (malt); l'iodure de potassium et l'acide iodhydrique la rendent rougeâtre, les dextrines et les matières albuminoïdes la rendent violette.

A 60° la coloration tend à disparaître. Si on chauffe davantage, l'iode se se volatilise mais reste, à cause de son poids, dans le voisinage de la solution d'amidon, si bien que lorsqu'on refroidit, l'iode peut se redissoudre de nouveau et faire réapparaître la coloration bleue. Pour que cela n'ait pas lieu il faut, en même temps que l'on chauffe, faire passer dans la solution un courant gazeux qui entraîne les vapeurs d'iode.

Action des oxydants. — Chauffé avec AzO^3H étendu et bouillant, l'amidon donne de l'acide oxalique $(COOH)^2$; chauffé avec SO^4H^2 et MnO^2 on obtient de l'acide formique H. COOH. Ces réactions sont les mêmes que pour la saccharose.

Action des bases. — Gélifié par un alcali, l'amidon se combine en un composé dextrogyre précipitable par l'éther et contenant environ 1 d'alcali pour 4 ou 5 d'amidon. Ce précipité redissous dans l'eau et neutralisé par l'acide acétique, dépose un corps insoluble colorable par l'iode. Par un séjour de quatre mois, dans la potasse, l'amidon se dissout complètement. En neutralisant par l'acide acétique, ramenant la solution à 5 p. 100 et précipitant par l'alcool, on a une matière blanche, soluble dans l'eau froide.

La baryte, la chaux, l'acétate de plomb précipitent aussi l'empois d'amidon.

Le peroxyde de sodium donne, après une heure d'action, une matière soluble, non réductrice, agissant sur la diastase et déposant à la longue des sphéro-cristaux.

Action des acides. — Avec un acide concentré, SO^4H^2 par exemple, il y a dissolution et élimination d'eau. Il semble se former des éthers acides analogues à l'acide sulfovinique, dextrogyres et que la baryte précipitent en sels décomposables par l'eau. Cette solution sulfurique additionnée d'alcool et bouillie laisse déposer des corps analogues aux dextrines.

Les grains d'amidon chauffés avec des acides étendus crèvent. Une partie de la granulose et de l'amylocellulose se trouve modifiée par l'acide, mais une partie de la ganulose subsistant, la liqueur est colorable en bleu par l'iode. La solution précipite par l'alcool et donne des dextrines.

L'action prolongée de l'acide étendu donne de la glucose, mais il y a des transformations intermédiaires, en effet, la coloration de l'iode varie du bleu

IRIS - LILLIAD - Université Lille

au blanc par le rouge ; le pouvoir rotatoire tombe du voisinage de 200 à 74 ; le pouvoir réducteur d'abord nul croît très rapidement ; enfin le précipité alcoolique va en décroissant à mesure que l'opération se prolonge et à la fin n'existe plus.

Lintner a étudié avec soin le cas de l'inversion oxalique ; il pense avoir retrouvé de l'isomaltose ; mais l'osazone est dextrogyre et non lévogyre comme celle du sucre de Fischer.

Amidon soluble. — L'amidon devient soluble dans un certain nombre de cas : 1° L'empois chauffé à 120°, donne une partie insoluble qui paraît être l'amidon cellulose et une partie soluble qui, refroidie brusquement ou précipitée par l'alcool dépose une poudre blanche soluble ; 2° l'amidon sec à 100° devient soluble ; 3° un empois très dilué paraît liquide ; 4° les acides étendus dissolvent l'amidon ; 5° certains précipités alcalins restent solubles dans l'eau ; 6° l'amidon est soluble à 100° dans le chlorure de zinc neutre et à 190° dans la glycérine.

Toutes ces solutions bleuissent à l'iode, c'est pour cela qu'on les désigne par l'expression amidon soluble ; alors qu'elles ne sont que des transformations plus ou moins profondes d'amidon.

Action de la diastase. — Si l'on fait agir sur de l'empois d'amidon, la partie active du malt, on obtient : 1° des corps dextrogyres, de formule brute, $(C^6H^{10}O^5)_x$. D'après les méthodes cryoscopiques $x = 20$ pour certains de ces corps.

Ces corps soumis à une action prolongée de la diastase donnent de la maltose.

2° de la maltose.

En étudiant le produit brut de la saccharification par précipitation avec des alcools de différentes concentrations, on peut classer les dextrines ainsi :

1° Celles qui restent dissoutes dans l'alcool à 70°^{GL} ; séchées à l'état de poudres blanches, elles sont solubles dans l'eau froide et non colorables à l'iode. On peut les appeler achroodextrines. Elles se transforment difficilement en maltose sous l'influence de l'extrait de malt.

2° Celles qui précipitent dans l'alcool à 65° et restent dissoutes dans l'alcool à 55° ; elles sont solubles dans l'eau froide et colorées en rouge par l'iode.

On peut les appeler érythrodextrines.

3° Celles qui précipitent dans l'alcool à 40° et restent dissoutes dans l'alcool à 25° ; elles sont solubles dans l'eau froide, en solutions opalescentes et colorées en bleu par l'iode ; on les désigne souvent sous le nom d'amylodextrines. Dans les produits d'une saccharification bien dépourvus d'amidon, les amylodextrines se colorent en bleu avant les érythrodextrines. Il en résulte que peu d'iode donne du bleu et plus d'iode du rouge. Cependant en présence de beaucoup d'eau, on n'a que du rouge parce que le produit bleu est dissociable.

Toutes ces dextrines traitées par la diastase donnent de la maltose, les pre-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

mières moins que les troisièmes. Leur pouvoir rotatoire est voisin de 200 et leur pouvoir réducteur 0.

Toutes ces dextrines paraissent scindables. Par exemple l'amylodextrine se scinde en deux sortes de produits : 1° Une partie non diffusible, devenant limpide à chaud et coagulable à froid ; 2° Une partie ayant les propriétés contraires.

Mais il faut remarquer que ces fractionnements, faits par la méthode des précipitations fractionnées, donnent nécessairement des mélanges. Cela explique pourquoi les différents auteurs décrivent un certain nombre de dextrines différentes entre elles ; la série d'un auteur étant formée de produits intermédiaires à ceux de la série d'un autre.

Cela s'aggrave encore par ce fait que : 1° il n'est pas démontré que tous les amidons donnent la même saccharification, et que : 2° celle-ci dépend de la diastase employée et des circonstances. Les descriptions données par les auteurs n'ont donc de significations que pour les produits obtenus en suivant servilement leurs méthodes.

C'est sans doute à cause de la difficulté signalée plus haut que les auteurs ont décrit des produits intermédiaires entre les dextrines et les maltoses et que parmi ces auteurs, les uns ont vu tel produit, les autres tel autre.

Deux de ces produits ont été l'objet de nombreuses études et de nombreuses critiques.

Isomaltose et maltodextrine. — 1° Lintner a d'une saccharification à température élevée isolé un produit intermédiaire entre les dextrines et la maltose, qu'il a identifié avec l'isomaltose de Fischer.

2° Brown, Morris, Milar n'admettent pas le résultat de Lintner. Le produit qu'ils ont obtenu d'une saccharification à température élevée (60-65°) est une dextrine particulière, dite maltodextrine. Il faut remarquer qu'ils partent d'un malt peu actif. La maltose produite est fermentée et le résidu précipité par l'alcool à 85°.

Cette maltodextrine n'est pas fractionnable pas plus par précipitation que par dialyse ; elle se transforme par la diastase en maltose et en maltodextrines plus simples qui se scindent à leur tour ; d'après Ling et Baker on a toujours de la glucose (vérifiée par l'osazone). Elle réduit la liqueur de Fehling et son pouvoir rotatoire $\alpha_D = 180$. Elle n'agit pas sur l'iode et ne fermente pas par la levure haute ; elle fermente par certaines levures sauvages pendant la fermentation secondaire.

On a objecté que ce pouvait être un mélange de maltose et de dextrine ; mais un mélange artificiel de ces éléments est dissociable par l'alcool, on y peut fermenter par une levure haute la maltose en abandonnant la dextrine ; à 60° un extrait de malt y laisse de la dextrine et la maltose diffuse plus vite que la dextrine du mélange.

Toujours est-il que cette maltodextrine, oxydée par l'oxyde de mercure et traitée par la baryte donne le sel de baryte d'un acide (A) non réducteur et de pouvoir rotatoire + 192°.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Suivant la résistance de l'amidon, et suivant que la saccharification est poussée plus ou moins loin, ou à des températures plus ou moins élevées, elle peut être plus ou moins fermentescible par les levures secondaires, en donnant plus ou moins de résidu de dextrine.

Le type bas est le plus fermentescible ; c'est celui qui contient peu de dextrine dans la molécule.

Le type haut est presque infermentescible.

D'après ces idées, le type haut produira dans la bière plus de moelleux.

Si l'on continue à désigner par M la maltose et par D la dextrine, pratiquement le type M^1D^2 est moyen ; le type M^1D^3 est trop élevé, et le type M^3D^1 trop bas.

Dextrine stable. — Les auteurs qui admettent cette maltodextrine admettent, en même temps, une dextrine stable non transformable en maltose, qui serait le dérivé des dextrines transformables, obtenue par l'action des malts puissants : elle aurait $\alpha_D = 195$ et un pouvoir réducteur de 0,03 ou 0,04 (par rapport à la glucose).

D'après Ling elle donne par l'amylase poids égaux de maltose et de dextrine.

Oxydée, elle conduit à un acide dextrinique qui, par les acides, donne de la glucose et un acide en C^5 et qui, par la diastase préparée à chaud et n'ayant plus d'action sur la maltose, donne glucose + maltose.

M. Petit a signalé dernièrement ce fait que le produit d'une saccharification à 70°, bien lavé, séché et traité à 50° par une très vieille diastase, a donné surtout de la glucose.

Ling et Davis ont fait, sur l'amylase du malt préparée par la méthode Lintner, quelques observations curieuses.

Si l'on chauffe la solution à 55°, avant d'être employée à 55° même, sur de la fécule ou des amidons de maïs et de riz, on aboutit toujours à de la maltose et jamais à de la glucose, ce qui semble contredire l'idée de la dextrine stable, partiellement hydrolysable avec formation de maltose et de glucose.

Mais si l'on opère avec de la diastase chauffée entre 65 et 70°, on aboutit toujours à de la glucose et les auteurs ont remarqué que leur diastase n'a pas d'action directe sur la maltose.

D'après ces auteurs, si avec de la diastase chauffée à 55° on n'a jamais de glucose c'est que : 1° jamais on n'a plus de 12 p. 100 de celle ci et que 2° il y a réversion et qu'avec la diastase à 55° cette réversion est tellement rapide que la glucose disparaît aussi vite qu'elle se forme [1].

La durée du chauffage préalable paraît en se prolongeant accentuer l'effet de la température.

Si l'on opère sur de la diastase sèche, la diastase est très affaiblie, mais on ne trouve jamais de glucose. Enfin il faut dire que les auteurs n'ont pas réussi à montrer la réversion sur la glucose pure.

[1] Le produit de réversion serait l'isomaltose de Fischer ou la maltodextrine de Brown-Morris ou la dextrinose de Syniewski.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

En résumé ces faits sont encore bien obscurs : 1° parce qu'il s'agit de fractionnements; 2° parce que les actions dépendent de la température, de l'acidité, du temps, de la nature de la diastase, tant au point de vue de son origine (espèce et procédé de préparation du malt) qu'à celui de son extraction et de sa conservation.

On a déjà donné, au chapitre enzymes, des renseignements sur les conditions d'action du malt.

HYDRATES DE CARBONE DIVERS

Avant d'étudier les méthodes d'analyse de l'amidon, il est utile de finir l'étude des hydrates de carbone.

Maltose. — La maltose est le dernier produit de la transformation de l'amidon.

Elle a été observée pour la première fois en 1819, mais imparfaitement, par de Saussure, qui ne s'en est plus occupé. Plus tard, en 1847, Dubrunfaut l'étudie de nouveau et lui donne le nom de maltose, mais il ne tarde pas, comme de Saussure, à douter de la réalité de son existence, l'abandonne à son tour, et elle tombe une seconde fois dans l'oubli. On continue à croire que le sucre formé de l'amidon par l'extrait de malt est de la glucose.

Ce n'est que vingt-cinq ans après, en 1872, que O'Sullivan, chimiste anglais, des brasseries de Burton, la découvre de nouveau, l'étudie et. cette fois, la met complètement en lumière par des travaux publiés de 1872 à 1876.

La maltose est de la famille des saccharoses. Elle a la même formule que le sucre de canne, $C^{12}H^{22}O^{11}$. Elle en diffère en ceci, que sous l'influence de l'acide sulfurique, elle ne donne que de la glucose. Sa molécule se dédouble en deux molécules de dextrose :

$$C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O = 2C^6H^{12}O^6.$$

Elle peut aussi se transformer en dextrose sous l'action d'une diastase particulière, découverte par Cuisinier, appelée par lui glucase et maltase, par M. Duclaux, diastase qui n'existe guère que dans les grains de maïs; l'orge, ni le malt n'en contiennent pas; elle est sécrétée par les cellules des levures de brasserie.

L'amylase du malt, qui la forme des dextrines, n'a aucune action sur elle.

On la prépare de cette façon :

On fait un empois d'amidon en chauffant au bain-marie 10 grammes d'amidon avec 300 centimètres cubes d'eau. On refroidit à 63° et on ajoute environ 4 grammes de malt vert. On laisse six heures à la température de 63°, pour que la saccharification soit complète; on fait bouillir, on filtre et on évapore jusqu'à consistance sirupeuse au bain-marie. On lave le résidu avec une assez grande quantité d'alcool absolu (300 centimètres cubes), qui dis-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

sout la maltose ; on évapore de nouveau et au bout de quelques jours, le résidu se prend en une masse cristalline qu'on lave encore plusieurs fois à l'alcool.

Isolée, la maltose se présente sous la forme de cristaux blancs, mamelonnés, très solubles dans l'eau et faiblement solubles dans l'alcool.

En combinaison avec la phénylhydrazine, elle forme une osazone insoluble donnant un précipité en aiguilles jaunes caractéristiques et très peu solubles dans l'alcool, c'est la maltosazone.

Ses solutions ne sont pas colorées par l'iode.

Son pouvoir rotatoire, trois fois plus grand, environ, que celui de la dextrose, est de 140° pour la raie D.

Elle réduit la liqueur de Fehling dans une proportion égale à environ 66 p. 100 de son poids en glucose : 10 centimètres cubes de liqueur sont réduits par 75 milligrammes de maltose en solution à 1 p. 100.

Elle est très fermentescible, mais on croit qu'elle n'est pas directement fermentescible et qu'elle est d'abord convertie en dextrose par la diastase de Cuisinier, la glucase ou maltase, sécrétée par la levure.

Elle donne, par fermentation, un peu moins de 50 p. 100 d'alcool.

AUTRES SUBSTANCES SOLUBLES

A côté de l'amidon, il existe dans l'orge un certain nombre de matières solubles constituant l'extrait non azoté des analyses. Il est formé de dextrine, de saccharose, de maltose, de raffinose, d'une gomme hydrolysable en xylose et galactose. Enfin, d'après Tollens, il y aurait 10 p. 100 de pentosanes hydrolysables en pentoses.

A propos des dextrines nous ne ferons que rappeler ce qui a été dit à la saccharification de l'amidon. Ce sont des corps solubles, non réducteurs, doués d'un pouvoir rotatoire élevé voisin de 200 et précipitables par l'alcool.

La saccharose est un corps soluble dans l'eau, l'alcool étendu, insoluble dans l'alcool absolu et l'éther. Par inversion elle donne de la glucose et de la lévulose, $\alpha_0 = +66,5$. Elle est cristallisée.

Oxydée elle donne soit de l'acide oxalique soit de l'acide formique.

La raffinose qu'on trouve surtout dans la mélasse est un sucre dédoublable par l'action faible des acides, en lévulose et mélibiose ; par une action forte cette dernière se dédouble à son tour en galactose et glucose.

Elle cristallise avec $5H^2O$.

$\alpha_D = 104$.

Dans ces derniers temps Seiffert a isolé de l'orge un tanin ; il est très soluble dans l'alcool de force moyenne, peu soluble à froid dans l'eau ou l'alcool fort. Il est assez soluble dans l'éther acétique et insoluble dans le chloroforme, etc. Avec Fe^2Cl^6 on a un précipité bleu verdâtre sale ; avec $AuCl^3$ un précipité brun rouge ; avec une solution aqueuse de leucosine on a un trouble qui se dépose de suite ; avec une solution salée de globuline d'orge et du sucre, on a un précipité soluble en partie à chaud ; ce précipité éliminé, il en reste un qui est parfaitement soluble à chaud ; avec une solution alcoolique d'hordéine,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

on a un trouble soluble à 60°, on a des précipités avec une solution d'amylase ou une solution d'amidon soluble. Avec du moût à froid on a un trouble qui se dépose à chaud ; même si le moût est préalablement bouilli. Il résulte de ses faits que le tanin d'orge (ou de malt) peut troubler les moûts.

MATIÈRES AZOTÉES DE L'ORGE

On considère en brasserie qu'un excès de matières azotées dans les grains constitue un danger pour la bière et augmente ses chances d'altération.

Cependant la levure a besoin pour se développer de matières azotées. Mais un excès peut servir au développement de bactéries qui existent soit dans les moûts, soit dans les levains et qui plus tard, alors qu'elles ne sont plus gênées par la fermentation alcoolique, se développent pendant la période de fermentation secondaire.

Les matières azotées de l'orge sont, pour 97 p. 100 du total, des albuminoïdes, les unes solubles (1/3 ou 1/4) les autres insolubles ; d'autres sont coagulables par la chaleur.

Ces albuminoïdes sont souvent des enzymes.

Le reste des matières azotées appartient pour la plus grande partie aux amides.

D'après Osborne, parmi les matières albuminoïdes de l'orge, on peut citer la leucosine soluble dans l'eau et coagulable à 50° ; l'édestine soluble dans le sel marin, l'hordéine ou mucédine insoluble dans l'eau et le sel, soluble dans l'alcool ; enfin 42 p. 100 des matières albuminoïdes sont insolubles dans l'eau, l'alcool, le sel.

Parmi les enzymes de l'orge il faut citer :

1° La diastase de translocation qui agit dès le début, elle n'attaque ni les grains ni l'empois d'amidon ; elle agit sur l'amidon soluble et les dextrines. Elle agit à température optimum de 45° avec destruction à 60°.

Un enzyme qui préexiste et semble persister dans l'embryon de l'orge après germination, c'est la spermase de Gruss, qui empêcherait en milieux aérés la formation d'amidon aux dépens de la saccharose du scutellum.

Il est probable qu'il y a également dans l'orge crue un enzyme peptique capable de solubiliser les matières albuminoïdes, mais il n'a guère été étudié et certains auteurs l'ont nié (Schidrowitz).

A propos des proportions des différentes matières albuminoïdes il faut remarquer qu'il n'y a rien d'absolu, les proportions changent avec la nature, la culture de l'orge et le climat. D'après Jalowetz la répartition des matières azotées dans le grain d'orge est inégale, il y en a plus aux extrémités qu'au centre et en bas qu'en haut.

Le contenu en matières azotées n'est pas sans influence sur le contenu en amidon. Plus il y a de matières azotées et moins il y a d'amidon.

Au point de vue de la fabrication, une teneur élevée rend plus difficile le maltage, qui doit être conduit différemment. Elle influe en effet sur la fermentation et favorise, ainsi que nous l'avons dit, le développement des bactéries et peut conduire la bière à une prompte détérioration.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

D'autre part, une certaine quantité d'azote est utile pour le brassage, la clarification du moût, la marche normale de la fermentation, le moelleux de la bière et son effet physiologique.

Nous ne devons pas oublier non plus que les diastases se forment aux dépens des matières azotées solubles.

Du reste, pendant la fabrication, ces matières subissent, comme nous le verrons, des changements importants et une notable diminution. Il s'en perd pendant le mouillage et la germination ; dans les drêches, pendant la cuisson et la fermentation, de sorte que la bière n'en contient plus guère que le cinquième, ce que le malt a apporté.

En outre, le rapport entre les albuminoïdes solubles et insolubles change pendant le cours de la fabrication et nous verrons que le brasseur est maître, dans une certaine mesure, de faire varier ce rapport et de diminuer le taux des matières azotées dans ses moûts et dans sa bière.

Or, il faut remarquer que la teneur brute en azote ne signifie à peu près rien au point de vue de la valeur d'une orge. D'après Kukla, ce qui intéresse, c'est l'état de l'azote plutôt que la quantité qui intervient.

De l'azote total d'une orge, 30 à 40 p. 100 est soluble dans l'eau froide et environ la moitié de cet azote soluble est coagulable ; lorsque la proportion descend en dessous d'un tiers, l'orge est défectueuse.

D'autre part, pendant la germination, il se produit deux phénomènes de sens contraire : 1° une partie de l'azote insoluble se solubilise et 2° une partie de l'azote soluble passe dans les racines. Ce qu'il faut c'est que ce dernier phénomène l'emporte, de manière que la quantité absolue et la quantité relative d'azote soluble diminuent (celle-ci ne dépasse pas 35 p. 100), en même temps que la partie de cet azote soluble coagulable représente 3 ou 12 p. 100 de l'azote soluble, c'est-à-dire 1 à 4,2 p. 100 de l'azote total.

D'après cela, avec une orge quelconque, on peut pour ainsi dire produire à volonté un bon ou un mauvais malt. Une germination lente à température basse produit toujours un résultat acceptable, car au touraillage on pourra coaguler la partie excédante de l'azote soluble ; tandis que le touraillage est sans action si la germination a été conduite trop vite.

Quoi qu'il en soit, on peut, *à priori*, considérer comme une bonne moyenne d'azote une quantité de 9 à 10 p. 100, pouvant varier en plus ou en moins de 1 p. 100 sans inconvénients. Mais au delà de 12 p. 100, l'orge est à rejeter, et à 11 p. 100 elle est médiocre. Au-dessous de 7 à 8 p. 100 on pourrait avoir également des perturbations dans le travail, des fermentations paresseuses et incomplètes.

En général on reproche aux orges françaises d'être trop riches en azote[1],

[1] Depuis quelque temps on s'occupe de sélectionner les orges. Parmi les méthodes du classement nous citerons celle de Nilsson dont voici le principe : 1° compter le nombre des attaches des épillets sur le rachis ; 2° mesurer la longueur de l'épi ; 3° former l'expression $\frac{10 \times x}{n}$ ou densité ; 4° sur 100 épis de même sorte déterminer la densité et tracer une une courbe ayant pour abscisses les valeurs des densités et pour ordonnées les nombres d'épis ; ayant chaque densité on recherche le maximum de la courbe qui indique les épis

IRIS - LILLIAD - Université Lille

et nous avons vu que l'on rejette les orges d'une richesse supérieure à 12 p. 100. Or il y a des orges qui n'ont pas cette richesse et qui sont défectueuses. Cela tient à la sélection vers des graines minces et allongées de désagrégation difficile et relativement pauvres. On pense avec raison que cette dégénérescence est due à l'emploi des engrais azotés.

MATIÈRES GRASSES

Les matières grasses sont trop peu importantes dans l'orge pour avoir une influence sur le goût de la bière. Elles ne dépassent pas une proportion de 2 à 3 p. 100; pendant la germination, une partie disparaît, saponifiée et brûlée; une autre partie reste dans les drèches, il en passe donc fort peu dans la bière.

Isolées elles répandent une odeur plutôt agréable et qui rappelle l'odeur particulière des couches au germoir et celles du malt vert. En vieillissant elles rancissent.

Elles comportent une graisse cristallisable, une huile, de la cholesthérine, de la lécithine et un acide spécial que Beckmann a appelé l'acide hordéique.

MATIÈRES MINÉRALES

Les cendres forment de 2 1/2 à 3 p. 100 du poids de l'orge.

En voici la composition moyenne d'après Wolf :

Potasse	20,92
Soude	2,39
Chaux	2,64
Magnésie	8,83
Oxyde de fer	1,19
Acide phosphorique	35,10
— sulfurique	1,80
— silicique	25,91
Chlore	1,02

La quantité d'acide phosphorique est importante et suffisante pour former des phosphates avec toutes les bases. Les phosphates jouent un rôle capital dans le développement des cellules de levure.

ACIDITÉ

Une infusion aqueuse d'orge donne une réaction acide. L'acidité, que l'on calculait, autrefois, comme acide lactique, semble due, plus probablement, d'après Prior, à la présence de phosphates primaires. Selon lui, ces phosphates solubles, qui se retrouvent dans le malt et le moût, joueraient un rôle dans la fabrication en formant avec les matières azotées des combinaisons solubles, utiles à la levure.

les plus compacts. Si la courbe a plusieurs maximum on est en présence de mélange. On détermine la moyenne des densités indiquées par les courbes sans mélange et on le prend comme caractéristique des sortes.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ANALYSE DE L'ORGE

On dose : l'humidité, l'amidon, les matières azotées.

Humidité. — L'orge, réduite en farine, est mise à l'étuve à 50° pendant 2 heures, puis à 105° jusqu'à poids constant. On opère sur 5 ou 10 grammes et on pèse pour la deuxième fois, après refroidissement sur l'acide sulfurique.

Dosage de l'amidon. — ***Méthode par dosage de la glucose.*** — A côté de l'amidon, les sucres et les dextrines qui s'invertissent en sucre réducteur causent une perturbation dans le dosage; mais elle est minime parce que dans les grains la proportion de ces corps est très faible. Il n'en est pas de même des pentosanes qui donnent à l'inversion des pentoses agissant comme la glucose. Or, la proportion de pentosanes est assez élevée, de sorte que l'erreur commise est assez forte. Cependant dans la pratique courante on ne tient pas compte de ces pentosanes, c'est ce que nous appellerons méthode de première approximation.

Méthodes de première approximation. — ***Méthode Sachsse.*** — On invertit l'amidon par HCl : dans un ballon surmonté d'un long tube, on met 3 grammes de l'orge réduite en farine, 200 centimètres cubes d'eau, 20 centimètres cubes de HCl, de densité 1,125. On chauffe deux heures au bain-marie, après lesquelles on suppose l'inversion terminée. On défèque, s'il y a lieu, d'après les règles habituelles[1]. On complète alors à 400 centimètres cubes avec de l'eau distillée. C'est dans ce liquide que l'on dose la glucose par les procédés ordinaires.

Si la glucose obtenue provenait exclusivement de l'amidon et si cette glucose ne s'altérait pas un peu pendant l'inversion, le calcul serait très simple. On dirait :

180 de glucose sont donnés par 162 d'amidon.

1 d'amidon donne $\frac{180}{162} = \frac{1}{0,9}$ de glucose.

Si donc, toute la glucose provenait de l'amidon et s'il n'y avait pas altération de la glucose, en multipliant par 0,9 le nombre obtenu pour celle-ci, on aurait la quantité d'amidon cherchée.

Mais il n'en est pas ainsi. D'une part, il y a de la glucose ne provenant pas de l'amidon. Donc, en multipliant le chiffre total de la glucose par 0,9, on risque d'obtenir un poids trop fort ; d'autre part, l'ébullition prolongée avec les acides a détruit une petite quantité de glucose et en multipliant alors par 0,9 le poids total de la glucose, on risque d'obtenir un poids trop faible. Le deuxième effet l'emporte sur le premier. On doit alors prendre un coefficient plus élevé (0,915).

[1] Précipiter par le minimum nécessaire de sous-acétate de plomb, filtrer, précipiter l'excès de plomb par le carbonate de soude.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il y a d'autres causes d'erreur que les précédentes. L'ébullition de deux heures produit, non seulement une altération de la glucose, mais une inversion des pentosanes et même une altération de la cellulose proprement dite. Dans les méthodes de première approximation, il est convenu que l'on ne s'occupe pas des pentosanes ; mais on a songé à protéger la cellulose. Pour ce faire, on a divisé en deux parties l'opération :

1° Isolement et gonflement de l'amidon dans des conditions où la cellulose n'a pas le temps de s'altérer ;

2° Inversion rapide de l'amidon.

Les méthodes principales basées sur cette idée sont au nombre de deux.

Méthode de Reinke. — Dans cette méthode, on place dans un flacon de Lintner [1] 3 grammes de matière amylacée, 25 grammes d'acide lactique à 10 p. 100 et 30 centimètres cubes d'eau. On ferme le flacon et on chauffe pendant deux heures et demie sous pression dans un bain-marie de paraffine, de manière à porter la température à 140°. La pression monte alors à 3 atmosphères et demie.

On admet que, pendant le chauffage sous pression, l'amidon se transforme en amidon soluble, mais que la cellulose n'est pas attaquée. L'opération terminée, on complète le volume à 200 centimètres cubes et on ajoute 20 centimètres cubes de HCl de densité 1,125. On continue alors l'opération comme précédemment, mais en ne chauffant que quelques minutes avec l'acide. On utilise le coefficient de passage 0,92 au lieu de 0,915.

Dans cette méthode, la quantité de glucose préexistant a des chances d'être altérée pendant le chauffage sous pression. C'est pour éviter cet inconvénient qu'on a proposé la méthode suivante :

Méthode de Märker. — Cette méthode consiste à saccharifier l'amidon par le malt, à invertir la maltose et à doser la glucose. Elle présente des inconvénients. Elle nécessite deux analyses, car il faut retrancher du résultat trouvé celui qui correspond au malt lui-même. On opère ainsi : 3 grammes de matière amylacée sont traités par 50 centimètres cubes d'eau à 100°, puis on refroidit à 70° ; on ajoute 5 grammes d'extrait de malt sec et on maintient à 70° pendant vingt minutes. On complète le volume à 200 centimètres cubes et on invertit par HCl comme plus haut. On adopte le coefficient 0,92.

Le procédé a été amélioré de la manière suivante : on opère à 65°, pendant trente minute ; on ajoute 5 centimètres cubes d'acide tartrique à 5 p. 100. Puis on passe à l'autoclave pendant trente minutes à 3-4 atmosphères ; on refroidit à 65° ; on ajoute 5 centimètres cubes d'extrait de malt, on filtre à l'amiante, on lave à l'eau bouillante. Le liquide est additionné de 15 à 20 centimètres d'HCl de $d = 1{,}125$. On fait bouillir trois heures, on ajuste à 250 centimètres cubes et sur 50 centimètres cubes on dose le sucre réducteur par la méthode Kjeldahl on adopte le coefficient 0,9.

[1] Flacon solide, fermé par une rondelle de caoutchouc ou de plomb, serrée sur le goulot par une rondelle de cuivre maintenue elle-même par un étrier et une vis de pression.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Méthodes de deuxième approximation. — Dans ces méthodes :

1° on dose les pentosanes (voir plus loin) et l'on admet que 1 de pentosane donne 1,12 de sucre réducteur, de pouvoir réducteur égal à celui de la glucose.

2° On applique les méthodes précédentes, du poids de glucose on déduit celui qui correspond aux pentoses et le résidu est multiplié par 0,9. En fait, le coefficient devrait, d'une part être supérieur pour tenir compte de l'altération de la glucose, et d'autre part inférieur pour tenir compte des sucres préexistants tels que la saccharose. On le maintient à 0,9 parce qu'on admet que les effets perturbateurs se compensent.

Comme on veut tenir compte des pentosanes, il faut adopter les méthodes qui les hydrolisent le mieux. En réalité c'est celle de Sachsse.

Méthodes de dosage de l'amidon par fermentation de la glucose. — Il semble *a priori* que ces méthodes doivent être plus précises que les méthodes par le Fehling, puisque les sucres réducteurs provenant des pentosanes agissent sur la liqueur de Fehling, mais ne sont pas fermentescibles. En fait, les méthodes par fermentation ne sont pas aussi précises qu'elles paraissent. Le rendement en alcool dépend d'une foule de circonstances dont la plus importante est la nature de la levure employée. On n'est jamais sûr qu'une quantité donnée de glucose fermente complètement ; on ne sait pas évaluer le degré de fermentation, et par suite calculer la quantité de glucose en fonction de la quantité d'alcool ou d'acide carbonique.

On emploie cependant souvent cette méthode parce qu'elle est facile et permet de comparer facilement deux matières premières.

On met dans un grand ballon muni d'un long tube servant de réfrigérant un poids de matière correspondant à 30 grammes environ d'amidon. On ajoute 600 centimètres cubes d'eau, puis 10 centimètres cubes de HCl à 1,125. On chauffe dix heures au bain-marie. On ajuste alors le volume à 1 litre, on neutralise partiellement en ne laissant que 1,5 gr. d'acidité évaluée en SO^4H^2. Cela fait, on ajoute 2 grammes de levure pressée et délayée, puis on abandonne le ballon à lui-même, pendant trois jours, dans une pièce à 25° environ. L'alcool se produit et on le dose par distillation ; 100 grammes d'amidon donnant $\frac{100}{0,9}$ de glucose et 100 grammes de glucose donnant *pratiquement* 57,5 cm^3 d'alcool. D'où il résulte que 100 centimètres cubes d'alcool correspondent à $\frac{10\,000}{57,5} \times 0,9 = 156$ grammes d'amidon. Si l'on veut un résultat plus précis, on emploie une levure acclimatée à l'acide fluorhydrique, et on la fait agir une deuxième fois sur la vinasse.

On peut alors compter sur un nombre voisin du nombre théorique, à savoir que 100 centimètres cubes d'alcool correspondent à 148 grammes d'amidon.

Méthode Effront. — Dans le but d'éviter le contact prolongé de la glucose avec l'acide, Effront arrête l'opération au bout d'un temps déterminé et dose à la fois la glucose et la dextrine. On connaît bien les pouvoirs rotatoires

IRIS - LILLIAD - Université Lille

celui de la glucose et du mélange des dextrines isolées, mais on ne connaît pas celui des dextrines, qui se produisent dans l'opération précédente ; on a dû le déterminer empiriquement.

On prend 5 grammes de grains. On les triture six minutes dans un mortier en verre avec 20 centimètres cubes de HCl à 40 grammes par litre. On complète le volume à 100 centimètres cubes. On met au frais ; on laisse déposer et on filtre. Il faut alors se débarrasser rapidement de HCl, qui reste dans le mélange et qui tend à continuer son action. On recueille 75 centimètres cubes de liqueur filtrée et on la fait bouillir de manière à en réduire à peu près le volume de moitié. On admet que HCl est alors disparu et on ramène au volume primitif (75) avec de l'eau distillée. On a alors un liquide qui provient de la saccharification de l'amidon et qui contient une certaine quantité de glucose et de dextrine.

On dose la glucose à la liqueur de Fehling. Pendant les six minutes de trituration, il ne s'est d'ailleurs formé qu'une petite quantité de glucose ; aussi ne prend-on que 5 centimètres cubes de liqueur de Fehling, qui correspondent à 0,025 gr. de glucose. Soit n le nombre de centimètres cubes de la liqueur sucrée nécessaire pour réduire les 5 centimètres cubes de liqueur de Fehling. Dans 100 centimètres cubes de liqueur, on avait un poids g de glucose représenté par

$$g = \frac{0{,}025}{n} \times 100 = \frac{10}{4n}.$$

Examinons maintenant la solution au polarimètre, dans un tube de 40 centimètres, au lieu de 20, car la solution est peu concentrée.

La glucose donnerait, si elle était seule, une déviation α telle que

$$52{,}5 = \frac{\alpha \times 100}{4.g} \qquad \text{d'où :} \qquad \alpha = 2{,}10\, g = \frac{21}{4n}$$

Au polarimètre on lit $D = \alpha + \delta$; δ étant la déviation de la dextrine dont on admet 196 pour pouvoir rotatoire.

$$\text{Donc on a :} \quad 196 = \frac{(D - \alpha) \times 100}{4.d} \quad \text{d'où :} \quad d = \frac{100}{784}\left(D - \frac{21}{4n}\right)$$

Le poids d'amidon cherché est donc $d + 0{,}9\ g = A$.

Méthode Lindet. — On fait digérer la farine à 50° pendant vingt-quatre heures avec de l'acide chlorhydrique étendu ; cela isole l'amidon ; on lave plusieurs fois cet amidon par décantation en mettant douze ou vingt-quatre heures d'intervalle. Puis on saccharifie l'amidon en chauffant pendant une heure avec une solution sulfurique à 1 p. 100. On neutralise, on dose la glucose et la dextrine par le Fehling et polarisation, en prenant pour la dextrine $\alpha_D = 195°$.

La véritable méthode de brasserie pour le dosage de l'amidon des grains est la méthode par brassage.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Dosage de l'amidon par le malt. — On peut d'ailleurs rendre la méthode plus précise en lavant à l'éther (matières grasses) ; à l'alcool (densité 0,9) à 35-38° ; à l'eau tiède (réducteurs ; matières azotées solubles ; amylanes).

1° On chauffe 50 grammes de grain finement pulvérisé avec 500 centimètres cubes d'eau jusqu'à formation d'empois, on a soin d'ajouter de l'eau au fur et à mesure pour compenser l'évaporation ;

2° On amène à la température de 60° ; on ajoute 100 centimètres cubes d'un extrait de malt obtenu par filtration d'une macération de 100 grammes de malt dans 1 litre d'eau à la température de 15° ;

3° On maintient la température à 60° pendant trois ou quatre heures.

4° On filtre sur un tamis à mailles de 1 millimètre.

5° On forme un litre de liqueur (A).

Dosage de la matière dissoute. — *a*) Par les saccharomètres.

On prend la densité du liquide A au saccharomètre, soit n. On prend la densité de l'extrait de malt, soit n'. Dans la liqueur A, il y a donc $10n$ grammes d'extrait par litre, mais on y a introduit 100 centimètres cubes d'extrait de malt contenant n'. Donc $10n - n'$ représente l'extrait des 50 grammes de grains.

b) On peut faire la même opération par les pesées des extraits secs préparés à 100°.

Dosage de la dextrine. — On précipite 20 centimètres cubes de liqueur A par 20 centimètres cubes d'alcool à 90-95°, on lave à l'alcool, on pèse ; soit P. On fait la même opération sur 20 centimètres cubes de l'extrait de malt, soit P'. $P - \frac{P'}{10}$ est la quantité de dextrine dans 20 centimètres cubes de liqueur primitive et par suite $50\left(P - \frac{P'}{10}\right)$ dans un litre.

Dosage de la maltose. — On titre, par la liqueur de Fehling, la quantité de maltose contenue dans A et dans l'extrait de malt. S'il y a par litre m de maltose dans A et m' dans l'extrait, les 50 grammes de grains ont fourni $m - \frac{m'}{10}$ de maltose.

Remarque. — Pour le titrage de la maltose à l'aide de la liqueur de Fehling, voir plus loin.

Le chiffre trouvé pour la maltose $\times 0{,}95$ donne sensiblement l'amidon correspondant ; on y ajoute le chiffre trouvé pour la dextrine.

Dosage des hydrates de carbone, autres que les sucres et que l'amidon. — *Dosage des pentosanes.* — Le dosage des pentosanes est basé sur les deux réactions suivantes ;

1° Quand on traite une pentosane par un acide, elle s'invertit en donnant des sucres réducteurs en C^5 ;

2° Quand on traite une pentose par HCl étendu, il se produit du furfurol qu'on peut caractériser et doser assez facilement. Pour effectuer ce dosage,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

on combine le furfurol, soit à la phénylhydrazine, soit à la phloroglucine.

La méthode la plus courante pour doser les pentosanes est basée sur la formation du furfurol et la combinaison de celui-ci avec la phloroglucine. On opère de la façon suivante : Dans un ballon de 250 à 300 centimètres cubes, muni d'un tube à entonnoir et d'un tube de dégagement relié à un réfrigérant, on introduit 3 grammes de la matière à étudier si elle est à 10 p. 100 environ de pentosanes. Si la matière est moins riche, on en mettra une plus grande quantité. Si elle est plus riche, on en mettra moins. On ajoute 100 centimètres cubes de HCl à 12 p. 100 (D = 1,06). On chauffe alors assez vite pour obtenir à la distillation 30 centimètres cubes en dix ou quinze minutes. Il est bon d'opérer dans un bain métallique. Quand on les a obtenus, on change le matras et, par le tube à entonnoir, on ajoute dans le ballon 30 centimètres cubes de HCl ; puis l'on continue à distiller jusqu'à ce qu'on obtienne de nouveau 30 centimètres cubes et ainsi de suite. On arrête lorsqu'il ne distille plus de furfurol, ce que l'on constate à l'aide d'un papier imprégné d'acétate d'aniline qui ne doit plus rougir.

Les parties distillées sont alors filtrées pour les débarrasser des huiles et sont introduites dans un grand ballon jaugé de 400 centimètres cubes. Au liquide, on ajoute de la phloroglucine et du HCl à 12 p. 100 de manière à compléter à 400 centimètres cubes. On laisse déposer dix à douze heures et il se forme une combinaison de phloroglucine et de furfurol avec élimination d'eau. On recueille le précipité sur un filtre taré ou sur un creuset de Gooch garni d'amiante pesé et calciné (pendant cinq opérations le poids ne varie pas si l'amiante a été bien lavée à l'acide). On lave avec 150 centimètres cubes d'eau en ayant soin de laisser une couche de liquide sur la poudre. Cela est nécessaire car le produit est légèrement soluble (0,0052 gr. dans les conditions de l'expérience).

On sèche et l'on pèse. On défalque les tares.

Pour passer du poids du phloroglucine à celui du furfurol, il faut des tables, car à cause de la solubilité du produit il n'y a pas proportionnalité.

La méthode ne peut être exacte, car les différentes pentoses ne donnent pas le même poids de matière.

Ainsi Kroler a indiqué en tenant compte de la solubilité de la phloroglucide, les valeurs des rapports

$$\frac{\text{arabinose}}{\text{phloroglucide}} = \frac{1}{1{,}1019}$$

$$\frac{\text{xylose}}{\text{phloroglucide}} = \frac{1}{0{,}9195}$$

Dosage des sucres et dextrines préexistants de l'orge. — On peut les doser d'une manière globale.

Pour cela, on fait digérer 30 grammes d'orge finement moulue dans de l'alcool à 20 p. 100. On filtre, on fait évaporer entièrement l'alcool, on amène à un volume déterminé avec de l'eau distillée et on invertit avec l'acide chlo-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

rhydrique, comme plus haut. Puis on dose la dextrose qui est déduite de celle trouvée dans la détermination de l'amidon.

Si l'on tient à faire le dosage séparé de la dextrine, du sucre, de la maltose et de la raffinose, il faut avoir recours successivemeut aux quatre opérations suivantes :

1° Action de la liqueur de Fehling ;

2° Polarisation directe ;

3° Combustion à la bombe d'après la méthode Lindet ; et déterminer le carbone ;

4° Chauffer une partie aliquote de la liqueur sucrée avec de l'ammoniaque, ce qui détruit les sucres, et se débarrasser de l'ammoniaque par l'hypochlorite de soude et de celui-ci par l'acide chlorhydrique. On achève l'immersion et on dose la glucose au Fehling d'où on tire la dextrine.

Soit d, s, m, r, les quantités des quatre substances qui se trouvent dans le liquide de volume V ; la raffinose sera supposée à cinq molécules d'eau de cristallisation.

Nous admettrons pour la maltose un pouvoir réducteur de 0,623.

Nous admettrons comme pouvoirs rotatoires de la dextrine + 202, du sucre + 66,5, de la maltose + 140, de la raffinose + 104.

Enfin, rappelons qu'à la combustion un de dextrine doit donner $\frac{12 \times 6}{162} = 0{,}442$, de carbone ; le sucre et la maltose doivent en donner $\frac{12 \times 12}{342} = 0{,}421$, la raffinose à 5 molécules d'eau doit en donner $\frac{12 \times 18}{594} = 0{,}363$.

Si on emploie une liqueur de Fehling telle que 10 centimètres cubes $= 0{,}05$ de sucre inverti, si on trouve qu'il faut n centimètres cubes pour effectuer la réduction, c'est que les n centimètres cubes correspondent à $\frac{0{,}05 \text{ gr.}}{0{,}623}$ de maltose, donc le volume V correspond à $\frac{0{,}05 \text{ gr.}}{0{,}623 \times n}$ V ; d'où $m = \frac{0{,}05 \text{ gr. V}}{0{,}623.n}$.

la polarisation donnera une déviation D telle que

$$D = \frac{l}{V} (d \times 202 + s \times 66{,}5 + m \times 140 + r \times 104)$$

et comme m est déterminé on a

$$d \times 202 + s \times 66{,}5 + r \times 104 = \frac{D\,V}{l} - 140. \frac{V \times 0{,}05}{0{,}623\,n}.$$

La combustion donnera

$$d \times 0{,}442 + s \times 0{,}421 + m \times 0{,}421 + r \times 0{,}363 = C$$

et comme m est déterminé

$$d \times 0{,}442 + s \times 0{,}421 + r \times 0{,}363 = C - 0{,}421 \frac{V \times 0{,}05}{0{,}623\,n}.$$

Enfin le dosage de la dextrine exigera p centimètres cubes de solution pour réduire le fehling.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Cela correspond, pour le volume V, à $\frac{0,05}{p}$ V de glucose et par suite à

$$d = 0,9 \times \frac{0,05}{p} V = \frac{0,45}{p} V.$$

Portant cette valeur de d dans les 2 équations précédentes il reste

$$s \times 66,5 + r \times 104 = \frac{D V}{l} - 140 \frac{V \times 0,05}{0,623\, n} - \frac{0,45}{p} V \times 202$$

$$s \times 0,421 + r \times 0,363 = C - 0,421 \frac{V \times 0,05}{0,623\, n} - 0,442 \frac{0,45}{p} V.$$

Pour simplifier nous ferons $V = 200$; $l = 2$

$$s \times 66,5 + r \times 104 = 100\ D - \frac{2247,19}{n} - \frac{18\,180}{p}$$

$$s \times 0,421 + r \times 0,363 = C - \frac{6,757}{n} - \frac{39,780}{p}$$

On en tire

$$s = 5,30\ C - 1,86\ D + \frac{6,26}{n} + \frac{125,5}{p}$$

$$r = -3,45\ C + 2,14\ D - \frac{25,30}{n} - \frac{235,27}{p}$$

Ne pas oublier pour appliquer cette formule qu'on a fait les hypothèses suivantes :

1° la liqueur de Felhing est telle que 10 centimètres cubes = 0,05 gr. d'inverti ;

2° la liqueur étudiée est ramenée au volume 200 ;

3° le tube polarimétrique a 2 décimètres.

Dosage de la cellulose. — La cellulose se dose par différence. On prend une certaine quantité de matière première. On y dose l'amidon, les pentosanes, les dextrines, les sucres, les matières grasses, les acides, les matières azotées, les cendres et l'eau. Supposons qu'on trouve un total de 94,5 p. 100. On admet qu'il reste 5,5 p. 100 de cellulose.

Quelquefois on élimine les parties solubles. On dose dans la partie insoluble les éléments précédents et la différence constitue la cellulose.

Dosage de l'azote. — Pour le dosage de l'azote, on se contente d'un dosage global, par la méthode Kjeldahl. On traite dans un vase conique, recouvert d'une boule, 1 gramme de farine d'orge par 20 centimètres cubes d'un mélange d'acide sulfurique anhydre et d'acide ordinaire, on chauffe jusqu'à décoloration complète sans produire de fumée. Il est inutile, si l'acide est suffisamment fort, d'ajouter aucun autre corps. Lorsque le mélange est décoloré complètement, on laisse refroidir, on neutralise peu à peu avec de la magnésie calcinée, mais sans dépasser. On fait couler le contenu du vase dans un ballon, on lave bien le vase, on met rapidement un excès de magnésie, puis

IRIS - LILLIAD - Université Lille

on distille l'ammoniaque formée, on la recueille dans un excès de liqueur titrée d'acide sulfurique et on dose le résidu d'acide à la fin de l'opération avec de la soude titrée correspondant à l'acide.

On admet que le chiffre de l'azote multiplié par 6,25 représente les matières azotées.

Il peut être utile de connaître la quantité de matières azotées solubles et coagulables.

On fait un dosage de l'azote total, puis :

1° On fait infuser 30 grammes d'orge finement pulvérisée dans 300 centimètres cubes d'alcool à 20 p. 100, pendant vingt-quatre heures, à température ordinaire ;

2° Sur 50 centimètres cubes du liquide filtré, on fait un dosage de l'azote qui donne les matières azotées solubles ;

3° On prend 200 autres centimètres cubes du liquide filtré, qu'on fait bouillir jusqu'à coagulation complète des albuminoïdes coagulables. On filtre et on fait un nouveau dosage d'azote soit sur le liquide filtré, soit sur le résidu coagulé.

On a ainsi :

1° Les matières azotées totales ;

2° Les matières azotées solubles (I) ;

3° Les matières azotées solubles mais coagulables (II) ;

4° Les matières azotées insolubles par différence.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

DEUXIÈME PARTIE

MALTAGE

PRÉLIMINAIRES

L'orge sert rarement directement en brasserie, ce n'est guère qu'à l'état de grain germé, c'est-à-dire de malt qu'on l'introduit dans la bière. Nous allons donc étudier la fabrication de ce malt ; l'un de nous ayant publié sur la question une étude d'ensemble, nous essayerons d'être ici le plus succinct possible, tout en restant complet.

THÉORIE DE LA GERMINATION

Nous étudierons d'abord les changements physiologiques et chimiques qui se passent dans le grain germant, puis nous passerons à la partie technique.

ANATOMIE DU GRAIN D'ORGE

Le grain d'orge comprend (fig. 21) :

1° Le péricarpe ou enveloppe du fruit proprement dite ;

2° Le tégument ou épisperme ou enveloppe de la graine ;

3° L'albumen ou endosperme constituant la réserve alimentaire de la jeune plante ;

4° L'embryon ou jeune plante ; il est à l'intérieur du grain et en bas du côté du faux hile, point d'attache du fruit.

1. Le péricarpe est constitué par trois couches de cellules évidées qui sont de l'extérieur vers l'intérieur.

a) L'épicarpe, assise de cellules allongées, aplaties, portant souvent des poils ou des stomates (3) ;

b) Le mésocarpe formé de 2 ou 3 assises de cellules jaunes, aplaties, allongées parallèlement au sillon (4) ;

c) L'endocarpe, assise de cellules aplaties, allongées perpendiculairement au sillon.

2. L'endosperme n'est pas dans les céréales formée de 2 couches de tissus (testa et tegmen) comme dans la généralité des graines.

On trouve seulement le testa, bande jaune, d'une apparence striée ; ce

IRIS - LILLIAD - Université Lille

n'est d'ailleurs qu'une apparence due à l'impression des cellules de l'endocarpe sur la matière du testa.

C'est sur le tégument que se trouve le mycropyle par où doit saillir la jeune plante (6).

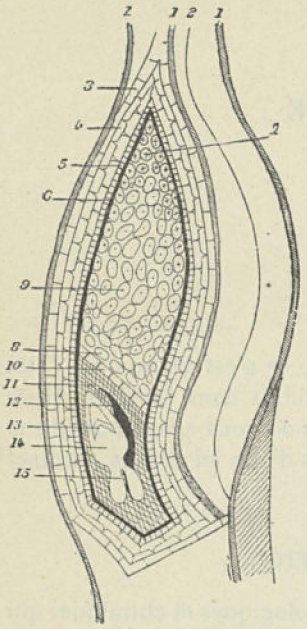


Fig. 21. — Coupe schématique d'un grain d'orge.

3. L'albumen est assez complexe.

Autour et en haut, on trouve des cellules rectangulaires contenant des matières albuminoïdes, des matières huileuses, de l'amidon plus ou moins solubilisé ; ce sont les cellules à aleurone (7).

Autour et en bas, on trouve des cellules vides (8) ; la couche la plus extérieure de ces cellules constitue l'épithélium d'absorption (10).

A l'intérieur se trouvent des cellules à amidon et à gluten (9).

4) L'embryon comme dans toute plante est formé :

a) D'un bourgeon qui est ici à plusieurs feuilles, c'est la gemmule (13) ;

b) D'une tige, la tigelle (14) ;

c) D'une racine ou radicule composée de 4 à 5 radicelles.

En brasserie, on désigne l'ensemble de la gemmule et de la tigelle sous le nom de *plumule*.

Tant que la jeune plante n'a pas suffisamment développé ses feuilles et ses racines, elle est nourrie aux dépens de l'albumen. A cet effet, elle est reliée à hauteur de la tigelle par un organe spécial, le cotylédon (12) qui l'enveloppe presque complètement et qui est lui-même relié à l'épithélium d'absorption par une sorte de support, le scutellum (11).

Ce qui prouve bien l'indépendance relative de la jeune plante et du grain, c'est qu'un embryon isolé, appliqué sur un grain tué par un séjour dans l'alcool absolu ou le chloroforme, se développe cependant.

PHYSIOLOGIE DE LA GERMINATION

MÉCANISME DE L'ALIMENTATION DE L'EMBRYON

Le mécanisme de l'alimentation de l'embryon paraît être celui-ci : l'épithélium d'absorption laisse osmoser les réserves alimentaires devenues solubles par des actions diastasiques ; le scutellum les absorbe, le cotylédon les centralise et les dirige vers les nouveaux tissus.

La solubilisation des matières de réserve doit provenir de diastases émises par l'embryon sous l'influence de la nécessité [1].

[1] Il est probable que les premières traces de sucre ainsi produites créent une pression osmotique suffisante pour régler les échanges.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

En effet, un embryon muni de son scutellum, détaché d'un grain, étant placé dans des solutions de sucre, d'amidon soluble, etc., se développe et augmente de poids, et, il n'y a pas trace de diastases, pas plus dans le sucre que dans l'amidon soluble. C'est parce que les matières alimentaires sont solubilisées. Mais si on opère avec de l'amidon non solubilisé tel que celui des graines tuées dans l'alcool absolu, alors il y a production de diastases, lesquelles ne peuvent provenir que de l'embryon.

CHIMIE DE LA GERMINATION

Nous allons maintenant passer à la chimie de la germination.

En 1890, Brown et Morris ont publié quelques expériences sur ce sujet. Il semble en résulter que, dans l'endosperme, les cellules à aleurone sont seules vivantes, mais elles sont incapables de solubiliser l'amidon ; c'est l'embryon qui le fait et par l'intermédiaire du scutellum.

Pour les deux auteurs anglais, cette intervention du scutellum est due à deux diastases : la cytase agissant sur la cellulose, l'amylase agissant sur l'amidon ; la première de ces diastases ne résiste pas à la chaleur, elle n'existe donc plus dans les grains touraillés.

Mais en 1892-1893, Hansteen-Pfeffer a publié des expériences contredisant les résultats précédents.

Pour cet auteur, les cellules à amidon sont capables de s'épuiser indépendamment de l'embryon, ce qui est absolument contradictoire avec ce qui précède. De plus, l'auteur n'admet la cytase qu'accidentellement, elle n'agirait que faute de matières directement assimilables.

En 1896, Grüss a refait sur la question une série d'expériences qui durent encore.

D'accord avec Brown et Morris, il admet que l'embryon est capable de saccharifier l'amidon.

De plus, dans l'endosperme, les cellules s'imbibent d'une diastase qui les corrode par larges places. Cette imbibition commence par les cellules du bas et progresse obliquement vers les cellules du haut, de manière que les cellules du côté ventru soient les premières attaquées (fig. 22).

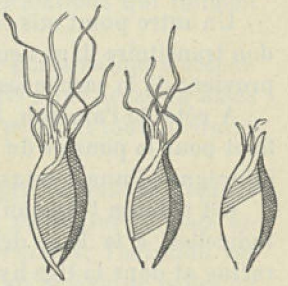


Fig. 22. — Imbibition des cellules.

Les cellules de l'extrémité dure ne sont pas atteintes après 8 ou 9 jours.

La corrosion de la cellule étant faite, la diastase y pénètre et va attaquer les grains internes d'amidon qui se corrodent par points.

Cette diastase n'existe que dans les grains trempés, elle n'agit qu'à l'air. A défaut de celui-ci, elle se répand sur les cellules sans agir.

Cette diastase serait surtout accumulée dans le cotylédon, mais l'embryon en contiendrait aussi.

Tous ces résultats, vérifiés par Puriewitz, sont d'accord avec ceux de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Brown et Morris. Mais l'auteur admet que la diastase peut exister dans l'albumen même séparé de l'embryon et de l'aleurone, ce qui est conforme à l'opinion d'Hansteen-Pfeffer.

Pour élucider ce point litigieux, Brown, aidé d'Escombe, a fait une nouvelle série d'expériences, d'où il résulte qu'il y a dans l'albumen des cellules qui s'épuisent. Ce sont celles qui sont sous-jacentes à l'aleurone.

Cette attaque est très différente de celle qui est produite par le scutellum ; l'attaque a lieu par fentes progressives et concentriques, tandis que le scutellum procède par corrosion.

En résumé, Brown se rapproche de l'opinion des autres auteurs admettant avec eux un épuisement des cellules, indépendant de l'action de l'embryon, mais il est en contradiction avec ceux-ci en pensant que l'action est due seulement à l'aleurone, et en ne partageant pas cette action entre elle et les cellules à amidon.

Depuis, Grüss a continué ses travaux sur la germination. En voici un succinct résumé :

Le scutellum, pendant la période de germination, contient exclusivement de la saccharose et de l'amidon. Le premier de ces sucres provient d'une transformation de maltose venant de l'endosperme et de glucose venant des cellules en palissade.

La couche d'aleurone contient de la saccharose qui apparaît juste après la germination. Enfin les radicelles contiennent de la saccharose à la pointe et de l'inverti à l'insertion.

Un autre point mis en évidence par Grüss est celui de la formation d'amidon transitoire dans l'embryon dès la trempe (si le grain n'est pas aéré). Il provient de la saccharose dont l'embryon contient 13 p. 100.

A côté de l'amidon, l'embryon contient de la galactane qui sert de lubrifiant pour la poussée du germe, mais qui, au moment où le germe pique est imprégnée d'une diastase.

Cet amidon transitoire se trouve dans la gaine de la plumule, dans les radicelles, à la base des feuilles primaires, au scutellum, à la base de la racine et dans la tige hypocotylédonée.

Mais ceci suppose qu'il n'y a pas eu aération ; dans le cas contraire, l'amidon débute non à l'embryon, mais à la périphérie, au bout, par exemple, de 2 heures, si la température est 0°.

A cause de ce délai, Grüss pense qu'il y a un processus préalable dû à l'action de l'oxydase contenu dans l'embryon avant la germination.

Enfin Grüss a identifié de l'amylase dans l'endosperme.

Relativement aux matières azotées, voici les idées de Grüss. La couche aleuronique quoique riche en azote, ne paraît pas jouer un rôle dans l'alimentation de l'embryon, car dans le malt, la région se retrouve inaltérée.

A la périphérie du grain existe, située sous la couche à aleurone, une région de matières azotées formant autour des grains d'amidon des couches vitreuses ; en arrière de cette couche, vers le centre, les matières azotées paraissent former un simple réseau, qui a d'ailleurs ses mailles plus serrées

IRIS - LILLIAD - Université Lille

vers l'extrémité supérieure surtout dans les orges riches. Les grandes différences d'azotes constatées dans les différentes orges ne proviennent ni de l'aleurone ni de ce réseau ; elles proviennent de la couche sous-aleuronique.

Au début de la germination, les cellules riches en albuminoïdes deviennent spongieuses, gélifiées et il reste un réseau non colorable aux réactifs des albuminoïdes. Il y a eu peptonisation au profit de l'embryon et lorsque la mobilisation de ces matières est effectuée il reste les vides que l'on constate.

Cette peptonisation peut produire par infiltration et coagulation le cimentage des grains d'amidon, d'où le malt vitreux.

Cette peptonisation a lieu sous l'influence de diastases spéciales qui viennent du scutellum et paraissent circuler par les filets du réseau qui ne se peptonise pas.

Brown et Morris ont montré que l'amylase résulte d'une sorte de disette ; Schidrowitz a également fait voir que la présence d'azote soluble, introduit par la trempe dans le grain, retarde l'apparition de la diastase proléolytique. Le même auteur a montré que le sulfate de chaux n'est pas une entrave.

TECHNIQUE DU MALTAGE

PRÉLIMINAIRES

Le maltage a pour but de développer dans le grain les diastases qui rendront les substances solubles et saccharifiables. Il se produit, en outre, comme nous le verrons, pendant la germination, des transformations qui influent sur la qualité de la bière.

Trois conditions sont indispensables pour que la germination s'accomplisse : une humidité suffisante, une chaleur tempérée, une aération assez large pour favoriser l'absorption de l'oxygène de l'air pendant toute la durée de l'opération.

Le malteur réalise ces trois conditions en faisant préalablement tremper son grain dans des cuves profondes appelées *cuves mouilloires,* puis en l'étalant en couches sur le sol de caves appelées *germoirs;* l'aération est obtenue en retournant les couches de temps en temps au moyen de pelles en bois et en ventilant les germoirs.

DIVISION DU TRAVAIL

Le maltage comprend six opérations qui sont :

1° La manutention ;
2° Le nettoyage et triage des grains ;
3° Leur lavage, mouillage ou trempage ;
4° Le travail au germoir ;
5° Le touraillage ou séchage du malt ;
6° La toilette du malt.

Nous ne nous occuperons que du maltage de l'orge, le malt d'orge étant à peu près exclusivement employé en brasserie et le malt d'autres céréales

IRIS - LILLIAD - Université Lille

n'étant utilisé que pour la fabrication de bières purement locales, dont nous parlerons dans un chapitre spécial.

Nous avons, dans l'étude préalable de l'orge, indiqué les variétés à employer.

Il est un point sur lequel il convient d'insister. Une orge non magasinée ne germe pas bien; il faut une maturation spéciale.

Une orge qui a été récoltée une année humide ou qui a séjourné sur le champ par la pluie ne germe que difficilement. Sans doute l'empâtage superficiel empêche-t-il l'imprégnation complète du grain par l'eau de trempe. Pour obvier à cet inconvénient on a proposé différents systèmes de trempe dont il sera parlé plus loin. On a aussi proposé un touraillage préalable.

Or lorsque le grain est séché ainsi à la touraille, si on mouille immédiatement, il n'y aucune amélioration. Celle-ci ne se fait sentir que si on attend un laps de temps de quatre jours, pour que le grain ait le temps de refroidir.

Enfin au point de vue de la durée du magasinage il faut tenir compte des orges : telles germant encore très bien à la récolte suivante tandis que d'autres sont devenues moins bonnes.

MANUTENTION

Elle se fait à l'aide de chaînes à godets, de canaux de chute, de vis d'Archimède, de monte-charges, de ventilateurs, etc. Nous donnerons quelques indications sur ces appareils à l'article : *Installation d'une malterie*.

NETTOYAGE ET TRIAGE DE L'ORGE

On ne doit mettre en trempe que des grains parfaitement nettoyés et de grosseur égale; nous avons déjà fait ressortir l'importance du triage des grains. Les mêmes appareils font, à la fois, la triage et le nettoyage.

Appareils nettoyeurs-trieurs. — On trouve dans l'orge venant de la ferme :

1° Des corps étrangers plus gros que le grain;

2° Des corps étrangers plus lourds que le grain;

3° Des corps étrangers plus légers;

4° Des corps étrangers de même poids, mais de formes différentes.

Dans les malteries peu soigneuses, on se borne à un premier lavage qui entraîne les poussières et les orges folles. Dans les malteries plus soigneuses, on procède en outre et préalablement : 1° au passage à l'émotteur épierreur, formé de trois tamis cylindriques, concentriques et inclinés, dont le plus intérieur retient les grosses pierres, le deuxième les grains entiers, le troisième les grains cassés. Au lieu de tamis cylindriques on peut employer des tamis plans superposés et ayant un mouvement alternatif de secousses; 2° au passage au tarare, sorte de tamis soumis à un fort courant d'air enlevant les poussières; 3° au passage dans un trieur à alvéole (fig. 23), cylindre incliné en tôle frappée d'alvéoles de la forme des graines rondes à retenir; comme le cylindre est incliné et mobile autour de son axe, après une demi-rotation, les graines restées dans les alvéoles tombent et sont reçues dans une nochère à

IRIS - LILLIAD - Université Lille

vis d'Archimède qui les entraîne, et les autres grains tombent par la partie

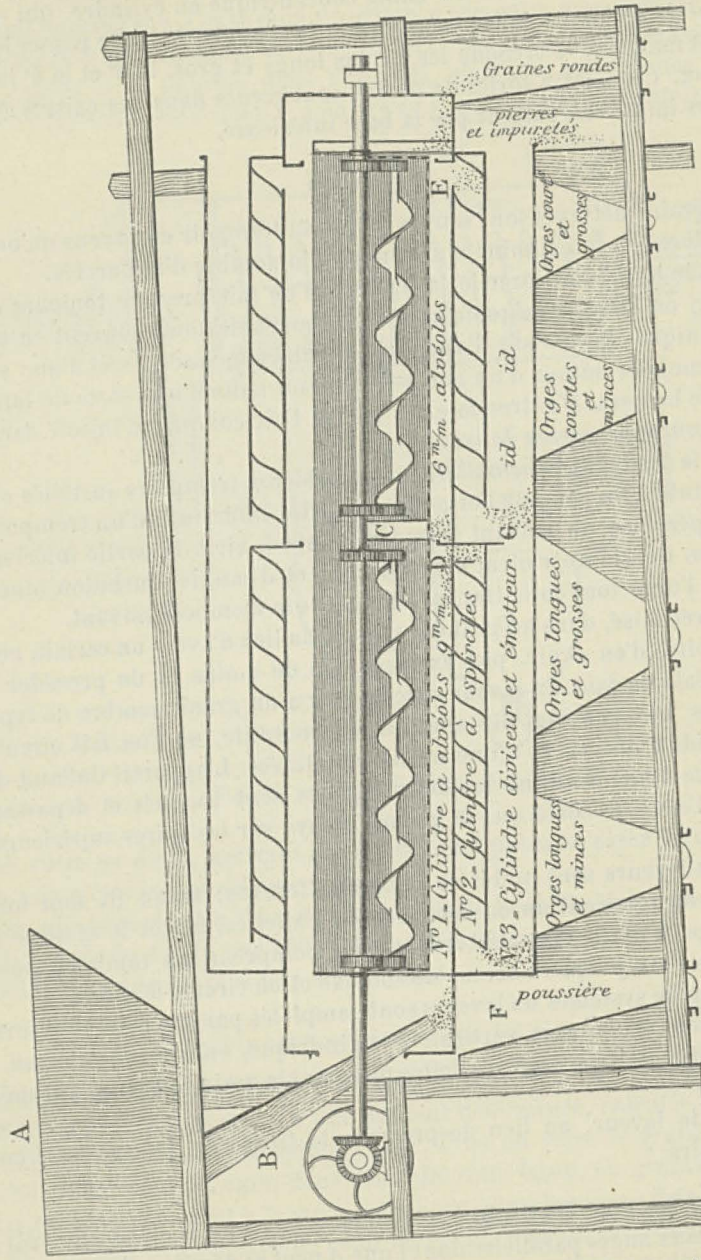


Fig. 23. — Trieur Marot, pour orge.

inférieure du cylindre. Un couteau, à la partie supérieure, détache les graines rondes trop serrées dans leurs alvéoles.

Autour de ce cylindre à alvéoles, se trouve une vis d'Archimède qui

IRIS - LILLIAD - Université Lille

remonte l'orge en haut de l'appareil en restant extérieurement au cylindre.

Cette orge tombe dans un tamis concentrique au cylindre, qui est formé d'une série de quatre toiles métalliques, la plus élevée laisse passer les grains longs et maigres, la seconde les grains longs et gros, la 3e et la 4e les grains normaux. Ces quatre sortes de grains sont reçues dans des caisses spéciales. Enfin les impuretés sortent par la base inférieure.

LAVAGE

Les grains nettoyés sont souvent lavés au trempoir en ce sens qu'on rejette la première eau qui élimine ainsi un certain nombre d'impuretés.

Dans le but d'améliorer le lavage que l'on fait presque toujours dans le trempoir, on ajoute quelquefois un système d'agitation. Souvent ce système est mécanique, formé soit d'une série de tables inclinées, soit d'une série de peignes mobiles autour d'un axe vertical, soit enfin d'une sorte de laminoirs formés de brosses. D'autres fois, on utilise l'air comprimé injecté dans l'eau par une couronne percée de trous.

Dans le système Bergmuller, on a plusieurs trempoirs installés en batterie; le tube qui conduit l'orge de la partie inférieure d'un trempoir à la partie supérieure du suivant forme chambre à air à la partie inférieure de laquelle on injecte un violent courant d'air et d'eau, le tourbillon ainsi produit agite l'orge tout en la transportant dans le trempoir suivant.

On a préconisé, dans les grandes usines, au lieu d'avoir un certain nombre de trempoirs, d'en avoir, par exemple, un de moins et de procéder à un lavage préalable dans un laveur spécial. Il y a un grand nombre de types de ces laveurs. Les uns sont des auges à eau courante, où l'on fait circuler le grain à l'aide d'une vis et d'une nochère inclinées. L'appareil Galland décrit ici est de ce type. Souvent les deux organes sont inclinés et dépassent le niveau de l'eau, de sorte que le grain s'essuye sur les spires supérieures de la vis.

D'autres laveurs sont imités de ceux à betteraves; tantôt ils sont formés d'une auge où tournent un ou deux arbres à ailettes, tantôt le système procède du type à tambours, c'est-à-dire qu'il comprend un tambour perforé plongé dans l'eau jusqu'au-dessus de son axe et où circule le grain.

Beaucoup de systèmes de laveurs sont complétés par une essoreuse formée essentiellement d'une cage verticale et cylindrique, en toile métallique, où tourne un arbre vertical muni d'ailettes projetant le grain contre la toile métallique.

Souvent le laveur, au lieu de précéder le trempoir, est intercalé entre deux trempoirs.

Appareil laveur Galland. — L'appareil laveur Galland (fig. 24) se compose de deux auges parallèles dont l'une A peut se déverser dans l'autre B. L'orge arrive par *c* à l'une des extrémités de l'auge A, dans laquelle se meut une vis sans fin qui la transporte à l'autre extrémité dans une sorte de trémie T, située au-dessus de la cuve mouilloire. Sous l'auge, une série de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tuyaux verticaux munis de robinets communiquent avec un tuyau collecteur M qui amène l'eau. Ces tuyaux projettent l'eau entre les spires de l'hélice. L'eau remplit l'auge jusqu'à la hauteur DE, entraîne les poussières et les folles graines et se déverse dans l'auge B, d'où elle est évacuée. L'orge, arrivée à l'extrémité de l'auge A, tombe par F dans la cuve mouilloire, tandis

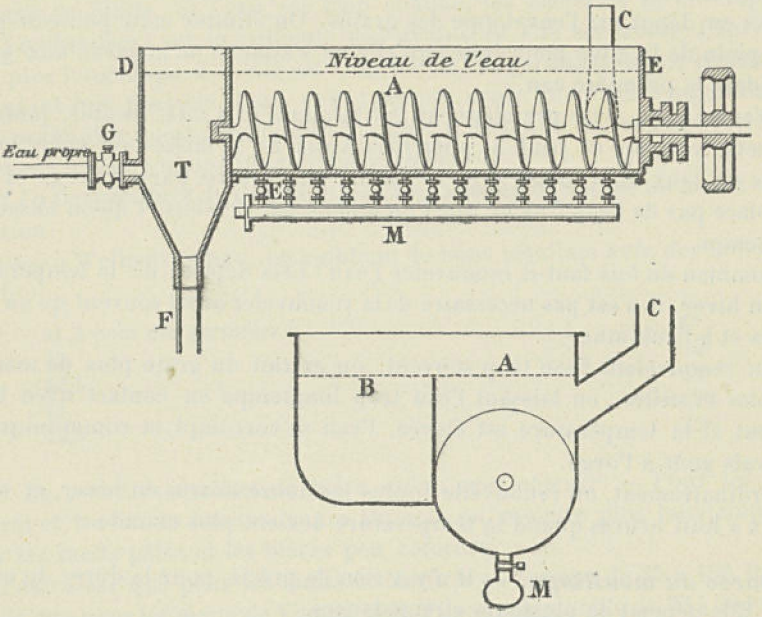


Fig. 24. — Appareil laveur Galland.

qu'un autre jet d'eau, arrivant par G avec une pression assez forte, empêche l'eau sale d'être entraînée avec l'orge.

On ajoute souvent à l'eau de lavage soit de l'eau de chaux, soit du bisulfite à la dose de 1 litre par 100 kilogrammes d'orge.

Nous reviendrons plus loin sur ce point.

MOUILLAGE OU TREMPAGE DE L'ORGE

Pratique du mouillage. — Dans le mouillage de l'orge, on remplit d'abord la cuve d'eau, jusqu'à une hauteur déterminée, calculée pour qu'elle ne déborde pas quand on ajoute l'orge. Puis on verse le grain doucement, tandis qu'un ouvrier l'agite dans l'eau. De cette façon, les grains d'orge folle et les impuretés restent à la surface de l'eau, dont le niveau doit s'élever à 20 ou 25 centimètres au-dessus de celui de l'orge, d'abord pour bien séparer les graines folles, puis, parce que l'absorption est rapide au début et que le niveau baisse sensiblement.

On laisse reposer quelques instants, puis on enlève toutes les impuretés de la surface avec une écumoire, ou bien on les évacue par une vanne spé-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ciale placée dans le haut de la cuve. Toutes ces graines folles ne germeraient pas et pourriraient sur le germoir. Une orge propre et bien nettoyée ne doit pas donner plus de 2 p. 1000 d'impuretés.

Renouvellement de l'eau. — Il ne tarde pas à se former, à la surface de l'eau, une sorte de pellicule grasse, visqueuse, provenant des matières organiques en dépôt sur l'enveloppe des grains. On élimine cette pellicule par le trop-plein de la cuve pour éviter qu'elle ne s'attache de nouveau aux grains en vidant la première eau.

D'autre part, cette première eau est toujours très sale, trouble, jaunâtre ; elle sent mauvais et peut se putréfier. Aussi ne la laisse-t-on guère qu'une heure ou deux en contact avec le grain ; on l'évacue par soutirage et on la remplace par de l'eau fraîche que l'on amène par-dessous et qu'on laisse plus longtemps.

Combien de fois faut-il renouveler l'eau? Cela dépend de la température.

En hiver, il n'est pas nécessaire de la renouveler aussi souvent qu'au printemps et à l'automne.

En renouvelant l'eau trop souvent, on extrait du grain plus de matières solubles et utiles ; en laissant l'eau trop longtemps en contact avec l'orge surtout si la température est élevée, l'eau se corrompt et communique un mauvais goût à l'orge.

Ordinairement, on renouvelle toutes les douze heures en hiver, et toutes les six à huit heures quand la température devient plus chaude.

Durée du mouillage. — Il n'y a rien de précis pour la durée du mouillage. Elle dépend de plusieurs circonstances.

1° *La saison.* — En automne, où le grain est plus fraîchement récolté, le mouillage s'opère plus vite. Au printemps, l'orge est plus sèche et le mouillage dure plus longtemps. En hiver, par les températures très froides, il faut une plus longue durée.

2° *La nature de l'orge.* — En premier lieu la grosseur des grains joue un rôle, car les gros ont une moindre surface relative et leurs cellules sont plus serrées et plus épaisses. Les orges dures doivent tremper plus longtemps ; les orges tendres et friables s'imbibent plus vite. Les orges à pellicule épaisse, les escourgeons ont besoin d'un mouillage prolongé.

Toutes choses égales d'ailleurs il faudra prolonger la trempe d'une orge dure (riche en azote) de vingt à quarante heures[1].

Les grains récoltés dans les années sèches et chaudes, plus compacts, plus durs, se mouillent plus lentement que les grains qui ont mûri dans des années froides et humides.

Les orges poussées dans des terrains légers se trempent plus facilement que celles qui sont venues dans des terres fortes.

3° *L'eau.* — Une eau douce pénètre plus vite dans le grain qu'une eau dure.

[1] Il faut alors germer court et chaud et ne pas laisser faner au germoir.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

4° *La température.* — L'orge s'imbibant plus vite par une température élevée que par une température basse, la température de l'air et celle de l'eau ont une influence sur la durée. La température, autour des cuves mouilloires, ne devrait pas dépasser 12°, et celle de l'eau être comprise entre 9° et 12°. Si l'eau est chaude, il faut la renouveler trop souvent ; elle donne une perte plus grande des substances du grain ; le mouillage est trop rapide et peut dépasser la limite. Si l'eau est trop chaude, les bactéries se développent, plus nombreuses, sur la pellicule des grains. Si elle est froide, l'opération dure plus longtemps et si elle est trop froide, la germination est retardée.

Autant que possible, l'eau doit toujours avoir la même température et il est préférable, pour cela, d'utiliser une eau de puits. Les eaux de rivière ou des villes ont une température trop variable.

5° *La température du germoir.* — Elle cause en effet plus ou moins d'évaporation.

Ainsi à Weihenstephan, on a obtenu de bons résultats avec des teneurs en eau de :

41,5	pour des germoirs à	8°
42	—	10°
42,5	—	11°
43	—	12°5
44,5	—	15°

6° *Le genre de malt et de bière qu'on veut obtenir.* — Pour les malts colorés et les bières brunes, genre Munich, on mouille plus longtemps que pour les malts pâles et les bières peu colorées.

C'est ainsi que pour les malts de Munich on trempe de 85 à 100 heures, tandis que pour les malts de Vienne et de Pilsen, on mouille de 72 à 90 heures, et, en Angleterre, pour les pales ales, de 48 à 72 heures. Nous verrons plus loin les raisons de ces différences et leur influence sur la qualité du malt.

En général, on considère que le mouillage est :

De courte durée	quand il se prolonge de	48 à 75	heures.
De moyenne durée	— —	75 à 85	—
De longue durée	— —	85 à 90	—
De très longue durée	— —	90 à 100	— et au-dessus.

Les limites les plus habituelles sont de 70 à 90 heures, limites variables avec les qualités de l'orge, la température, la saison, la nature de l'eau et le malt recherché.

Qualités d'un bon mouillage. — Un grain manquant d'humidité, sèche trop vite en germant et vers le quatrième jour la respiration (sueur) s'arrête, preuve d'un arrêt dans le développement.

Un grain trop trempé voit ses plumules se développer vite et longuement, les radicelles se feutrent, les couches s'échauffent, l'énergie germinative diminue. On a préconisé une pareille trempe pour les grains en mélange sous prétexte de ralentir le départ de ceux qui germent les premiers. C'est

IRIS - LILLIAD - Université Lille

une erreur, l'effet de la trempe prolongée étant de nuire surtout aux grains à petit pouvoir germinatif. Cet effet est surtout sensible à partir de la quarantième heure.

Lorsque le grain est saturé d'eau, il ne germe plus et pourrit.

La bonne trempe est celle qui permettra la germination en huit ou neuf jours, elle doit durer de 70 à 120 heures suivant la nature des facteurs que l'on vient d'étudier.

Il faut en effet que jusqu'à la fin de la germination, le grain conserve une humidité suffisante.

Il y a donc un juste milieu à observer. En tout cas, un excès d'humidité serait plus préjudiciable qu'un mouillage trop court, auquel on peut toujours remédier en arrosant les couches.

Contrôle du mouillage. Examen organoleptique. — On reconnaît que l'orge est suffisamment trempée aux signes suivants :

1° Quand la pellicule du grain se détache facilement avec l'ongle ;

2° Quand les extrémités du grain ne piquent plus les doigts en le pressant entre le pouce et l'index ;

3° Quand on peut plier le grain sans qu'il se rompe : si on force, la pellicule s'ouvre dans le sens longitudinal et non en travers ;

4° Quand le grain s'aplatit facilement lorsqu'on le presse entre les dents, l'amande se réfugiant aux extrémités ;

5° Quand une coupe transversale du grain montre la section de l'amande grise, couleur de papier huilé, avec, au milieu, une petite tache blanche, où l'eau n'a pas pénétré. Si la tache n'existe pas, que toute la section est grise, c'est que le mouillage a été trop prolongé. En outre, cette partie s'imbibera à son tour pendant le *ressuyage* des grains, ou pendant les premières heures du séjour au germoir. En examinant des grains vingt-quatre heures après la sortie de la cuve, si cette partie est restée blanche, ou s'est agrandie, c'est que le mouillage a été insuffisant. C'est l'observation la plus sûre.

Contrôle par le poids. — 1° *Méthode des mille grains.* — Avant de mettre en trempe, on a pesé mille grains d'orge. Quand on juge le mouillage suffisant, on prend dans la cuve un nombre indéterminé de grains au hasard, et après les avoir séchés extérieurement entre deux feuilles de papier buvard, on les pèse, on les compte et on ramène le poids à 1 000 grains. La différence des pesées donne le tant pour cent d'eau absorbée.

2° *Méthode du kilogramme.* — On a un vase en métal percé de trous, d'une contenance de 1 litre 1/2 à 2 litres et terminé en cône à ses deux extrémités. La partie conique supérieure, formant couvercle, porte un anneau permettant de le suspendre à une romaine et dans la cuve mouilloire. On a fait, une fois pour toutes, la tare de l'appareil et on y introduit un kilogramme de l'orge à tremper. On le plonge dans la cuve mouilloire et tous les jours on le retire pour en faire la pesée, en ayant soin de le laisser égoutter et d'essuyer la paroi extérieure. On arrête le mouillage quand l'augmentation de poids est

IRIS - LILLIAD - Université Lille

arrivée à une limite que l'expérience a déterminée. Ordinairement, cette augmentation est de 53 à 55 p. 100 pour le malt de Munich ; de 48 à 50 pour le malt Viennois, et de 45 à 48 pour le malt de Pilsen.

Un grain ne peut contenir que 68 à 70 p. 100 d'eau.

Une orge qui a pris plus de 55 à 56 p. 100 d'eau est une orge trop trempée.

Il faut tenir compte, cependant, dans ces expériences, de l'humidité apportée par l'orge. Une orge qui n'accusera que 12 p. 100 d'eau absorbera davantage et pourra augmenter de 55 à 56 p. 100 sans qu'il y ait excès, tandis qu'une orge ayant 14 p. 100 d'eau ne devra pas dépasser 53 p. 100.

En effet, l'humidité sera :

pour la première $\frac{(12 + 56)\ 100}{156} = 43{,}50$;

pour la seconde $\frac{(14 + 53)\ 100}{153} = 43{,}70$.

Aération du grain. — La vie du grain commence dès que l'eau arrive en contact avec l'embryon. Cette vie se manifeste par le gonflement du germe et une production d'acide carbonique ; l'eau de trempage en contient. Il en résulte que, dans les cuves profondes, les grains du fond subissent une véritable asphyxie. Ce manque d'oxygène fait que la faculté germinative se réveille trop tard. On remarque, en effet, dans les couches au germoir, que les grains du fond sont généralement en retard sur les autres. Différents procédés sont en usage pour aérer le grain.

Trempes aérées. — D'après Bleisch et Will, l'un des avantages des trempes aérées serait de permettre une meilleure répartition de l'eau.

Windish qui dans ces derniers temps les a préconisées y voit les avantages suivants :

Il y a une avance de 2 jours sur le moment où le grain pique et on peut employer ce temps à germer plus lentement c'est-à-dire, plus froid (hauteur de couche du troisième jour dès le début).

Comme la température est plus basse on perd moins au maltage (2 3 p. 100 en moins) ; les moisissures sont moins à craindre ; les malts, auraient un extrait plus élevé, ce qui est le contraire de ce qui arrive quand on diminue la perte en raccourcissant la germination. Le malt, préparé à froid, contenant moins de sucre, est moins coloré après touraillage.

A la chaudière il y aurait plus de coagulum et comme conséquence il n'y aurait pas de troubles à la pasteurisation. Enfin, la quantité de diastases serait moindre, ce qui rend plus maître du travail.

Il faut remarquer que dans ces méthodes la teneur en eau n'est pas différente de la teneur normale.

Lang ne croit pas que ces méthodes puissent réussir avec des orges moyennes ou médiocres.

En tout cas l'aération doit être très modérée, lorsqu'on doit tremper à fond comme pour le malt de Munich.

Les différents procédés employés pour la trempe aérée sont nombreux.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ressuyage du grain. — A chaque fois qu'on renouvelle l'eau, on laisse égoutter le grain avant de remettre de l'eau froide. C'est ce qu'on appelle le *ressuyage* (*nachweichen*). Certains malteurs laissent régulièrement le grain six heures en trempe et six heures sans eau. Pendant ce temps, l'orge s'aère et le pouvoir germinatif augmente. L'imbibition continue à se faire pendant le repos, dans l'intérieur du grain, et on diminue la perte de substances.

Procédé Balling. — Balling recommande de mouiller d'abord dans les conditions ordinaires, avec de l'eau aussi fraîche que possible, pendant dix-huit à vingt heures, avec deux renouvellements d'eau. L'orge est ensuite portée au germoir, mise en couches de 25 à 30 centimètres de hauteur ; puis, arrosée une heure après et retournée aussitôt. Quand l'eau de ce premier arrosage est absorbée, le tas est de nouveau arrosé et retourné, et on continue ainsi jusqu'à ce que le mouillage soit complet ; la couche est alors diminuée d'épaisseur et la germination s'accomplit comme à l'ordinaire.

Ce procédé est appliqué en Bohême, avec cette modification que le grain, après séjour en tas au germoir, est reporté dans la cuve mouilloire où il subit un nouveau trempage de six à huit heures.

Procédé Puvrez. — Ce procédé n'est qu'une variante du précédent. Le grain est trempé dans des cuves en maçonnerie larges et peu profondes (40 à 50 centimètres), installées sur le sol même des germoirs. Ce premier mouillage dure vingt heures, puis le grain est arrosé et retourné jusqu'au moment du *piquage*. On donne une dernière eau, qui ne fait que passer sur le grain et la germination se poursuit dans la cuve même, dont le peu de profondeur permet les pelletages.

Autres systèmes. — 1° On fait arriver l'eau en pluie sur le grain ; soit au moyen d'un tuyau horizontal de la largeur de la cuve et percé de trous, soit au moyen d'une croix écossaise (tourniquet hydraulique). L'eau arrive ainsi aérée dans les profondeurs de la cuve.

2° On place dans le fond de la cuve (cylindro-conique) un ballon d'aération, en tôle perforée ; un tuyau qui émerge au-dessus de la cuve met le ballon en communication avec un ventilateur. Pendant le ressuyage, on fait un appel d'air de haut en bas qui traverse le grain.

Emploi des antiseptiques. — Pour combattre la mauvaise odeur que dégagent les eaux de trempage et détruire les germes de la pellicule de l'orge, on a recommandé l'emploi des antiseptiques.

Eau de chaux. — On fait usage surtout de l'eau de chaux. Dans un réservoir pouvant contenir l'eau d'un trempage, on ajoute à l'eau de la chaux éteinte en excès. On agite de temps en temps, puis on laisse reposer. Cette eau décantée sert au premier mouillage qui doit durer six heures environ. Elle agit comme eau dure, en formant dans le grain des phosphates insolubles ; il y a moins

IRIS - LILLIAD - Université Lille

de perte et on a remarqué que la germination était améliorée. Les renouvellements se font ensuite avec de l'eau ordinaire.

L'emploi de la chaux dans l'eau de trempage rend de grands services au commencement et à la fin de la campagne, et lorsqu'on a affaire à des grains endommagés, récoltés dans de mauvaises conditions. Cet emploi s'est même généralisé au point qu'on se sert d'eau de chaux pendant toute la durée de la campagne, et cette pratique semble devoir donner des résultats particulièrement favorables. On a trouvé ainsi que le pouvoir germinatif n'est pas changé après huit jours mais que l'énergie germinative subit un maximum (correspondant à une amélioration de 10-15 p. 100) pour une teneur en chaux de 1,3 gr. par litre (Windisch).

Cette eau est obtenue par saturation (200 grammes par hectolitre).

Les fortes doses, n'abaissent pas le pouvoir germinatif, mais causent un grand retard.

D'après Hauser la dose la plus favorable serait volume d'eau saturée pour volume d'eau de trempe, d'après lui il y aurait retard, mais augmentation de la force germinative.

On objecte quelquefois, contre l'emploi de l'eau de chaux, que le grain se colore et que l'eau de trempage est également très colorée. Ce fait, qui résulte d'une action de l'eau alcaline sur les enveloppes, n'a aucun inconvénient, puisque le lavage dans l'eau pure enlève les produits colorants. Le malt obtenu a une plus belle couleur que celui qui provient de grains trempés dans l'eau pure.

L'eau de chaux est particulièrement recommandée pour la trempe aérée et pour les orges humides.

Les autres antiseptiques indiqués sont :

Le formol à 0,01 p. 100 ; l'acide salicylique à 20 grammes par hectolitre ; l'acide sulfureux à 0,02 gr.-0,05 gr. par litre ; le bisulfite de chaux (3 litres par mètre cube).

L'acide sulfureux d'après Kukla se recommande pour les orges riches en azote soluble et à faible pouvoir germinatif telles que les Russes et les Roumaines.

On emploie aussi le chlorure de chaux à raison de 200 grammes par hectolitre, il donnerait une augmentation d'énergie et de pouvoir germinatif. D'après Ehrlich à la dose de 1 p. 100 les résultats sont douteux.

Tous ces produits s'emploient dans la première eau de trempage ou de lavage. Ils doivent être complètement éliminés du grain.

Vidange des cuves. — Quand le mouillage est terminé et la dernière eau soutirée, on fait souvent couler un peu d'eau fraîche qu'on évacue au fur et à mesure pour achever de laver l'orge, puis on laisse le grain s'égoutter pendant quelques heures (3 à 4) pour le ressuyage et on porte au germoir.

Mais si l'orge est fortement trempée, on met au germoir aussitôt.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

A ce moment, l'orge doit avoir une odeur franche, agréable et douce, rappelant un peu celle du miel.

Les cuves doivent être placées à proximité des germoirs et au-dessus, de façon que le grain puisse y être amené de lui-même, par des conduites. Il faut éviter, autant que possible, toutes les manipulations avec la pelle, le transport avec les hottes et même les brouettes : le grain très tendre, se brise facilement et les grains abîmés se couvrent promptement de moisissures.

Dès que le *décuvage* est terminé, la cuve doit être aussitôt brossée et nettoyée à fond, pour enlever la matière gluante, visqueuse, qui s'est attachée à ses parois et qui sent rapidement mauvais. Très souvent, elle doit être en outre désinfectée à la chaux, ou au bisulfite de chaux.

Cuves mouilloires. — **Construction**. — Les cuves mouilloires se font en pierre cimentée ou en fer (tôle galvanisée) ; jamais en bois.

La hauteur ne doit pas dépasser 2 mètres, non parce que la différence de pression peut produire des différences de trempe, mais parce que les manœuvres sont difficiles[1]. Les cuves de pierre se font rectangulaires. Elles sont peu employées aujourd'hui.

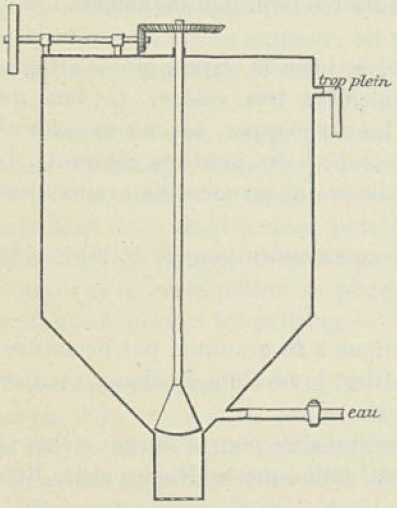


Fig. 25.

Les cuves en fer, qui leur sont préférées, se font cylindro-coniques (fig. 25). Cette forme a cet avantage, que la cuve se vide plus complètement et que l'aération se fait mieux dans la partie conique formant le fond.

Ces cuves portent, à la partie inférieure, un tuyau servant à l'écoulement de l'eau et coupé, à son embouchure, par une grille retenant le grain. La sortie de l'orge a lieu par un tampon conique (fig. 25) situé au-dessus de cette grille et mu par une vis qui se commande soit par le haut, soit par le bas. Un tuyau coudé, fixé à l'ouverture, peut se raccorder avec d'autres tuyaux qui conduisent le grain à la place qu'il doit occuper au germoir.

Dans d'autres systèmes la fermeture consiste en une porte en fer maintenue au moyen d'un étrier à vis. Dans ce cas, l'orge trempée est recueillie dans des brouettes spéciales qui servent à la transporter dans les différentes parties du germoir.

La partie supérieure de la cuve est munie d'un trop-plein par où on évacue l'eau sale du dessus. Assez souvent, le tuyau du trop-plein aboutit

[1] Quoique la différence des temps pendant lesquels l'orge est mouillée ne soit pas insignifiante, un séjour, au fond de la cuve, dépassant de huit heures la moyenne a un effet nul pendant une trempe de quatre-vingt-dix heures.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

à un petit réservoir à faux fond percé de trous, où on recueille les graines folles.

Les tuyaux d'arrivée d'eau sont disposés de façon que l'eau puisse être amené soit en dessus, soit en dessous.

On installe les trempoirs au-dessus des germoirs, la partie conique traversant le plafond de ceux-ci, de façon que le bord de la cuve soit à hauteur d'homme pour faciliter les manipulations. On peut les mettre ainsi dans le germoir même, si la hauteur est suffisante, mais le travail est moins facile.

Capacité. — L'orge n'augmente pas seulement de poids, elle augmente aussi de volume. Cette augmentation est de 40 à 50 p. 100, suivant le degré de mouillage et le poids de l'orge à l'hectolitre. On compte qu'un hectolitre d'orge donne 150 litres de grains trempés, ou que 100 kilogrammes fournissent 230 litres. La capacité doit être telle, que le grain soit complètement immergé et qu'il y ait entre le niveau de l'orge et celui de l'eau une distance de 10 à 15 centimètres, plus un espace de 5 centimètres au-dessous du niveau pour que l'eau ne déborde pas.

Cela fait donc un espace mort d'une vingtaine de centimètres.

Avec des cuves de 1,50 m. de hauteur cela correspond à 20 centimètres d'espace mort pour 1,30 m. d'espace utile, soit 15 p. 100.

Et avec des cuves de 2,50 m. cela correspond à 20 centimètres d'espace mort pour 2,30 m. d'espace utile, soit 8,5 p. 100.

Donc dans les petites cuves pour un quintal on prendra

$$230 \times 0{,}15 + 230 = 265 \text{ litres}$$

et pour les grandes cuves on prendra $230 \times 0{,}085 + 230 = 255$ litres.

A cause de l'aération la contenance ne peut être exagérée pas plus que la hauteur.

On ne dépasse guère 50 à 60 hectolitres correspondant à 20 ou 25 quintaux et 2 mètres à 2,50 m. de hauteur.

Nombre de cuves. — Soit N le nombre de quintaux d'orge à mettre en route chaque jour ; car dans une usine bien comprise le travail doit être régulier.

Puisque chaque trempoir ne peut contenir plus de 20 à 25 quintaux, il en faudra chaque jour $\frac{N}{20 \text{ ou } 25}$; soit t le temps, évalué en jours, d'occupation d'un trempoir, lavage compris.

Pendant qu'un trempoir est occupé, l'on a à en travailler $\frac{N}{20 \text{ ou } 25} \times t$, il en faut donc

$$1 + \frac{Nt}{20 \text{ ou } 25}$$

auxquels il sera bon d'ajouter 1 pour parer aux accidents.

Exemple. On veut travailler $N = 4$ à 5 fois, 20 ou 25, soit $\frac{N}{20\text{-}25} = 4$, en trempant de telle manière que $t = 3$.

Il faudra $1 + 12 = 13$ trempoirs. Soit 14 avec le supplémentaire.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Quantité d'eau nécessaire. — 100 kilogrammes d'orge occupent sensiblement un volume de 150 litres, mais le volume réel n'est guère que de 80 litres. De sorte que le volume d'eau inclus est de 70 litres.

La contenance de la cuve mouilloire étant de 255 à 265 litres dont il faut défalquer environ 10 litres qui restent vides, il faudra, en moyenne, 260 — 10 — 80 = 190 litres par quintal.

L'orge en se trempant absorbe environ 50 litres d'eau, elle gonfle et occupe le volume apparent de 220 litres et le volume réel de 160, de sorte que l'eau représentera après la décantation environ 260 — 160 = 100 litres.

La dépense d'eau sera donc, si on fait 6 renouvellements de 190 + 6 × 100 = 790 litres.

A cause des débordements, on peut compter sur 5 p. 100 en plus ; soit 830 litres par quintal d'orge.

Chimie de la trempe. — La trempe doit fournir au grain d'orge l'eau dont il a besoin pour que, sous l'influence de l'air et de la chaleur, il puisse germer.

La trempe apporte aussi de l'air. De plus elle lave l'orge et en élimine par dissolution certains principes.

Ce dernier point est de toute évidence, il suffit de regarder l'eau de trempe, jaunie et amère pour se rendre compte de ce fait.

Le chiffre indiqué par les différents auteurs est d'ailleurs assez variable. Il oscille de 0,57 (Mulder) à 1,5 (Moritz et Morris), dans lesquels il y a 0,2 à 0.45 de matières organiques (dextrines, gommes, acide lactique, alcool, etc.).

Il varie, avec la nature de l'orge et la grosseur des grains, avec la durée du mouillage et avec la qualité de l'eau[1]. Ce dernier point a souvent été exagéré.

L'eau douce qui tend à dissoudre le phosphate de potasse peut, en vérité, enlever plus de matière que les eaux dures qui transforment les phosphates solubles en phosphates insolubles.

Mais on a objecté à cette manière de voir que les phosphates secondaires

[1] Lermer, dans une analyse des cendres de l'eau de trempage, a trouvé :

Potasse	52,11
Soude	2,46
Chlorure de sodium	12,04
Magnésie	4,02
Chaux	2
Alumine	0,04
Oxyde de fer	0,08
Oxyde de cuivre	Trace.
Manganèse	Trace.
Acide phosphorique	11,15
Acide silicique	2,62
Acide sulfurique	4,12
Acide carbonique	9,21
	99,85

IRIS - LILLIAD - Université Lille

solubles[1] de l'orge ne doivent se précipiter par les sels de chaux qu'après neutralisation de l'acidité. Cette neutralisation peut être obtenue par les carbonates ou les bicarbonates de l'eau, d'où il résulte que la transformation des phosphates secondaires en phosphates insolubles, pourra être plus ou moins complète, suivant la présence plus ou moins forte des carbonates.

Toujours est-il que les eaux dures devront précipiter plus de phosphates que les autres, mais qu'il pourra se faire que l'effet soit très minime.

Voici des expériences de Bleich sur la trempe :

TREMPE DE 130 HEURES à 10°

	Orge farineuse.		Orge vitreuse.	
Eau distillée	0,72 p. 100	de mat. sèche	0,92 p. 100	
Eau à 275 mgr. de résidu sec dont 125 de chaux	0,66	—	0,92	—
Eau à 425 mgr. de résidu sec dont 200 de chaux	0,61	—	0,75	—

Ce qui prouve que l'eau dure enlève moins que l'eau douce et que l'orge vitreuse perd plus que l'autre.

Enfin que la prolongation de la trempe n'augmente pas sensiblement la perte.

Au point de vue azote, il semble que les eaux douces peuvent extraire plus ou moins que les eaux dures ; cela tient à ce fait que certaines matières albuminoïdes sont plus solubles dans l'eau pure que dans l'eau calcaire, tandis que d'autres, telle que la mucédine, sont plus solubles dans les eaux sulfatées[2].

Dans le premier trempage l'eau douce a ordinairement la prépondérance, parce que les acides organiques tendent à former des sels de chaux insolubles dans l'eau.

Il faut d'ailleurs remarquer que l'eau aérée enlève plus de matières à l'orge et surtout plus de matières albuminoïdes que l'eau non aérée.

Il ne faut pas oublier le rôle de la grosseur des grains dans l'extraction, car les gros grains ont relativement moins de surface.

[1] Relativement à tous les dosages d'acide phosphorique, il y a lieu de tenir compte des observations du Biourge :

1° En présence du méthylorange, la présence de l'acétate de soude et non des deux constituants isolés est un obstacle au virage franc.

De même le lactate de soude.

Donc la neutralité au méthylorange n'est pas une preuve d'acidité libre.

2° En ce qui concerne l'acide phosphorique, il est vrai que la neutralité devant le méthylorange n'indique qu'une atomicité.

Que la deuxième atomicité peut s'établir par la neutralité à la phtaléine (ou par le tournesol à chaud, etc.),

Que la troisième atomicité ne se titre que par la soude en présence d'un excès de chlorure de baryum (tournesol, phtaléine, etc.).

3° Le mélange d'un phosphate et d'un acide organique ne peut être dosable exactement.

[2] On recommande souvent de tremper les orges riches en azote avec une eau moyennement dure.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Pendant la trempe il y a encore une autre déperdition, c'est celle de l'acide carbonique de la respiration.

Bleish et Will ont constaté que le dégagement est d'autant plus grand que la trempe est poussée plus à fond et qu'il devient très actif à la fin.

La respiration est activée par l'aération, mais la différence est faible surtout pour les grains immergés.

Respiration de l'orge. — Kolkwitz dans une série d'expériences où il a absorbé CO^2 par la baryte, parce que l'orge retient toujours du gaz, est arrivé aux résultats suivants :

1° Plus le grain est humide, plus il se dégage de gaz carbonique en vingt-quatre heures;

Ainsi à	10-13	p. 100	d'eau.	1 kgr.	dégage	0,4 milligrammes
—	14-15	—	—	—	—	1,4 —
—	15	—	sans mouillage artificiel	—	—	1,5 —
—	—	—	avec — —	—	—	13,0 —

2° Lorsque la température augmente, la dose de CO^2 qui se dégage augmente beaucoup ;

Ainsi une orge à	14-15	p. 100,	dégage	1,4 milligrammes à	17°
—	—	—	7	—	30°
—	—	—	20	—	40°

3° L'air plus oxygéné donne plus de CO^2 ;

4° L'orge concassée respire un peu plus vivement à cause de la plus grande surface de contact ;

En mouillant le dégagement est encore plus fort ;

5° Si on coupe 1 grain en deux, la partie qui contient l'embryon respire plus fort que l'autre ;

6° L'orge en farine respire moins bien que l'orge concassée parce que beaucoup de cellules sont détruites ;

7° Des grains lavés par de l'alcool 96°, puis par du sublimé à 2 p. 100, dégagent encore beaucoup de CO^2 ;

Il convient de citer encore les résultats suivants publiés par Bleisch.

La quantité d'acide carbonique accumulée dans le tas au trempoir, varie avec la profondeur; ainsi, dans un essai, l'air puisé à 15 centimètres contenait 2,6 p. 100 de gaz carbonique tandis que celui provenant de 115 centimètres en contenait 7,4.

Cette quantité croît d'ailleurs avec le temps et peut devenir énorme (12 p. 100); mais une injection d'air la chasse en dix minutes. La dose d'acide carbonique n'a pas grande influence [1] sur le malt à obtenir, s'il n'agit que quelques heures. Mais prolongé, le contact ralentit le pouvoir germinatif et inégalement par suite des doses différentes aux différentes hauteurs. Le rôle de

[1] Nous verrons à l'étude du maltage en cases que l'acide carbonique atteint à certains moments 10 p. 100 sans nuire à la qualité de malt.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

l'aération est autant de mêler les couches que de chasser l'acide. Il faut éviter les chemins d'élection choisis par l'air.

Enfin, il faut remarquer qu'au trempoir l'acide s'accumule sous les faux fonds et qu'il est pour ainsi dire impossible de le chasser.

D'ailleurs il ne faut pas oublier que toute cellule privée d'air dégage cependant de l'acide carbonique par une sorte de fermentation et cela peut expliquer la petite différence des chiffres d'acide carbonique trouvés à l'air et sans air.

Il faut remarquer, qu'à l'abri de l'air, le dégagement de CO^2 produit une perte de poids plus grande qu'à l'air, puisque le charbon et l'oxygène sont pris au grain dans le premier cas et que dans le deuxième il n'y a que le charbon. Une conséquence de cette fermentation est l'établissement d'odeurs éthérées (éther malique, etc.)

Malgré l'extraction de matière et la perte à la respiration le poids de l'orge augmente de 45 à 58 p. 100. Mais il faut rester au-dessous de 50 dans la pratique. Cela constitue une humidité de 42-43 p. 100. Cette eau est fixée dès la cinquantième heure, au delà le poids n'augmente plus que de 2-3 p. 100 et la prolongation a pour but d'amener une juste répartition et une plus grande production de diastases.

D'après des études micrographiques de Holzner, l'eau pénétrerait surtout par la fente. Cependant la base et la pointe deviennent rapidement humides. Ce qui est remarquable, c'est que, même à la fin du trempage, le côté de l'embryon a fixé plus d'eau que l'autre. Un trempage prolongé retarde le moment du piquage; une aération avance au contraire ce moment de sorte qu'une trempe aérée peut amener le piquage au trempoir[1].

C'est cette propriété qui permet ensuite de ralentir la germination par le froid et d'éviter le dégagement trop fort de chaleur des orges trop trempées lequel amène une grande combustion d'amidon et une transformation trop profonde des corps azotés.

Modifications chimiques amenées par la trempe. — A mesure que la trempe avance, les diastases se produisent surtout dans le voisinage du scutellum et de l'embryon.

Bleisch et Will qui n'ont pas trouvé d'enzyme protéolytique dans l'orge crue et qui y ont trouvé peu d'enzyme liquéfiant mais beaucoup d'enzyme saccharifiant, ont constaté que pendant la trempe ces deux derniers se reforment et contrebalancent bientôt la perte due à la diffusibilité dans l'eau.

Évans a indiqué une série de résultats concordant avec les précédents, mais plus complexes, en ce sens que certains envisagent l'ensemble du maltage.

[1] La trempe aérée par alternative de mouillage et de décantation amène le piquage précoce de l'orge, pour une autre raison : les tas laissés sans eau s'échauffent plus que sous l'eau; il y a même des précautions à prendre pour qu'ensuite la germination n'aille pas trop vite. Pour Windish, la meilleure précaution est l'arrosage des tas à l'eau froide et non les mouillages alternatifs.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ce travail complète les précédentes recherches de l'auteur sur la transformation des constituants de l'orge pendant l'opération du maltage. Il est nécessaire de résumer brièvement les résultats qu'il a déjà obtenus, afin de saisir les relations qui existent entre les diverses transformations étudiées.

1° Dans une opération normale, le pouvoir diastasique du grain augmente rapidement dès le début, subit ensuite sans cause apparente une diminution sensible, puis augmente de nouveau jusque vers le dixième jour, où il atteint une valeur un peu plus faible que celle du premier maximum ; il diminue ensuite, naturellement, pendant le touraillage ;

2° Avec une eau de trempage alcaline, on a un malt plus coloré, mais moins diastasique, et donnant moins d'extrait que si on emploie l'eau ordinaire. On n'a aucun changement avec de l'eau acidulée (par l'acide lactique) ;

3° L'extrait augmente rapidement depuis le début du trempage jusqu'au quatrième jour, où le maximum est presque atteint ; il reste ensuite sensiblement constant jusqu'à la fin.

4° Enfin, si l'aération est insuffisante, le pouvoir diastasique reste faible, l'extrait restant également un peu inférieur à sa valeur normale (comme quantité, sans rien préjuger de la qualité).

Il y a déficit d'acide phosphorique, passé dans l'eau de trempe. Au point de vue de la chaux, d'une part, il y a fixation à l'état de phosphate tricalcique et d'autre part, élimination de phosphate-acide résultant de l'action des acides organiques sur le précédent.

Au point de vue des matières azotées, on sait peu de choses. Pendant le trempage, il y a dissolution d'une petite quantité de matières azotées : perte de 0,043 p. 100, celle de la matière organique étant de 0,277 p. 100.

En ce qui concerne les matières hydrocarbonées, il se forme des dextrines dont une fraction a, peut-être, comme origine les acides et non la diastase. On trouve de la saccharose et des acides organiques.

A ce sujet il y a deux opinions.

La première est que l'orge trempée contient plus d'acides organiques qu'il en faut pour réagir sur le phosphate tricalcique. La deuxième admet le contraire. De sorte que pour les uns il y a dans l'orge trempée des acides organiques à l'état libre et à l'état de sels organiques, plus du phosphate acide de chaux.

Pour les autres il n'y a que des sels organiques de chaux, du phosphate acide et du phosphate tricalcique de chaux et ils appuient leur manière de voir sur ce fait que d'après eux l'acidité totale est égale à celle du phosphate acide. Mais le fait, qui est réel dans les liquides étudiés, lesquels sont obtenus par des extractions prolongées, n'est peut-être pas aussi vrai dans le grain d'orge lui-même, les réactions pouvant s'achever pendant l'extraction. A l'appui de la première opinion, on signale qu'il y a des acides libres dans l'eau de trempe, mais ils peuvent provenir de microbes.

Et à l'appui de la deuxième, on rappelle qu'il y a du phosphate acide de chaux dans l'eau de trempe, mais celui-ci ne peut-il pas être formé après coup,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

précisément sous l'influence des acides libres? Pour le moment, on ne saurait départager les deux opinions contraires.

Exemples de l'effet de la trempe (Lindet).

ANALYSE DES ORGES EN P. 100 DE MATIÈRE SÈCHE

MATIÈRES DOSÉES	ORGE CHEVALIER Race française.	ORGE CHEVALIER de Hongrie.	ESCOURGEON	ORGE D'ALGÉRIE
Matières saccharifiables et fermentescibles	73,18	74,42	71,58	70,63
Matières azotées	11,62	11,40	11,46	11,84
— cellulosiques	10,42	9,70	11,70	13,18
— grasses	1,97	1,62	2,08	1,62
— minérales	2,81	2,86	3,18	2,73
Total	100 »	100 »	100 »	100 »
Poids des orges à l'hectolitre	64,200 kg.	72,200 kg.	62,400 kg.	64,600 kg.
Eau	14,70	12,93	14,78	11,98

Les orges, après trempage, avaient subi les modifications suivantes :

	CHEVALIER FRANÇAISE	CHEVALIER HONGRIE	ESCOURGEON	AFRIQUE
	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Augmentation du volume de l'orge	45,4	49,4	44,6	48,5
Augmentation du poids de l'orge	53,6	54,6	53,4	48,6
Matières enlevées par l'eau de trempage, pour 100 des grains	0,54	0,71	0,78	0,70
Matières azotées enlevées, pour 100 des grains	0,11	0,08	0,12	0,08

Conclusions. — Dans la trempe 100 kilogrammes d'orge, représentant 145-140 litres, deviennent 130-160 kilogrammes d'orge trempée ; ordinairement 150-155 kilogrammes occupant le volume de 250 litres environ.

Donc un hectolitre donne 98 kilogrammes ou 147 litres d'orge trempée.

La perte à la trempe est d'environ 2 p. 100 du poids de l'orge.

TRAVAIL AU GERMOIR

Transport des grains trempés. — Les grains une fois trempés sont conduits au germoir par chute directe. Dans quelques cas parti-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

culiers, on emploie (fig. 26) des brouettes à roues caoutchoutées [1].

Germination, maltage sur aire. — Le maltage sur aire, qui se distingue du maltage pneumatique dont nous nous occuperons plus loin, a lieu sur le sol même du germoir où le grain est étalé en couches de hauteur variable et que l'on retourne de temps en temps.

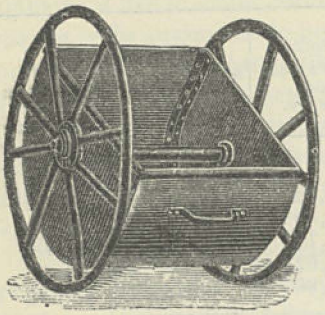


Fig. 26. — Charrette à malt.

Il y a deux systèmes de germination : à *sueur chaude* et à *sueur froide*, suivant qu'on laisse la sueur se condenser moins ou plus abondamment et par suite, la température s'élever plus ou moins dans l'intérieur des couches. La sueur provient de la respiration, la vapeur ainsi produite au centre des couches tend à distiller vers les surfaces refroidies, seulement à la surface extérieure il y a évaporation, de sorte que l'eau se condense sur la couche sous-jacente. La germination à sueur chaude n'est plus employée aujourd'hui en brasserie et même la fabrication du malt de Munich, menée à température relativement élevée, se rapporte plutôt à la germination par sueur froide.

La sueur peut être réabsorbée et devient un véritable régulateur de l'humidité.

Cependant il y a une légère évaporation (2 à 3 p. 100 suivant la température).

S'il est vrai que la sueur contribue à maintenir humide les couches, il doit y avoir diminution rapide de la teneur en eau dans les couches dont la sueur tarde à se produire par suite d'une trempe insuffisante. Luff a indiqué un exemple où il y avait eu 5 p. 100 d'évaporation d'eau.

Il conseille dans un pareil cas d'entretenir l'humidité par des arrosages, mais il recommande surtout de régler la trempe d'après la température du germoir. Les couches très épaisses ayant moins de surface en évaporation ont une légère fixation d'eau. La différence entre la teneur d'une couche de 60 centimètres et d'une couche de 25 est de 0,3 p. 100 environ.

Nous donnerons d'abord le mode de germination le plus usuel et nous décrirons ensuite les procédés plus particuliers employés dans les principaux pays de production.

Maltage usuel, à sueur froide. — Le grain, en sortant de la cuve mouilloire, est étalé en une couche bien égalisée de 20, 30 ou 40 centimètres de hauteur. Le tas ne doit pas toucher les murailles, parce que la vapeur d'eau condensée, surtout au début, retombant sur les grains, pourrait leur donner un mauvais goût et provoquer des moisissures.

[1] Pour la même raison les ouvriers sont munis de chaussures à semelles caoutchoutées.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La hauteur de la couche est réglée :

1° D'après la température. Par les temps froids, on donne la plus grande épaisseur ; par les temps chauds, on fait la couche plus basse.

Souvent, quand le temps est très froid, on couvre la couche avec des sacs ou des toiles.

2° D'après le degré de mouillage. Avec une orge peu trempée, et pour que le ressuyage se fasse mieux, on tient le tas plus haut ; avec une orge fortement trempée, on donne moins d'épaisseur pour que le grain se sèche un peu.

En tout cas, on donne rarement une hauteur supérieure à 0,40 m. et inférieure à 0,20 m.

Le ressuyage ne tarde pas à se faire. Le grain se sèche extérieurement. La température augmente dans le sein de la couche et sous l'influence de cette élévation de température, les grains du dessus, par transpiration et condensation, se couvrent de nouveau d'humidité. On dit que le grain sue.

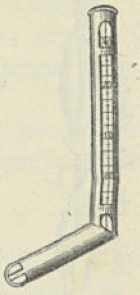


Fig. 27. — Thermomètre pour couches.

Les ouvriers malteurs ont l'habitude de déposer leur pelle en bois à plat sur la couche. Quand la surface de la pelle, en contact avec l'orge, se couvre d'humidité, ils jugent qu'il est temps de retourner la couche. Dans la germination à sueur chaude, on attendrait encore quelque temps, jusqu'à ce que la sueur donne à la main une sensation chaude et même qu'elle soit en partie évaporée. C'est là l'origine des deux expressions.

Au lieu de ce procédé empirique, on place aujourd'hui, en différents points de la couche, des thermomètres (fig. 27) et on se règle sur la température qui, au début, ne doit pas dépasser 13 à 14°.

On retourne, pour que les grains du fond viennent à leur tour au-dessus et réciproquement.

Si la sueur, cependant, ne se produit pas, il faut attendre plus longtemps avant de retourner et même arroser ; c'est que le mouillage a été insuffisant.

Au bout de trente à quarante heures, le grain *pique* (fig. 28), à l'extrémité inférieure, apparaît un point blanc ; c'est la radicule qui perce l'enveloppe et sort du grain. Comme le piquage commence dans l'intérieur de la couche, on retourne, pour qu'il se fasse uniformément dans tout le tas.

Quelques heures après, l'orge *fourche*. La radicule se sépare en deux pour laisser passer les radicelles. C'est le moment où la germination montre le plus d'intensité, où la sueur se produit plus forte, plus rapide, où la température s'élève davantage. Si on plonge la main dans la couche, on éprouve une sensation chaude et humide.

Les grains du milieu sont couverts d'eau ; le sol du germoir est mouillé. La plante est en pleine vie, la respiration est active et l'air du germoir deviendrait irrespirable, s'il n'était pas aéré et ventilé. A ce moment, on retourne plus souvent et on commence à diminuer l'épaisseur de la couche.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il faut modérer la température, qui ne doit pas s'élever à plus de 16° à 18°, 20° au maximum.

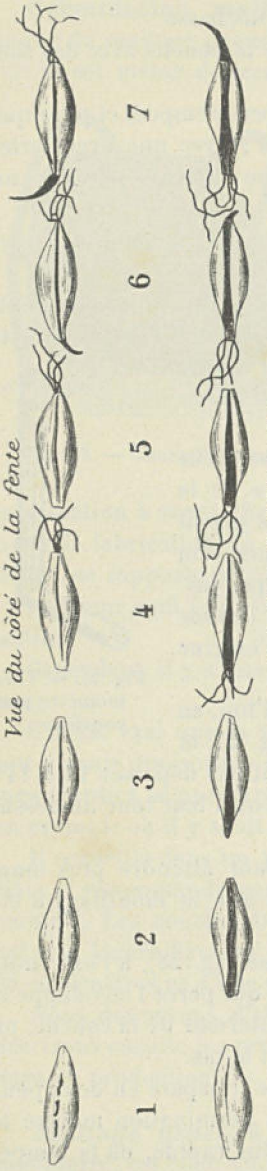


Fig. 28. — Progression de la germination régulière.
1, grain naturel. — 2, grain trempé. — 3, 2e jour de germination. — 4, 4e jour. — 5, 8e à 9e jours, bon développement. 6, grain trop germé. — 7, hussard.

On poursuit ainsi jusqu'à la fin de l'opération. Pendant ce temps-là, les radicelles se développent, au nombre de 3, 4 ou 5 ; la plumule pousse le long du grain et on arrête la germination lorsque celle-ci a atteint les 2/3 ou les 3/4 de la longueur du grain.

Température. — Il faut pour la germination une température douce et c'est au printemps que l'orge germe le mieux. Le malt de mars a autant de réputation que la bière du même mois.

En hiver, par les gros froids et surtout si le germoir n'est pas en sous-sol et ne garde pas sa température, le grain sèche et germe imparfaitement. Il en est de même en été, où il y a à craindre de plus, une trop grande élévation de température. La germination est impossible en été.

D'après Haberlandt, les limites de températures de germination sont 5° et 37°, et il résulte de ses expériences que :

A 16°, 100 p. 100 des grains ont germé en soixante-douze heures ;

A 25°, 92 p. 100 ont germé en quatre-vingt-douze heures ;

A 31°, 24 p. 100 seulement ont germé au bout de cent quaraute-quatre heures ;

A 37°, aucun grain n'a plus germé.

C'est donc aux environs de 16° que la germination s'accomplit dans les meilleures conditions. On ne doit pas, dans la pratique, dépasser la température de 16 à 18°, sauf le cas, comme nous le verrons, de préparation du malt de Munich. La germination va un peu plus lentement, mais le grain est mieux désagrégé et le malt donne plus de rendement. Quant à la température du germoir, elle doit être maintenue, autant que possible, à 10° ou 12°.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

Windish est partisan d'une germination froide : un malt germé chaud contient plus de sucre (malt touraillé coloré).

A température élevée, surtout pour les orges lourdes, la désagrégation est irrégulière ; les albumines utiles deviennent des amides, les matières coagulables deviennent incoagulables ; il y a trop de diastases (amylase et peptase) que l'on tend en brasserie à réduire.

A germination froide, le rendement du malt est plus élevé, parce que le début ne voit pas la surchauffe des couches ou évite les moisissures.

La trempe aérée est un moyen de gagner du temps pour permettre de germer plus froid et plus longtemps.

On gagne deux jours sur le moment du piquage. Nous avons vu que Windisch propose non de noyer l'orge, mais de l'arroser à la croix écossaise.

La trempe aérée ne gorge pas l'orge d'eau de sorte que durant les premiers jours le développement est plus lent, et que l'on n'a plus besoin d'aérer.

Cette méthode d'après Lang n'est bonne qu'avec de bonnes orges. Cet auteur recommande pour les orges très riches en azote, de les tremper à fond et de tenir les couches plus chaudes.

D'ailleurs il conseille de ne pas les laisser faner en cave, de les envoyer directement sur le plateau supérieur de la touraille et de maintenir la température finale cinq ou six heures.

Pelletages. — Le pelletage ou retournement de la couche a pour but d'aérer le grain, de modérer la température et d'égaliser la germination. On se sert de pelles en bois (fig. 29) et il se fait en deux ou trois coups de pelles. Nous verrons plus loin que l'effet du pelletage est très faible au point de vue de l'aération parce que le gaz chaud s'élève de lui-même et est remplacé par l'air froid, d'ailleurs l'accumulation de CO^2 est peu de chose.

En deux coups de pelles, l'ouvrier coupe d'abord la couche à la moitié de sa hauteur et par un rapide renversement de la pelle, étale la tranche à ses pieds. Il enlève ensuite ce qui reste à terre et le dépose, en le retournant, sur la première tranche.

En trois coups de pelles, l'ouvrier enlève la surface de la couche, qu'il dépose à ses pieds; d'un second coup de pelle, il prend une tranche au milieu qu'il éparpille un peu plus loin ; au troisième coup, il ramasse ce qui reste sur le sol et l'étend sur la première tranche retournée à ses pieds. Il résulte de cette manœuvre, que chaque tranche de la couche vient successivement à la surface, au milieu et dans le fond.

Il faut éviter de frapper les murs avec les grains ou d'en laisser sur le sol mis à nu, car brisés ou écrasés, ils deviennent des foyers d'infection.

Avant de commencer, l'ouvrier relève les bords tout autour de la couche, en éparpillant les grains sur la surface de celle-ci ; quand la retourne est terminée, il relève les bords en talus d'éboulement.

Le pelletage doit être fait avec beaucoup d'habileté, de façon à aérer l'orge le plus possible, sans la sécher et à bien mettre chaque grain à sa place. Une couche mal retournée germe irrégulièrement.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le tas doit être aussi uni que possible sans bosses ni creux ; l'orge s'échaufferait davantage dans les parties plus profondes. Cependant, dans certains germoirs, soit sous l'influence du sous-sol, soit sous celle des ouvertures, les couches ne s'échauffent pas également et certains points doivent être tenus plus élevés ou plus bas. C'est une observation à faire et un bon malteur doit connaître son germoir.

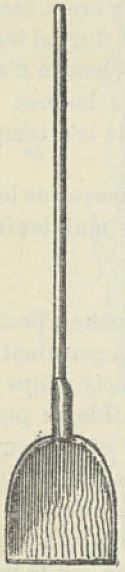


Fig. 29, *a*. — Pelle à malt, manche ordinaire.

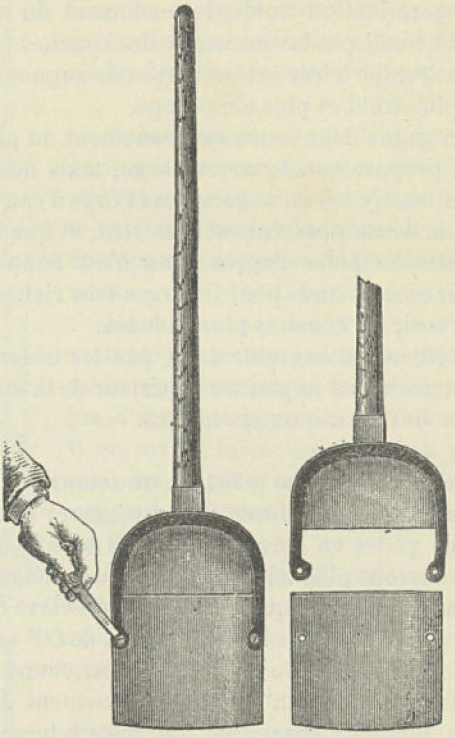


Fig. 29, *b*. — Pelles à malt.

Le nombre des pelletages est réglé par la température. Quand, pour des raisons particulières, le malt est très feutré, on évite de recouper les couches.

Au début, on retourne la couche matin et soir et en deux coups de pelle, si la température au germoir ne dépasse pas 12°.

Si la température est plus élevée, on retourne plus souvent, toutes les huit à dix heures.

Si le grain est trop trempé, on retourne également plus souvent. Si la sueur ne se fait pas, si le grain est peu mouillé, on retarde les pelletages.

Au milieu de la germination, quand l'orge fourche, on retourne en trois coups de pelle et toutes les cinq à six heures.

A la fin, quand les radicelles sont déjà développées, on ne retourne plus que toutes les douze heures.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Tout à fait à la fin, quand la germination est presque achevée, le pelletage se fait à la volée, en éparpillant le grain ; on *fane*[1] l'orge et on lui enlève l'excès d'humidité qu'elle pourrait avoir conservée et qui serait nuisible dans le travail du touraillage. La couche n'a plus que 8 à 12 centimètres de hauteur.

Des pelletages trop éloignés ont pour effet, nous l'avons vu, de provoquer un trop grand échauffement des couches, surtout au début. L'*orge doit germer sur la pelle*, disent les ouvriers malteurs.

Mais des pelletages trop fréquents ont l'inconvénient de sécher la couche et d'arrêter le développement de la plumule. Il n'y a pas de germination sans humidité, et l'orge doit en conserver jusqu'à la fin. Il faut donc que les pelletages soient faits en temps voulu et qu'ils soient exécutés de façon à ne pas trop sécher le grain, tout en l'aérant d'une manière convenable.

Quand un tas a besoin d'être rehaussé on prend avec la pelle les parties périphériques et on les rejette sur le centre du tas.

Feutrage. — Quand la couche n'est pas retournée à temps, les radicelles s'enchevêtrent, se prennent les unes aux autres et la couche se feutre. Les grains se mettent en mottes. Dans l'intérieur de ces mottes, l'échauffement se produit ; les radicelles poussent d'une façon exagérée, deviennent velues ; la plumule se développe rapidement et sort du grain. Il faut se hâter de rompre les mottes par un pelletage énergique.

En général, on pense qu'on doit éviter cet accident qui passe pour causer une plus grande gazéification et un développement inégal des racines. Seulement dans la préparation du malt de Munich, on laisse se produire un commencement de feutrage vers la fin de la germination.

Cependant quelques auteurs n'attachent aucune importance au feutrage se fiant à ce qui se passe dans le maltage pneumatique, tandis que d'autres imaginent que le feutrage aide à la désagrégation.

Luff a dans ces derniers temps indiqué les conclusions suivantes provenant de l'étude de 3 orges.

1° La prise des couches favorise le développement de fortes radicelles en diminuant la gazéification, de telle sorte que la perte au maltage ne se trouve nullement augmentée ;

2° Les matières azotées ne semblent pas modifiées autrement, ni qualitativement, ni quantitativement, dans lescou ches qui ne font prise que dans les couches non feutrées ;

3° Il y a un enrichissement en saccharose dans les couches qu'on laisse prendre ;

4° Le feutrage diminue le poids de l'hectolitre ;

5° Il favorise la désagrégation, particulièrement chez les orges lourdes, dont la matière azotée a une tendance à devenir vitreuse ;

6° Chez les orges lourdes et difficiles à malter, le rendement en extrait

[1] Nous avons vu plus haut que Lang conseille de ne pas faner les orges riches en azote.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

est augmentée par le feutrage des couches, dans le cas de la mouture grossière.

Séchage des couches. — Il y a différentes causes de séchage des couches. En premier lieu, il faut citer le pavage poreux du germoir; en deuxième lieu le manque d'aération à la trempe qui ralentit ou empêche le départ de la germination et prolonge l'opération sans la sueur régulatrice. La dureté de l'eau ou sa basse température peuvent être des causes ayant gêné à la trempe une absorption d'eau normale. La compacité des grains et les retournages trop fréquents produisent également le séchage des grains.

Enfin une autre cause est la sécheresse de l'atmosphère du germoir, d'où l'usage de mouiller les emplacements du sol sur lesquels on transporte les couches après leur retournement. Mais la méthode la plus fréquente est celle des arrosages.

Arrosages. — Lorsque dans le cours de la germination on s'aperçoit que celle-ci se ralentit, s'arrête même, faute d'humidité, en pratique un ou plusieurs arrosages de la couche.

Ces arrosages se font au moyen d'un tuyau en caoutchouc terminé par une pomme d'arrosoir qui envoie l'eau aussi divisée que possible et qu'on répartit très uniformément sur la surface de la couche.

Il est préférable de les éviter et il ne faut y recourir que dans le cas de nécessité absolue, mais il faut mieux arroser qu'avoir un grain à moitié germé.

Ils ont l'inconvénient de ne pas humecter également tous les grains et de donner une germination irrégulière. Aussi doit-on toujours faire suivre l'arrosage d'un pelletage énergique qui répartit l'humidité.

1 litre et demi à 2 litres d'eau par 100 kilogrammes de malt doivent suffire, à moins que l'orge ne soit très sèche ou trop peu trempée, ou qu'on ait affaire à une orge dure.

L'eau ne doit être ni trop froide, elle paralyserait la germination; ni trop chaude, elle l'activerait outre mesure. Elle doit avoir 10 à 12°.

Après l'arrosage il faut surveiller la température de la couche, qui s'élève parfois subitement et en ce cas, retourner aussitôt.

Les arrosages ne doivent pas se faire avant le 5e ou 6e jour, ni plus tard que le 7e jour. Trop tôt: le 1er jour, on donne une marche trop rapide à la germination, les 2e et 3e jours il est rare que l'eau manque: c'est le 4e jour qu'elle fait défaut; trop tard, le malt arrive trop humide sur la touraille. Les arrosages intempestifs, aussi, provoquent l'éclosion des moisissures.

Les grains en germination absorbent l'eau par les radicelles.

On arrose généralement les orges jeunes, fraîchement récoltées, et les orges dures, qui se mouillent toujours plus difficilement.

Il peut arriver un accident contraire de celui du séchage; la couche a une température très basse, malgré qu'il y ait sueur. C'est le cas d'un trempage trop profond qu'on doit combattre par des pelletages.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Durée de la germination. — La germination dure de huit à douze jours, suivant la température. Elle peut être prolongée par une germination très froide, mais, dans aucun cas, elle ne doit être abaissée au-dessous de huit jours. Le pouvoir diastatique augmente avec la durée et plus le maltage est prolongé, plus la désagrégation du grain se fait complète. Nous reviendrons sur cette question.

Pour que le grain soit entièrement désagrégé, il faut que la plumule atteigne l'extrémité du grain et même sorte un peu. Comme dans le maltage, on arrête la germination quand la plumule atteint les 2/3 ou les 3/4 du grain et qu'on ne peut laisser la plumule sortir et former ce qu'on appelle, en terme du métier les *hussards*, il en résulte que la pointe des grains n'est pas désagrégée complètement et, qu'en général, ces pointes se saccharifient peu ou mal.

En outre, cette désagrégation rencontre quelquefois des résistances, suivant les modes de travail, suivant les orges employées, leur origine, leur culture, les conditions de sol ou de climat.

On peut donc avoir des malts plus ou moins bien désagrégés, se saccharifiant mal et donnant moins de rendement.

On comprend, dès lors, l'importance du phénomène sur la fabrication[1].

On peut suivre la marche de la désagrégation en mettant sur une coupe de malt en germination de la teinture de gaïac et de l'eau oxygénée qui colore en bleu la diastase. Le moyen pratique, c'est de sortir l'amande et de la rouler entre le pouce et l'index. Le grain, qui a perdu sa solidité, se laisse rouler sous les doigts et on a l'impression de la farine d'amidon. Quand la désagrégation est imcomplète on sent rouler des granules durs.

La saccharification de l'amidon suit une marche parallèle, mais va beaucoup moins vite. Même après neuf jours de germination, on trouve peu de sucre et il est en grande partie confiné près du scutellum. La production du sucre, dans une germination lente, semble proportionnée aux besoins de l'embryon.

Remarques sur la conduite de la germination. — 1° Dans l'orge en germination comme dans toute autre plante, les matériaux qui constituent les cellules nouvelles des radicelles et de la plumule sont empruntés au grain, et en particulier aux hydrates de carbone devenus solubles, aux matières azotées, aux phosphates et autres substances minérales; il se forme en même temps de l'acide carbonique avec dégagement de chaleur. Il semble que la plumule se nourrisse surtout aux dépens du corps farineux et les radicelles aux dépens du gluten. Cette circonstance permet de régler le travail. Dans les orges de qualité supérieure, c'est surtout la plumule qu'il faut observer, et, dans les orges de qualité inférieure, ce sont les radicelles; — 2° On sait que, si la ger-

[1] Depuis la rédaction de cet ouvrage, Wimmer et Luff ont publié un travail sur la désagrégation du malt; voici leurs conclusions. La pointe et le sillon sont les régions les plus difficiles à désagréger. Dans un même lot, ce sont les grains à longue plumule qui sont le mieux désagrégés. Le feutrage des couches complète la désagrégation.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

mination est conduite à température élevée, ou avec une forte aération, elle est beaucoup plus rapide, les radicelles se développant fortement, tandis que la plumule, bien que longue, reste mince, filiforme, et laisse le grain mal désagrégé; au contraire, si on germe à froid, on a des radicelles courtes, mais une plumule bien développée et une désagrégation plus lente, et plus parfaite du grain, avec une bien moins grande perte de matière première. Dans ces conditions, c'est bien moins l'amidon que l'amylocellulose qui enveloppe les grains d'amidon qui sert à la nutrition de la plumule.

L'influence de la lumière est également importante à considérer. A l'obscurité, les radicelles sont longues et fortes, la plumule se développe lentement et normalement; à la lumière, les radicelles sont courtes et frisées, la plumule croît rapidement et imparfaitement. Ces considérations conduisent à la conclusion qu'il faut germer aussi froid que possible, et à l'obscurité ou, tout au moins, à une lumière diffuse faible.

Maltage forcé. — Ce qu'on appelle le travail forcé se constate surtout sur les couches. Il y a d'après Jalowetz trois sortes de forçage soit sur les radicelles, soit sur les plumules, soit sur les deux organes en même temps.

Le forçage des radicelles provient d'une trempe trop prolongée qui peut amener des températures de 21-22° et même de 23°, après cent vingt-quatre heures, alors qu'on a arrosé plusieurs fois.

Les radicelles ont alors 1,75 de longueur de grain, elles sont peu frisées et nombreuses; la plumule est courte et pour l'allonger on laisse la couche faire prise deux ou trois fois.

Dans le forçage de la plumule, le grain fortement trempé est en couches qu'on ne recoupe pas, elles sont seulement retournées à fond et fortement arrosées. La plumule se développe et atteint au 4e jour les $\frac{4}{5}$ de longueur du grain. On l'active encore et on régularise en laissant les couches faire prise, les radicelles sont à peu près normales.

Caractère d'un bon malt. — ***Signes extérieurs.*** — PLUMULE, — La plumule doit atteindre les 2/3 ou les 3/4 de la longueur du grain. Au-dessous, l'orge est imparfaitement germée. Elle ne doit pas sortir du grain (hussards). C'est une preuve que le grain a été trop trempé ou que la germination a été conduite à une température trop haute. Les hussards se développent aux dépens de la substance du grain et la perte est augmentée. Sur la touraille, ils brunissent et prennent un goût amer qui se communique à la bière.

RADICELLES. — Les radicelles doivent être courtes (une fois un quart à une fois et demie la longueur du grain), et frisées.

Lorsqu'elles s'allongent droites, qu'elles *filent*, c'est l'indice d'une germination trop rapide.

Quand elles verdissent du bout, c'est un signe que la couche n'est pas assez aérée; quand elles jaunissent et se fanent, c'est que la couche manque d'humidité.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Plus on retourne les couches, plus la germination est froide, moins les radicelles se développent.

Odeur. — La couche doit répandre une odeur douce agréable qui rappelle celle du *concombre;* une odeur forte, piquante, une odeur de *pommes*, dénote une germination qui souffre, une mauvaise aération, un dégagement trop abondant d'acide carbonique, une couche mal retournée.

Désagrégation. — L'amande doit être blanche et friable. Si on la sort du grain et qu'on l'écrase entre le pouce et l'index, elle se pulvérise comme si on pressait une boulette d'amidon légèrement humide. Si on sent des parties dures sous les doigts, la désagrégation est imparfaite.

Si elle est molle, pâteuse, se met en boule, se pelotonne, l'orge a conservé trop d'humidité. Il faut aérer la couche fortement avant de la porter sur la touraille.

Moisissures. — Les moisissures se développent sur les grains avariés, cassés, ou morts et dans les germoirs mal ventilés. Elles sont toujours accompagnées de bactéries et le malt ne peut donner qu'une bière peu agréable et très instable.

On les combat en blanchissant souvent les murs à la chaux, en lavant le sol au bisulfite. Les ouvriers qui retournent les couches ne doivent porter que des chaussons à larges semelles ou des chaussures en caoutchouc, pour écraser moins de grains.

On les évite encore en employant les antiseptiques au mouillage.

Maltages spéciaux. — **Maltage bavarois.** — *Malt coloré*. — L'orge est fortement trempée (90 à 110 heures), puis mise en couches de 30 centimètres, hauteur que l'on maintient jusqu'au *piquage*, en retournant matin et soir, et en ne laissant pas la température monter à plus de 15°. Quand l'orge *fourche*, on laisse se produire une forte sueur et la température s'élever à 17°. On retourne toutes les douze heures, en diminuant légèrement la couche. Du cinquième au sixième jour, quand les radicelles sont déjà développées, on laisse la couche reposer quinze à dix-huit heures ; la température monte à 21° et 22° et un commencement de feutrage se produit. On rompt le feutrage et on diminue encore la hauteur qui n'est plus alors que de 20 centimètres. Du sixième au septième jour, on laisse de nouveau se feutrer. Puis la couche est diminuée progressivement. Quand la germination est terminée, elle est descendne à 11 ou 12 centimètres.

La durée est de huit à dix jours. Les radicelles un peu longues et droites ont une longueur de 1 1/2 à 1 3/4 de celle du grain[1]. La plumule est aux 3/4. Il n'est pas rare que la couche présente quelques hussards.

[1] Au delà de 5 p. 100 de radicelles, il ne gagne pas en qualité.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

EXEMPLE DU MALTAGE BAVAROIS (MICHEL)

TEMPS DES RETOURNES		TEMPÉRATURES	OBSERVATIONS
Jours.	Heures.		
1	6 du soir.	10°	
2	6 du matin.	10°,5	
2	6 du soir.	11°,25	Piquage.
3	6 du matin.	12°,5	
3	6 du soir.	15°	
4	6 du matin.	15°,5	L'orge fourche.
4	4 du soir.	20°	
4	12 du soir.	21°,25	Forte sueur, on diminue l'épaisseur.
5	12 du matin.	21°,25	Laissée pour le feutrage.
6	9 du matin.	22°,5	La couche est feutrée.
7	9 du matin.	23°	La couche est fortement feutrée.
8	9 du matin.	21°	

Aujourd'hui il est recommandé de ne pas dépasser 20° les quatrième et cinquième jours, cela diminue la perte sans nuire à la quantité de sucre produit.

Justification du procédé bavarois. — Dans ce système de germination un peu chaude, courte et précédée d'un mouillage long et complet, il se forme dans le malt une plus grande quantité de sucre qui se caramélise sur la touraille. On obtient un malt plus coloré, brun et aromatique. Il lui faut également plus de diastase à cause du procédé de touraillage qui en détruit beaucoup.

Les bières ont un goût de malt plus prononcé. Elles fermentent moins profondément, s'atténuent moins et sont, par conséquent, moins alcooliques et plus moelleuses.

Germination froide du malt de Munich. — On a préconisé un système à température plus froide (germoir à 6°). Cela consiste : 1° à tremper plus longtemps le grain que pour du malt ordinaire (110 heures) ; 2° à le traiter à peu près comme le malt ordinaire mais en le prolongeant de trente-six heures sans dépasser 20-21° ; les radicelles ont 3/2 à 2 longueurs.

On pellette deux fois les six premiers jours, trois fois le septième et huit fois les trois derniers ; le sixième jour la température est encore à 13°,25 ; le huitième à 17°,25 ; le dixième à 20°, 21° avec léger feutrage ; enfin le onzième on envoie à la touraille.

Maltage viennois. — *Malt doré.* — Germination froide. L'orge, trempée de soixante-dix à quatre-vingt-dix heures, est étalée en couches de 30 à 40 centimètres d'épaisseur. On la laisse reposer douze à quinze heures, puis on la retourne trois fois par jour jusqu'au piquage. A partir de ce moment, la retourne a lieu toutes les six heures, puis, vers la fin, quand les radicelles

IRIS - LILLIAD - Université Lille

sont déjà développées, toutes les huit à douze heures. On ne laisse pas la température s'élever à plus de 18 ou 20° et à chaque pelletage, on diminue la hauteur de la couche qui n'a plus à la fin que 11 à 12 centimètres.

La durée est de dix à quatorze jours. Les radicelles sont courtes, frisées ; la plumule développée aux 3/4 ou aux 2/3 du grain.

Un autre système de maltage viennois est celui-ci :

La trempe de cinquante-cinq à quatre-vingt-cinq heures, est suivie de l'étalement en couches de 5-6 centimètres qu'on remonte au fur et à mesure que le travail avance; on pellette 28 fois en neuf jours, la température ne dépasse pas 17°,5.

Maltage bohémien. — *Malt pâle.* — La trempe dure de soixante-dix à quatre-vingt heures. La couche a 40 centimètres de hauteur, quelquefois un peu plus. On retourne, au début, toutes les huit heures, puis, après le piquage, toutes les quatre heures et à la fin toutes les six à huit heures, en diminuant chaque fois l'épaisseur de la couche. La température ne monte pas au delà de 17° à 18° et si le grain sèche, on arrose avec 1 litre à 1 litre 1/2 d'eau par hectolitre de malt.

La durée est de dix à douze jours. Le développement est généralement faible. La plumule n'atteint guère que les 2/3 du grain ; les radicelles sont courtes et très frisées. Le malt, très aéré par les pelletages fréquents, arrive plus sec à la touraille et se prête mieux à la fabrication d'un malt pâle et peu aromatique.

Maltage anglais. — *Malt pâle.* — En Angleterre, la germination est menée très lentement et dure très longtemps; dix jours au moins dans la saison un peu chaude et douze à quatorze jours en hiver. La couche, très peu trempée (48 à 50 heures seulement), n'a pas plus de 15 à 20 centimètres au début et 6 centimètres à la fin. On ne dépasse pas la température de 15 à 16° et la retourne a lieu toutes les six à huit heures. Comme la couche sèche assez rapidement, on arrose, quelquefois dès le cinquième jour, avec 8 litres d'eau par 100 kilogrammes de malt.

La plumule est très poussée ; les radicelles courtes et frisées. Le grain est très friable et bien désagrégé.

Le fanage ne doit durer que vingt-quatre heures de 15 à 16° ; le touraillage suit immédiatement (en commençant à 26°-27°).

Maltage des orges anormales. — Il est bon d'indiquer quelques précautions à prendre pour des orges anormales.

1° Variétés d'orge récoltées non mûres quoique sèches (sécheresse de la saison en Hongrie, Afrique, etc.). Les grains sont blancs, vitreux, durs et allongés ; ils s'échauffent beaucoup au germoir.

On en fait des couches basses de 7-8 centimètres, qu'on retourne deux fois par jour dès que les radicelles sont visibles, on continue comme pour le Munich ;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

2° Orges incomplètement trempées par crainte des moisissures, on les travaille en couches minces, maintenues en dessous de 16°;

3° Orges mouillées sur le champ. Le procédé suivant n'est guère pratique à cause de la difficulté des triages. On trempe en éliminant les grains germés, et on arrête lorsque les grains les plus humides sont assez trempés. On fait des tas de 25-30 centimètres qu'on laisse aérer et on travaille en malt bavarois.

Quand l'opération est terminée, on trie les grains mal germés faute de trempe suffisante; ces grains sont mis en couches de 10-12 centimètres, s'il y a germination sans échauffement, on laisse marcher, puis on fait un deuxième triage; s'il n'y a pas germination ou s'il y a échauffement, on arrête le tout; l'orge ainsi perdue, de même que celle du deuxième triage si on en a fait un, est destinée à l'alimentation du bétail;

4° Orge très riche en azote; la tremper à fond et faire germer à quelques degrés plus haut, de manière à avoir une germination courte. Il ne faut pas faner au germoir, les orges dures ne laissant pas facilement évaporer l'eau.

Installation des germoirs. — Un bon germoir, pour remplir le but qu'on se propose, doit pouvoir conserver une température constante de 12 à 14°. Aussi, les installe-t-on généralement sous terre, ou tout au moins en sous-sol (1,50 m. à 2,50 m. en contre-bas). Les germoirs au rez-de-chaussée ne les valent pas, à moins qu'on les entoure de doubles murs entre lesquels on met un isolant. Les germoirs situés aux étages ne valent rien; la température varie, et soit qu'il fasse trop froid, soit qu'il fasse trop chaud, l'orge sèche et la germination est irrégulière.

Les plafonds se font voûtés ou bien en voûtelettes surbaissées. La hauteur doit être de 3 à 4 mètres, pas moins; dans les germoirs bas, l'air se vicie plus rapidement.

Sol. — Le sol demande une installation particulière et très soignée. Il doit réaliser 5 conditions : 1° fournir de la fraîcheur; 2° ne pas enlever d'humidité; 3° être assez résistant pour subir les pelletages; 4° être facile à entretenir propre; 5° être perméable pour absorber l'humidité résultant de la sueur.

La condition de perméabilité fait que les carreaux rouges et les carreaux de faïence non vernissés seraient les meilleurs s'ils avaient la solidité voulue. Il y a cependant des fabriques telles que celles de Sarreguemines qui font un bon produit.

On peut employer des dalles de pierre, ou d'ardoise, ou de ciment, mais il faut que la surface soit suffisamment polie.

Quoi qu'il en soit, il faut que les dalles ou carreaux soient jointoyés au ciment, que les joints soient très solidement faits et qu'il n'y ait aucune fissure où, non seulement l'eau sale puisse séjourner, mais encore où des grains puissent s'engager et pourrir. On peut faire le sol du germoir en asphalte, mais le meilleur consiste en une couche de ciment de Portland posée sur

IRIS - LILLIAD - Université Lille

béton. Le sous-sol est d'abord bien aplani, battu et nivelé. On y dépose une couche de béton de 5 centimètres d'épaisseur, composée d'une partie de mortier hydraulique pour trois parties de cailloux ou de pierres concassées. Quand le béton est pris, on coule dessus deux centimètres de ciment de Portland mélangé avec une partie de sable fin et très propre. On égalise ensuite à la truelle et on obtient ainsi une surface très unie, régulière et un peu rugueuse, sur laquelle la pelle *mord* mieux. Il ne se produit jamais de fissures et la fraîcheur du ciment fait que les couches s'échauffent moins.

On donne naturellement une légère pente et on installe des caniveaux qui entraînent au loin et rapidement les eaux de lavage.

Sous-sol. — Le sous-sol a une influence sur la germination. S'il est trop poreux, les couches sèchent ; s'il ne l'est pas assez, le germoir est humide ; s'il est bon conducteur de la chaleur, les couches refroidissent ; s'il est mauvais conducteur, elles s'échauffent trop vite. Une autre condition, c'est qu'il soit bien égal sous toute la surface du germoir, sinon les germinations sont irrégulières aux différents points.

Il est donc important de le bien étudier avant l'installation du germoir. Pour le construire, on creuse assez profondément sur toute la surface que doit occuper le germoir. On dispose dans le fond une couche de sable suffisamment épaisse, puis, par-dessus, une couche d'argile sur laquelle viendra reposer le béton. Lorsqu'on le peut, il est bon d'avoir 50 centimètres d'épaisseur d'argile.

Le sable, par capillarité, régularise l'humidité de l'argile,

Murs. — Les murs sont recouverts d'un enduit à la chaux, que l'on renouvelle aussi souvent qu'il est nécessaire. C'est le seul moyen de détruire les moisissures. A la base, là où les couches viennent en contact avec eux, on revêt les murs de dalles cimentées, ou de plaques de porcelaine encastrées, ou d'une peinture au goudron fondu ou encore d'un enduit de ciment, sur une hauteur de 40 à 50 centimètres. On fait les angles et les coins arrondis pour offrir plus de prise aux balais et éviter que des grains n'y séjournent.

On doit proscrire tous les ouvrages en bois qui favorisent le développement des moisissures. Les piliers qui supportent les poutres se font en fer ; ils tiennent moins de place et sont plus propres.

Ventilation. — L'aération, qui est indispensable pour que la germination s'accomplisse, a lieu par des fenêtres à vitres dépolies et munies de volets. Autant que possible, les fenêtres sont orientées au nord pour éviter les différences de température dues aux coups de vent.

Mais ce moyen est souvent insuffisant, surtout si le germoir est profondément en sous-sol.

La ventilation est faite alors par des canaux verticaux, installés de place en place, soit dans l'épaisseur des murs, soit à l'extérieur, débouchant d'une part à l'air extérieur, de l'autre dans le germoir, à quelques centimètres du

IRIS - LILLIAD - Université Lille

sol, ou tout au moins au niveau des couches où s'accumule l'acide carbonique. L'appel d'air se fait par des espèces de cheminées partant des voûtes et s'élevant jusqu'au-dessus du toit de la malterie. Des ventilateurs-girouettes assurent le tirage. Les canaux peuvent s'ouvrir ou se fermer suivant les besoins. L'installation la plus logique serait que ces cheminées d'appel d'air débouchassent non à la voûte, mais vers le niveau des couches, car l'acide carbonique est plus lourd que l'air ; cela entraînerait de placer les arrivées d'air vers la partie supérieure.

Dans certaines grandes installations, on injecte dans le germoir de l'air poussé par un ventilateur, mais qu'on a soin de faire filtrer dans une tour à coke humidifiée par des pulvérisations d'eau, de manière à le rendre plus humide et plus froid.

Dimensions du germoir. — Généralement, le germoir est tout d'un tenant et de dimensions telles, qu'il peut recevoir dix couches, la germination durant en moyenne dix jours. De façon que, le roulement établi, chaque jour on décuve une couche et on en monte une sur la touraille.

Dans le cas d'une plus grande production, la quantité de grains mis en couche étant forcément limitée à cause du travail des retournes qui durerait trop longtemps (on ne met jamais plus de 150 hectolitres de grain sec, soit de 90 à 100 quintaux), on a deux germoirs, ou plus, superposés ou attenants.

Quelquefois, le germoir est divisé en salles disposées pour contenir une ou plusieurs couches.

Les grands germoirs sont préférés. Ils ont peut-être l'inconvénient que les couches se gênent réciproquement et que si une couche a des moisissures, les spores se répandent sur les autres; mais ils ont l'avantage que l'air est moins vicié, que la chaleur, l'acide carbonique et la vapeur d'eau se répartissent dans un plus grand espace. La place, aussi, est mieux économisée.

On sépare les couches par des chevalets en bois, pleins, bas et transportables. Dans certains germoirs, l'emplacement de chaque couche est limitée par un petit massif en maçonnerie à coins arrondis.

Le plus souvent, la couche germe sur place, retournée tantôt d'un côté, tantôt de l'autre.

Un autre système consiste à descendre la couche sortant de la cuve à une extrémité du germoir. En la retournant toujours du même côté, elle parcourt la longueur du germoir ; elle est terminée quand elle arrive à l'autre extrémité, où se trouve le monte-charge de la touraille, et à chaque place qu'elle a occupée, elle est remplacée par une autre couche.

Surface du germoir. — Les données du problème sont les suivantes :

On doit augmenter la surface indispensable de 20 p. 100 pour les passages; le poids de l'orge à travailler q quintaux donne un volume de malt vert égal à $0{,}35\,q$ exprimé en mètres cubes. Si h est la hauteur moyenne des couches, le travail devant durer n jours, la surface devra être en mètres carrés $\frac{0{,}35\,q\,n}{h}$ et augmentée de 20 p. 100 elle deviendra $\frac{q\,n}{p} \times 0{,}42$ ex. :

IRIS - LILLIAD - Université Lille

COMMERCIAL
LILLE

Dans un travail devant durer neuf jours, avec $h = 0{,}12$ la surface nécessaire sera $\frac{0{,}42 \times 9}{0{,}12} = 31{,}5$ m. par quintal mis en œuvre chaque jour. Ce nombre correspond à celui de 21,6 m. que l'on donne souvent pour un hectolitre mis en œuvre.

Si par quintal d'orge mis journellement au germoir il faut 31,5 m., on peut dire qu'une pareille surface correspond à 240 quintaux d'orge mis annuellement en œuvre, car le travail au germoir est possible pendant huit mois de l'année (octobre à juin).

Cela correspond à 190 quintaux de malt fini. D'où il résulte que pour une production annuelle de 1 quintal de malt fini il faut une surface moyenne de $\frac{31{,}5 \text{ m.}}{190} = 0{,}165$ m. $= \frac{1}{6}$ de mètre carré, et que 1 mètre carré correspond à une production annuelle de 6 quintaux de malt fini et à la mise en œuvre d'environ 8 quintaux ou 12 à 13 hectolitres d'orge.

D'ailleurs il faut maintenir la surface des salles de germination au-dessous d'une certaine limite, par exemple celle qui correspond à 50 hectolitres d'orge. Dans le cas d'une surface plus grande nécessaire, on la subdivise en plusieurs salles.

Accessoires. — La malterie comporte un certain nombre d'accessoires.

1° les pelles (fig. 29); 2° les brouettes ; 3° les arrosoirs ou pulvérisateurs; 4° les balais; 5° les thermomètres.

Il faut deux sortes de thermomètres, les uns que l'on pend loin des murs pour obtenir la température de l'air, les autres que l'on peut plonger dans les couches (fig. 27).

Il faut remarquer à ce sujet que la température au centre d'une couche est quelquefois de 5-6° plus élevée qu'à la surface.

Maltage pneumatique. — ***Historique.*** — Le maltage sur aire exige un grand emplacement et une main-d'œuvre compliquée.

On a vu, d'autre part, combien il est difficile de réunir les trois facteurs d'une bonne germination : humidité, chaleur et aération.

Le principe du maltage pneumatique est de faire circuler à travers le grain par des courants alternatifs ou continus, de l'air tantôt humide, tantôt sec, froid ou chaud, suivant les nécessités de la fabrication.

Les premiers essais datent d'une cinquantaine d'années. Successivement Lacambre et Persac (1850), Marbaud (1853), le Dr Baude, de Contrexéville (1868), Puvrez, de Lille, vers la même époque, ont présenté des appareils qui, plus ou moins défectueux, n'ont pas été adoptés par la pratique.

La mise au point devait être réalisée par deux ingénieurs français, MM. Galland et Saladin.

Chose curieuse, tous les procédés de maltage pneumatique ont été inventés par des Français. C'est en France que le maltage est le plus souvent effectué par le brasseur, c'est-à-dire par un homme apportant tous ses soins à la fabrication de la bière et à la vente de celle-ci, et n'ayant par conséquent que peu de temps à consacrer au maltage.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Malgré cette circonstance, le maltage pneumatique a commencé à se répandre plutôt à l'étranger, parce que dans les brasseries françaises, qui ne sont pas toujours de toute première importance, il y a assez de main-d'œuvre disponible à la brasserie ou à la cave, pour trouver gratis les ouvriers nécessaires à la surveillance d'un germoir. Or, ceci ne saurait arriver avec des germoirs pneumatiques exigeant des mécaniciens expérimentés.

Le maltage pneumatique ne peut donc se développer que dans les grandes malteries, mais alors celles-ci ont craint pour la qualité des produits obtenus. C'est ainsi que les maisons recherchant soit la grande qualité, soit la spécialité de leurs malts, ont continué à employer le germage ancien et ne se mettent que très lentement au maltage pneumatique.

Avantages du maltage pneumatique. — 1° La main-d'œuvre du maltage à la main exige une grande habileté et est par conséquent fort coûteuse. Cependant, il y a lieu de se rappeler l'observation faite au début de ce chapitre, à savoir que dans beaucoup de petites brasseries, il y a suffisamment de bras inoccupés pour les employer au germoir sans grever la fabrication de frais spéciaux.

Pour remplacer les ouvriers, on a eu d'abord l'idée d'employer des retourneurs automatiques qui ne peuvent agir avec l'à-propos d'un bon malteur et qui, par cela seul, ne sont jamais entrés dans le domaine d'une pratique générale.

Le remplacement des ouvriers par un maltage mécanique complet a été essayé, à l'aide des systèmes qui vont être décrits, et où deux hommes, un de jour, un de nuit, peuvent surveiller toute la batterie d'appareils.

Pour un travail journalier de 1 500 quintaux, les systèmes pneumatiques exigent huit ouvriers pour tous les services, tandis que le germoir en demanderait au moins quinze.

2° L'air injecté dans les appareils pneumatiques est saturé d'humidité, il y a donc là une cause de régularisation de l'humidité dans le travail ; de plus la température de l'air est très constante et aussi basse que l'on veut, ce qui rend le travail régulier et possible toute l'année.

3° Un autre avantage des systèmes pneumatiques est l'économie de place. Ce dernier point est facile à établir. Nous avons vu qu'au germoir la surface nécessaire est $\frac{0,42\,qn}{h}$, q étant le poids de l'orge, n le nombre de jours, h la hauteur moyenne des couches.

Avec les valeurs habituelles de n et de h à savoir 9 et 0,12, la surface nécessaire est $\frac{0,42\,q \times 3}{0,04}$ ou 31,5 q.

Sur cette surface on peut travailler 240 jours, c'est-à-dire mettre en œuvre tous les jours q quintaux d'orge et par conséquent obtenir 192 q quintaux de malt fini par an. Il en résulte que 1 quintal de malt produit annuellement correspond à une surface de $\frac{31,5\text{ m.}}{192}$ ou de 0,15 m. et il est facile de voir que cette surface est bien plus grande que celle occupée par les appareils pneumatiques.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Mais avant d'aller plus loin, disons qu'il y a deux systèmes de maltage pneumatique : 1° les systèmes à tambours formés surtout de tambours rotatifs où circule de l'air humide et où le travail dure neuf à dix jours ; 2° les systèmes à cases où le grain est maintenu dans des cases rectangulaires aérées par-dessous, munies de retourneurs et où le travail dure également neuf à dix jours.

Nous allons nous proposer de calculer la surface occupée sur le sol par l'un et l'autre système.

Parlons d'abord du système à tambours.

Dans des tambours de 8 à 9 mètres cubes, on place 52 quintaux d'orge fournissant 41 quintaux de malt fini. Si l'appareil est occupé neuf jours, il peut servir trente-trois fois dans une année de trois cents jours, de sorte que l'appareil correspond à une production annuelle de 1.300 quintaux de malt fini. Or, un tambour de 8 à 9 mètres cubes occupe sensiblement une surface de $2 \times 2 = 4$ mètres, mais il faut ménager au moins 1,5 m. de passage aux extrémités des tambours et 2 mètres d'intervalle entre eux. La surface occupée par un tambour est donc de $(2 + 2 \times 1{,}5)\ (2 + 2) = 20$ mètres, lesquels produiront 1,300 quintaux dans l'année, c'est-à-dire qu'un quintal de malt fabriqué annuellement correspond à une surface de 0,0155 m.

Prenons le système des cases. Supposons 9 cases de longueur l et de largeur 3. Entre chaque case il se trouve un passage de 0,5 m. et tout le long des cases existe deux chemins, l'un de 0,5 m. et l'autre de 2,5 m., il en résulte que la surface occupée est de $9 \times 3{,}50\ (l + 3)$ mètres.

La surface utilisable doit être réduite de l'épaisseur de deux murs longitudinaux qui bordent chaque case. Elle n'est donc par case que de $2{,}75 \times l$ mètres. Si les couches ont 0.50 m., de hauteur, le volume d'orge à mettre dans chaque case sera en hectolitres de $5 \times 2{,}75 \times l$, qui représente $5 \times 1{,}45 \times l = 7{,}25\ l$ quintaux de malt fini. Donc avec une surface totale de $9 \times 3{,}50 \times (l + 3)$ mètres on peut faire chaque jour $7{,}25\ l$ quintaux de malt fini, soit dans l'année $7{,}25\ l \times 300 = 2.175\ l$ quintaux. Donc un quintal de malt fini produit annuellement correspond à une surface de

$$\frac{9 \times 3{,}50 \times (l + 3)}{2.175\ l}$$

pour $l = 15$.

Cette surface est :

$$\frac{9 \times 3{,}5 \times 18}{2175 \times 15} = \frac{31{,}5 \times 6}{2175 \times 5} = \frac{189}{10875} = 0{,}017 \text{ m.}$$

en supposant un travail de 330 jours, au lieu de 300 jours. Le système Garland exige 0,014 m. et le système à case 0,0156. Celui-ci a d'ailleurs l'avantage d'exiger des bâtiments moins élevés.

L'on voit que l'emplacement occupé est bien inférieur à celui du germoir 0,16. Mais il faut tenir compte que le germoir n'a aucune annexe tandis que les systèmes pneumatiques ont des annexes nombreuses : 1° les tours à coke où l'air s'humecte d'eau ; 2° les machines nombreuses nécessaires

IRIS - LILLIAD - Université Lille

(moteurs, ventilateurs, retourneurs des cases) ; la surface occupée par les annexes n'est pas négligeable ; elle peut être égale à la surface même des appareils.

Si l'on adopte pour les systèmes pneumatiques le chiffre de 0,03 m. par quintal de malt fini, on voit que le système peut à surface égale faire un travail quintuple de celui du système par germoir.

D'autres avantages des systèmes pneumatiques sont les suivants :

4° Il est inutile de faire des constructions en cave ;

5° La durée du trempage et du maltage peut être abrégée ;

6° Il n'y a plus de grains écrasés, abîmés au pelletage et par suite absence de moisissures dans le malt ;

7° L'air étant filtré, il y en a moins dans l'atmosphère des salles de brassage, etc. ;

8° Il y a moins de perte de substances. Cela résulte, non seulement du trempage abrégé, mais de la germination plus régulière et moins intense. Le malt est aussi mieux désagrégé, malgré la durée moindre, parce qu'il conserve mieux son humidité ;

9° La possibilité de faner le grain avant sa sortie des cases ou des tambours dispense des greniers d'aérage et fait que le malt arrive plus sec sur le plateau de la touraille. Le touraillage se fait dans de meilleures conditions et il y a économie de la chaleur qui serait employée pour évaporer l'eau que le fanage à enlevée ;

10° La qualité du malt n'est pas inférieure à celle qu'on obtient par le maltage sur aire, même elle est supérieure pour les orges inférieures[1].

Inconvénients. — Il faut d'ailleurs dire que les systèmes ont le défaut de laisser croire qu'ils sont automatiques. Or comme l'orge varie d'une opération à l'autre, il y a lieu de régler le maltage à chaque opération. De plus dans le cours d'une opération l'admission d'air doit varier d'après certaines règles.

Dans tous les systèmes pneumatiques on se sert d'air humide.

Hydrateurs d'air. — Il y a plusieurs systèmes.

Système Galland. — *Tour à coke* (fig. 30). — La tour à coke est une chambre en forme de tour ; à moitié de sa hauteur, environ, se trouve une plaque perforée sur laquelle on place une couche de coke qui sert de filtre à l'air et que l'on renouvelle de temps en temps. Au plafond de la chambre, un pulvérisateur en bronze reçoit de l'eau de puits à 10°-12° en été ou réchauffée à cette température, en hiver, sous une pression de 3 à 5 atmosphères et la répand en pluie sur le coke. Des ventilateurs refoulent l'air dans la chambre, de bas

[1] Des essais sont faits en ce moment pour réaliser le séchage ou touraillage dans les tambours mêmes de germination, en y faisant circuler de l'air sec de plus en plus chaud. Aucun de ces essais, croyons-nous, n'a réussi complètement. Aussi, ne les citons-nous que pour mémoire. Nous ne doutons pas qu'ils n'aboutissent un jour ou l'autre et un grand progrès serait ainsi accompli. L'obstacle est surtout dans la difficulté d'éloigner la vapeur d'eau assez rapidement.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

en haut. L'air, qui traverse la couche de coke et la pluie d'eau, s'humidifie et ressort humide par le haut, dans un tuyau qui l'emmène dans les canaux correspondant aux cases ou aux tambours.

Ordinairement on monte 5 à 7 tours à coke en batterie.

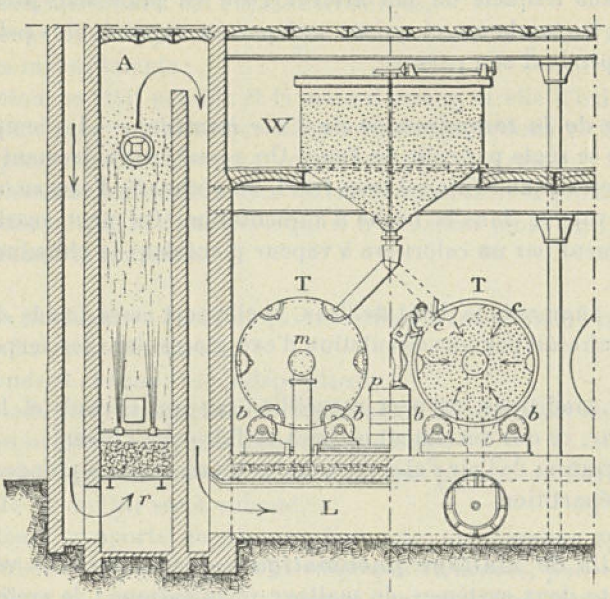


Fig. 30. — Hydrateur d'air du système Galland.

Système Saladin. — Saladin remplace le coke par une pile de planches minces, placées sur champ, les unes à côté des autres et laissant entre elles un passage pour l'air et pour l'eau. Les planches ont 20 centimètres de largeur et 12 millimètres d'épaisseur. Elles sont séparées par des liteaux cloués de 8 millimètres.

Il y a cinq rangs de planches superposées et qui s'entre-croisent. L'ensemble forme une pile de 1,20 m. de hauteur.

L'eau est amenée au-dessus, par un tuyau percé de trous et animé d'un mouvement d'oscillation. L'air insufflé par le bas, remonte en sens contraire et s'humidifie d'autant mieux qu'il est plus divisé par les canaux que forment les planches. Il est ensuite dirigé dans le canal d'aération des cases, où il arrive avec une pression de 20 millimètres.

Mais Saladin ne se contente pas de faire traverser les couches par de l'air humide qui, malgré son peu de vitesse, ne sature pas toujours le grain suffisamment. Une disposition particulière permet l'arrosage de la couche pendant la retourne, si besoin en est.

Les hélices des retourneurs sont pourvues sur toute leur longueur de tuyères de pulvérisation. L'eau est amenée dans ces tuyères par des tubes en caoutchouc assez longs pour suivre le mouvement des hélices

IRIS - LILLIAD - Université Lille

et reliés, par un ajustage spécial, aux arbres creux des retourneurs. On peut, dans ces conditions, réduire la durée de la trempe.

Système d'Anthonay. — Ce système consiste en tambours rotatifs, percés de trous, dans lesquels on fait arriver l'eau en pluie sous pression. L'air qui traverse les tambours et qui en sort par un tuyau à plus petite section, s'humidifie pendant son passage.

Réglage de la température de l'air humide. — La température de l'air humide se règle par celle de l'eau. On prend ordinairement l'eau à 11° ou 12°. L'hiver, quand l'air est trop froid, on réchauffe l'eau au moyen d'un serpentin à vapeur dans la bâche d'alimentation. On peut aussi réchauffer l'air directement par un calorifère à vapeur placé dans la cheminée d'aspiration de l'air.

L'été, on augmente le débit de l'eau, si elle sort assez froide du puits, ou bien on la refroidit par une circulation d'eau glacée dans les serpentins de la bâche.

Dans ces conditions, on peut recueillir l'eau qui s'écoule et la remonter dans la bâche, ce qui autrement ne peut se faire que l'hiver.

La température de l'air s'observe par des thermomètres plongeant dans les canaux de répartition.

Appareils de maltage pneumatique. — Comme nous venons de le dire, il existe deux systèmes de maltage pneumatique : le système à cases (premier système Galland et système Saladin), et le système à tambours (système Galland).

Systèmes à cases. — *Premier système Galland, à cases*. — Ce système, appliqué pour la première fois à la brasserie Jacobsen, de Copenhague, est peu employé aujourd'hui. Il existe encore, cependant, dans plusieurs malteries du Nord.

Sur le sol du germoir sont disposées des cases en briques recouvertes de ciment, au nombre de 8 à 9 et placées à la suite les unes des autres. Chaque case a de 3 à 5 mètres de large, sur 15 à 25 mètres de longueur et porte, à 60 ou 70 centimètres du fond, un faux fond composé de plaques de tôle perforées. La hauteur des cuves est telle que le grain n'a pas plus de 75 à 80 centimètres d'épaisseur. Les cases sont en communication, sous le faux fond, avec une conduite d'aspiration d'air.

Le grain est trempé comme à l'ordinaire, puis versé dans la première case. Il y reste vingt-quatre heures et on le retourne en le transportant au moyen de pelles dans la case n° 2. De celle-ci, où il reste encore vingt-quatre heures, il passe dans la case n° 3 et ainsi de suite, de case en case, jusqu'à la dernière où s'achève la germination. Dès que la première case est vide, elle est remplie avec de l'orge fraîchement trempée, de façon que la germination est continue.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Pendant toute l'opération, on envoie dans la chambre, où sont installées les cases, de l'air qui s'est humidifié en traversant une couche de coke humide. Un ventilateur aspire l'air par la conduite placée sous les cases et l'air humide de la chambre traverse les couches en germination et les plaques perforées, entraînant avec lui l'acide carbonique.

Ce système n'avait que l'avantage d'économiser la place, mais il avait deux graves inconvénients :

1° La retourne était pénible et la main-d'œuvre, si elle n'exigeait aucune habileté, était plus coûteuse que dans le maltage ordinaire. Les hommes, obligés de pénétrer dans les cases, écrasaient plus de grains;

2° L'air humide traversait toutes les cases, aussi bien la première qui n'en avait pas besoin, que la dernière à qui il n'en fallait plus. Le grain arrivait trop humide sur la touraille.

Système Saladin. — Saladin, qui travaillait avec Galland, a repris son système, mais l'a perfectionné :

1° En rendant chaque case indépendante;

2° En y adaptant un système de retourneurs mécaniques, de sorte que la germination se fait entièrement dans chaque case;

3° En combinant un procédé d'aération qui permet de faire circuler de l'air humide ou de l'air sec à volonté.

Le système comporte en premier lieu une organisation spéciale de la trempe. D'abord on trempe pendant vingt-quatre heures, puis le grain subit un lavage dans un trempoir rotatif plongé dans une auge. Enfin on achève la trempe dans les conditions ordinaires.

L'appareil de germination est constitué par une série de cases placées parallèlement et en nombre égal à celui du nombre de jours du travail. Ces cases sont installées à l'étage inférieur à celui des trempoirs.

Installation des cases (fig. 31). — La germination se faisant dans la même case et la retourne étant mécanique, la grandeur et le nombre des cases sont proportionnés à l'importance de la malterie. Mais on ne dépasse guère pour chaque case une largeur de 4 à 5 mètres et une longueur de 25 mètres.

Chaque case est constituée par deux murs bas parallèles, en briques recouvertes de ciment. Les extrémités sont fermées par des plaques de tôle demi cylindriques, la concavité tournée en dedans et épousant la forme des hélices des retourneurs, de façon à éviter les points morts. Les plaques de devant, c'est-à-dire celles donnant sur le couloir de service sont mobiles et servent de porte pour la décharge de la case et le nettoyage.

La hauteur des cases est de 1,50 m. et celle du grain de 50 à 60 centimètres au début, et de 70 à 80 centimètres à la fin.

A 60 centimètres du fond, se trouve un faux fond constitué par des plaques de tôle perforée, sur lesquelles repose le grain. Ces plaques sont mobiles. Sur le fond sont posés des rails qui permettent de faire avancer de petits wagonnets qui servent à la décharge de la case. Lorsque le petit wagonnet est

IRIS - LILLIAD - Université Lille

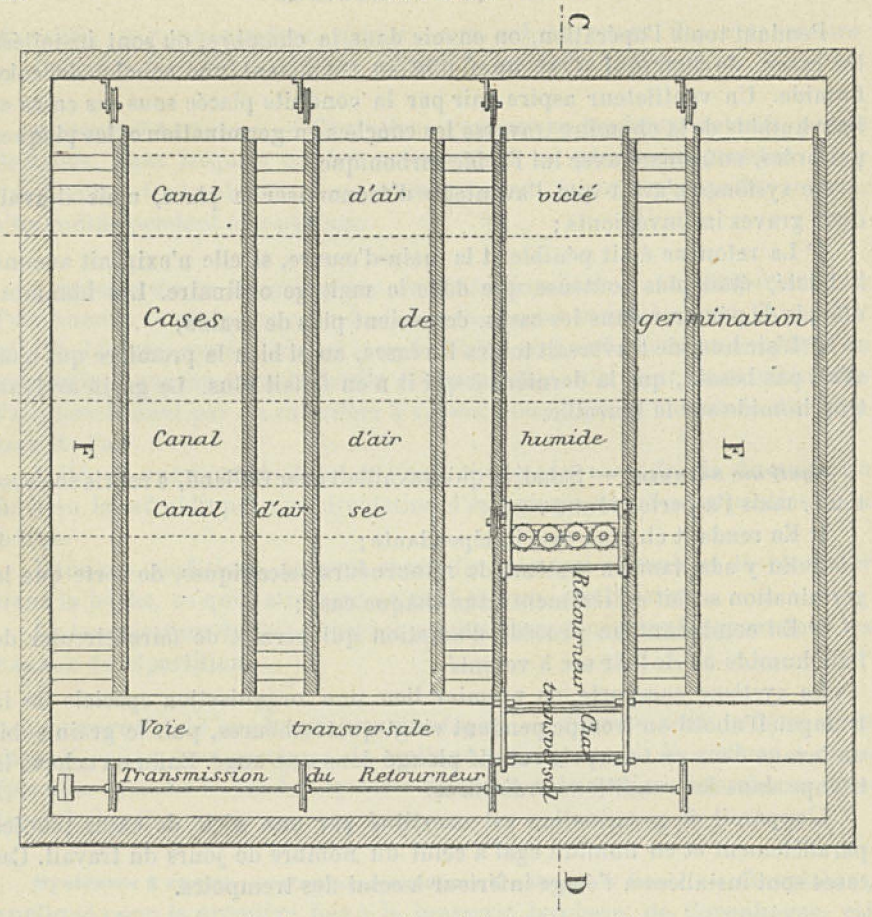


Fig. 31, *a*. — Système Saladin. Coupe AB.

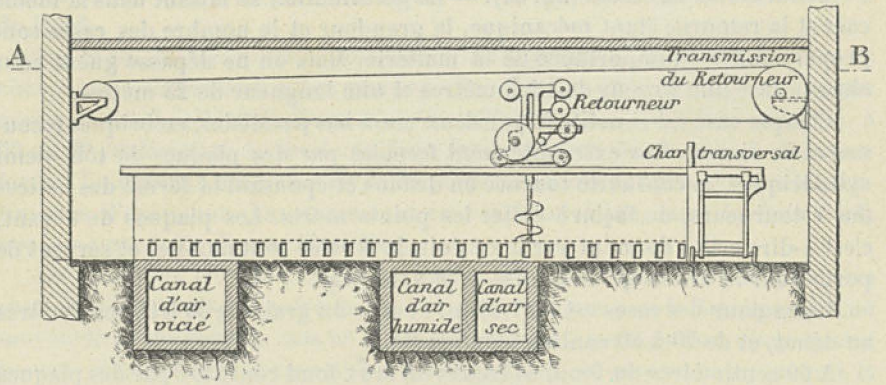


Fig. 31, *b*. — Système Saladin. Coupe CD.

placé devant la première tôle, on décharge celle-ci, puis on l'enlève et on

IRIS - LILLIAD - Université Lille

pousse le wagonnet contre la seconde tôle. On continue ainsi jusqu'à l'extrémité de la case. Toutes les plaques enlevées, on lave et nettoie le fond de la case. Les rails communiquent, à l'autre extrémité, avec un monte-charges qui enlève les wagonnets jusqu'aux plateaux de la touraille.

Aération des cases. — Les cases (fig. 32) sont séparées les unes des autres par un petit couloir à deux étages, large de 0,50 m., d'où l'on manœuvre les

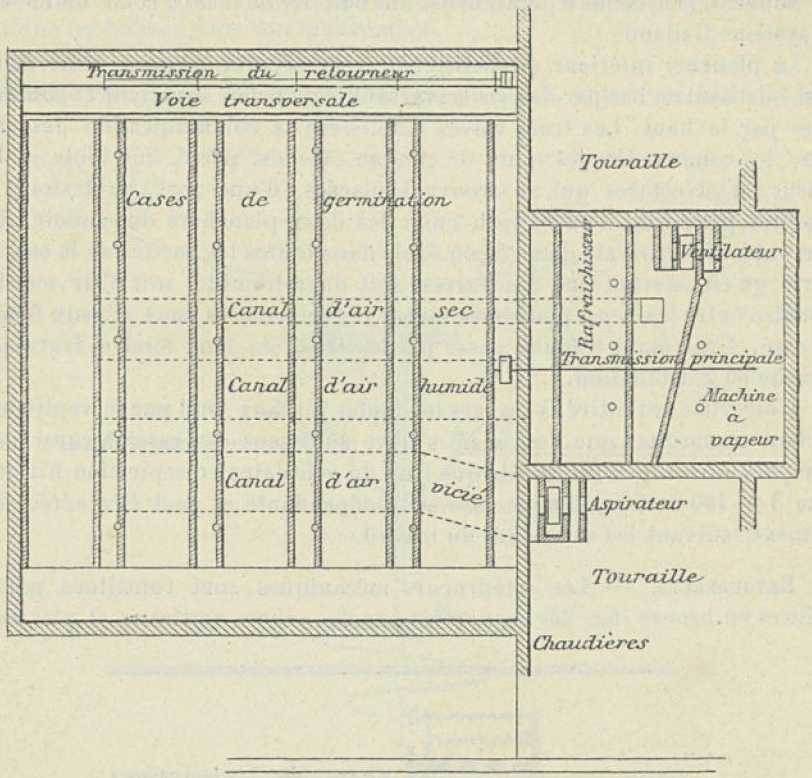


Fig. 32. — Système Saladin. Ensemble de la malterie avec les ventilateurs.

valves des tuyaux dont il va être parlé. C'est de là qu'on règle le système en comparant des thermomètres donnant les températures de l'air à l'entrée et à la sortie.

Sous le sol, et le traversant dans une direction transversale par rapport à la longueur des cases, se trouvent trois canaux. Le premier correspond à un hydrateur d'air et un ventilateur y envoie de l'air humide ; le second communique avec un ventilateur d'air sec ; le troisième, destiné à évacuer l'air vicié de la salle de germination, est en rapport avec un ventilateur aspirant. Mais il est démontré que l'air du fond n'est jamais très chargé en CO^2, celui-ci s'élevant au-dessus de la case à cause de sa température.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La circulation d'air humide, comme nous l'avons indiqué au début, est produite par un ventilateur qui prend l'air au dehors, le lance dans un puits maçonné, puis dans des galeries et enfin dans l'échangeur de température. Celui-ci est placé en arrière des cases ; il a été d'abord constitué par un tambour horizontal percé de petits trous et tournant dans une bâche remplie d'eau froide ; mais c'est actuellement une pile de planches (voir page 197).

Souvent, le système d'aération est une batterie de tours à coke comme dans le système Galland.

Le plancher inférieur du petit couloir de séparation porte trois valves, mues de haut en bas par des vis traversant le plancher supérieur et commandées par le haut. Les trois valves établissent la communication des cases avec les canaux. Un des murs de chaque case est percé, sur toute sa longueur, d'ouvertures qui se trouvent placées, d'une part, au-dessous des plaques perforées, d'autre part, entre les deux planchers du couloir. Elles servent à répartir l'air d'une façon égale dans toutes les parties de la case. De sorte qu'en ouvrant une des valves, soit d'air humide, soit d'air sec, l'air pénètre entre les deux planchers et par les ouvertures sous le faux fond de la case. L'air étant refoulé, passe par les trous du faux fond et traverse la couche en germination.

L'air vicié est attiré, à travers les fentes du faux fond par le ventilateur; il faut remarquer que l'air vicié s'élève au-dessus des cases à cause de sa température et qu'il en résulte que l'air du ventilateur d'aspiration n'a guère que 3 p. 100 de CO^2. Chaque case est indépendante et peut être aérée séparément, suivant les nécessités du travail.

Retourneurs. — Les retourneurs mécaniques sont constitués par des hélices en bronze (fig. 33) supportées par des arbres verticaux et placées les

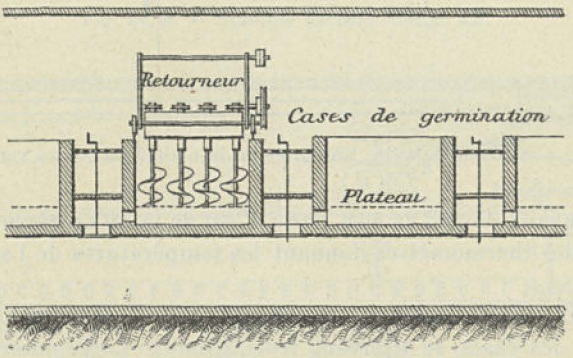


Fig. 33. — Système Saladin. Retourneurs.

unes à côté des autres. Leur nombre est déterminé par la largeur de la case et elles tournent alternativement en sens contraires.

Elles sont animées de deux mouvements, l'un dans le sens de la longueur

IRIS - LILLIAD - Université Lille

de la case, l'autre autour de leur axe. Elles agissent ainsi comme des tire-bouchons, remontant les grains du fond à la partie supérieure, tandis que les grains du dessus tombent au fond.

Les hélices sont maintenues verticales et rigides par l'action du cylindre métallique B, qu'elles traversent et le tout est soutenu par un bâti qui repose, au moyen de roues à rochets sur une crémaillère fixée sur l'épaisseur du mur de la case.

Le bâti avance ou recule automatiquement sur la longueur de la case et entraîne les hélices dans son mouvement.

Le double mouvement est donné de cette façon :

Les poulies P (fig. 34) font tourner la poulie A, autour de laquelle leur

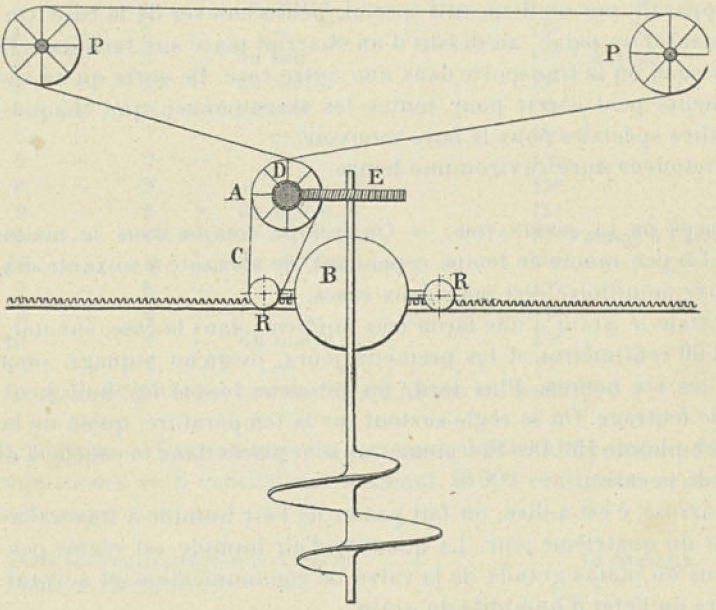


Fig. 34. — Schéma du mouvement d'un retourneur Saladin.

courroie s'enroule et qui transmet son mouvement à la poulie C. Celle-ci fait tourner les rochets R qui engrènent sur la crémaillère et l'appareil avance. D'autre part, la poulie A est calée sur un arbre horizontal D qui passe devant les hélices et porte, en face de chacune d'elles une vis sans fin. Cette vis engrène sur une roue hélicoïdale E calée sur l'axe vertical de l'hélice et communique à celle-ci son mouvement de rotation.

Lorsque l'appareil arrive au bout de sa course, il rencontre un butoir qui fait manœuvrer un levier qui transporte la courroie directrice sur une poulie folle et la remplace sur la poulie fixe par une courroie croisée qui change la direction du mouvement. L'appareil revient alors sur ses pas et la retourne se fait dans un autre sens.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Quelquefois le mouvement rétrograde n'est pas automatique. On tire en arrière le bâti à l'aide d'un treuil.

On a ajouté aux vis du retourneur des injections d'eau qui permettent de faire des couches de 70 centimètres et de gagner vingt-quatre heures et même quarante-huit heures sur la durée de la trempe.

Il faut bien remarquer que l'opération ne doit être nullement automatique ; elle doit être surveillée. De plus les retournements ne sont pas continus. En voici à peu près les intervalles en heures 6, 6, 6, 6, 7, 7, 7, 8, 10, 9, 9, 14, 11, 15, 15, 18, 16, 17.

Ils ont pour but de régulariser l'humidité, la température et CO^2 bien plus que d'aider à chasser le gaz. L'accumulation de celui-ci jusqu'à 18 p. 100[1], n'ayant pas une influence mauvaise.

L'appareil, par un dispositif spécial, peut s'enlever de la case. On l'amène en s'aidant d'un palan, au-dessus d'un charriot placé sur rails dans le couloir de service et on le transporte dans une autre case. De sorte qu'un seul jeu de retourneurs peut servir pour toutes les cases pourvu que chaque case ait les poulies spéciales pour le faire mouvoir.

La retourne dure environ une heure.

Marche de la germination. — On trempe comme dans le maltage ordinaire. Un peu moins de temps cependant, de soixante à soixante-dix heures. Une cuve mouilloire sert pour deux cases.

On étale le grain d'une façon très uniforme dans la case, sur une hauteur de 50 à 60 centimètres et les premiers jours, jusqu'au piquage, on retourne toutes les six heures. Plus tard, on retourne toutes les huit heures pour éviter le feutrage. On se règle surtout sur la température, qu'on ne laisse pas monter à plus de 15°. Des thermomètres sont placés dans la couche à différents points de la case.

On arrose, c'est-à-dire, on fait passer de l'air humide à travers la couche, à partir du quatrième jour. La quantité d'air humide est réglée par l'ouverture plus ou moins grande de la valve de communication et suivant la température ou l'état d'humidité du grain.

Quand la germination est terminée et que la plumule a atteint la longueur voulue, on fane le grain en faisant circuler de l'air sec.

Des modifications peuvent, bien entendu, être apportées à cette marche, suivant les besoins. Pour la fabrication du malt bavarois, par exemple, on peut laisser la température s'élever un peu plus, le grain se feutrer, mouiller davantage et ne pas faner, ou peu, à la fin, pour que le malt arrive plus humide sur la touraille.

La durée de la germination est de huit à dix jours, en moyenne neuf jours, y compris le fanage.

[1] Il n'y a plus que 3,5 d'oxygène.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

EXEMPLE D'UN MALTAGE PNEUMATIQUE EN CASES SALADIN

DURÉE DU MOUILLAGE 68 HEURES

MISE EN CASE LE 1er JANVIER A 8 HEURES DU MATIN

Température du germoir 13°.

RETOURNES				TEMPÉRATURES	
1er janvier	8 heures	du soir		13°	
2 —	8 —	du matin		13°,5	
2 —	6 —	du soir		15°	
3 —	2 —	du matin		15°	
3 —	10 —	—		15°	
3 —	3 —	du soir		15°	
4 —	1 —	du matin		15°	
4 —	9 —	—		15°	
4 —	2 —	du soir		15°	Arrosage.
5 —	2 —	du matin		15°	—
5 —	9 —	du soir		15°	—
6 —	7 —	—		15°	
7 —	7 —	—		15°	
8 —	9 —	—		15°	
9 —	5 —	du matin		15°	
9 —	9 —	—		17°	Fanage à l'air chaud.
9 —	1 —	du soir		17°	
9 —	5 —	—		17°	
9 —	9 —	—		17°	
10 —	1 —	du matin		17°	
10 —	4 —	—		17°	

Le grain est porté sur la touraille à 8 heures du matin.

FORCE MOTRICE. — Une malterie de 8 cases de 10 000 kilogrammes chacune avec 7 retourneurs et 2 ventilateurs donnant 40 000 centimètres cubes d'air par seconde exige :

Pour les ventilateurs une force de	10 chevaux.
Pour les retourneurs —	3 —

Comparaison du système Saladin au système sur aire. — La perte du maltage à la case n'est pas supérieure à celle du germoir, car la température est suffisamment bien réglée.

Il donne un malt un peu moins humide et un peu moins diastasique; par exemple une orge le troisième jour au Saladin avait 25 p. 100 d'eau et un pouvoir diastasique de trente-sept minutes tandis qu'au germoir, elle avait 30 p. 100 d'eau et un pouvoir diastasique de trente minutes.

Autres systèmes. — Le système Puvrez est assez simple et utilise à peu de frais le système précédent. Dans un germoir ordinaire, on installe sur le sol le long du mur, un tuyau de ventilation relié avec des tuyaux perforés.

On a préconisé des systèmes un peu différents, tel que celui de Weinig, où, dans chaque case, l'admission d'air est constante, mais où l'on déplace

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'orge de case à case en enlevant le faux fond à l'aide de plates-formes à

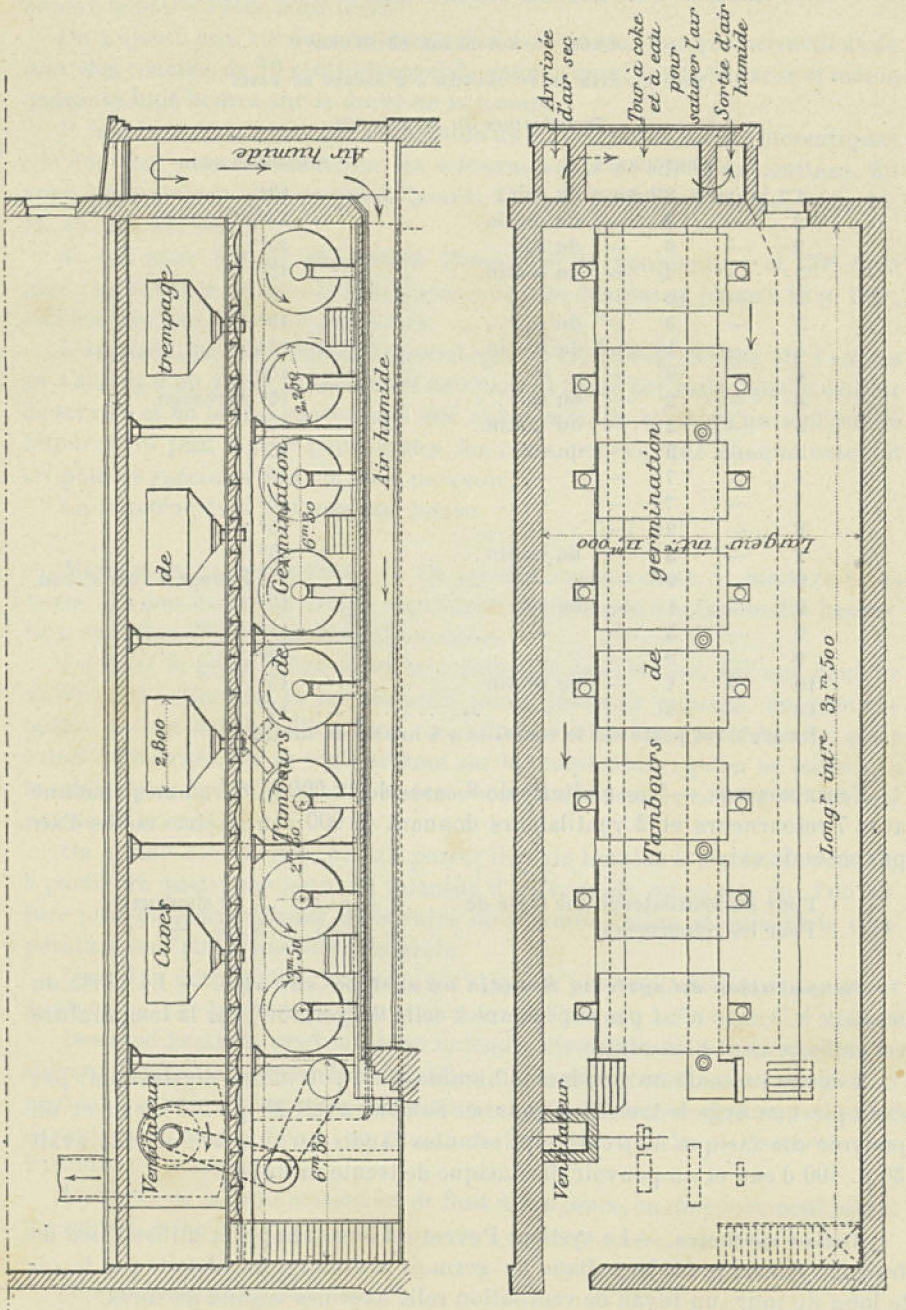


Fig. 35, *a*. — Malterie pneumatique Galland pour 1 200 000 kilogrammes de malt fini. Coupe et plan.

cames. C'est évidemment compliqué et, de plus, l'invariabilité de l'air rend les résultats douteux.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Systèmes à tambours. — ***Système Galland.*** — Dans ce système (fig. 35) l'orge, mouillée comme à l'ordinaire, est versée ensuite dans des tambours

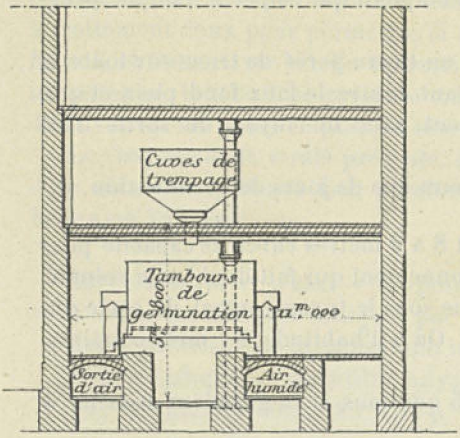


Fig. 35 *b*. — Malterie pneumatique Galland pour 1 200 000 kilogrammes de malt fini. Coupe transversale.

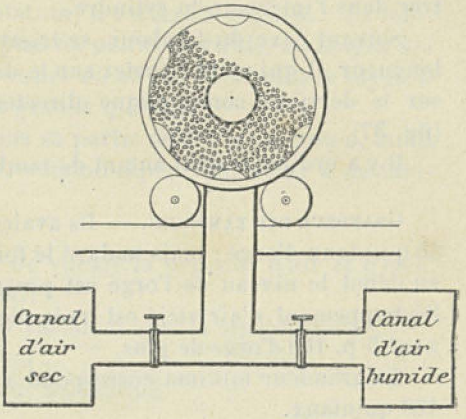


Fig. 36. — Tambour Galland. Vu en coupe.

constitués par des cylindres en tôle à double enveloppe. L'espace entre les deux enveloppes forme chambre à air.

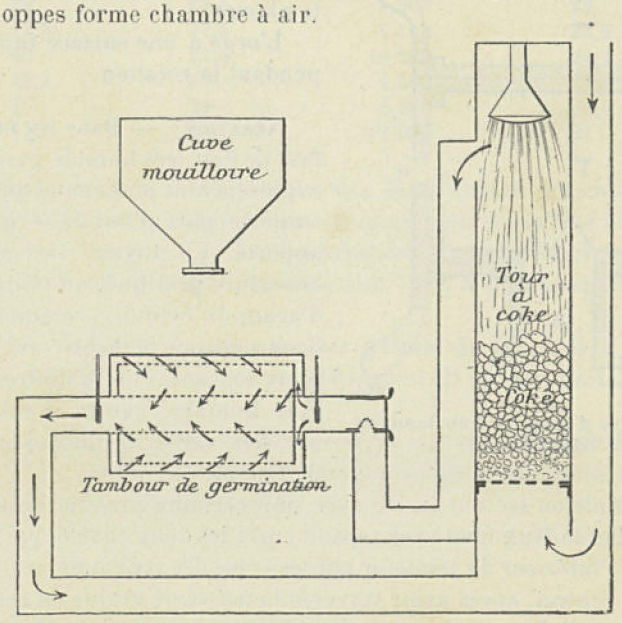


Fig. 37. — Schéma du maltage en tambour. Vu de profil.

La paroi externe est pleine, la paroi interne porte six cannelures demi cylindriques formant six canaux (fig. 36) dans le sens de la longueur du

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tambour et percés de trous. Ces canaux sont fermés à une extrémité par la base même du cylindre ; ils communiquent de l'autre avec une prise d'air.

L'avant du tambour porte un faux fond plein qui empêche l'air de pénétrer dans l'intérieur du cylindre.

Suivant l'axe du tambour, se trouve un tuyau percé de trous sur toute sa longueur et qui vient heurter sur le devant contre le faux fond plein et qui, sur le derrière communique directement avec un tuyau de sortie d'air (fig. 37).

Il y a ordinairement autant de tambours que de jours de germination.

Grandeur des tambours. — Ils avaient 8 à 9 mètres cubes de capacité pour 50 quintaux d'orge ; mais malgré le foisonnement qui fait doubler le volume, au début le niveau de l'orge est presque sous le tuyau central de sorte que l'échappement d'air vicié est irrégulier. On a l'habitude d'y mettre maintenant 5 p. 100 d'orge de plus.

La grandeur minima correspond à 25 quintaux et la grandeur maxima à 100 quintaux.

Il faut remarquer que tant que l'orge n'a pas foisonné, une grande partie des tambours est vide. D'où l'idée de certaines dispositions automatiques bouchant les cannelures d'admission d'air placées à la partie supérieure des tambours.

L'orge a une surface inclinée à 20° pendant la rotation.

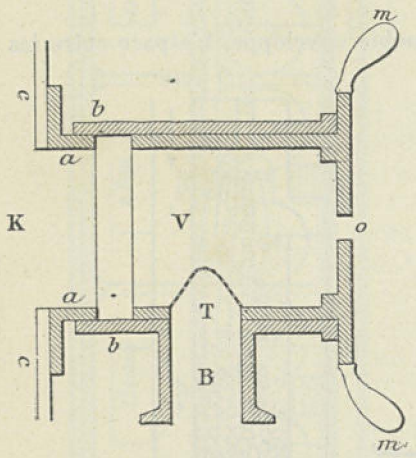


Fig. 38. — Valve d'aération d'un tambour Galland.

Aération[1]. — Dans les tambours il faut de l'air très humide parce que l'air expulsé, étant plus chaud qu'à l'entrée, emporte plus d'humidité qu'il n'en a apporté. Un tuyau, raccordé à une ouverture pratiquée au centre du fond d'avant du cylindre, communique, par deux embranchements, avec deux canaux servant, l'un, à l'introduction de l'air humide; l'autre, à celle de l'air sec. Des valves commandent l'arrivée de l'un ou de l'autre.

L'air humide ou sec qui arrive avec une certaine pression entre d'abord entre le fond et le faux fond et se répand entre les deux enveloppes. Il pénètre ensuite dans l'intérieur du tambour par les trous des six cannelures et en sort par le tuyau central, après avoir traversé la masse de grains en germination.

L'arrivée de l'air se règle au moyen d'une valve spéciale (fig. 38) placée

[1] Dans les tambours, le départ de CO^2 ne peut avoir lieu que par aération. Cependant, il faut laisser au repos un tambour pendant six ou sept heures pour que l'atmosphère ait plus de 0,5 p. 100 de CO^2.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

à l'endroit où le tuyau d'entrée d'air se coude, en avant de l'appareil. Elle est constituée par une virole en tôle V, percée sur sa surface latérale d'un trou T communiquant avec les canaux d'aération. Les pièces *a* et *b* sont assemblées à frottement doux pour permettre la rotation; *a* est fixé à la paroi *c* du tambour K et tourne avec lui. En tournant plus ou moins la virole, au moyen des manettes *m*, le trou T se présente tout entier ou en partie devant le tuyau B d'arrivée et l'air passe en plus ou moins grande quantité.

Le chapeau de la virole présente, dans sa partie médiane un trou *o*, muni d'un obturateur, et qui fait, à volonté, communiquer l'intérieur *k* du tambour avec l'air extérieur.

Dépenses d'air et d'eau. — Au point de vue de la dépense d'air et d'eau, nous avons les nombres indiqués par Petit.

Les quantités d'air injectées sont très variables avec la température.

Petit a indiqué les quantités suivantes :

Par 100 kilos de malt. Air à 98 p. c. de saturation.

Température d'entrée.	Température de sortie.	Volumes totaux de l'air (m³).	Kilogrammes d'eau enlevés.
7,5	15	5,300	26,5
10	15	7,700	27,2
12,5	15	14,900	28
10	17,5	4,900	28
12,5	17,5	7,100	28,8
15	17,5	13,200	29,5
12,5	20	4,500	29,5
15	20	6,500	30,5
17,5	20	12,500	31

Ce qui prouve : 1° que si l'air sort à une température déterminée, il faut d'autant plus d'air et en même temps d'autant plus d'eau que l'air est plus chaud ; 2° que si l'air entre à une température déterminée, il faut d'autant moins d'air et d'autant plus d'eau que l'air sort à une température supérieure.

La quantité d'air est en moyenne par quintal de 16 litres à la seconde, mais elle est loin d'être distribuée régulièrement. Il en faut un maximum du deuxième ou quatrième jour.

La dépense d'eau est considérable ; pour un travail journalier de 100 quintaux, elle est de 50 mètres cubes en temps ordinaire; elle peut atteindre le quadruple dans les journées chaudes[1].

Pour économiser l'eau, le mieux est de la faire passer au filtre de sable et de l'employer à la trempe.

[1] La dépense moyenne d'air par 100 kilogrammes est, par jour, de 1 200 mètres cubes. Dans un travail d'un quintal par jour, il faudra 9 600 mètres cubes d'air soit 10 000.

En hiver il faut 5 litres d'eau par mètre cube, soit 50 mètres cubes d'eau par jour.

En été nous verrons qu'il faut compter sur un volume double d'air, soit 20 000 mètres cubes; de plus l'air étant à 30° exige au moins 10 litres d'eau par mètre cube ; cela fait une dépense de 200 mètres cubes d'eau.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Pfahler et Nauck, ayant remarqué la difficulté de doser la vapeur d'eau de l'air, ont entamé une série d'essais en s'aidant du chlorure de calcium.

Leur germination durait huit jours et demi.

La ventilation durait le	1er	jour	13 heures
—	—	2e —	6 heures et demie.
—	—	3e —	—
—	—	4e —	—
—	—	5e — et suivants.	continuellement.

La rotation a duré un nombre d'heures de 3, 4, 6, 8, 7, 8, 7 et 5 et il était fait un arrosage le quatrième jour.

L'air introduit de 12°,5 à 14°,5 sortait à 13°,5-17°,5.

Les quantités d'eau injectées représentaient 15 litres par seconde et par quintal de malt fini.

Nous avons sur le même sujet des expériences de Mohr.

Schutt avait évalué la quantité de chaleur dégagée par 100 kilogrammes d'orge sèche à 28 540 calories. Mohr a trouvé que les quantités dégagées sont :

Le 1er	jour	844 calories.
— 2e	—	1 547 —
— 3e	—	2 819 —
— 4e	—	3 461 —
— 5e	—	3 852 —
— 6e	—	3 984 —
— 7e	—	3 877 —
— 8e	—	3 758 —
— 9e	—	3 375 —

En admettant que le malt s'échauffe de 1° par jour, cela fait environ 100 calories qu'il absorbe.

De plus, l'air entrant par exemple à 11° et sortant à 13°, à supposer son état hygrométrique des 3/4 au début et de 1/4 à la fin, entraîne de la vapeur d'eau.

Un mètre cube d'air aux 3/4 saturé à 11° pèse 1,231 kg. et contient 0,0077 kg. d'eau.

Un mètre cube d'air saturé à 13° pèse 1,223 kg. et contient 0,0099 kg. d'eau.

Donc le passage de l'air a vaporisé 0,0022 d'eau représentant 1,32 calories.

D'autre part 1,231 kg. d'air passant de 11° à 13° exige $1{,}231 \times 2 \times 0{,}237$ cal. $= 0{,}56$ cal.

De sorte que, 1 mètre cube d'air peut absorber 1,88 cal.

La quantité théorique d'air nécessaire par jour varie donc de $\frac{844 - 100}{1{,}88} =$ 400 mètres cubes à $\frac{3\,984 - 100}{1{,}88} = 2\,000$ mètres cubes.

Avec une moyenne de 1 200 mètres cubes.

On voit que le minimum par seconde est de : $\frac{400\,000}{24 \times 3\,600} = 4{,}8$ l. ou, en g. os, 5 litres.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le maximum est de : $\frac{2\,000\,000}{24 \times 3\,600} = 24$ litres, et la moyenne 14,4 l.

Mais à cause de la discontinuité, il faut pouvoir compter sur 96 litres lorsque l'air extérieur est très chaud car la germination va plus vite et dégage plus de chaleur.

Il peut arriver des cas où il faut plus d'air soit par ex., 28,4 l. comme moyenne et 192 litres comme grand maximum.

Il n'y a aucune impossibilité à réaliser ces insufflations d'air.

Si on admet deux mois de très fortes chaleurs la moyenne annuelle sera de : $\frac{14,4 \times 10 + 28,8 + 2}{12} = \frac{144 + 57,6}{12} = \frac{201,6}{12} = 16,8$ l., ce qui est le nombre indiqué par la pratique.

La température et l'humidité se règlent sur les indications de deux thermomètres placés, l'un à l'entrée de l'air, l'autre à la sortie.

Retourne. — La retourne du grain est obtenue par la rotation de l'appareil autour de son axe géométrique (fig. 39).

A cet effet, le tambour repose sur quatre galets et porte à une extrémité une couronne dentée qui l'embrasse entièrement et qui engrène sur une vis sans fin. La vis V, montée sur l'arbre *a* est folle, mais elle peut devenir fixe en engrenant avec le manchon M, mobile dans le sens longitudinal, grâce à la clavette *c* et dont le mouvement est limité par le heurtoir *b*. Le mouvement d'avant ou d'arrière du manchon est commandé par la jarretière A et le levier ABC.

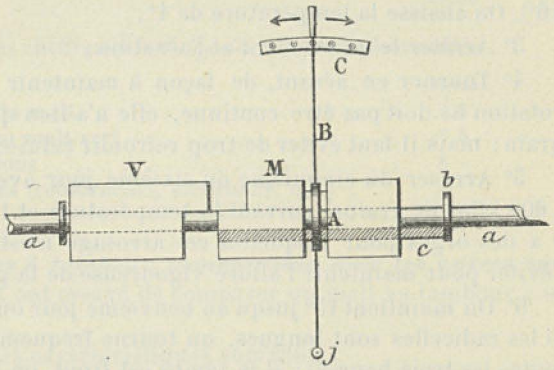


Fig. 39. — Embrayure des tambours Galland.

On peut donc alternativement faire tourner ou arrêter le tambour. Comme il n'est rempli qu'à moitié et que même à la fin de la germination, quand les radicelles ont poussé, il n'est plein qu'aux deux tiers, l'orge se dispose en talus d'éboulement et dans le mouvement de rotation, le frottement des grains les uns contre les autres suffit pour empêcher le feutrage.

La vitesse de rotation est de 1 tour en quarante minutes. L'arbre *a* est commun à tous les tambours placés sur la même ligne et porte autant de vis sans fin et de manchons enfilés.

En fait, les tambours ne tournent guère qu'à raison de 2 sur 7.

La vidange s'opère en tournant le cylindre de manière à amener la porte en bas et on recueille le malt dans des wagonnets. L'appareil est ensuite brossé intérieurement et on nettoie même les tuyaux d'air qui ont pu être infectés pendant l'opération.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Marche de la germination. — La marche de la germination est la même que pour le maltage en cases et l'introduction, à volonté, d'air humide ou d'air sec, permet de la conduire à son gré.

Un trou d'homme, fermé par une porte qui sert au remplissage et à la vidange, et un perron qui permet d'y atteindre, assurent la surveillance et l'observation de la germination, car les tambours ne tournent pas toujours et en tout cas tournent lentement.

Ainsi qu'on l'a dit au début du chapitre relatif au maltage pneumatique, celui-ci est loin d'être automatique ; il faut, au contraire, effectuer les manœuvres selon la nature de l'orge. Cependant, il doit exister un ensemble de règles générales. L'expérience les indiquera à la longue ; pour le moment, on ne connaît que peu de chose à ce sujet.

En général, l'opération est conduite en huit à neuf jours.

Briant et Vaux ont indiqué le manuel opératoire, qui leur a réussi pour un grand nombre d'orges, dans une fabrication de malt anglais.

1° Faire un tour sans aérer, arrêter quelques heures [1] ;

2° Faire tourner trente minutes avec une quantité d'air limitée (T = 15° 16°). On abaisse la température de 1° ;

3° Arrêter le mouvement et l'aération ;

4° Tourner en aérant, de façon à maintenir 15° pendant cinq jours ; la rotation ne doit pas être continue, elle n'a lieu que pour aider à refroidir le grain ; mais il faut éviter de trop refroidir celui-ci ;

5° Arroser du cinquième ou sixième jour avec 75 à 120 litres d'eau par 1 000 kilos de grains, suivant la température et l'état d'humidité de l'eau. Il y a des orges pour lesquelles cet arrosage n'est pas nécessaire, et il faut l'éviter pour maintenir l'allure vigoureuse de la germination ;

6° On maintient 15° jusqu'au neuvième jour ou au delà, suivant le besoin. Si les radicelles sont longues, on tourne fréquemment (une heure et demie toutes les trois heures) ; si le temps est froid, on tourne plus que si le temps est chaud. On peut être amené à tourner trois heures ; on peut être amené à tourner trente minutes, jamais moins ;

7° Du dixième au onzième jour, on élève la température à 17° et on remplace l'air humide par de l'air sec ; à partir du quatorzième jour, la température est élevée à 15-20°. Il faut bien remarquer qu'il s'agit de malt anglais.

En général, les radicelles sont moins touffues qu'au germoir.

Les mêmes auteurs font remarquer que le séchage au tambour a l'inconvénient de ne sécher le grain que superficiellement. On emploie de l'air à 45° qui sort à 20° pendant les premières heures, puis de l'air à 52° qui sort à 22°,5 ; l'opération dure de trente-six à quarante-huit heures.

[1] Nous savons que l'accumulation de CO^2 dans l'atmosphère ne devient sensible qu'après 6 ou 7 heures, il est donc inutile d'aérer d'une manière continue parce qu'on enlève de l'humidité.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

FORCE MOTRICE NÉCESSITÉE PAR LE SYSTÈME GALLAND.

ORGE TRAVAILLÉE en 24 heures. Kilogrammes.	TAMBOURS	TOURS A COKE	VENTILATEURS	FORCE MOTRICE Chevaux.
2500	8	1 à 2	1 à 2	5 à 8
3000				7 à 10
4000				9 à 12
5000				10 à 15
7000				14 à 18

Pour un travail de 105 quintaux par jour, on peut décompter la dépense de force motrice de la manière suivante :

	Chevaux.
2 tambours (marchant sur 8)	1,25
2 ventilateurs	8,25
1 pompe à air	6
1 — à eau	8,50
	24,00

Remarque. — A tous ces chiffres il faut ajouter la force demandée :

	Chevaux.
1° par le nettoyage du malt	7,5
2° par le transport du malt vert	7,5
3° par les transmissions	8
4° par les touraillages (retourneurs, élévateurs, etc.)	8
	31,00

Résultats des systèmes à tambour, comparaison avec les autres systèmes. — Pfahler et Nauck ont essayé de comparer un malt au tambour à un malt au germoir.

L'orge employée avait les caractéristiques suivantes :

Poids de l'hectolitre	72,5 kg.
Eau	15,25 p. 100.
Azote total	1,65 p. 100 de matières sèches.
Albuminoïdes	10,28 —

105 quintaux avaient été trempés cent quatre heures et travaillés au tambour.

Ils avaient 49,3 p. d'humidité.

La germination avait duré huit jours et demi, la ventitation avait duré treize heures le premier jour, six heures et demie le deuxième, elle avait été continue à partir du cinquième jour. La rotation avait duré : 3, 4, 6, 8, 7, 8, 7, 5 heures les différents jours et on avait arrosé le quatrième jour.

L'air avait une température de 12°,5-14°,5 et sortait à 13°,5-17°,5 ; les quantités injectées ont varié de 0,9 m³ à 1,6 m³ (moyenne 15 litres par quintal).

Enfin on a remarqué que CO^2 avait été dans les proportions successives : 0, 0,3, 0,8, 0,95, 1,7, 1,8, 1,2.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

D'autre part, on a travaillé de la même orge au germoir. Elle avait été amenée à 46,21 p. 100 d'eau par quatre-vingt-quatorze heures de trempe. La germination a duré sept jours et demi en tas ayant d'abord 40 centimètres, puis abaissés et retournés deux fois par jour. La teneur moyenne en acide carbonique a été successivement de 4 ; 5,5 ; 4,2 ; 5,1 ; 3,2 ; 3 ; 2,3 p. 100.

Les caractéristiques des deux malts sont reproduites dans le tableau suivant :

	Tambour.	Germoir.
Eau, p. 100.	44,55	42,5
Plumules = 0.	2	3
— = 1/2	20	26
— = 2/3	48	45
— = 3/4	26	23
— = 1	4	3
Pouvoir ferment (en extrait)	72,29	62,23
Sucres réduits (en maltose).	5,61	2
— non réduits (en saccharose).	5,29	4,69
Albuminoïdes totaux.	11,11	10,08
— solubles.	2,68	3,23
— coagulables	0,63	0,65
— précipités par le sulfate de zinc	0,55	6,65
— précipités par l'acide phosphotungstique.	0,32	0,35

L'on voit que le malt au tambour est plutôt meilleur que l'autre ; touraillé, il s'est saccharifié en vingt minutes, tandis que l'autre a exigé trente minutes.

Une chose très facile à observer et qui se comprend aisément, c'est que la teneur de l'air en acide carbonique est plus faible au tambour qu'au germoir.

Pfahler et Nauck ont remarqué que les radicelles ne sont jamais feutrées dans les tambours comme elles le sont sur aire ; ils se sont demandé si c'était à cause de la moins grande teneur de l'atmosphère en acide carbonique.

Pour résoudre cette question, ils ont fait passer dans de petits tambours l'air sortant des grands ; ils ont pris la précaution d'établir que l'excès d'acide carbonique n'était pas dissous dans l'eau et restait bien libre, et ils n'ont pas trouvé de différences dans l'état des radicelles.

Au point de vue de la même comparaison, citons les expériences suivantes qui se rapportent à des malts touraillés.

Essai comparatif d'un même malt germé, d'une part, dans un tambour Galland et, de l'autre, dans un germoir ordinaire (système bavarois) :

	Malt pneumatique.	Malt du germoir ordinaire.
Humidité	2,57 p. 100.	2,11 p. 100.
Durée de solubilité.	35 minutes.	35 minutes.
Extrait dans le malt séché à l'air.	75,4	75,8
Extrait rapporté à la substance sèche.	77,4	77,5
Maltose	50,8	48,2
Azote	0,448	0,496
Matières azotées	2,8	3,1
Maltose à non-maltose	1 : 0,52	1 : 0,61
Pouvoir diastasique	22,84	20,46

IRIS - LILLIAD - Université Lille

O. Reinke, de Berlin, donne l'analyse suivante d'un malt pneumatique pâle, touraillé :

Humidité	2,99
Substance sèche	97,01
Extrait brut	74,80
— rapporté à la substance sèche	76,07
Maltose dans l'extrait	62,22
Acidité, en acide lactique	0,252
Maltose à non-maltose	1 : 0,607
Durée de la saccharification	20 minutes.

Si l'on cherche à comparer le travail à la case et celui au tambour, on constate : qu'au tambour l'eau tend à décroître beaucoup plus qu'à la case où la réabsorption est possible.

Il semble que la perte est un peu moindre au tambour qu'à la case.

Chimie de la germination. — Dans un chapitre spécial nous avons indiqué le mécanisme du développement de l'embryon et les principales transformations qui y président.

Ici nous allons passer en revue, aux points de vue qualificatif et quantitatif, les modifications chimiques du grain, de manière à connaître le sort des éléments primordiaux de l'orge et la constitution chimique du grain de malt.

Il y a trois agents de germination, l'eau, l'oxygène et la chaleur.

Influence de l'eau. — L'eau est indispensable car un grain sec ne germe pas.

D'après Kolkwitz, une humidité de 12 p. 100 fait dégager 0,4 gr. de CO^2 par kilogramme d'orge en vingt-quatre heures ; 15 p. 100 donnent 1,4 gr. et 34 p. 100,2 grammes.

Il ne faut pas abuser de l'eau, car malgré que la germination soit plus active, le malt n'est pas meilleur. D'abord cette eau est souvent inégalement répartie et les tas germent irrégulièrement.

Mais quoique l'embryon soit plus lourd dans une orge trop trempée, on constate que la radicelle ne contient pas autant de matière sèche ; l'azote solubilisé et le pouvoir diastasique des orges trop trempées sont plus faibles.

L'eau absorbée par le grain est inégalement répartie entre l'endosperme et le germe, vers la fin de la germination, l'embryon a une proportion d'eau multiple de celle de l'endosperme ; la différence est d'autant plus marquée que le grain a été plus trempé au début.

Le même fait a été vérifié pour la trempe au tambour. D'expériences faites avec le trempage en tambour, on voit encore que l'eau est très irrégulièrement distribuée dans le grain, et la différence, quoique moins marquée, persiste encore pendant les trois derniers jours. Pendant ces trois derniers jours, la teneur en eau des deux moitiés du grain a une tendance à s'égaliser ; mais l'égalisation ne peut se faire, parce que l'embryon absorbe l'eau. Cependant

IRIS - LILLIAD - Université Lille

les arrosages perpétuels du tambour sont contraires à cette inégalité de répartition.

L'eau nécessitée par la germination, a diverses destinations; une partie est évaporée; une autre est fixée sur l'amidon qu'elle saccharifie, et on peut dire que cette quantité est proportionnelle à la matière brûlée, car le poids de la matière sèche reste sensiblement constant.

Pendant les vingt-quatre ou trente-six premières heures de la germination la proportion d'eau augmente par suite de l'absorption de l'humidité de l'air et de la combustion; mais bientôt l'évaporation fait redescendre le chiffre.

Ainsi une orge à 40 p. 100 d'eau monte à 42,5 p. 100 puis redescend. Cette augmentation correspond à une portion de 6-7 p. 100 du poids de l'orge primitive.

Influence de l'air. — **Rôle de l'oxygène.** — Il est sans doute fixé par une oxydase. Cette fixation d'oxygène entraîne un dégagement d'environ 28500 calories par 100 kilogrammes d'orge (combustion de 6 kilogrammes d'hydrates de carbone et de 0,4 kg. de graisses).

Une autre conséquence de l'absorption d'oxygène est la diminution de matière sèche. Il semble que dans un maltage ordinaire il y a environ 11 p. 100 de la matière sèche de l'orge qui disparaît, dont plus des 2/3 en charbon (7,7 p. 100), 1,46 p. 100 en hydrogène, 1,6 p. 100, en oxygène et 0,3 p. 100 en matières minérales; l'azote ne paraît pas varier, mais il faut faire attention que la trempe a déjà enlevé de 1,2 à 2,25 p. 100 de matière sèche, par exemple 0,6 p. 100 de carbone, 0,9 d'hydrogène, 0,3 de matières minérales; d'après certains auteurs il y a sur l'orge trempée légère fixation d'oxygène. Quoi qu'il en soit, dans l'exemple précédent, la germination seule a éliminé sur 100 de matières sèches de l'orge naturelle, 7,1 de charbon; 0,56 d'hydrogène; 1,6 d'oxygène (ou plus).

Ce qui est certain c'est que 100 d'orge perdant 1-2 p. 100 de leur poids à la trempe, perdent encore de 4 à 9 p. 100 à la germination; le chiffre dépendant de la température et de la durée.

Production d'acide carbonique. — Une autre conséquence de l'absorption d'oxygène est la formation d'acide carbonique. Ce dégagement atteint 10-11 p. 100 du poids de la matière sèche; mais le dégagement n'est pas régulier, il atteint son maximum vers le milieu de la germination; au début, il y a plus d'O absorbé que de CO^2 rendu; mais le phénomène change de sens.

Au point de vue pratique, l'accumulation de CO^2 dans l'atmosphère qui entoure le grain joue un rôle important dans le maltage lorsqu'il est dû à l'élévation de température. Mais si la température ne varie pas, l'élévation du taux d'acide carbonique, lorsque celui-ci ne se prolonge pas trop, ne paraît pas avoir d'influence sur la valeur du malt. Il en résulte que la hauteur des couches a bien plus d'influence que l'aération.

Le défaut d'aération fait monter le taux d'acide carbonique de l'atmosphère

IRIS - LILLIAD - Université Lille

du tas de 2,5 à 6 ou 7 p. 100 [1]. Et tant que ce titre de 7 p. 100 n'est pas dépassé la somme de l'acide et de l'oxygène représente la constante 20,9 p. 100, proportion habituelle de l'oxygène dans l'air.

Or, quand du charbon brûle, il donne un volume de gaz carbonique égal à celui de l'oxygène absorbé et le volume du gaz ne varie pas.

Le fait précédent prouve donc qu'il y a simple combustion de carbone.

En outre, si l'air est plus chargé de gaz carbonique, la combustion est plus lente.

Une expérience qui fait la contre-partie de cette dernière, est celle-ci : L'air, surchargé artificiellement d'oxygène, donne avec l'orge une combustion plus active.

Si la proportion carbonique dépasse 7 p. 100 sans atteindre 20 p. 100, la somme des deux gaz dépasse 20,9 ; il se forme, en même temps, de l'alcool ; il y a donc véritable fermentation caractérisée par celui-ci et l'excès de gaz carbonique.

De plus, malgré sa double origine, l'acide carbonique se produit en plus faible proportion que dans le cas précédent, donc le phénomène est très peu actif.

Enfin, 20 p. 100 de gaz carbonique arrêtent toute germination.

Le dégagement d'acide carbonique explique l'excédent de cet acide dans l'atmosphère des tas en germination.

Cette atmosphère a une dose maximum de gaz carbonique vers le troisième jour.

L'acide carbonique provient de la combustion des substances du grain ; mais le phénomène est complexe, il mérite d'être étudié en détail.

[1] L'air au-dessus du tas n'a guère plus de 0,8 p. 100 à 1 centimètre au-dessus et de 0,4 p. 100 à 50 centimètres.

Nous citerons sur la présence de l'acide carbonique au germoir les expériences de Bleisch, relatives au maltage pneumatique.

En case (hauteur des couches 60 centimètres au début, 75 à la fin. Température inférieure à 18°), en aérant modérément et d'une manière continue, l'atmosphère du tas contient de 0,2 p. 100 d'acide carbonique.

Pendant les repos, on constate les doses suivantes :

	Bas.	Haut.
Périphérie	9,3	8,3
Centre	10	9

Mais l'aération après :

10 minutes donne	0,2	0,2
15 — —	0	0,2
20 — —	0	0,2

Bleisch a remarqué que de laisser élever le taux de CO^2 à 18 p. 100 ne produit pas de mauvais résultats pourvu que cette période ne se prolonge pas trop.

Il semble que le feutrage n'a lieu que si le taux de CO^2 dépasse 10 p. 100.

Dans le système Galland, le départ de CO^2 ne peut être que mécanique puisque l'appareil est clos. On a trouvé les doses suivantes de CO^2 dans les tas.

1er jour	0,5
2e —	1,5
4e —	4,5 (maximum).
7e —	0,5

L'atmosphère du tambour contient 0,5 p. 100, et il faut ne pas aérer pendant sept heures pour que ce taux s'élève.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Cellulose. — La cellulose tend à disparaître de l'albumen ; il est vrai qu'il s'en forme dans l'embryon de telle sorte qu'il semble y avoir une augmentation (1,5 p. 100).

Amidon. — L'amidon paraît brûler dans une proportion de 3 p. 100.

Une partie d'amidon est donc perdue par la respiration de la plante ; une deuxième est transformée à même le grain ; une autre sert à la formation des radicelles et à l'accroissement de l'embryon.

Lintner estime la perte totale de 11 à 12 p. 100 ; 100 parties de substances sèches ne donnent que 88,8 parties. Elle varie avec la température et par conséquent avec la rapidité du maltage.

Moritz et Morris citent les expériences comparatives de John :

	MALTAGE rapide.	MALTAGE lent.
Perdu par respiration	8,36	6,38
Substance du malt (sans le germe et les radicelles)	83,09	85,88
Germe	3,56	3,09
Radicelles	4,99	4,65
	100	100

Dans le maltage rapide, 100 parties d'orge n'ont donné que 86,65 ; dans le maltage lent, on a obtenu 88,97. Les chiffres sont rapportés à la substance sèche.

Modifications diastasiques de l'amidon. — Sous l'action des diastases, une partie de l'amidon se transforme en maltose, puis en saccharose et en sucre interverti. L'orge crue ne contient que très peu de saccharose et pas du tout de maltose ni de lévulose. On en trouve, au contraire, dans le malt vert.

On rencontre le sucre interverti et la saccharose dans le germe et le scutellum : la maltose seulement dans l'endosperme.

Moritz et Morris ont trouvé :

	DANS L'ORGE après 48 heures de mouillage.		DANS LE MALT après 10 jours de germination.	
	dans le germe.	dans l'endosperme.	dans le germe.	dans l'endosperme.
Saccharose	5,4	0,3	24,2	2,2
Sucre interverti	1,8	0,2	1,2	2,2
Maltose	—	—	—	4,5
	7,2	0,5	25,4	8,9

IRIS - LILLIAD - Université Lille

D'après O'Sullivan, les quantités de sucre dans le malt vert seraient :

Saccharose	2,8 à 6	p. 100
Maltose	1,3 à 5	—
Dextrose	1,5 à 3,5	—
Lévulose	0,7 à 1,5	—

Avant d'aller plus loin, disons un mot de l'étude des sucres qui peuvent se trouver dans le malt avant son emploi.

Sucres préexistants. — Il y a des difficultés spéciales à leur extraction.

1° Pendant leur extraction, l'autosaccharification du malt se produit de telle sorte que ce que l'on analyse n'est pas exactement ce qui existait dans les grains ;

2° Les sucres en mélange sont souvent très difficiles à caractériser ;

3° Les différents malts n'ont pas sous ce rapport la même composition, de sorte que les différents auteurs sont souvent en désaccord.

On a préconisé les méthodes suivantes. Pour l'extraction des sucres, la macération à froid prolongée par exemple trois heures, a l'inconvénient de laisser la diastase agir sur l'amidon. On a préconisé d'arrêter l'action de la diastase par une acidulation sulfurique ou chlorhydrique. Cette méthode, qui est bonne vis-à-vis d'amidon et de diastase purs, est insuffisante avec de l'extrait de malt, l'acide sulfurique déplaçant des acides organiques inefficaces.

Trois méthodes paraissent les meilleures, celle de Ling où l'on arrête l'action diastasique par 3 centimètres cubes de potasse décinormale pour 100 d'extrait, celle d'Aimé Girard où l'on fait intervenir le froid, et celle de Mason qui consiste à faire bouillir 20 grammes de farine de malt avec 75 centimètres cubes d'alcool à 90°. Cela tue la diastase, on filtre, on sèche et on épuise le malt à l'eau.

Mason à l'aide de la méthode indiquée plus haut a reconnu qu'on peut classer les sucres du malt ainsi :

1° Réducteurs et fermentescibles (glucose et levulose) ;

2° Non réducteurs, inversibles, fermentescibles (saccharose et peut-être raffinose) ;

3° réducteurs infermentescibles.

Il n'a pas trouvé dans l'orge naturelle de corps des premier et troisième groupes.

Il a trempé un échantillon pendant quarante-huit heures, puis il l'a fait germer neuf jours. Il a eu un malt à 50 p. 100 d'eau contenant beaucoup de 1 et un peu de 3 ; il y avait également beaucoup de saccharose.

Quoi qu'il en soit voici les résultats indiqués par les auteurs.

Saccharose. — Kuhnemann l'a isolée de l'orge et du malt en 1895.

Kjeldahl a indiqué que la saccharose passe de 6 p. 1000 dans l'orge à 2 p. 100 dans le malt sec, mais le malt vert en fournit moins, car ce malt contient de l'invertine qui détruit la saccharose pendant l'extraction.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Jalowetz l'a isolé à l'aide de l'alcool à 97°. Brown et Morris pensent qu'il précède la maltose dans le malt car cultivant un embryon détaché sur maltose ils y trouvèrent non du sucre mais de la saccharose.

Lindet pense que la quantité de saccharose est d'autant plus grande que la température de germination est plus élevée, et Petit admet que la quantité de saccharose s'accroît pendant les premiers jours.

Nous verrons aussi qu'elle croît pendant le touraillage.

Raffinose. — Indiquée par O'Sullivan dans l'orge et le malt, est niée par certains auteurs, il est difficile de dire la variation de proportion pendant la germination.

Maltose. — Est également très discutée. Cela tient à ce qu'elle paraît n'exister que dans les malts anglais.

Glucose. — Existe dans le malt et ne paraît pas exister dans l'orge.

Malgré ces hésitations sur la nature des sucres existants dans le malt, il est certain que le grain d'orge contenait à peine des traces de matières alcoolisables et que le grain de malt vert en contient plus. Stein cite les chiffres suivants : Orge, 2 p. 100; malt vert, 4,68 p. 100.

Dans un malt de brasserie on recherche les sucres préexistants parce que sans nuire au rendement en extrait auquel ils contribuent, ils sont un des éléments de l'arome. Cependant certains auteurs ont cru remarquer une corrélation entre les sucres préexistants, les albuminoïdes non coagulables, les amides, l'acidité et les phosphates.

La formation de sucres est importante et même décisive pour la qualité du malt. Ce sont eux qui donneront au malt touraillé son caractère aromatique, parce qu'ils se caraméliseront pendant le séchage.

Il y aurait donc intérêt à pousser à la production du sucre pendant le maltage. Or, les facteurs qui influent sur cette production sont : une grand humidité et une température élevée des couches.

Mais dans ces conditions, la respiration du grain est activée et la destruction du sucre se produit au fur et à mesure, par suite du phénomène respiratoire. Il faudrait donc, en même temps qu'on favorise le développement des sucres, suspendre ce phénomène.

Delbrück a observé qu'au début de la germination et quand la température ne dépasse pas 18°, il y a augmentation très sensible du sucre et respiration faible, tandis qu'à 25° ou 30°, il ne se produit plus de sucre, ou du moins il disparaît parce que la respiration est trop active. Au contraire, à la fin de la germination, une élévation de température augmente la teneur en sucre de 1 à 2 p. 100.

Il recommande donc, pour obtenir des malts très sucrés, de conduire la germination à froid au début et de laisser les couches s'échauffer plus ou moins pendant les derniers jours. Si à ce moment on ralentit l'aération, on a des malts plus riches en sucre.

C'est la justification, en somme, du procédé bavarois, où on laisse les couches se feutrer du sixième au huitième jour. Le grain très sucré donne le malt aromatique et coloré qui convient à la fabrication des bières de Munich.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Outre les sucres, on trouve encore dans le malt d'autres hydrates de carbone, telles sont par exemple les pentosanes.

D'après Tollens, l'orge contient 8-9 p. 100 de ces corps, mais le malt en contient plus.

Ainsi une orge à 10,54 p. 100 d'eau a fourni un malt à 4,37; elle contenait 8,16 p. 100 de pentosanes et son malt 9,41 p. 100.

De plus, au maltage et au touraillage il a été perdu 3 p. 100 de matière sèche.

Il résulte de cela que 100 d'orge contenant 89,46 de matière sèche dont 8,16 de pentosanes a donné un poids p de malt tel que $p \times 0{,}9563 = 89{,}46 \times 0{,}97$, c'est-à-dire $p = 91{,}69$; il y a donc par suite dans ce malt, parmi les 87,20 de matière sèche, $91{,}69 \times 0{,}0941$ de pentosanes c'est-à-dire 8,43.

La quantité de pentosanes a donc augmenté en valeur absolue. Elle a aussi augmenté en valeur relative par rapport au poids de matière sèche.

En effet, le rapport était $\frac{8{,}16}{89{,}46} = 9{,}1$ p. 100; il est maintenant $\frac{8{,}43}{87{,}2} = 9{,}6$ p. 100.

Dextrine. — A côté de ces pentosanes, on trouve encore dans le malt vert de la dextrine : les chiffres indiqués pour ce corps n'ont pas grande valeur, à cause : 1° des méthodes employées et 2° parce que les chiffres se rapportent à du malt séché à l'air et que la dextrine mesurée peut s'être formée, du moins en partie, pendant le séchage.

Modification des matières grasses. — Non seulement les hydrates de carbone sont modifiés par la germination, mais il en est de même des matières grasses. Il semble qu'il en disparaisse d'un cinquième à un demi. Müntz a montré qu'il se forme de la glycérine qui s'élimine très vite et des acides gras.

La matière grasse de l'orge qui est une huile jaune, change de nature, elle devient brune, solide et rance.

Dans les radicelles, il y a accumulation de matières grasses et de lécithine. Les radicelles contiennent par exemple 2,4 p. 100 de graisse, alors que le malt vert n'en contient que 1,2 p. 100, que l'orge crue en contenait 2,5 p. 100 et l'orge trempée 2,1. Il y a la même disproportion pour la lécithine.

Enfin, dans la germination, il y a également formation d'acides qui résultent, soit de l'oxydation des sucres, soit de la digestion des albuminoïdes.

D'après Lermer, dans le malt vert, on trouve les acides lactique, formique, propionique, butyrique, citrique, succinique, oxalique.

L'acide lactique et l'acide butyrique, qui n'existent pas toujours, paraissent dus à des fermentations.

Un mauvais maltage augmente toujours l'acidité.

D'après Prior, pendant la trempe, les acides fixes se forment, les acides volatils diminuent, ainsi que les phosphates acides, à cause de la chaux.

Après deux jours de germination, le taux de l'acidité totale a un peu augmenté, le taux des acides volatils est demeuré constant, celui des acides fixes a diminué, celui des phosphates acides a augmenté.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Au quatrième jour, le taux de l'acidité totale et des phosphates a augmenté, celui des acides volatils est demeuré constant.

Il faut remarquer d'ailleurs qu'il se peut fort bien que ces phosphates acides, au moins en partie, ne se produisent qu'à l'extraction par suite de l'action des acides organiques sur les phosphates, car une extraction à froid donne moins d'acide phosphorique qu'à chaud.

En tout cas, les mauvais maltages, qui donnent des moûts plus acides, donneront plus de phosphates acides dans les moûts, ce qui est nuisible.

Modification des matières minérales. — Les matières minérales sont employées surtout au développement de l'embryon (phosphate de potasse). Les phosphates neutres deviennent acides et la quantité de phosphates primaires augmente toujours dans le malt. Une partie des substances minérales est éliminée par l'eau de trempage, une autre est transportée dans les radicelles.

Modification des matières azotées. — Nos connaissances sur les matières azotées sont minimes. Elles peuvent se résumer ainsi : les matières albuminoïdes se solubilisent, et c'est à ce moment qu'apparaissent les diastases, puis elles aboutissent à des amides. Voici une expérience de Behrend qui montre cette solubilisation ; 1 000 grains d'orge pesant 33,4 gr. contenaient 2,3 p. 100 de matière sèche en azote. Sur 100 d'azote total.

	ETAIT SOLUBLE			ETAIT INSOLUBLE	ETAIT ALBUMINOIDE
	Amidé.	Albuminoïde.	Total.	Albuminoïde.	Total.
Orge naturelle.	5	8,1	13,1	86,9	95
— trempée	5,6	5,1	10,7	89,3	94,9
Après 41 heures de germination.	7,4	9,6	17	83	92,6
— 89 — — .	18,2	15,3	33,5	76,5	91,8
— 113 — — .	20,7	14,5	35,2	64,1	78,6
— 137 — — .	24,2	12	36,2	63,8	75,8
— 209 — — .	27,5	14,1	41,6	58,4	72,5

On voit que les matières azotées totales et les amides augmentent même au delà de la maturité qui avait lieu après cent treize heures.

Les matières albuminoïdes solubles tendent vers un maximum qui semble d'ailleurs précéder la maturité. Les matières albuminoïdes totales diminuent régulièrement, ce qui est prévu.

Les radicelles sont plus riches en amides que l'albumen, mais comme leur poids est très faible, la plus grande quantité d'amides est encore dans l'albumen.

Sur la nature des matières azotées contenues dans le malt, on ne sait pas grand'chose, et cela pour une raison d'ordre général. Les réactifs indiqués ne sont pas absolument spécifiques ; tels, par exemple, entraînent avec les peptones certains autres corps qui passent pour des peptones. Le mal ne serait pas très grand si tous les expérimentateurs employaient les mêmes réactifs aux mêmes doses ; mais il est loin d'en être ainsi. Aussi, les précipi-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tés obtenus sont-ils au fond très différents de ce que l'on énonce sur la foi d'une action simplifiée des réactifs.

Quoi qu'il en soit il semble qu'il y ait beaucoup de peptones : Gruss les a d'ailleurs retrouvées par la voie microchimique.

Hilger et van der Becke ont trouvé sur 100 d'azotés :

Dans l'orge crue	6,74	p. 100	de solubles.
— trempée	3,75	—	—
Dans le malt vert	21,96	—	—
— touraillé	24,44	—	—

D'après Bungener et Fries, sur 100 d'azote soluble il y en aurait en chiffres ronds dans un malt sec.

En amides.	30	p. 100	dans l'orge et	53	p. 100	dans le malt sec.
En peptones.	10	—	—	7	—	—
En albuminoïdes. . .	60	—	—	40	—	—

Appliquons ces proportions à l'orge et au malt de l'exemple de Behrend. et nous trouvons que dans l'orge, où sur 100 d'azote total, il y a 13,1 d'azote soluble, il doit, d'autre part, y avoir :

$13{,}1 \times 0{,}3 = 4$	d'azote amidé.	pour 100	d'azote total.
$13{,}1 \times 0{,}1 = 1{,}3$	— peptoné	—	—
$13{,}1 \times 0{,}6 = 8$	— albuminoïdé	—	—

et dans le malt correspondant, où sur 100 d'azote total il y a 35,2 p. 100 d'azote soluble, il doit y avoir :

$35{,}2 \times 0{,}53 = 1{,}9$	d'azote amidé	pour 100	d'azote total.
$35{,}2 \times 0{,}07 = 2{,}5$	— peptoné	—	—
$35{,}2 \times 0{,}4 = 1{,}4$	— albuminoïdé	—	—

Il faut remarquer que l'expérience de Behrend porte sur du malt vert et que celle de Bungener porte sur du malt sec qui a probablement subi des transformations supplémentaires.

Ces modifications dépendent aussi de la qualité des orges. Bungener et Fries citent deux orges qui ont produit deux malts de qualités très différentes au point de vue des matières azotées solubles.

Sur 100 parties de matières azotées il y avait :

	Alsace.	Champagne.
Orge.		
Substances insolubles	45,3	58,6
— solubles	54,7	41,4
Malt.		
Insolubles	35,9	39,8
Solubles	64,1	60,2

L'azote en se transformant se déplace, une partie va dans l'eau de trempage, une autre dans les radicelles.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On a peu étudié l'influence de la durée de la germination sur la formation des matières azotées solubles. Il semble cependant que dans un maltage rapide, le malt en contient davantage et les radicelles moins.

John, cité par Lintner, donne les chiffres suivants résultant de ses analyses :

Matières azotées sur 100 parties d'orge sèche :

	Germée lentement.	Germée rapidement.
Dans le malt.	8,45	9,07
Dans les radicelles	1,79	1,57
Evaporées	0,57	0,11
Orge sèche.	10,81	10,81

Diastases. — Aux dépens des matières azotées, il se forme surtout des amides, des acides amidés et probablement aussi des peptones.

C'est aux dépens des matières azotées solubles que se produisent les diastases.

Le pouvoir saccharifiant du malt résulte d'une modification des matières azotées.

On a observé (Lintner) que la quantité d'albumines solubles, dans un malt, est en rapport avec la quantité de diastase qu'il contient. Quand les matières azotées solubles sont en petite quantité, le malt est pauvre en diastase.

La détermination de l'azote soluble total paraît à Evans assez peu utile, ainsi que celle de la proportion de matière azotée dans l'extrait des moûts. Le facteur principal qu'il importe de connaître pour juger de la qualité d'un malt est la proportion de la matière azotée totale susceptible de disparaître pendant la fermentation primaire. Ainsi on déterminera l'azote total soluble incoagulable, rapporté au malt sec, et la proportion de cet azote qui est assimilable par la levure pourra donner une mesure de la qualité du malt. En général, les meilleurs malts donnent un chiffre supérieur de 10 p. 100 à celui qui est fourni par les qualités inférieures ; on a donc ainsi un procédé de classification. Un malt donnant une atténuation de 65 p. 100 et ayant 50 p. 100 d'albuminoïdes assimilables par la levure sera bon ; avec une atténuation de 60 p. 100 et un chiffre d'azote assimilable de 45 p. 100 il sera moyen ; en dessous de 55 p. 100 et de 40 p. 100, on le classera dans les qualités inférieures.

L'expérience montre qu'avec le plus grand nombre des malts on peut même se contenter d'un essai rapide. Ainsi, dans le cas d'un très bon malt, une demi-heure d'ébullition du moût produit une cassure très nette et, après filtration, une nouvelle ébullition ne donne lieu à aucun nouveau trouble. Avec les malts de qualité inférieure, au contraire, le précipité produit par l'ébullition est très fin, se dépose mal, et si on filtre, on a par une nouvelle ébullition formation d'un second précipité; le même fait peut se produire plusieurs fois de suite.

Production de la diastase. — Kjeldahl a étudié la progression du pouvoir diastasique pendant la durée du maltage.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

Il donne les chiffres suivants :

	POUVOIR DIASTASIQUE	
	1° Malt à l'état humide.	2° Malt séché à l'air.
Pouvoir diastasique de l'orge	74	73
1er jour.	70	68
2e —	73	67
3e —	80	75
4e —	105	98
5e —	150	140
6e —	190	183
7e —	220	211
8e —	226	218

Dans les deux cas, l'eau de trempage a entraîné un peu de la diastase de l'orge. Pendant les trois premiers jours du maltage, la progression du pouvoir diastasique est faible, mais il y a ensuite un accroissement très rapide, surtout du quatrième au sixième jour. Il se ralentit après, mais la diastase continue à se produire, et après huit jours seulement de germination, le pouvoir diastasique se triple au minimum. La durée du maltage a donc une influence sur la puissance diastasique du malt. Comme le touraillage détruit déjà une partie de la diastase et qu'on l'affaiblit encore par les procédés pratiques de la saccharification, on comprend qu'il y ait intérêt à prolonger le maltage assez longtemps pour qu'on ait le plus grand pouvoir diastasique possible.

Evans, après avoir indiqué une modification de la méthode de Lintner pour la mesure du pouvoir diastasique, montre que la diastase de translocation de Brown et Morris est incapable de saccharifier l'amidon, mais saccharifie l'amidon soluble.

Il indique que l'amidon d'orge ne subit l'action de la diastase du malt que pendant la germination ou plutôt pendant la désagrégation des cellules. Il y a sans doute un enzyme spécial qui prépare l'amidon, mais que la chimie est incapable à caractériser.

Cependant, dès les premiers temps de la germination, l'extrait augmente par rapport au poids du grain sec. De plus, on sait que cet enzyme est plus sensible à la chaleur et aux antiseptiques que la diastase proprement dite. On sait encore que cet enzyme est plus actif sur l'amidon d'orge que sur celui de maïs. Seulement, il faut remarquer que l'enzyme ainsi étudié n'est peut-être pas celui qui a agi, car celui-ci peut se détruire ou se transformer. Ces remarques préliminaires établies, Evans passe à l'étude du pouvoir diastasique pendant la germination de l'orge.

Ce pouvoir étant, par exemple, de 27°8 (rapporté à la matière sèche) le premier jour, monte à 95°4 le quatrième jour, pour redescendre à 24° le quatorzième jour. Le maximum est peut-être dû à un enzyme détruit et qu'on ne retrouve pas dans le malt terminé.

Lorsque la germination devient plus rapide par suite d'une élévation de température, la production de diastase s'accroît probablement parce que son

IRIS - LILLIAD - Université Lille

absorption par la plante n'augmente pas dans la même proportion que sa formation.

Contrairement à Evans, Gordon Salomon qui a fait connaître des résultats intéressants sur le pouvoir diastasique du malt pendant la germination a trouvé que :

Le pouvoir diastasique croît pendant tout le temps du séjour au germoir.

Ce pouvoir varie d'ailleurs avec le système de germination, et avec la rapidité.

Le pouvoir diastasique au germoir est presque toujours le double de ce qu'il sera au moment où on brasse.

Sur la touraille, alors que la température est encore basse et l'humidité grande, le pouvoir diastasique s'élève, puis lorsque la température a monté le pouvoir baisse de plus en plus.

Ces expériences ont été faites en grand chez des malteurs soigneux.

Répartition de la diastase dans le grain d'orge en germination. — Windisch et Hasse ont, dans deux séries d'essais, montré que la diastase est très inégalement répartie dans le grain en germination ; il y en a beaucoup plus dans la moitié contenant l'embryon. On pouvait s'attendre à une inégalité, mais non à une différence aussi considérable. Il est évident que la répartition inégale de l'eau, qui transporte la diastase, joue un grand rôle dans cette différence. Et comme c'est l'embryon qui respire et qui dégage de la chaleur, on peut supposer que, dans le voisinage de l'embryon, la température est aussi plus élevée que dans la pointe du grain.

Toutes ces considérations expliquent que la désagrégation du grain soit inégale, et qu'elle devienne encore plus irrégulière dans le travail forcé.

Le seul moyen que nous ayons de combattre ces influences naturelles défavorables, c'est de germer aussi froid que possible, en tenant le grain aussi sec qu'on le peut et en aérant d'une manière rationnelle. Les auteurs pensent que ces conditions sont plus faciles à réaliser au germoir qu'en tambour.

Désagrégation. — La désagrégation, dont nous avons déjà parlé, se produit sous l'influence d'une diastase particulière, la cytase, qui rend soluble et diffusible l'amylocellulose.

Dès sa formation, elle se répand dans le grain et commence son action désorganisatrice. Cette action se poursuit peu à peu, au fur et à mesure que la plumule pousse, en montant vers la pointe, et va plus vite à la partie dorsale, côté de la plumule, qu'à la partie ventrale, côté du sillon.

Il en résulte qu'à la pointe supérieure se trouvent des parties moins désagrégées, plus dures, non dissoutes, et il y en a d'autant plus que la plumule est moins poussée. Ces parties sont situées sous la couche d'aleurone qui, elle-même, n'est pas transformée pendant la germination et reste probablement comme matière de réserve employée plus tard.

Tous les brasseurs savent que les pointes de grains sont plus dures, se laissent dissoudre moins complètement et se saccharifient imparfaitement.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

C'est pourquoi on laisse la plumule se développer le plus possible et qu'on n'arrête la germination que quand elle a atteint les 3/4 ou au minimum les 2/3 de la longueur du grain.

Moins elle sera poussée, moins la désagrégation sera avancée. On aura un malt contenant beaucoup de grains durs, d'un poids élevé à l'hectolitre, sans arome, moins sucré et plus pâle après le touraillage.

Cependant, la longueur de la plumule n'est pas toujours un indice que le malt est bien désagrégé. Quand la germination a été poussée rapidement, par des arrosages et une élévation de température, quand le malt a été *forcé*, la plumule peut être longue, mais comme l'action de la cytase n'a pas été aussi rapide, le malt est mal désagrégé.

Malheureusement, aucun signe extérieur, sur le malt sec, ni aucun procédé ne permettent de reconnaître un *malt forcé*. On ne peut le juger qu'à la pratique. En général, un malt forcé, même s'il est friable et à longue plumule, donne moins de rendement, et donne, à la pratique, un écart plus grand avec le rendement au laboratoire.

La durée du maltage a donc, encore ici, une très grande influence sur la qualité du malt et même une différence d'un jour peut avoir une action notable. Thausing cite l'exemple suivant :

Deux malts, A et B, ont été trempés, le premier pendant quatre-vingt-six heures, le second pendant quatre-vingt-douze heures : la durée de germination a été pour A de neuf jours, pour B de dix jours et demi. Les deux malts, touraillés de la même façon ont donné :

	Malt A.	Malt B.
Rendement sec	73,9 p. 100.	76,28 p. 100.
Durée de la saccharification . .	20 minutes.	15 minutes.
Sucre dans l'extrait.	64,81	69,28
Poids à l'hectolitre	53 kilogrammes.	51 kilogrammes.

Le malt B était, incontestablement, mieux désagrégé.

Moritz a montré que les méthodes de maltage jouent un rôle dans la composition du malt.

La rapidité du maltage augmente les hydrates de carbone solubles, les amides[1] et les phosphates solubles. Mais il y a perte d'amidon.

L'augmentation de la teneur en extrait de l'infusion aqueuse à froid des malts forcés, par rapport à celle des malts normaux, est produite par l'augmentation de la teneur en corps solubles indiqués plus haut et cette augmentation est proportionnelle à la teneur normale.

Les malts bavarois sont plus sucrés à cause de leur germination chaude.

Il faut remarquer que le dosage du sucre et de l'azote soluble ne suffit pas pour déclarer un malt forcé à cause des variations des orges. Au sujet du malt forcé, Jalowetz a fait les remarques que nous avons déjà exposés page 186.

[1] D'après Wallerstein dans le malt forcé il y a moins de corps azotés solubles à froid et et en particulier d'amides et de peptones. Ce qui est certain c'est qu'il y a plus d'azote total.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Radicelles. — Les radicelles se forment aux dépens des substances du grain. Il en résulte une perte qui sera d'autant plus grande qu'on aura plus poussé à leur développement.

Dans 100 de matières sèches des germes il y a par exemple :

Matières albuminoïdes	19,6
Amides	6,2
Matières grasses	2,3
— saccharifiables	46,6
Cellulose	15,9
Cendres	8

D'après Windisch sur 100 d'azote soluble dans le germe, il y a : 81,9 d'amides, 15,5 de peptones, 0,1 d'albuminoïdes ; 2,45 de divers.

La perte est ordinairement de 3 à 4 p. 100, c'est-à-dire que 100 kilogrammes d'orge donnent de 3 à 4 kilogrammes de radicelles, mais elle peut s'élever à 5 et 6 p. 100.

Une longueur déterminée des radicelles, comme signe d'une bonne germination, n'a aucune valeur. On dit, avec raison, qu'il faut germer à courtes radicelles, puisqu'un fort développement augmente la perte au maltage, mais ce serait une faute que d'obtenir ce résultat au détriment de la qualité du malt et de sa désagrégation.

Du reste, cela dépend beaucoup de la qualité des orges employées et du malt que l'on veut obtenir. Avec une orge tendre et farineuse, on peut ne pas pousser aux radicelles. Avec, au contraire, une orge dure et très azotée, il est préférable, même au prix d'une perte, d'obtenir un long et fort développement des radicelles. On obtient une meilleure désagrégation et on éloigne une plus grande quantité de matières azotées.

Influence de la température sur le maltage. — L'orge germe surtout rapidement à 20° ; mais le pouvoir diastasique est maximum entre 12, 15 et 17°. A 16° le pouvoir germinatif est suffisant ; l'idée de travailler en brasserie de 6 à 12° provient du désir de désagréger ; le grand pouvoir diastasique étant peu important. Seulement ces basses températures sont difficiles à réaliser.

Influence de la lumière. — La grande lumière[1] exagère la pousse de la plumule ; elle est donc à rejeter ; l'obscurité ralentit au contraire cette végétation et est également à éviter. Il faut donc avoir un éclairement d'intensité moyenne. Il faut entendre par là un éclairement de moyen éclat et de durée maxima, et non une succession d'éclairements variés en intensités et en durées.

Car les périodes trop claires ou trop obscures produiraient des effets nuisibles mais acquis, et ne se compensant pas comme les éclairages correspondants.

L'éclairement moyen est indispensable à la fin d'une germination, et

[1] Pour Dœmens, la lumière n'a pas d'effet sensible.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

comme, dans le germoir, il y a des tas de tous les âges, il faut que l'éclairage soit dans tout le germoir d'intensité moyenne. D'où la nécessité, dans la construction des germoirs, d'éviter les dispositions favorisant la variation d'éclairage en un point ou partout. Par exemple : les fenêtres d'un seul côté sont, sous ce rapport, d'une mauvaise disposition, puisque suivant la position du soleil l'éclairage variera au germoir.

Dans le maltage pneumatique, il y aurait sans doute une amélioration à apporter en organisant un éclairage adouci des tambours. Mais, il faut l'avouer, la disposition mécanique appropriée n'est pas facile à trouver.

Influence de certains agents chimiques. — Le chlore passe pour avoir une action utile ; c'est évidemment comme antiseptique.

Les sels tels que le sel marin, le phosphate de potassium, etc., retardent la germination, diminuent le pouvoir germinatif, accélèrent le développement de la plumule, retardent celui des radicelles et diminuent l'extrait.

Ces effets s'exagèrent à mesure que la dose devient plus forte. Comme les radicelles sont plus courtes, le malt touraillé est plus riche en azote.

Pertes au maltage. — Bleisch sur la perte au maltage a émis les considérations suivantes :

La difficulté de s'entendre sur cette question provient de ce que beaucoup parlent d'orge brute et d'autres d'orge nettoyée. Certains tablent sur le malt frais sortant de la dégermeuse, tandis que d'autres parlent du malt en silo (différence 3 p. 100).

Enfin il faut tenir compte des variations d'humidité, c'est-à-dire qu'il faut comparer les matières sèches de l'orge et du malt et cela est important puisque l'orge a 14 p. d'eau et le malt fini de 1 à 3 p. 100.

La perte au trempage comprend 0,6 p. 100 et en ajoutant les grains légers elle est de 0,9 à 1,4 p. 100.

La gazéification est d'après Thausing de 6 p. 100, mais pour le malt bavarois elle atteint 9 à 10 p. 100 (Bleisch, Luff) ; car on tient à une plumule développée et à de fortes radicelles.

Une autre perte est due à la dégermeuse ; elle est de 4 p. 100 en général et de 7 p. 100 pour les malts bavarois.

Il résulte de ces faits que 100 kilogrammes d'orge donnent 78 kilogrammes de malt frais et 82 de malt conservé pour les variétés pâles, mais pour les variétés brunes il faut compter 6 à 7 kilogrammes de moins.

Enfin l'auteur pense que pour les orges petites la perte est plus grande que pour les grosses[1].

L'auteur a cherché s'il est possible de faire diminuer les éléments de la perte au maltage.

[1] Au contraire, pour les orges légères la perte est moindre que pour les lourdes : celles-ci en effet respirent plus et ont plus de radicelles, leurs tas tendent toujours à s'échauffer, et on ne fane guère qu'à la touraille. Il en résulte que le germe pousse plus longtemps, même à la touraille, où elles sont plus difficiles à sécher n'étant pas fanées.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

En ce qui concerne le trempage, l'auteur considère comme insignifiantes les variations causées par la température ou par la composition de l'eau et même par la durée.

Cependant la trempe prolongée modifie la germination.

Pour les malts pâles, on diminue certainement la perte au maltage en trempant peu et arrosant peu au germoir, ou bien en pratiquant la trempe aérée de Balling, Windisch, etc.

En ce qui concerne les malts forcés, il n'est pas possible de raccourcir dans de fortes proportions le trempage à cause de la nécessité de pousser la température de la touraille à 62° avec 15 p. 100 d'eau ce qui exige une forte désagrégation et une poussée vigoureuse de l'embryon. Le grain fort trempé pique plus tard, mais la poussée des radicelles est toujours vigoureuse. Ce qui est le contraire de ce qui arrive pour un grain peu trempé.

D'ailleurs même en matière de malt pâle, Kukla se prononce contre le trempage court; car il faut d'après lui non seulement solubiliser l'azote, mais en enlever une partie dans les radicelles. De plus le rendement en extrait est diminué.

Cependant Luff a montré qu'on peut améliorer la qualité à la suite d'un trempage court, en germant à basse température.

Cette méthode n'est pas pratique au germoir, mais au tambour.

Quant à l'effet de la pression dans les grands trempoirs de 200 quintaux elle ne produit aucune différence de trempage et par suite aucune irrégularité dans la germination.

En ce qui concerne le triage, l'auteur a constaté que le triage cause une perte plus grande au maltage; mais le rendement est cependant supérieur à cause de la plus grande régularité de la germination.

Le maltage au tambour cause des pertes analogues à celles du germoir. Au point de vue de la température il est recommandable de ne pas dépasser 19°-20° pendant les quatre ou cinq premiers jours, même pour le malt bavarois il n'est bon de laisser chauffer qu'à la fin, car le sucre se forme surtout pendant le fanage prolongé. Il est d'ailleurs dans ce cas inutile de dépasser 5 p. 100 de radicelles.

Quand on force le grain, c'est-à-dire qu'on le laisse chauffer, pour aller plus vite et gagner de l'espace, la perte est augmentée.

Pendant le fanage, la plumule continue à croître, le malt ne perd plus. Sur la touraille la perte est insignifiante; mais la température finale joue un rôle quant à la teneur en eau.

Enfin l'auteur signale le fait qu'au laboratoire la perte est de 3 p. 100 inférieure à celle de l'usine; on n'en voit pas trop la raison; c'est une chose à étudier.

SÉCHAGE DU MALT

Grenier d'aérage. — Quand la germination est terminée, on monte le malt vert au grenier d'aérage, où il est étendu en couches de 4 à 5 centimètres et où on lui fait subir de très fréquents pelletages à la volée.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le but est d'achever de faner le grain et de commencer son séchage.

Le grenier doit être assez grand pour que l'épaisseur des couches soit très petite. Il doit pouvoir s'aérer facilement au moyen de larges fenêtres placées en opposition. Le sol peut être parqueté ou dallé, à condition qu'il n'y ait aucune fissure où les grains puissent séjourner. Il doit être à proximité des plateaux de la touraille, pour que le malt puisse y être facilement transporté.

Le grenier d'aérage a ses détracteurs et ses partisans.

On lui reproche d'être inutile avec l'emploi des tourailles à deux plateaux ; de ne donner qu'un séchage illusoire, surtout par les temps humides ; d'augmenter, par les pelletages, le nombre des grains écrasés et de favoriser le développement des moisissures ; de donner un malt plus pâle et moins aromatique.

Les avantages sont les suivants :

Le malt arrive moins humide sur la touraille et il y a économie de charbon ; on peut, pour la même raison, augmenter l'intensité du chauffage sans risquer d'avoir des grains glacés.

La plumule continue à pousser légèrement et la désagrégation du grain se fait plus complète, sans qu'il y ait perte de substance, puisque les radicelles se flétrissent et ne se développent plus.

Nous avons vu que dans le maltage pneumatique, le fanage du grain peut se faire dans les cases ou les tambours. Le grenier d'aérage devient alors inutile.

Il en est de même dans les germoirs ne contenant qu'une seule couche et où l'aération peut se faire en ouvrant toutes les ouvertures.

Dans les grands germoirs, contenant plusieurs couches et où une aération trop vive sécherait celles qui sont en cours de germination, le grenier d'aérage nous paraît indispensable.

Ordinairement, dans la pratique, on procède ainsi, avec les tourailles à deux plateaux :

Le touraillage dure vingt-quatre heures et le grain séjourne douze heures sur chaque plateau. Chaque plateau ne doit donc contenir qu'une demi-couche. On met la moitié de la couche sur le plateau supérieur et l'autre moitié attend sur le grenier pendant douze heures, que la place devienne libre.

Touraillage du malt. — ***But du touraillage.*** — Le touraillage a pour but :

1° *La conservation du malt.* — L'hiver et le printemps sont les saisons les plus favorables pour la préparation du malt et le brasseur est obligé d'en faire provision pour la saison d'été. Le malt vert s'altère très vite. Non seulement il renferme une plus grande quantité d'eau, 15 à 17 p. 100, même quand il a été séché à l'air libre, mais il est encore susceptible d'en absorber. Le malt touraillé, qui n'a plus que 2 à 3 p. 100 d'eau, est moins hygrométrique. Dans le malt vert, à cause de l'humidité, la diastase s'altère très vite ; dans le malt touraillé, elle se conserve à peu près intacte. Toutes les parti-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

cules formant la substance du grain se dessèchent par le touraillage ; elles deviennent, en quelque sorte indépendantes l'une de l'autre et l'humidité que le grain peut reprendre n'exerce plus sur elles une action chimique aussi prompte et aussi profonde. Le malt touraillé peut réabsorber de l'eau sans que sa qualité soit trop sensiblement diminuée, tandis que le malt vert s'altère profondément ;

2° *La clarification et la conservation de la bière.* — Le malt vert, ou simplement séché à l'air libre, donne des bières d'une clarification très pénible et qui prennent de bonne heure un goût dur et acide. Le malt touraillé fournit des bières qui s'éclaircissent facilement et d'une conservation mieux assurée, parce que la conservation d'une bière est corrélative de sa clarification plus ou moins rapide ;

3° *La coloration de la bière.* — Pendant le touraillage, les sucres du malt se caramélisent, des matières azotées brunissent et, suivant la façon dont le touraillage a été conduit, cette coloration s'accentue depuis la teinte pâle, mais dorée, des bières de Pilsen, jusqu'à la couleur brune et rougeâtre des bières de Munich.

Le malt vert donne une bière pâle, à reflets verdâtres et sans brillant ;

4° *Le cachet particulier de la bière.* — Il se forme, pendant le touraillage, des produits pyrogénés, aromatiques, qui passent dans la bière et qui sont d'autant plus intenses que la torréfaction du malt a été poussée plus loin ou que le touraillage a été mené dans des conditions particulières.

Le malt vert diffère essentiellement, comme goût, du malt touraillé et on peut presque dire qu'à chaque température correspond un arome et un cachet particulier de la bière. Le malt vert donne des bières d'une saveur dure, sèche, d'une crudité peu agréable. Vers 35°, il commence à perdre son goût cru et c'est vers 60° que se développe l'arome particulier qui va en s'accentuant, au fur et à mesure que la température s'élève ;

5° *La séparation des radicelles* et le *concassage du malt*, qui se font plus facilement quand le malt a été touraillé.

Pour toutes ces raisons, le touraillage constitue une des opérations les plus importantes et les plus délicates du maltage. Un malt mal germé fournira moins de rendement, mais pourra donner une bonne bière ; un malt mal touraillé ne produira jamais qu'une bière inférieure. C'est le touraillage seul qui donnera à la bière son *cachet* et ses qualités de goût, d'arome, de bouquet et de brillant.

Ordinairement le touraillage se fait dans des tourailles, mais on a essayé, comme nous l'avons déjà dit dans ces derniers temps, de tourailler le malt au tambour dans des tambours à air chaud.

Tourailles proprement dites. — La touraille se compose essentiellement :

1° D'un foyer, situé généralement au rez-de-chaussée ;

2° Tout autour du foyer, de prises d'air froid ayant pour but de modérer l'intensité de la chaleur ;

3° Au-dessus du foyer, d'une chambre de chaleur, appelée aussi chambre

IRIS - LILLIAD - Université Lille

de distribution, où le mélange des gaz chauds et de l'air froid se distribue sous les plateaux ;

4° De un ou deux plateaux superposés, au-dessus de la chambre de chaleur, sur lesquels on étale l'orge et qui sont constitués, tantôt par des toiles métalliques, tantôt par des tôles perforées ;

5° D'une cheminée d'aspiration ouvrant directement au-dessus des plateaux et destinée à entraîner au dehors la vapeur d'eau qui se dégage des couches soumises au touraillage.

On distingue les tourailles en : tourailles à feu direct et tourailles à air chaud.

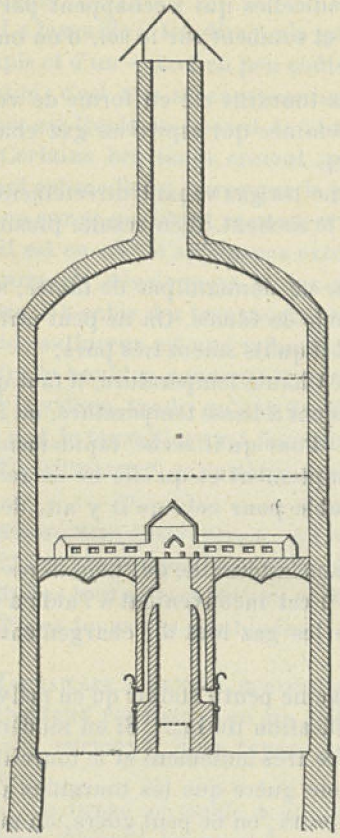


Fig. 40. — Touraille à feu direct.

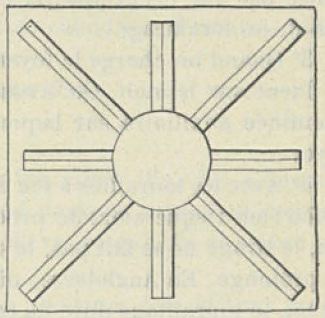


Fig. 41. — Touraille à feu direct. Chambre de chaleur (plan).

Tourailles à feu direct. — Les tourailles à feu direct (fig. 40) sont constituées par un foyer à coke enfermé dans un massif de maçonnerie carré, formant cheminée et s'élevant jusqu'à la chambre de chaleur (fig. 41). Sur les quatre côtés du massif sont disposées quatre prises d'air (fig. 42) froid fermées par des trappes ou des volets mobiles et qui viennent déboucher dans la cheminée, au-dessus du foyer.

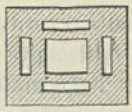


Fig. 42. — Touraille à feu direct. Plan du foyer avec les prises d'air froid.

Les gaz chauds et l'air froid, qui se mélangent dans la cheminée du foyer, pénètrent dans la chambre de chaleur par une petite chambre circulaire, d'où partent huit carneaux disposés horizontalement sur le sol de la chambre de chaleur, en forme d'étoile (fig. 41) et percés d'ouvertures latérales sur toute leur longueur. Les gaz venant du foyer sortent par ces ouvertures et se répartissent sous les plateaux.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les carneaux et la petite chambre centrale ont leur partie supérieure en forme de toit très incliné, pour que les radicelles qui s'échappent par les ouvertures des plateaux n'y séjournent pas et tombent sur le sol, d'où on les enlève de temps en temps.

Au-dessus des plateaux, le plafond de la touraille est en forme de voûte et, à la partie la plus élevée, s'ouvre la cheminée qui aspire les gaz chauds et la vapeur d'eau, et les entraîne au dehors.

Dans ce système de touraille, ce sont donc les gaz venant directement du foyer qui traversent les couches de malt et le sèchent. Il en résulte plusieurs inconvénients :

1° On ne peut brûler que du combustible ne donnant pas de fumée, sans quoi le malt prend une odeur très désagréable de fumée. On ne peut utiliser que le coke ou l'anthracite, et, encore, faut-il qu'ils soient très purs ;

2° Pour que le malt puisse être touraillé à haute température, il faut qu'il ait été au préalable séché presque complètement à basse température, ou bien on risque de produire du malt vitré et dur. Pour qu'il sèche rapidement, il faut que la vapeur d'eau soit enlevée promptement et qu'elle ne se recondense pas sur les grains ; il est indispensable pour cela qu'il y ait, dès le début, un fort tirage ;

3° Quand on charge le foyer, on lance dans la touraille des poussières qui se fixent sur le malt. On a essayé d'obvier à cet inconvénient à l'aide d'une cheminée auxiliaire sur laquelle on dirige les gaz lors du chargement du foyer ;

4° Avec les tourailles à feu direct, le tirage ne peut s'établir qu'en activant le feu ; on risque alors de produire la vitrification du malt. Si on modère le feu, le tirage ne se fait pas, le séchage s'opère très lentement et le touraillage se prolonge. En Angleterre, où on n'emploie guère que les tourailles à feu direct, le touraillage dure de trois à quatre jours ; on ne peut guère, en moins de temps, obtenir, avec ce système, un malt friable et sans grains vitrés.

On a cherché à remédier à cet inconvénient par plusieurs procédés :

1° En plaçant, à l'embouchure intérieure de la cheminée d'aspiration un ventilateur à ailette, dont le mouvement très rapide provoque un déplacement d'air. Il y a la difficulté de transmettre le mouvement à une si grande hauteur ; on ne peut se servir que d'une transmission par câble, qui ébranle le bâtiment ; ou d'une transmission électrique ;

2° En mettant dans la cheminée d'aspiration un ventilateur à jet de vapeur, système Koerting ;

3° En utilisant un ventilateur soufflant devant le foyer ;

4° En combinant le système à air chaud et à feu direct. Au début du touraillage, les gaz chauds sont conduits par des tuyaux dans une cheminée latérale qui débouche dans un tuyau vertical placé au milieu de la cheminée d'aspiration. Les gaz échauffent l'air de la cheminée et un tirage se produit. Le séchage se fait par un courant d'air froid ou simplement réchauffé au contact des tuyaux. Quand le séchage paraît suffisant, un jeu de registres ramène la touraille à l'état de feu direct.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ces systèmes ne font que pallier, sans supprimer complètement les inconvénients.

La touraille à feu direct n'a qu'un avantage, c'est d'être d'une installation simple et d'un entretien peu coûteux. Mais elle a précisément le défaut de sa qualité, c'est que sa construction, ne reposant sur aucune donnée scientifique, est livrée au hasard de l'habileté du constructeur.

Certains brasseurs croient que le malt provenant des tourailles à feu direct est meilleur, parce que le gaz sulfureux que dégage le coke aurait une action sur sa qualité et sa conservation.

Il est en effet d'apparence extérieure plus blanche et plus claire ; les moisissures s'y développent moins s'il est dans un milieu humide et les malts destinés à subir des transports par eau sont généralement soufrés ; mais que l'acide sulfureux ait une influence sur la qualité, nous ne le pensons pas. On soufre le houblon pour que l'oxygène ne se fixe pas sur les substances qui en font la valeur, tandis qu'une fixation d'oxygène dans le malt pendant le repos qui suit le touraillage est favorable à sa qualité.

En Allemagne, ce système n'est plus employé du tout.

Tourailles à air chaud. — Les tourailles à air chaud sont de trois sortes :

1° Les tourailles à tuyaux horizontaux ;

2° Les tourailles à tuyaux verticaux ou à calorifère ;

3° Les tourailles combinées.

Tourailles a tuyaux horizontaux. — Les tourailles (fig. 43) à tuyaux horizontaux consistent en un fourneau enfermé dans un massif en maçonnerie et surmonté d'un tuyau en fonte qui s'élève jusqu'à la chambre de chaleur.

Là, le tuyau se coude à angle droit et fait plusieurs fois le tour de la chambre, d'abord longeant les murs, puis se rapprochant à chaque tour du centre, se soulevant chaque fois, de façon à se rapprocher du plateau, affectant ainsi, en quelque sorte, la forme d'un escargot carré. Il vient ensuite déboucher dans une cheminée pratiquée dans l'épaisseur du mur de la touraille et qui communique elle-même avec un tuyau vertical fixé au centre de la cheminée d'aspiration.

Les gaz chauds, après avoir parcouru les circonvolutions du tuyau horizontal, s'échappent par la cheminée latérale et sont conduits à l'air par le tuyau vertical de la cheminée d'aspiration, dont ils échauffent la colonne d'air, provoquant ainsi le tirage de la touraille, dès le début du travail.

L'air froid vient directement dans la chambre de chaleur, ou, de préférence, dans une chambre de même surface, mais plus basse et située immédiatement au-dessous. Il pénètre ensuite dans la chambre de chaleur par de petites ouvertures assez nombreuses, pratiquées dans le plafond de la chambre et munies, chacune, d'un petit tuyau en tôle. L'air très divisé vient s'échauffer au contact des tuyaux horizontaux et traverse les couches de malt à la température voulue. Celle-ci se règle en activant plus ou moins le foyer, et en

IRIS - LILLIAD - Université Lille

augmentant ou diminuant les prises d'air froid, au moyen de registres.

Le tuyau horizontal est constitué par une série de tuyaux raccordés bout à bout. Ils sont en fonte à la partie inférieure, celle qui reçoit les gaz plus chauds et qui même est touchée par la flamme; ils sont en tôle à la partie supérieure. Ils sont supportés de place en place par des massifs en maçonnerie établis sur le sol de la chambre et formant autant d'espèces de carneaux qui divisent l'air et retardent son échappement. Ils sont triangulaires, la pointe en haut, afin que les radicelles qui s'échappent du plateau n'y séjournent pas; elles roussiraient et feraient de la fumée. La hauteur du triangle est de 50 à 60 centimètres, jusqu'à 80 ou 90, suivant l'importance de la touraille. Dans les grandes tourailles, on a deux séries de tuyaux occupant chacune un côté de l'axe du foyer et correspondant à deux cheminées placées dans les murs opposés.

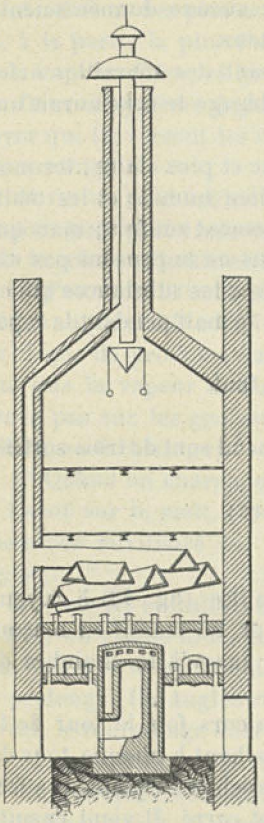


Fig. 43. — Touraille à tuyaux horizontaux.

Les joints des tuyaux, de même que les registres qui servent au ramonage, sont bouchés avec de la terre glaise, de façon que jamais la fumée ne puisse passer.

Dans ce système, le touraillage ne se fait qu'avec de l'air chaud, jamais les gaz du foyer ne viennent en contact avec le malt. On peut brûler n'importe quel combustible; le tirage est énergique et la température se règle facilement. Ce sont des avantages qui sont communs à toutes les tourailles à air chaud.

Cependant, la touraille à tuyaux horizontaux a des inconvénients. Elle est d'un entretien coûteux et demande une surveillance continuelle. Il faut souvent ramoner les tuyaux; la flamme venant frapper les tuyaux, les use, fait tomber les joints et, si on n'y prend garde, ils se percent, laissent passer la fumée et le malt prend un mauvais goût.

On appelle anglaises ce genre de tourailles, à cause de leur origine, bien qu'elles soient plus employées à Munich et à Vienne qu'en Angleterre. Elles donnent un malt coloré.

Tourailles a tuyaux verticaux. — La touraille à tuyaux verticaux se compose d'un fourneau surmonté d'un tuyau en fonte et entouré de dix-huit tuyaux verticaux. Les dix-huit tuyaux débouchent, en haut et en bas, dans deux chambres carrées. Celle du haut est divisée en deux compartiments, de façon que le tuyau central vienne aboutir dans l'un des compartiments.

Les gaz chauds du foyer pénètrent dans ce compartiment, descendent par

IRIS - LILLIAD - Université Lille

neuf tuyaux dans la chambre inférieure et remontent par les neuf autres tuyaux dans le second compartiment de la chambre supérieure, d'où ils sont dirigés dans la cheminée percée dans l'épaisseur du mur et communiquant avec le tuyau vertical placé au centre de la cheminée d'aspiration, comme dans la touraille précédente.

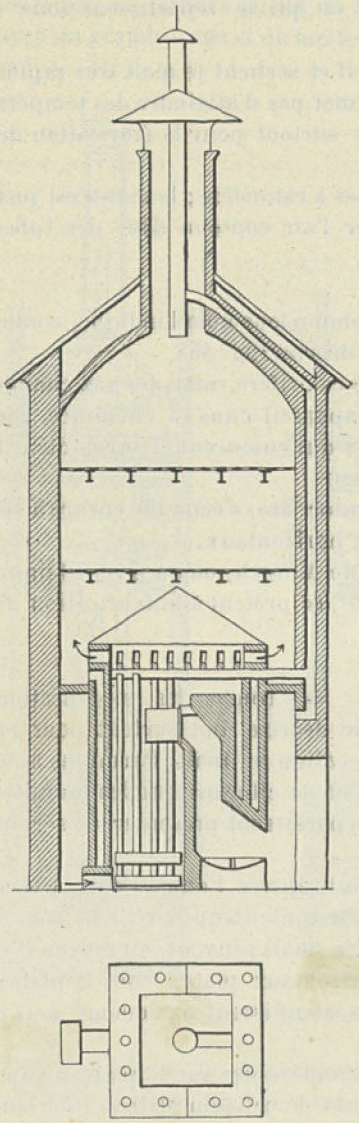


Fig. 44. — Touraille à tuyaux verticaux. Coupe du foyer.

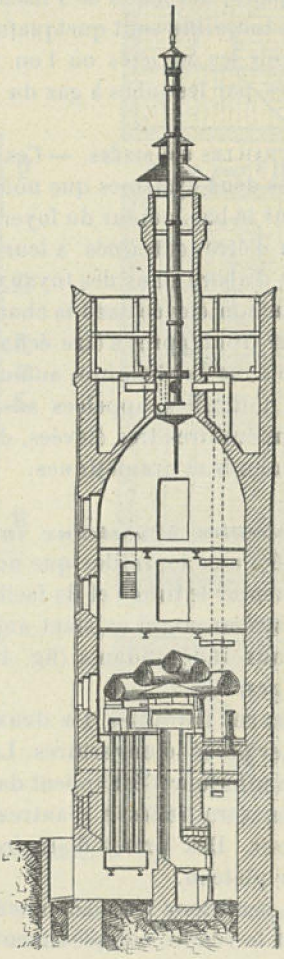


Fig. 45. — Touraille combinée.

Les dix-neuf tuyaux forment un faisceau qui est enfermé dans une chambre carrée de maçonnerie.

Dans le bas de la maçonnerie et sur les quatre côtés, se trouvent des prises d'air froid. L'air pénètre dans l'intérieur du bâti, enveloppe les tuyaux, se

IRIS - LILLIAD - Université Lille

réchauffe à leur contact et monte dans une construction carrée élevée sur le sol de la chambre de chaleur et coiffée d'un toit, d'où il sort par des ouvertures pratiquées sur les quatre côtés et qui le répartissent sous le plateau.

Ces tourailles ont un courant d'air très vif et sèchent le malt très rapidement; mais l'éloignement des tuyaux ne permet pas d'atteindre des températures très élevées, aussi conviennent-elles surtout pour la fabrication des malts pâles, des malts de Pilsen.

Ces tourailles sont quelquefois dénommées à calorifère; le mot n'est juste que pour les variétés où l'on peut chauffer l'air contenu dans des tubes, chauffés par les tubes à gaz du foyer.

Tourailles combinées. — Ces tourailles, comme leur nom l'indique, combinent les deux systèmes que nous venons de décrire (fig. 45).

Dans le bas, autour du foyer, se trouve le calorifère, mais les gaz chauds, au lieu d'être entraînés à leur sortie de l'appareil dans la cheminée, sont dirigés d'abord dans des tuyaux horizontaux qui entourent et surmontent la construction élevée dans la chambre de chaleur.

L'air froid, après s'être échauffé dans le calorifère, s'échauffe encore à son arrivée dans la chambre, autour des tuyaux horizontaux.

Ces tourailles, appelées aussi tourailles de Munich, où on peut atteindre des températures très élevées, de plus de 100°, se prêtent à la fabrication des malts colorés et aromatiques.

Tourailles à plateaux indépendants. — Toutes les modifications apportées aux tourailles que nous venons de décrire, ont surtout pour but d'augmenter le tirage et de faciliter la dessiccation du malt. Parmi les nombreux systèmes qui existent aujourd'hui, nous ne citerons que les tourailles à plateaux indépendants (fig. 46), qui nous paraissent présenter de sérieux avantages.

Dans ces tourailles, les deux plateaux sont séparés l'un de l'autre par un plancher percé d'ouvertures. Les tuyaux horizontaux qui circulent sous le plateau inférieur s'échappent dans la cheminée, mais peuvent, au moyen d'un registre, être reliés à d'autres tuyaux horizontaux placés sous le plateau supérieur. Des prises d'air froid spéciales aboutissent également sous ce dernier plateau.

On peut donc très facilement régler la température sur le plateau supérieur et la rendre complètement indépendante de celle du plateau inférieur. Le tirage énergique, l'arrivée de l'air froid directement sous le plateau, permettent une dessiccation très parfaite du malt, sans l'exposer aux coups de feu.

Installation d'une touraille. — Les dimensions des différentes parties d'une touraille sont proportionnées à la surface des plateaux et à la quantité de grain mis en œuvre. Elles dépendent aussi du genre de malt à

IRIS - LILLIAD - Université Lille

fabriquer. Une touraille élevée, à fort tirage et à grand courant d'air, conviendra à la fabrication du malt pâle et doré. Une touraille plus basse, à tirage plus faible, se prêtera mieux au touraillage du malt brun ; à moins d'employer un grand tirage et de mettre des couches plus épaisses (50 kg. au mètre carré).

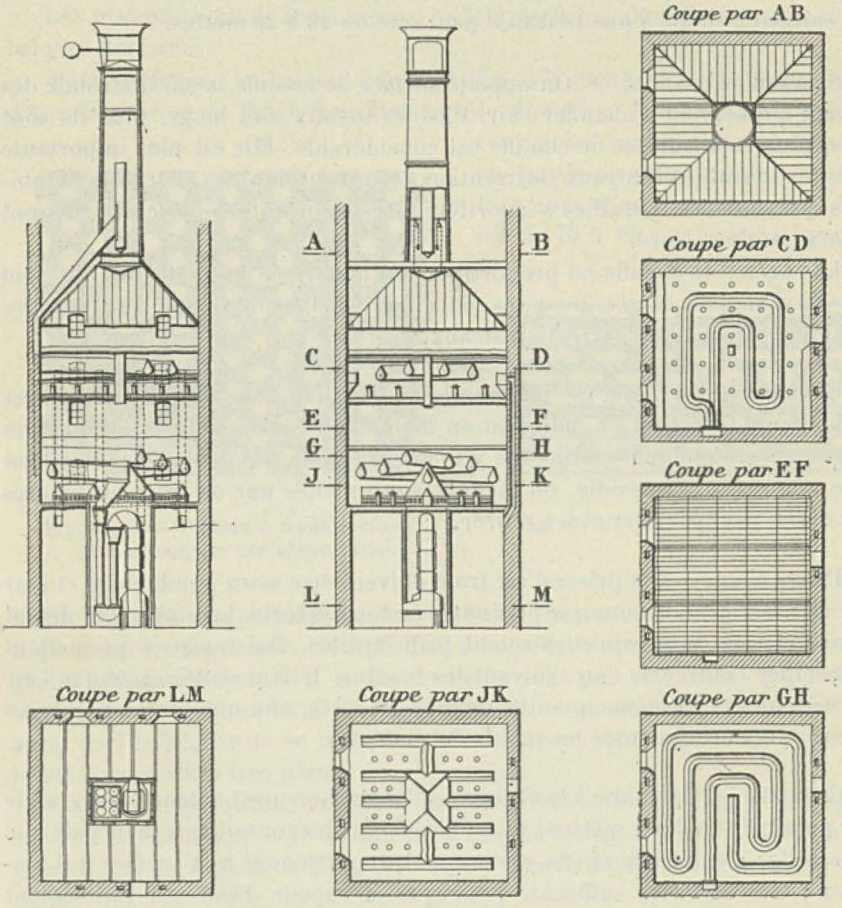


Fig. 46. — Touraille à plateaux indépendants.

Thausing donne les dimensions suivantes d'une touraille à malt viennois faisant 4 000 kilogrammes de malt en vingt-quatre heures.

Surface des plateaux.	50,00 m²	(soit 40 kg. au m², sur chaque plateau).
— de chauffe.	125,00 —	
— de grille	0,40 —	
Hauteur de la chambre de chaleur	2,60 m.	
— entre le 1er et le 2e plateau. . . .	2,40 —	
— du 2e plateau au sommet de la voûte.	6,00 —	

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Hauteur de la cheminée d'aspiration . . .	8,30 m.
Section de la cheminée d'aspiration à l'exclusion du tuyau central.	2,00 m²
Section des prises d'air froid.	2,20 —

Foyer. — Le foyer est éloigné de 5 à 7 mètres de la chambre de chaleur, et l'élévation totale d'une touraille peut être de 22 à 26 mètres.

Surface de chauffe. — On appelle surface de chauffe la surface totale des tuyaux qui servent à chauffer l'air. Plus les tuyaux sont longs, plus ils sont gros, plus cette surface de chauffe est considérable. Elle est plus importante dans les tourailles à tuyaux horizontaux et surtout dans les tourailles combinées que dans les tourailles à calorifère ; c'est pourquoi celles-ci fournissent un malt moins coloré.

La surface de chauffe est proportionnée à la surface des plateaux ; elle peut être de 2 mètres carrés, pour les calorifères, à 3,50 m², pour les tourailles combinées, par mètre carré de plateaux.

Chambre de chaleur. — La chambre de chaleur a de 1,60 m. à 2 mètres de hauteur. Le sol est en dalles ou en briques ; les murs se font en briques réfractaires. Comme les radicelles y tombent, s'y accumulent et que cela peut être une cause d'incendie, on ménage sur les côtés une ou deux ouvertures par où on peut pénétrer et les retirer.

Prises d'air. — Les prises d'air froid doivent être assez nombreuses et leur section assez grande pour que l'air entre en toute liberté. Le plus grand défaut d'une touraille serait qu'elles soient trop étroites. Des registres permettent de graduer l'entrée de l'air, suivant les besoins. Il faut veiller à ce que l'air arrive toujours en même quantité de tous les côtés, afin que les températures soient uniformes sur tous les points du plateau.

Cheminée. — On donne à la cheminée d'aspiration une hauteur aussi grande que possible, de 6 à 8 mètres ; plus élevée dans les tourailles à malt pâle que dans celles à malt coloré. Sa section est proportionnée à la surface des plateaux ; elle doit être suffisante pour que la vapeur d'eau soit rapidement entraînée et facilement. On la surmonte d'un chapeau pour que la pluie n'y pénètre pas et souvent d'un tuyau girouette, coudé, pour que le vent ne se rabatte pas sur les plateaux.

A son embouchure à la voûte, on place un entonnoir retenu par des chaînes de suspension à contrepoids. L'entonnoir est terminé par un tube étroit fermé par un robinet. Il sert à recueillir la vapeur d'eau condensée qui ruisselle sur les parois de la cheminée et à l'empêcher de retomber sur la couche de malt. Dans certains procédés et pour obtenir une température plus élevée, on remonte l'entonnoir et on ferme la cheminée, sinon hermétiquement, du moins suffisamment pour que la chaleur se concentre sur les plateaux.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Plateaux. — Les plateaux ont une influence sur la qualité du malt, et leur choix n'est pas indifférent. En effet, plus le plateau offrira, par ses ouvertures, de passage à l'air, plus le tirage sera augmenté et mieux il conviendra pour les malts pâles. Au contraire, moins l'air aura d'issues, plus la température sera élevée et plus le malt se colorera.

Les plateaux sont de trois sortes : en tôle perforée, en toile métallique, en briques perforées.

Tôle perforée. — La tôle perforée (fig. 47) comprend des trous ronds d'une dimension de 2,5 à 3 millimètres de diamètre. Il y en a de 3 à 6 par centimètre carré ; ils sont disposés en carrés ou en quinconce. La surface libre offerte au passage de l'air est de 10 à 15 p. 100 de la surface totale. Aussi la tôle perforée ne convient-elle que pour les malts colorés. Elle a un autre inconvénient, c'est d'offrir à la pelle une surface trop unie ; les grains glissent devant elle et beaucoup ne sont pas retournés, qui restent longtemps en contact avec le métal brûlant et noircissent. Il est difficile aussi de l'empêcher de se travailler à la chaleur ; elle se gondole et n'offre jamais une surface très plane.

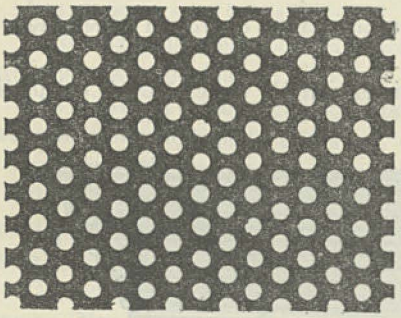


Fig. 47, *a*. — Plateau à trous perforés. 11 kilogrammes par mètre carré.

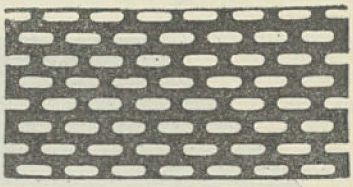


Fig. 47, *b*. — Plateau tôle perforée.

On remplace souvent les trous par des fentes de 2,5 mm. de largeur sur 10 à 20 millimètres de longueur et toujours disposées en quinconce. La surface libre est de 15 à 20 p. 100 et il y a environ 6 400 fentes par mètre carré.

Toile métallique. — La toile métallique consiste en fils de fer de 2,5 mm. de diamètre qui, de 7 en 7 centimètres s'enroulent autour de barres rondes (fig. 48-49) transversales, de 9 millimètres de diamètre. L'écartement des fils n'est que de 1 millimètre et pour obtenir cet écartement, les fils sont aplatis aux parties qui s'enroulent. Les grains ne peuvent donc pas passer entre les fils.

La surface libre offrant passage à l'air est de 40 p. 100 et ces toiles métalliques sont à préférer pour les malts pâles.

Elles ont le défaut d'exiger souvent des réparations. A la longue, et sous l'effort de la pelle et des pieds des ouvriers, les fils s'écartent par places et laissent passer des grains.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

D'autres systèmes, qui n'ont pas cet inconvénient, tout en ayant une sur-

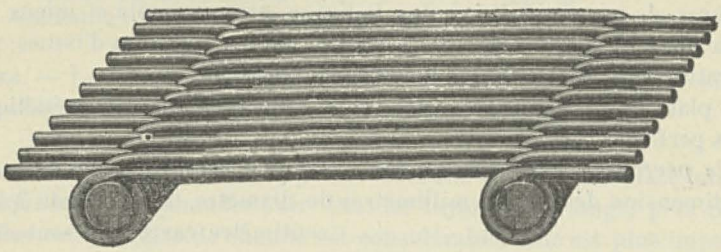


Fig. 48. — Plateau en fils d'acier ronds. 26 kilogrammes environ au mètre carré.

face libre à peu près aussi grande, consistent en fils de fer tressés et aplatis, formant claies (fig. 50).

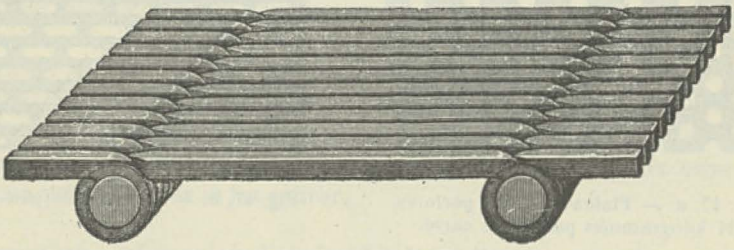


Fig. 49. — Plateau en fils d'acier coniques. 32 kilogrammes au mètre carré.

Briques perforées. — On emploie aussi, surtout en Angleterre, des riq ues perforées en terre cuite. Elles conservent bien la chaleur et sont éco-

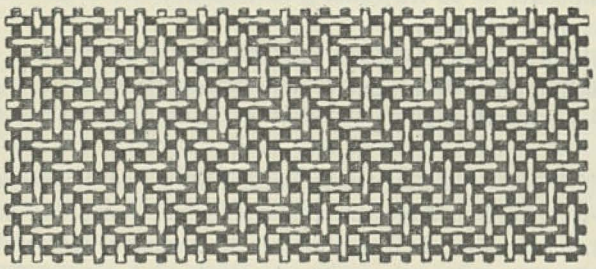


Fig. 50. — Plateau de touraille en fils tressés. 12 kilogrammes au mètre carré.

nomiques, mais elles ont, précisément, l'inconvénient de la trop bien garder et exposent à une température souvent trop élevée le grain fraîchement sorti du germoir.

Montage des plateaux. — Les plateaux reposent sur des bandes en fer minces (voy. fig. 46), sur lesquelles ils sont fixés tous les 1,50 m., à 1,70 m.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

par de petits fers coudés, rivés à tête plate. Les bandes sont supportées à leur tour par des poutres en fer encastrées dans les murs de la touraille.

Les tourailles se font à un ou deux plateaux. A un seul plateau, le travail dure plus longtemps, mais les températures se règlent mieux. Les tourailles à deux plateaux superposés sont préférées. Elles donnent une économie de combustible, puisqu'on utilise la chaleur perdue du premier plateau (inférieur) pour sécher le grain répandu sur le second (supérieur), mais elles rendent le séchage du grain, sur le plateau supérieur, plus périlleux, à cause de la difficulté d'y modérer la température et de satisfaire aux exigences différentes des deux plateaux.

Les plateaux sont à une distance, l'un de l'autre, de 1,70 m. à 2,20 m.

Le plateau supérieur porte une trappe qui permet de faire tomber le grain sur le plateau inférieur.

Les plateaux sont engagés dans les murailles et tous les angles sont arrondis pour faciliter le pelletage.

Les tourailles à plateaux multiples ne sont pas employées en brasserie.

Dimensions des plateaux. — La grandeur des plateaux n'est pas seulement proportionnée à la quantité de grains mise en œuvre, elle dépend aussi de la durée du touraillage.

Cette durée est de vingt-quatre heures (Vienne et Pilsen), ou quarante-huit heures (Munich).

La hauteur de la couche, au début, est de 16 à 20 centimètres. Prenons la moyenne de 18, et un touraillage de vingt-quatre heures sur deux plateaux.

Un hectolitre d'orge donne 220 litres de malt vert, ou un hectolitre de malt sec du poids de 52 kilogrammes en moyenne.

La surface occupée $= \frac{0,220}{0,18} = 1,22$ m².

Sur cette surface, nous tourraillerons 220 litres de malt vert, correspondant à 52 kilogrammes de malt sec. Le malt restant douze heures sur chaque plateau, cette surface sera couverte deux fois en vingt-quatre heures; sur 1,22 m², nous tourraillerons donc $52 \times 2 = 104$ kilogrammes de malt et sur un mètre carré, $\frac{104}{1,22} = 85$ kilogrammes.

D'après Lintner, pour un touraillage de vingt-quatre heures, le rapport de la touraille au germoir est comme 1 : 4, ce qui suppose des couches un peu plus hautes.

Pour une durée de quarante-huit heures, on fait ordinairement les couches plus épaisses; elles sont de 25 centimètres. En ce cas, par mètre carré, on sèche 116 kilogrammes, ou 58 kilogrammes par vingt-quatre heures et les plateaux sont plus grands.

Comme surface totale, on dépasse rarement 70 à 75 mètres carrés. Pour une grande production, on a plusieurs tourailles.

Retourneurs mécaniques. — Les couches sont retournées sur les plateaux toutes les deux ou trois heures, quelquefois plus souvent. Le pelletage ne laisse pas que d'être très pénible. Pour que l'ouvrier puisse pénétrer dans la

IRIS - LILLIAD - Université Lille

chambre, il faut ouvrir les prises d'air et laisser tomber le feu. Il en résulte une perte de temps et de chaleur ; aussi, on y substitue aujourd'hui le pelletage mécanique.

L'appareil (fig. 51) retourneur consiste en un arbre horizontal de la largeur du plateau et qui porte les retourneurs. Il est muni à son extré-

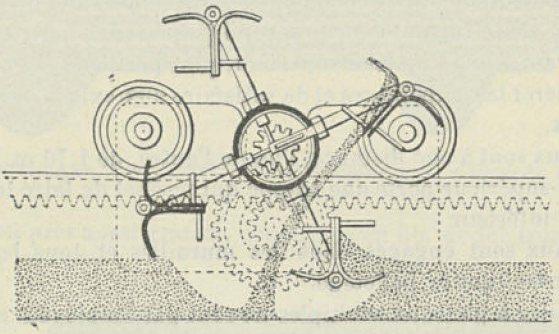


Fig. 51, *a*. — Retourneur pour touraille.

mité de roues dentées qui engrènent, d'une part sur une crémaillère fixée dans l'épaisseur de la muraille, d'autre part, sur une vis sans fin qui a rem-

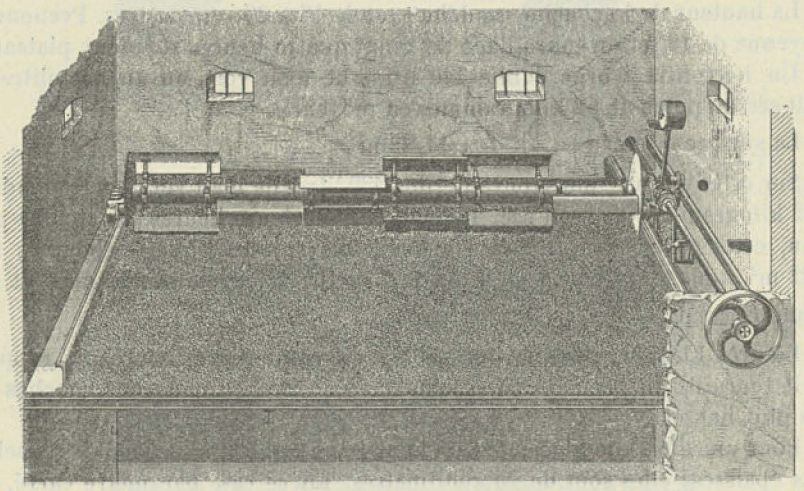


Fig. 51, *b*. — Retourneur.

placé avantageusement les chaînes sans fin des anciens systèmes, dont les mailles, susceptibles de s'allonger, quittaient facilement les dents des roues. De cette façon, l'appareil est animé de deux mouvements, l'un sur lui-même, l'autre dans le sens de la longueur du plateau.

Les retourneurs, placés sur l'arbre suivant une surface hélicoïdale, se composent de palettes en fer, doubles et doublement recourbées en sens contraires,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

pour pouvoir agir dans les deux sens. Elles sont rattachées à l'arbre par un bras court et peuvent osciller légèrement autour d'une douille. Dans le mouvement d'avant et de rotation de l'arbre sur lui-même, les palettes ramassent le grain sur le plateau, l'enlèvent et, à moitié de leur course, le laissent retomber derrière elles dans le vide produit. L'oscillation des palettes facilite la chute et le retournement.

Les palettes ne sont pas de mêmes dimensions sur les deux plateaux. Elles sont plus étroites sur le plateau supérieur où le grain humide et portant encore ses radicelles est plus difficile à piquer et à enlever; elles n'ont guère que 25 centimètres de large, tandis que leur largeur est de 75 centimètres à un mètre sur le plateau inférieur où le grain se remue plus facilement.

Le mouvement est donné par trois poulies accolées, dont deux sont folles et la troisième, celle du milieu, est fixe. Deux courroies, l'une droite, l'autre croisée, peuvent venir alternativement sur la poulie fixe. Quand l'appareil retourneur arrive au bout de sa course, à l'une ou l'autre extrémité de la touraille, il rencontre un arrêt qui fait mouvoir une tige traversant toute la touraille et qui transporte sur la poulie fixe tantôt l'une, tantôt l'autre courroie. Le mouvement se transmet alors en sens opposé et l'appareil revient sur ses pas.

Le mouvement de l'arbre le long du plateau est très lent et la course entière se fait en quinze à vingt minutes ; le mouvement de rotation sur lui-même, au contraire, est rapide.

La retourne se fait moins bien qu'à la main ; les palettes ne pouvant que raser le plateau, beaucoup de grains échappent. Dans certains systèmes, on ajoute de petits balais en plumes qui poussent les grains qui n'ont pas été ramassés. Ces balais ont l'inconvénient de s'user assez vite.

Il existe d'ailleurs de nombreux systèmes, tous se rapprochant plus ou moins de celui que nous venons de décrire.

Tous les engrenages, placés ordinairement dans l'épaisseur des murs, sont couverts pour que les grains projetés ne soient pas écrasés.

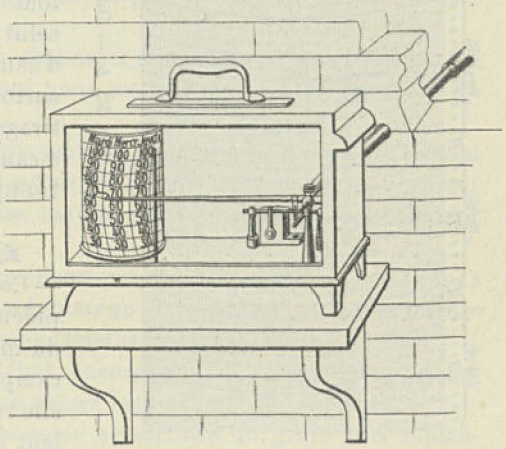


Fig. 52, *a*. — Thermomètre enregistreur.

Thermomètres. — Il est indispensable d'observer les températures en quelque sorte heure par heure. On place des thermomètres et à différents points de la touraille, soit dans les couches, sans qu'ils touchent le plateau, soit entre les plateaux et dans la chambre de chaleur. Il est préférable de prendre les températures des

IRIS - LILLIAD - Université Lille

couches, parce qu'il y a entre la température des couches et celle de l'air une différence qui peut être de 15° à 25° pour le plateau supérieur, et de 8° à 10° pour le plateau inférieur. On se sert ordinairement de thermomètres enregistreurs (thermomètre enregistreur Richard) qui inscrivent (fig. 52) sur des rouleaux, mus par un système d'horlogerie, le graphique des températures. Le corps du thermomètre plonge dans la couche et l'enregistrement se fait au dehors. On a ainsi les températures de nuit; en outre, chaque retournement donnant, même avec les retourneurs mécaniques, un abaissement de température, on obtient un contrôle complet du touraillage et du travail de l'ouvrier.

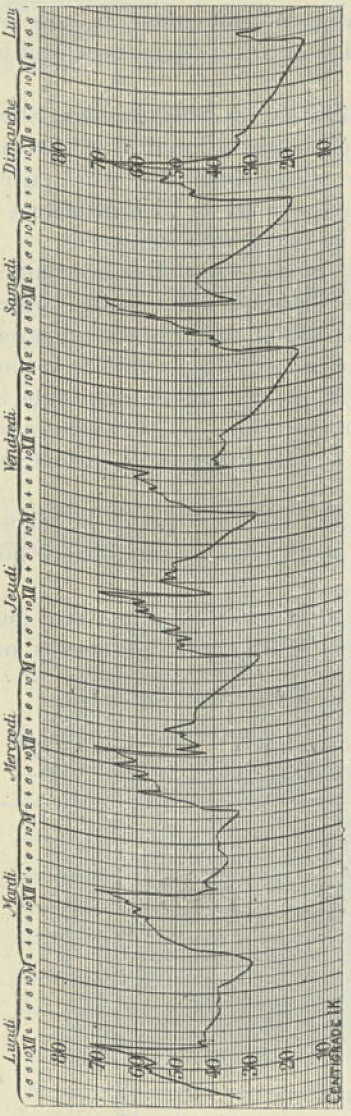


Fig. 52, *b*. — Diagramme d'un thermomètre enregistreur.

Au point de vue d'un bon contrôle, il est bon de reporter sur le graphique qui donne les températures en fonction du temps, l'humidité du malt faite, au laboratoire, par exemple, tous les deux heures. Cela permet de diriger la touraille en connaissance de cause. En tout cas, le système est préférable à celui qui consiste à faire des dosages d'eau non systématiques parce que surtout dans les tourailles à faible tirage, il y a souvent des reprises d'eau par le malt, ce qui peut être très trompeur.

Épreuve du malt à la touraille. — Comment peut-on se renseigner rapidement sur la couleur et la qualité du malt, afin d'être sûr, à la fin de la campagne de maltage, que tel ou tel silo renferme un grain donnant la couleur que l'on désire ?

Voici comment M. Lang résout ce problème :

Quelques heures après le déchargement de la touraille, on prélève un échantillon et on fait digérer, pendant une heure et demie ou deux heures, 20 grammes de malt finement moulu avec 300 centimètres cubes d'eau, en agitant constamment. On filtre et on détermine l'intensité de la coloration du liquide filtré. La manière dont le liquide filtre, le temps pendant lequel on

IRIS - LILLIAD - Université Lille

peut le conserver sans qu'il se trouble, indiquent si le malt se prête ou non à la fabrication de bières fines.

Si le liquide filtre vite et brillant, s'il reste limpide pendant quatre ou cinq heures à la température ordinaire, on peut employer le malt à la fabrication des bières les plus fines ; s'il est opalescent et si la filtration est lente, et si le liquide devient trouble au bout de deux heures, le malt ne doit être employé que pour la fabrication d'hiver. Les malts pâles donnent un extrait qui filtre plus vite et plus clair que les malts foncés. La qualité de ces malts ne peut donc s'apprécier que d'après le temps que met le liquide filtré à devenir trouble. Lorsque la macération d'un malt pâle se trouble vite, cela tient à ce que la température finale de touraillage n'a pas été maintenue pendant un temps suffisant et n'a pas été assez élevée. Il faut, en effet, séjourner à cette température tant qu'on n'a pas à craindre que le malt prenne de la couleur.

Si la macération d'un malt touraillé à 70° se trouble rapidement, il faut monter à 75° ou 80°, de manière à obtenir une macération qui reste limpide pendant quatre ou cinq heures.

Les malts foncés donnent une macération qui filtre plus lentement, mais reste limpide plus longtemps. Si le liquide filtré est opalescent, c'est qu'il y a eu une décomposition de la matière azotée, et il faut ventiler un peu le grain à la fin du touraillage ; ou bien on a descendu le malt trop tôt sur le plateau inférieur, celui-ci étant trop chaud.

Pratique du touraillage. — **Préliminaires**. — Deux conditions sont essentielles pour que le touraillage s'accomplisse dans de bonnes conditions :

1° Que le malt soit déjà dans un état assez avancé de sécheresse quand il arrive sur le plateau ; c'est pourquoi nous avons recommandé le fanage du grain après germination.

2° Que la température soit élevée lentement et progressivement pendant les premières heures du travail, jusqu'à ce que le malt soit complètement sec, ou a peu près et qu'il ne soit pas soumis, encore humide, à une chaleur de plus de 50°.

Il faut donc, au début, un tirage énergique et la circulation d'une grande quantité d'air froid. C'est indispensable pour que la vapeur d'eau soit entraînée et ne se recondense pas sur les grains étendus sur les plateaux.

Si le grain était soumis, au début, encore humide, à une température élevée, voisine de 50°, il pourrait se passer les phénomènes suivants :

1° La plumule continuerait à pousser et sortirait du grain très rapidement; on aurait des hussards en grand nombre ;

2° Le grain deviendrait vitreux. Nous reviendrons sur ce phénomène ;

3° Les matières albuminoïdes se coaguleraient en brunissant et en prennant un goût amer, désagréable, qui se communiquerait à la bière ;

4° Comme conséquence aussi, la diastase qui est une matière azotée, se détruirait en trop forte proportion : la diastase, qui, sèche, peut encore résis-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ter à des températures de plus de 75°, humide, s'altère à des températures beaucoup plus basses. Les grains vitrés sont peu ou pas du tout diastasiques.

Nous pouvons donc établir tout d'abord, comme règle générale et absolue :

Que le malt, au commencement, ne doit être soumis qu'à une température modérée ; ce n'est que quand il est sec, que la chaleur peut être élevée et amenée aux degrés qui lui donneront son arome particulier.

Le touraillage comporte alors deux parties distinctes : le séchage et le touraillage proprement dit, ou la torréfaction.

Dans les tourailles à deux plateaux, la première partie s'opère sur le plateau supérieur, la seconde sur le plateau inférieur.

Marche des opérations. — Nous supposons une touraille à deux plateaux et une mise en marche, c'est-à-dire que nous changeons la touraille pour la première fois; le touraillage aura une durée de vingt-quatre heures.

Nous plaçons sur le plateau inférieur une demi-couche ; le plateau supérieur demeure momentanément vide et le reste de la couche attend au germoir, ou sur le grenier d'aérage.

Nous donnons à la couche une épaisseur de 17 à 20 centimètres.

Si la couche est trop épaisse, l'humidité s'échappe plus difficilement à travers la masse, se recondense sur les grains du dessus et quand on retourne la couche, les grains du dessous, déjà en partie séchés, reprennent de l'humidité en venant au-dessus. Le séchage est plus long.

D'une façon générale, en couche épaisse on obtient un malt plus coloré, précisément parce que la vapeur d'eau s'échappe plus lentement. Les malts de Munich sont touraillés en couches épaisses.

La hauteur est réglée par le système de touraille, par l'humidité du grain, la qualité du malt vert et le caractère du malt à obtenir.

On fait la couche plus haute avec une touraille à fort tirage ; avec un malt ayant passé sur le grenier d'aérage, germé froid et à longue plumule ; avec un malt à enveloppes épaisses, riche en azote ; avec les malts pour bières moelleuses. On la fait plus basse avec un malt germé court et encore humide, à moins qu'on ne veuille obtenir un malt coloré ; avec un malt à enveloppe fine ; avec les malts pour bières vineuses.

On fait un feu modéré, on tient ouvertes toutes les prises d'air froid et on monte lentement à 35-40°, en trois heures environ. On stationne à cette température et quand on reconnaît que le grain a déjà perdu la plus grande partie de son humidité, on active le feu, mais sans diminuer l'entrée de l'air froid et on pousse à 45-50° et même à 60°, si le malt est suffisamment sec. On se tient à cette température jusqu'à la fin de cette première partie de l'opération, qui doit durer douze heures.

A ce moment, on apporte le reste de la couche sur le plateau supérieur et le touraillage va maintenant se poursuivre d'une façon continue.

Il suit alors la marche suivante :

Plateau inférieur. — On monte progressivement à 60-70-75-80° et même davantage, selon le degré de touraillage que l'on veut avoir. Mais quand on

IRIS - LILLIAD - Université Lille

atteint la température finale, on y stationne plusieurs heures, pour qu'elle gagne le centre du grain. Cette seconde partie de l'opération dure également douze heures.

Plateau supérieur. — Pendant ce temps, sur le plateau supérieur, on a surveillé la température de façon à gagner 25-40° et, après stationnement, a atteindre progressivement et lentement, 45,50 et même 60°. On maintient cette température jusqu'à ce que le touraillage soit terminé sur le plateau du bas.

Remarques. — Ces températures ne sont pas absolument fixes. Elles dépendent des circonstances.

Sur le plateau du haut, Lang ne voudrait jamais plus de 35° dans le malt.

Il recommande qu'au moment de la chute, la température du malt soit la même que celle du plateau inférieur.

D'après lui, ce qui est important pour les orges riches en azote, c'est de monter rapidement de 35-40° C, température du malt au moment où il arrive sur le plateau inférieur, jusqu'à 50°. M. Lang a, en effet, observé que si le malt est maintenu longtemps à 40-48°, la bière manque de stabilité.

Le touraillage à température finale élevée est recommandable lorsqu'on a d'avance des provisions de malt. Mais, si l'on désire employer le malt de bonne heure au brassage, il est utile d'abaisser la température de 10 à 15 C°, on emmagasine ensuite le malt en tas de 50 centimètres de hauteur, et on le retourne deux fois par semaine. On arrive ainsi à pouvoir travailler du malt âgé de quinze jours, tout en obtenant une bonne saccharification et un bon soutirage.

Quand le touraillage est fini, c'est-à-dire vingt-quatre heures après le commencement de l'opération, on décharge le plateau inférieur ; on y descend le grain à moitié touraillé du plateau supérieur ; on recharge celui-ci avec une demi-couche venant du germoir ou du grenier d'aérage et on recommence le même travail qui se continue alors sans interruption.

Ces durées ne sont pas rigoureuses et dépendent souvent des circonstances. En tout cas, le malt du plateau supérieur ne doit jamais être descendu sur le plateau inférieur que lorsqu'il est bien sec, sauf le cas, comme nous le verrons, de fabrication de malt de Munich. Il vaudrait mieux retarder le déchargement du premier étage, ce qui n'aurait aucun inconvénient et attendre avant d'y apporter le malt supérieur.

Retournes. — On retourne la couche supérieure, humide, toutes les heures ; la couche inférieure moins souvent, toutes les deux ou trois heures, à moins qu'on ne juge nécessaire de le faire davantage. La retourne de la couche supérieure doit toujours précéder celle de la couche inférieure, à cause de la chaleur plus intense qui se dégage par les ouvertures que fait la pelle.

On retourne à la main d'un seul coup de la pelle, que l'on fait virer assez brusquement pour que les grains du dessus viennent bien en dessous. On commence par dégager tout un côté dont on éparpille les grains sur la surface du tas, puis on retourne progressivement. A la fin, il se trouve une bande de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

métal qui n'est pas couverte et que l'on remplit en ramenant avec la pelle des grains pris sur le tas. A chaque retourne, on change de côté.

Nous empruntons à Thausing cet exemple d'un touraillage de vingt-quatre heures sur deux plateaux.

CHARGEMENT A 7 HEURES DU MATIN

RETOURNES	DEUXIÈME ÉTAGE		PREMIER ÉTAGE	
	Températures de l'air.	Températures du malt.	Températures de l'air.	Températures du malt.
8 h. du matin.	20	23,5	37	36
9 h. —	27	33	40	48
10 h. —	23	39	45	54
11 h. —	25	47	51	56
12 h. —	26,5	47	55	68
1 h. du soir.	30,5	54,5	63	72
2 h. —	35	56,5	65	75
3 h. —	42,5	65,5	67	77
4 h. —	45	66	67	76,5
5 h. —	45,5	66,5	68	78,5

L'humidité du malt était, à la fin du touraillage, de 7,38 p. 100 sur le plateau supérieur et de 3,55 p. 100 sur le plateau inférieur.

Les retourneurs mécaniques sont aujourd'hui fort employés, mais ils ne peuvent se substituer complètement à la main-d'œuvre manuelle à cause de la zone neutre qu'ils laissent sur le plateau. De plus ils n'agissent pas comme l'ouvrier qui ramène le fond à la surface, ils se contentent de mêler le tout de sorte que la surface est d'une humidité moindre ce qui est moins favorable à l'évaporation.

Relativement à la retourne mécanique Lang a indiqué quelques règles.

En ce qui concerne les malts pâles :

Si les plateaux n'ont pas plus de 70 mètres carrés; on peut arrêter le retourneur inférieur une demi-heure et le supérieur une heure. On ne doit pas arrêter pendant le grillage final.

Si les plateaux sont plus grands (100 mètres carrés) le retourneur inférieur est continu, le retourneur supérieur l'est également si le retournement total exige plus de vingt minutes.

En tout cas, au début, le retourneur supérieur doit toujours marcher au moins deux heures parce qu'au moment de la charge, on est sous l'influence de la température du coup de feu final précédent.

En ce qui concerne les malts foncés, le plateau supérieur doit être retourné dès que la température de l'air atteint 55°.sous le plateau; pour le plateau inférieur on retourne une fois par heure et on arrête les deux dernières heures en veillant à ce que le grain ne brûle pas, ce qui le rend brun et amer et ce qui arrive avec des tourailles dont les tuyaux sont trop près des plateaux.

Il y a lieu aussi de tenir compte de la compacité des radicelles.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Touraillages spéciaux. — ***Touraillage bavarois.*** — *Malt coloré.* — Le touraillage bavarois diffère essentiellement de la méthode que nous venons de décrire. La durée est de quarante-huit heures et le malt reste vingt-quatre heures sur chaque plateau. Pour obtenir des produits colorés et aromatiques, on expose le malt encore humide et contenant 14 à 15 p. 100 d'eau à une température assez élevée. C'est sur le plateau supérieur que les qualités particulières au malt bavarois se développent et on peut diviser les vingt-quatre heures qu'il y passe en deux périodes. Voici comment on procède :

Premier plateau (supérieur), première période. — On monte graduellement à 45°, en laissant ouvertes toutes les prises d'air froid. L'humidité s'abaisse à 20-25 p. 100; on retourne toutes les deux heures.

Deuxième période. — On commence à fermer progressivement les prises d'air froid et la température monte à 55-60°. Six heures après, toutes les ouvertures sont fermées, la température s'élève à 66° et on maintient ce degré pendant les six dernières heures. L'humidité du malt est encore de 14 à 15 p. 100. On retourne toujours toutes les deux heures.

Deuxième plateau (inférieur). — Toute l'attention étant porté sur les températures du premier plateau, on ne s'occupe pas tout d'abord de celles du second plateau, qui se tiennent ordinairement entre 40 et 60°, mais vers la neuvième heure, on pratique la fermeture des prises d'air, et on monte successivement à 80, 85, 90, 95, 100 et 105°. On arrive habituellement à cette dernière température en douze heures, après la fermeture des registres d'air froid et on la maintient pendant trois heures, ce qui fait un total de vingt-quatre heures.

Il en résulte que le malt reste neuf heures sur chaque plateau avec toutes les prises d'air froid ouvertes et quinze heures avec les prises d'air fermées. Lang recommande de dépasser tout de suite 48° et d'arriver à 50°, puis de monter à 65° en six heures, à 80° en six heures, à 100° en trois heures et on s'y maintient quatre à cinq heures. Ce qui fait un total de dix-neuf à vingt heures.

L'échauffement du malt humide et la haute température de torréfaction produisent un malt brun, très aromatique. Il y a formation d'une quantité plus considérable de sucre et de dextrine.

Au moment du déchargement, l'humidité est de 5 à 6 p. 100 sur le premier plateau et de 2 à 2,5 p. 100 sur le second.

La coloration donnée par une macération à froid de 100 grammes de malt dans 500 centimètres cubes d'eau est égale à celle de 0,9 centimètres cubes d'une solution normale d'iode au 1/10 dans 100 centimètres cubes d'eau [1].

On trouve de 3 à 6 p. 100 de grains brunis et 2 p. 100 de grains glacés.

Touraillage viennois. — *Malt doré.* — La durée est de vingt-quatre heures, douze heures sur chaque plateau. La hauteur de la couche au début est de 15 à 20 centimètres. Les prises d'air froid restent ouvertes pendant huit heures. On les ferme à moitié pendant les deux heures suivantes et entièrement pendant les deux dernières heures.

1. Aujourd'hui on emploie plutôt une solution centinormale (1 litre d'eau, 4 grammes d'iodure et 1 gr. 27 d'iode.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les températures sont de 45° à 65° sur le premier plateau et de 55° à 100° sur le second. On ne dépasse pas cette dernière température qu'on maintient une heure ou deux.

L'humidité, à la fin, est de 6 à 7 p. 100 en haut et de 1,5 à 2 p. 100 en bas.

On retourne toutes les heures et même deux fois par heure à la fin, sur le plateau inférieur.

Le malt est doux, sucré, légèrement aromatique et doré. Il donne une coloration égale à 0,5-0,7 centimètres cubes d'iode.

Touraillage de Pilsen. — La durée est de vingt-quatre heures, et la hauteur des couches n'est que de 12 à 15 centimètres ; on commence à fermer les prises d'air froid vers la huitième ou dixième heure, mais on a soin d'en laisser au moins un quart ouvert jusqu'à la fin du touraillage. Il en résulte que la température ne peut jamais s'élever très haut. Elle ne dépasse guère 55° sur le plateau supérieur et d'après Lang elle ne devrait pas dépasser 35°, et 75 à 80° sur le plateau inférieur. On met dix heures à monter à 65° ; cinq heures à 70° ; cinq heures à 75° et on monte à 80° en quatre heures[1]. On retourne toutes les deux à trois heures.

Il n'y a pas, à proprement parler, de torréfaction, mais séchage par un fort courant d'air chaud. Rappelons qu'on n'emploie que les tourailles à calorifère.

Le malt est très pâle, sans grains brunis, sa coloration = 0,25. Il est sans arome, mais très diastasique.

EXEMPLE D'UN TOURAILLAGE POUR MALT DE PILSEN D'APRÈS CHODOUNSKY

HEURES	TEMPÉRATURES			
	Plateau inférieur.		Plateau supérieur.	
	De l'air. °C	Du malt. °C	De l'air. °C	Du malt. °C.
Après chargement. .	44,25	52,5	25,5	—
Après 1 heure. . . .	44,25	57	26,6	30,5
— 2 —	43	44,25	24	28,75
— 3 —	44	46,75	24	30
— 4 —	48,75	54,5	25,5	32,5
— 5 —	50	55,25	20	38,75
— 6 —	58	64	32,5	43,75
— 7 —	65	77,5	37,5	47,5
— 8 —	69,5	81,5	45	55

Touraillage anglais. — En Angleterre, on emploie plus généralement les tourailles à un seul plateau, et le touraillage, très lent, dure de trois à quatre jours. Le malt est amené sur le plateau très fané et mis en couche de 25 centi-

[1] Si on remarque que le malt se colore, on pousse jusqu'à 90° et on réserve le malt pour les bières de garde.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

mètres. On chauffe progressivement jusqu'à 50° et on maintient cette température jusqu'à ce que le malt ait perdu environ les 3/4 de son humidité. Ce résultat est obtenu ordinairement le second jour. On monte ensuite lentement à la température finale qui est de 85° pour certaines bières et de 95° pour d'autres. On y stationne quelques heures, avant de décharger la touraille.

Ce touraillage lent donne un malt pâle, peu aromatique, mais très diastasique, d'une très grande friabilité et d'un rendement élevé.

Du touraillage en tambour. — Comme complément du maltage en tambour on a préconisé le séchage et le touraillage dans des appareils du même genre.

Le séchage est ordinairement conduit en faisant passer pendant une heure de l'air entrant à 45-48° et sortant à 19-21°, puis pendant vingt-trois ou vingt-quatre heures de l'air à 48-55° et sortant à 21-24°.

Le malt ainsi fané ne manque pas de friabilité, tandis que touraillé au tambour de maltage, il ne se sèche que superficiellement et reste dur.

Le touraillage se fait ainsi :

12 premières heures,	air entrant à	55-60,	sortant à 24-27
12 heures suivantes,	—	65	— 27-32
Élever la température et l'y maintenir 72-96 heures.			

Le tambour touraille est plus petit que l'autre, pour tenir compte de la contraction. On a d'ailleurs préconisé de placer à l'intérieur du tambour touraille un axe de gros diamètre qui diminue le volume du tambour en augmentant la surface de chauffe. On a même pu employer de pareils tambours pour faner et tourailler.

Pour 50 quintaux les dimensions sont :

Longueur	4,00 m.
Diamètre extérieur du tambour faneur	2,50 —
— — touraille	1,90 —

La vitesse de première rotation est de 40 à 50 tours. Les tambours tournent continuellement.

Les tambours contiennent des tubes perforés au centre et à la périphérie à travers lesquels l'air chaud est aspiré par des ventilateurs.

Cet air chaud circule ensuite autour du tambour. Ordinairement l'air vient de radiateurs tubulaires chauffés à la vapeur et il est bon d'établir des réchauffeurs pour régler la température du coup de feu final dans la touraille.

Cet air passe d'abord à la touraille puis au faneur où il peut être mêlé à de l'air chaud direct ou à de l'air froid.

Dans le tambour faneur on fait passer au début 4,45 m³ d'air à 20° à la seconde, à la fin 4,69 m³ d'air à 31°.

Cela maintient le malt à 30° et lui fait perdre par exemple 18,5 — 20 p. 100 d'eau. Cette basse température du malt provient de l'évaporation. L'air prend un état hygrométique voisin de la moitié.

Dans le tambour touraille, au début, il passe 2,91 m³ d'air à 30°, à la fin il passe 1,2 m³ d'air à 100° ; le malt tombe à 2,7 d'humidité.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le malt est très friable :

Les frais d'installation sont à peu près ceux des tourailles ordinaires ; mais il faut un peu plus de combustible.

La force nécessaire est de 1 cheval pour le faneur et 1 pour la touraille ; de plus les ventilateurs exigent également 2 chevaux.

Si l'on compte que les 10 tambours germoirs nécessaires exigent avec les ventilateurs 8 chevaux, cela représente un total de 12 chevaux.

Théorie du touraillage. — **Transformations au touraillage.** — Le point de départ d'une étude fort importante de Grüss est sa recherche d'une explication du malt vitreux.

Les grains vitreux, quoique de même pouvoir diastasique que les autres, ont l'inconvénient d'avoir peu d'extrait.

Jusque dans ces derniers temps, on expliquait ce phénomène par une sorte d'empâtage de l'amidon par l'humidité chaude qui existe lorsqu'on chauffe trop vite le malt encore humide[1].

Mais cette explication ne dit pas pourquoi les grains germés courts ou riches en azote sont plus sensibles que les autres.

De plus, un grain de malt ordinaire mis dans l'eau bouillante voit ses grains d'amidon se gonfler, perdre ses contours nets et s'entourer d'une gaine à peine colorée par l'iode.

Or rien de pareil n'a lieu avec un grain vitreux, ce qui serait extraordinaire, si celui-ci contenait déjà de l'amidon empesé.

Enfin l'amidon d'orge s'empèse à 55° et le malt vitreux n'en voit pas trace à 75°.

C'est pour toutes ces raisons que Grüss a refait une étude anatomique et physiologique du grain au touraillage.

Dans le touraillage, il y a 4 phases.

1° En dessous de 44°, les phénomènes vitaux continuent ; vers cette température l'embryon se paralyse tandis que les diastases agissent ;

2° Les diastases s'arrêtent ensuite, à une température qui dépend de l'humidité ;

3° Il y a dessiccation du grain, coagulation des matières azotées, modifications des hemicelluloses, affaiblissement des diastases ;

4° Modifications des matières sucrées, variations de l'acidité, des matières minérales et des matières grasses, légère torréfaction qui donne l'arome et la couleur.

Transformations anatomiques. — 1° Les phénomènes vitaux comportent les points suivants.

A. Allongement de la plumule et formation des sucres. — Dès le début du touraillage et même pendant le fanage, la vie cesse dans les radicelles par

[1] Le malt le mieux germé séché à 70° devient vitreux. Grüss a vu un malt séché à 60° rester friable s'il y avait aération et devenir vitreux dans le cas contraire. La fente ventrale se dissolvant ; ce manque d'aération ne peut avoir lieu qu'en tambour.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

suite de la dessiccation. Mais l'embryon protégé par les glumes peut continuer à vivre et la plumule peut s'allonger notablement si le touraillage est conduit lentement.

Elle se manifeste encore au delà de 30°, mais le facteur essentiel est l'humidité de l'air. Le fait a été vérifié par Heinke aussi bien pour les malts pâles que pour les autres, il a lieu au fanage, sur l'avant-touraille et sur le plateau supérieur. Il y a, en même temps, élévation du taux des sucres (réducteurs et non).

Si l'on commence le touraillage à température plus élevée (48°) il n'y a plus allongement de la plumule et les sucres sont en moindre quantité.

B. Épuisement du scutellum. — On sait que l'amidon appelé transitoirement pendant la germination dans le scutellum est consommé ; la sécheresse ne permet pas les échanges entre l'endosperme et l'embryon, de sorte que celui-ci épuise ses réserves propres si le malt vert est dans l'air sec et au contraire s'il est dans l'air humide.

Mais cette disparition est forcément liée à l'entretien de la vie du scutellum et surtout à sa fonction respiratoire. Elle est arrêtée par les anesthésiques, le défaut d'air. De sorte que du malt trop humide, touraillé, ne contient plus d'amidon dans l'embryon, parce que l'eau a déplacé l'air.

C. Transformations dans l'endosperme. — α. *Influence sur la teneur en sucres.* — Un malt vitreux ne contient plus de sucre rédacteur surtout dans la partie centrale de l'amande ; en lavant à l'alcool, on dissous ce sucre et on voit des grains d'amidon pris dans une substance gommeuse provenant des membranes cellulosiques modifiées. Cette gélification est complète au centre, elle n'a lieu que par points à la périphérie. Cette gélification ne peut être attribuée exclusivement aux diastases saccharifiante ou cytasique. Un malt friable examiné de la même manière ne présente que des membranes cellulosiques émiettées.

L'attaque est complète au centre, c'est-à-dire que ce sont les membranes cellulaires du faisceau libéroligneux qui garnit le fond de la fente ventrale et les cellules à aleurones voisines des autres qui cèdent.

Cette cause de vitrification des grains est souvent accompagnée d'une deuxième ; les matières albuminoïdes de la partie périphérique de l'endosperme, dissoutes par la germination, se coagulent par le touraillage en enrobant les grains d'amidon.

β. *État des grains d'amidon.* — Au voisinage du scutellum ou de la couche à aleurone, les grains sont corrodés et poreux. Au centre de l'endosperme, au voisinage du faisceau libéro-ligneux, les grains semblent fondre, et le sucre réducteur résultant paraît circuler par le faisceau.

Ce sucre réducteur repasse à l'intérieur de l'embryon à l'état de saccharose ou d'amidon.

Si l'on prend un malt vert on trouve que

$$\frac{\text{Nombre des gros grains}}{\text{Nombre des petits grains}} = \frac{1}{11{,}1}$$

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Dans un malt friable on a

$$\frac{1}{11,6}$$

Dans un malt vitreux on a

$$\frac{1}{1,9}$$

Donc dans les malts vitreux les petits grains d'amidon disparaissent très vite, dans un malt friable il paraît que les petits grains augmentent.

Grüss a cru voir en ce fait la preuve, pendant le séchage, d'une régression vers l'amidon semblable à celle qui se passe normalement dans l'embryon.

γ. *État des membranes cellulosiques.* — Les membranes des cellules de l'endosperme qui contiennent de l'amidon comprennent deux couches :

Une externe de formation primaire, dite couche médiane, difficile à colorer (se colore en violet bleu par la solution tanique de nigrosine).

Une interne de formation secondaire, se colore par le rouge Congo et le violet d'alizarine sodique. Cette deuxième couche paraît solubilisée par les acides et la cytase, c'est une hemi-cellulose, que l'auteur considère comme formée principalement de galactane ; se basant sur la coloration analogue des cellules de l'albumen de la datte.

Cette même couche de la membrane ne donne rien par la phloroglucine et l'acide chlorhydrique, elle ne contient donc pas de pentosanes.

Pendant la germination cette membrane interne perd peu à peu la faculté de se colorer ; elle s'hydrolyse et se dissout ; mais même pendant le touraillage en malt vitreux, cette membrane, pas plus que la membrane externe, ne disparaît complètement de l'endosperme. Ce n'est seulement que dans la région gélifiée des grains très vitreux que les membranes peuvent être complètement dissoutes, ce qui détermine l'aspect gélifié.

δ. *Modifications dans les matières azotées et enzymatiques.* — Un grain friable, traité par la teinture de gaïac, et l'eau oxygénée, donne une coloration bleue ; un grain vitreux ne la donne pas, tout au moins dans les parties complètement vitreuses et cependant une couche mince sur gélatine-amidon attaque l'amidon et un malt vitreux se saccharifie lui-même. La diastase du malt vitreux n'est donc plus peroxydasique, mais elle est encore saccharifiante.

Des matières azotées plus ou moins peptonisées, peuvent se coaguler au cours du touraillage et donner un aspect vitreux, cela se passe dans la région périphérique et ventrale et dans la région opposée à la radicule.

De pareils grains se rencontrent dans les meilleurs malts ; le coagulum gêne la mouture, mais il est en général soluble, de sorte que l'amidon redevient libre.

Le touraillage détruit la diastase, cela dépend de l'humidité. En effet, pour réduire à 30 p. 100 le pouvoir diastasique d'un malt, il faut chauffer à 70° s'il est à 10 p. 100 d'eau et à 90° s'il est à 4 p. 100.

Lorsqu'un malt analysé par la méthode de Vienne se saccharifie en moins de vingt minutes, il renferme trop d'amylase. Mais il faut faire attention qu'un

IRIS - LILLIAD - Université Lille

malt lent peut contenir cependant trop de diastase (pouvoir supérieur à 1/3), par ce qu'il contient des substances retardatrices.

Il est évident que le touraillage a sur les enzymes protéolytiques une action analogue.

Séchage et autres modifications chimiques. — Séchage. — Le séchage ramène l'eau à environ 2 p. 100; mais le malt en se refroidissant reprend de l'eau ; on compte que du malt froid reprend en couches minces 1/2 p. 100 d'eau par vingt-quatre heures.

Mais si on abandonne à elle-même des couches épaisses on trouve 8 à 10 p. 100 d'eau dans la couche superficielle ; 5 p. 100 à 20 centimètres ; à 50 centimètres l'élévation n'est pas de 1 p. 100 par rapport au malt refroidi.

Une fois ces taux atteints, ils ne varient guère, car on trouve les mêmes nombres après deux mois ou après six[1].

L'habitude de mettre des touraillons sur le malt se comprend puisque ceux-ci absorbent l'humidité, c'est une habitude que l'on abandonne par raison de microbiologie. Il suffit de mettre des sacs pour éviter la poussière.

Modifications des matières sucrées et analogues. — Pendant le touraillage, les combustions continuent, on estime à 1/2 p. 100 de la matière sèche de l'orge la perte qu'elles causent. Bleisch a constaté que sur le plateau supérieur d'une touraille bavaroise, là où la germination continue, l'atmosphère contient 1 p. 100 de CO^2. Tollens pense que les pentosanes dont le taux ne varie pas, ne concourent pas à la combustion.

C'est l'amidon qui subit une des principales transformations. Il y a saccharification quand le malt est encore humide ; il y a déjà fermentation du sucre vers 50-56°, elle augmente vers 63-70°.

La quantité de dextrine augmente et d'autant plus que le malt a été soumis plus humide à de hautes températures.

Ainsi un malt vert à 50 p. 100 d'eau (Mason) contenait 0,23 p. 100 de matière infermentescible, non soluble dans l'alcool à 90° et exprimée, en glucose, a été séché et touraillé (16 heures à 35°, 6 heures à 50°, 1 heure à 70°), séché à 44 p. 100 d'eau; on a eu 0,53 d'infermentescible.

Séchée à 11 p. 100 d'eau on a eu 0,50 p. 100.

Malgré cette augmentation de dextrine, il ne semble pas qu'il y ait d'augmentation de maltose. Stein a étudié les sucres solubles dans l'alcool, il a trouvé que si 100 d'orge avaient 1,24 de soluble dans l'alcool, cette orge maltée en contenait 5,95, séchée à l'air 4,15; et touraillée 4. Donc, au touraillage, la maltose ou tout au moins les sucres solubles à l'alcool diminuent.

Les sucres réducteurs diminuent d'ailleurs au touraillage.

Ainsi pour 100 de matières sèches :

Un malt vert à 50 p. 100 contenait 3 de réducteurs exprimés en glucose ;
Le malt séché à 44 p. 100 et touraillé comme plus haut, contenait 1,65 ;
— 11 p. 100 — — — 1,18.

[1] Pour des malts très humides qui fermentent mal, on a proposé un nouveau touraillage.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Si on tient compte de la perte de matière sèche (0,5 kg.) qui se produit au touraillage, on peut dire que 100 kilogrammes de malt vert à 50 p. 100 d'eau contiennent 1,5 de sucre réducteur, correspondant à 51 kilogrammes de malt touraillé, à 3 p. 100 d'eau, contenant au maximum $1,65 \times 0,51 = 0,85$ kgr. de sucres réducteurs. Il y a donc disparition de sucres réducteurs.

Remarque. — Ces chiffres se rapportent aux expériences de Mason qui, pour détruire les diastases, a fait bouillir une heure le malt avec de l'alcool à 90°. Ils ne comportent donc pas la maltose, ni probablement la glucose, ni même une partie de la lévulose. Il ne faut donc pas les prendre au point de vue intrinsèque, mais au point de vue comparatif pour indiquer le sens de la variation produite au touraillage.

Cette diminution des sucres réducteurs n'est pas admise par tous les auteurs.

Ainsi Ling, en se servant de la potasse pour empêcher l'action diastasique d'un extrait, arrive à trouver dans des malts de 6,11 à 6,69 p. 100 de sucres réducteurs calculés en maltose. Si on en retranche la valeur équivalente à 1,18 p. 100 de glucose trouvée plus haut, soit 2 p. 100 environ, il reste environ 4 p. 100 de maltose dans le malt.

Il faut remarquer que l'auteur en question est Anglais et qu'il opère sur des malts germés lentement et touraillés d'une manière spéciale.

Au point de vue de la saccharose, Mason a trouvé pour cent de matières sèches :

Dans le malt vert.	4,08
— à 44 p. 100 d'eau et touraillé	5,45
— à 11 — —	5,42

Si on rapporte ces chiffres à 100 de malt vert, on voit que 100 de malt vert à 50 p. 100 contiennent 2,04 de saccharose, ils correspondent à 51 kilogrammes de malts touraillés contenant au minimum $5,42 \times 51 = 2,76$ de saccharose. Ce qui fait une augmentation de 0,73 pour les 100 kilogrammes de malt vert et cela malgré l'inversion probable.

Certains auteurs admettent que l'inversion est suffisante pour diminuer le chiffre de la saccharose et augmentent au contraire le chiffre du pouvoir réducteur.

Toutes ces contradictions doivent tenir à la différence des malts étudiés.

Augmentation de l'acidité. — Les acides organiques augmentent, principalement aux températures de 50 à 60°, sans doute sous l'influence des bactéries du malt encore humide. Il se forme de l'acide lactique.

D'après Prior, il y a aussi augmentation assez sensible des phosphates acides.

Dans les grains moisis, l'acidité est trois fois plus grande que dans les grains non attaqués.

Modifications des matières minérales. — Le taux des matières minérales ne change pas, mais elles perdent en partie leur solubilité.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Modifications des matières azotées. — On sait très peu de choses sur les matières azotées.

Les matières albuminoïdes qui diminuent par la germination diminuent encore au séchage à l'air et au touraillage. Les matières albuminoïdes solubles qui augmentent à la germination et au séchage à l'air diminuent probablement au touraillage, si celui-ci atteint une température suffisante.

Les peptones paraissent croître à basse température et décroître à plus forte température. Les amides croissent à la germination pour redécroître au touraillage.

Affaiblissement du pouvoir diastasique. — Pendant le touraillage, il y a destruction d'une partie de la diastase et affaiblissement du pouvoir diastasique. Le malt vert contient beaucoup plus de diastase que le malt touraillé.

La diminution de la diastase dépend de l'humidité et de la température.

Nous avons déjà dit que le malt chauffé humide à plus de 50° perd beaucoup de diastase; le malt de Munich est moins diastasique que le malt de Pilsen.

La diastase s'affaiblit encore pendant la torréfaction et d'autant plus que la température est plus élevée.

Kjeldahl a suivi la diminution du pouvoir diastasique pendant le touraillage du même malt dont il avait observé l'augmentation pendant la germination. Voici le résultat qu'il donne pour un touraillage de quarante-huit heures.

PLATEAUX	HEURES de la prise des échantillons.	TEMPÉRATURES de l'air. (C)	POUVOIR DIASTASIQUE
Supérieur.	11 h. 1/2 du matin.	51°	221
—	3 h. du soir.	55°	210
—	5 h. 1/2 —	60°	202
—	7 h. 3/4 —	64°	195
—	11 h. —	61°	195
Inférieur.	11 h. du matin.	74°	173
—	4 h. du soir.	87°,5	155
—	10 h. 1/2 —	85°	117
—	7 h. du matin.	76°,5	100 (diminution de 55 p. 100.)

Le pouvoir diastasique est allé en diminuant et a été réduit de moitié.

Influence du touraillage sur les opérations du brassage. — Les températures de touraillage influent sur les opérations du brassage et sur la composition des moûts par suite de la variation de l'extrait.

Cette influence est rendue évidente par les expériences comparatives de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Prior, exposées dans le tableau suivant, et portant sur un même malt touraillé pendant douze heures à des températures de plus en plus élevées.

TEMPÉRATURES ° C	43,75	56,25	62,50	68,75	75	81,25	87,50	93,75	100
Eau.	8,44	6,15	5,89	4,41	4,31	3,88	3,17	2,36	1,74
Pouvoir diastasique. .	134	85.2	85	72,6	72,6	66,5	47,2	26,4	15,1
Durée de la saccharification	7 m.	8 m.	10 m.	10 m.	10 m.	12 m.	13 m.	20 m.	26 m.
Maltose dans l'Extrait.	74,57	74,82	74,68	72,88	70,62	69,66	68,59	63,86	60,75
Maltose à non-maltose.	1 : 0,34	1 : 0,34	1 : 0,34	1 : 0,37	1 : 0,42	1 : 0,44	1 : 0,46	1 : 0,57	1 : 0,65
Coloration du moût. .	—	0,25	0,25	0,3	0,3	0,4	0,5	1,75	2,5
Grains brunis	—	—	—	0,5 p. 100	1 p. 100	2,5 p. 100	7,5 p. 100	29 p. 100	37 p. 100

On voit que dans ces expériences :

1° Le pouvoir diastasique a diminué de 89 p. 100;

2° La durée de la saccharification s'est allongée de sept à vingt-six minutes;

3° La maltose de l'extrait a baissé de 74 à 60 p. 100, de sorte que le rapport $\frac{M}{D}$ a passé de 3 à 1,5;

4° La coloration constante jusqu'à 50° est devenue 10 fois plus intense à 100°.

A cause de la variation de l'extrait, le touraillage a aussi une influence sur la fermentation et sur le degré d'atténuation des bières. Les moûts de malt vert fermentent plus profondément que ceux de malt touraillé et le degré de fermentation est d'autant plus faible que le malt a été touraillé à plus haute température.

C'est une conséquence de la diminution du sucre fermentescible pendant le brassage.

Transformation des matières grasses. — A la germination elles tendent à disparaître pour 15 à 30 p. 100 suivant les auteurs.

Pendant le séchage à l'air la perte paraît augmenter tandis que dans le malt touraillé il semble s'en reformer (ce peut être une illusion d'analyse, car on compte pour graisses tous les produits solubles dans l'éther).

Ces faits semblent résulter de l'expérience suivante :

100 kilogrammes d'une orge contenaient 3,55 kg. de matières grasses; on a eu 90 kilogrammes de malt séché à l'air à 2,3 p. 100 de graisse, c'est-à-dire que l'on a eu 2,07 kg. de graisse; on a également obtenu 80 kilogrammes de malt touraillé à 3,1 p. 100 de matières grasses, soit 2,48 kg. de graisse.

Beaucoup d'auteurs admettent que les matières grasses tendent à disparaître au touraillage; ce doit être fonction de la température.

D'après Prior, elles subiraient une transformation telle que les produits seraient susceptibles, dans certaines circonstances, de donner au malt un goût rance.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Formation des produits aromatiques et colorants. — PRODUITS AROMATIQUES. — On n'est pas fixé sur la nature des produits aromatiques, ni sur les substances qui les forment. On ne croit pas que les matières azotées y contribuent, mais peut-être un peu les matières grasses, puis, plus probablement, les sucres, saccharose et sucre interverti : par exemple il y a du furfurol qui provient sans doute de l'action des acides sur les sucres.

Deux facteurs, outre la chaleur, favoriseraient leur développement : l'état de germination et l'humidité.

L'arome ne se produit que si le malt est bien poussé à fond et si la désagrégation est complète (malt de Munich). Autrement, même à haute température, l'arome ne se développe pas, ou peu. Au contraire, même un excès de chaleur, dans ce cas, donne lieu à un goût amer, désagréable et à une odeur de brûlé d'autant plus prononcée, que la température élevée est maintenue plus longtemps.

L'arome prend naissance quand le malt est soumis encore humide à une température relativement élevée (malt de Munich). Il se forme surtout dans l'embryon et dans son voisinage, où l'humidité est plus grande et l'influence des diastases plus active (Fr. Cerny). Quand le malt est séché d'abord complètement à température basse, l'arome ne se développe pas, ou peu (malt de Pilsen).

Cependant, si l'humidité est trop prononcée, le goût agréable, doux et aromatiqne du malt se change en une saveur amère, caractéristique, plus ou moins accentuée, due à la formation d'une quantité plus ou moins grande d'assamare.

PRODUITS COLORANTS. — En même temps que l'arome, se produit la coloration du malt, sous l'action des mêmes influences. Il se forme du caramel et on suppose aussi que certaines matières azotées brunissent, au contact des sucres.

L'humidité a, ici, une influence prépondérante. Le malt sera d'autant plus coloré qu'il sera soumis plus humide à une température élevée. Un malt séché d'abord dans un fort courant d'air, reste pâle, même s'il est ensuite torréfié à haute température.

Delbrück a étudié cette influence. Il a pris des malts contenant respectivement 10, 20 et 30 p. 100 d'eau. Il les a chauffés en vases clos à des températures variables de 43°,75 ; 56°,27 ; 68°,75 C, puis séchés et touraillés ensuite.

La coloration exprimée en cc. d'une solution d'iode au 1/10 était :

Pour le malt à	10	p. 100	d'eau.	= 2,8
—	20	—	—	= 7,5
—	30	—	—	= 15

c'est-à-dire peu accentuée pour le premier, et trois fois plus forte pour le second ; le dernier était tout à fait brun.

Comparaison du malt sec et de l'orge. — L'orge contient en moyenne 14 p. 100 d'eau et 86 p. 100 de matière sèche.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La perte au mouillage est en moyenne de 1,50 p. 100, soit 1,3 de la matière sèche et on met au germoir 86 — 1,3 = 84,7 d'orge sèche.

A la germination, la perte est de 6 p. 100 ; il vient sur la touraille 79,6 = 84,7 — 5,10.

Après touraillage, il tombe environ 3,5 p. 100 de radicelles, en moyenne ; on obtient donc 79,6 — 2,78 = 76,82 kg. de malt sec pour 86 kilogrammes d'orge sèche.

100 kilogrammes de la matière sèche de l'orge donnent, par conséquent, 89,32 de malt sec.

La perte consiste en amidon, 6 à 7 p. 100, en matières azotées, 1,5 à 2 p. 100, le reste en cellulose, en matières grasses et en matières minérales.

Ces pertes sont rendues évidentes par les analyses de M. Lindet.

ANALYSES D'ORGES ET DE MALTS (LINDET) EN P. 100 DE MATIÈRE SÈCHE DE L'ORGE ET DU MALT

MATIÈRES DOSÉES	O. CHEVALIER FRANÇAISE		O. CH. HONGROISE		ESCOURGEON		O. D'ALGÉRIE	
	Orge.	Malt.	Orge.	Malt	Orge.	Malt.	Orge.	Malt.
Matières saccharifiables	73,18	63,63	74,42	62,83	71,58	60,63	70,63	64,03
— azotées. . . .	11,62	10,89	11,40	9,78	11,46	9,77	11,84	10,75
— cellulosiques .	10,42	10,57	9,76	9,37	11,70	11,83	13,18	12,90
— grasses. . . .	1,97	1,26	1,62	1,21	2,08	1,45	1,62	1,34
— minérales . .	2,81	2,39	2,86	2,11	3,18	2,65	2,73	2,16
	100,00	88,74	100,00	85,30	100,00	86,33	100,00	91,18

La perte varie avec le genre de maltage, elle varie aussi avec les qualités de l'orge.

Lintner, pour 8 variétés d'orges, a trouvé un rendement qui était de 92,86 à 89,17 p. 100.

Les malts longs germés, les malts bavarois, donnent une perte plus grande en radicelles ; elle est de 4 à 5 p. 100.

Les radicelles contiennent 10 p. 100 d'eau, environ ; de 50 à 65 p. 100 de matières non azotées ; 18 à 33 p. 100 de matières azotées ; 1,5 à 3 p. 100 de matières grasses et 6 à 7 p. 100 de cendres. Dans les cendres, on trouve de 25 à 35 p. 100 de potasse et 30 p. 100 d'acide phosphorique. Elles renferment en outre des corps gras, de la cholestérine, de l'asparagine, de la gomme, de la résine, etc. On y a trouvé 11 acides organiques et 9 substances organiques, dont une très amère.

Expériences de Lermer. — Voici quelques résultats de Lermer relatifs à la comparaison d'une orge et de malt.

Orge hongroise de très bonne qualité broyée et maltée en malt de Munich. — I. ANALYSE DE L'ORGE. — a) *Extraction par l'éther.* — L'orge séchée

IRIS - LILLIAD - Université Lille

a été traitée par l'éther. Le produit de filtration avait une couleur jaune citron ; le résidu obtenu après l'élimination de l'éther était une huile *grasse* épaisse, d'un jaune d'or foncé et d'un goût âcre. Cette huile appartenait aux huiles grasses, non siccatives. On la saponifiait facilement avec de la lessive de potasse.

L'eau qu'on a maintenue à chaud pendant un certain temps avec cette huile est restée incolore ; le perchlorure de fer a produit une légère coloration verdâtre noire, ce qui indique une trace d'acide tannique ; l'auteur y a constaté aussi la présence de l'acide lactique.

b) *Extraction par l'alcool.* — L'extrait donne une légère réduction à la liqueur de Fehling. Il renferme aussi une substance du genre protéine.

c) *Extraction par l'eau froide.* — Les substances extraites par l'eau étaient de 6,56 p. 100. L'extrait aqueux se troublait lorsqu'on le concentrait et réduisait le tartrate de cuivre seulement s'il était très concentré. L'eau froide n'a donc absorbé que la dextrine ?

On a encore traité l'orge par l'extrait de malt, par la lessive de potasse, par l'acide chlorhydrique.

L'auteur a ainsi trouvé que 100 grammes d'orge libre d'eau donnaient :

3,08	grammes solubles dans l'éther d'une huile grasse, non siccative, se saponifiant facilement, et un peu d'acide tanique, d'acide lactique et d'une substance amère.
1,17	grammes solubles dans l'alcool : masse du genre protéine, substance amère et dextrine.
6,56	grammes solubles dans l'eau froide : dextrine.
63,43	— — dans l'extrait de malt : amidon.
15,15	— — dans la lessive de potasse : substance protéique.
3,36	— — dans l'acide chlorhydrique : en partie, éléments de cendres.
0,15	gramme d'autres éléments de cendres.
7,10	grammes de cellulose.
100,00	grammes.

II. Analyse de l'eau de trempage de l'orge trempée. — Pendant l'opération de trempage, les grains d'orge développaient une quantité considérable de gaz, généralement de l'acide carbonique.

Pendant un séjour prolongé de l'orge sous l'eau, il s'y mélangeait un carbure d'hydrogène léger et une petite quantité de gaz acide sulfhydrique dus au commencement d'un processus de putréfaction et non au procédé de trempage proprement dit.

On a distillé une partie de l'eau de trempage ; le produit avait un poids spécifique de 0,998.

En chauffant ce dernier avec du chromate de potasse et de l'acide sulfurique, on a obtenu la réduction bien connue à l'oxyde vert, ce qui indiquait la formation de l'alcool pendant le trempage.

L'eau de trempage contenait de l'acide succinique en très petite quantité; cet acide n'est pas un produit de trempage, mais un élément constitutif de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'orge ; l'eau de trempage contenait aussi du phosphate de chaux et du phosphate de magnésie acides.

Le trempage a fait perdre à l'orge 1,04 p. 100 de son poids.

III. Analyse du malt. — 100 parties de malt libre ont donné :

2,81	grammes	solubles dans l'éther	: huile grasse, ainsi qu'un peu de substance amère.
9,76	grammes	solubles dans l'alcool	: acide tannique colorant le fer en vert, sucre, substance amère, substance protéique et dextrine.
6,22	grammes	solubles dans l'eau froide	: dextrine et sucre.
55,02	—	—	dans l'extrait de malt : farine d'amidon saccharifié.
12,00	—	—	dans la lessive de potasse : substance du genre protéine.
5,64	—	—	dans l'acide chlorhydrique : en partie les éléments composant les cendres.
0,28	gramme	les autres éléments des cendres.	
8,23	grammes	cellulose.	
99,96	grammes.		

RENDEMENT AU MALTAGE

Le volume en grain reste à peu près le même et un hectolitre d'orge donne un hectolitre de malt fini.

L'hectolitre de malt pèse de 48 à 54 kilogrammes, suivant l'âge du malt, sa désagrégation, son humidité.

Le poids du grain diminue et les pertes se répartissent ainsi :

Perte au mouillage, y compris les folles graines.	= 1 à 2 p. 100.
— à la germination	= 6 à 7 —
— d'eau au touraillage	= 10 à 11 —
— par les radicelles	= 3 à 4 —

Soit de 20 à 24 p. 100. Si on ajoute la perte résultant du dégermage, du polissage et des manipulations que le grain subit avant son emploi, soit 1 à 2 p. 100, la perte totale est de 23 à 25 p. 100 et 100 kilogrammes d'orge ne donnent guère que 75 à 77 kilogrammes de malt touraillé.

Mais comme le malt reprend de l'eau pendant sa conservation, en réalité la perte est moins forte et 100 kilogrammes d'orge peuvent donner 76 à 78 kilogrammes de malt.

Résumé. — Nous pouvons maintenant comparer entre elles les différentes opérations du maltage pour les trois types principaux de malt.

A la fabrication du malt coloré de Munich, correspond un mouillage très long, de cent heures au moins, une germination courte, qui ne dure que huit à neuf jours, mais presque chaude, avec feutrage du grain ; un touraillage de quarante-huit heures, mais poussé à de très hautes températures.

Le malt arrivant plus humide sur le plateau et étant soumis dès le début à une chaleur assez élevée, il se forme des produits colorés et aromatiques en plus grande quantité. Il en résulte un affaiblissement de la diastase et une diminution du sucre.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ces malts donnent un peu moins de rendement (70 à 73 p. 100) ; des moûts dont la richesse en sucre ne dépasse guère 65 p. 100 de l'extrait et une saccharification plus lente, qui dure jusqu'à 40 minutes.

Au contraire, pour la fabrication des malts dorés ou pâles de Vienne et de Pilsen, nous avons un mouillage plus court de soixante-douze à quatre-vingt-dix heures au plus, une germination de plus longue durée et entièrement froide, un touraillage de vingt-quatre heures, mais précédé d'un séchage à courant d'air forcé. Les températures de torréfaction sont moins élevées.

Le malt de Vienne donne de 65 à 67 p. 100 de sucre dans l'extrait et se saccharifie en vingt ou trente minutes ; celui de Pilsen fournit de 66 à 72 p. 100 de sucre et la saccharification s'accomplit en huit à quinze minutes. Tous deux peuvent donner un rendement de 70 à 75 p. 100.

COMBUSTIBLE NÉCESSAIRE POUR LE TOURAILLAGE

Il est difficile d'établir d'une façon précise la quantité de charbon nécessaire pour tourailler 100 kilogrammes de malt. On estime dans la pratique que cette quantité peut varier de 15 à 25 kilogrammes. Cela dépend de la plus ou moins bonne construction de la touraille ; du plus ou moins d'humidité du malt vert ; de la qualité du charbon et même de l'état atmosphérique : par les temps secs, on consomme plus de charbon.

Nous avons à ce sujet les expériences faites à Vienne par Schwackhofer et qui confirment les données de la pratique.

Il a contrôlé les quantités de charbon employées pour 100 kilogrammes de malt touraillé, dans deux tourailles, l'une à tuyaux, l'autre à calorifère. La grandeur des plateaux était pour l'une de 100 mètres carrés, pour l'autre de 39,7. La hauteur des couches était de 20 centimètres sur le plateau supérieur et de 10 centimètres sur le plateau inférieur.

La durée de touraillage a été de 24, 36 et 48 heures et les températures ont été de 62°,5 et 93°,75.

On a employé trois sortes de charbon d'une valeur de 7023, 6000 et 5000 calories et il a été utilisé pour une durée de 24 heures, par 100 kilogrammes de malt tombant du plateau :

Avec le charbon de	7023 calories	17,6 kg.
—	6000 —	20,56 —
—	5000 —	24,56 —

L'augmentation a été de 27 p. 100 pour une durée de 36 heures et de 40 p. 100 pour une durée de 48 heures, pour les trois charbons.

Les calories utilisées ont été en moyenne :

Pour l'échauffement du malt de	4,39 p. 100.
Pour l'évaporation de l'eau de	37,77 —
Pour l'échauffement de la colonne d'air de	21,96 —
Total	64,12 p. 100.

La perte moyenne a donc été de 35,88 p. 100.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Prix de revient du malt. — En calculant sur une perte de 23 p. 100 au maltage, il faut 130 kilogrammes d'orge pour fabriquer 100 kilogrammes de malt.

Prenons le prix moyen de l'orge à 16,50 fr. :

130 kilogrammes d'orge à 16,50 fr.	21,50 fr.
Combustible, main-d'œuvre et frais divers.	4,00 —
Total.	25,50 fr.

100 kilogrammes de malt reviendront environ à 25,50 fr. C'est-à-dire qu'entre le prix de 100 kilogrammes d'orge et celui de 100 kilogrammes de malt, il y aura un écart d'environ 10 francs.

Il faut tenir compte de la valeur des touraillons ou germes touraillés.

Touraillons. — Les touraillons ont une couleur jaune brunâtre ; ils sont constitués par des radicelles contournées, cassées et mesurant 5 à 8 millimètres de long, d'une largeur de 3 à 4 dixièmes de millimètre ; les plus fins débris constituent une poussière brune. On y trouve quelques pellicules de l'enveloppe du grain, ou son d'orge, quelques grains entiers qui ont été enlevés avec les touraillons et aussi parfois des semences de mauvaises herbes.

Les radicelles sont légères et très friables ; elles possèdent une odeur rappelant celle du malt et une saveur amère.

Leurs propriétés physiques ainsi que leur composition chimique varient, du reste, avec les procédés de dessiccation et le mode de conservation. Les radicelles bien sèches ont une grande avidité pour l'eau qu'elles absorbent en grande quantité, soit jusqu'à 4 et même, d'après Cornevin, jusqu'à 5 fois et demie leur poids.

Voici quelques indications sur la composition des radicelles.

Analyse par Pagnoul.

Eau.	10
Matières organiques azotées.	27,1
— — non azotées.	53,6
— grasses.	1,5
Phosphates, etc.	1,5
Sels alcalins.	3,6
Cendres siliceuses	2,7
Proportion d'azote pour 100.	4,23

D'après M. Cornevin, les germes d'orges renferment :

Analyse de Cornevin.

Eau.	11,09
Substance sèche	89,91
Pour 100 de substance sèche, il y a :	
Matières azotées	26,89
— grasses	2,33
— extractives non azotées.	46,86
Cellulose brute.	15,93
Cendres.	7,99

IRIS - LILLIAD - Université Lille

D'après M. Émile Wolf, les radicelles contiennent :

Eau	11	
Substance sèche	89,0	
Principes nutritifs azotés	24,5	62,8
— non azotés	38,3	
Ligneux	19,6	
Matières grasses	3,5	
Cendres	6,6	

D'après les analyses de M. Scheven, elles contiennent :

Matières ligneuses de	18,3 à 23,6	p. 100.
Substances nutritives non azotées	39,6 à 48,8	—
— — azotées	25.5 à 28,6	—
Cendres	7,3 à 8	—

TOILETTE ET CONSERVATION DU MALT

Préliminaires. — Le malt ne peut pas être employé au sortir de la touraille. A ce moment, il donnerait des moûts dont la filtration se ferait mal et des bières qui s'éclairciraient difficilement. Il faut non seulement le laisser refroidir, mais le laisser en quelque sorte *mûrir* et ce n'est guère qu'après cinq à six semaines de repos qu'il peut être utilisé.

Pendant son refroidissement et son repos, le malt absorbe de l'oxygène. Il s'opère alors dans l'amande du grain certaines transformations dont le caractère n'est pas bien connu, mais dont l'influence est favorable à la qualité du malt.

En sortant de la touraille, le malt contient de 1 à 3 p. 100 d'eau. Il en reprend pendant le repos et en fixe environ 6 p. 100. Cette fixation d'eau rend plus facile l'hydratation de l'amidon ; les matières azotées se ramollissent.

Le malt perd un peu de sa friabilité, mais il devient plus farineux.

Il y a aussi dégagement d'acide carbonique. D'après Lintner, le malt, pendant la germination, retient beaucoup d'acide carbonique et le rend peu à peu. Aussi, le malt mis trop frais en silos, risque de s'échauffer et de prendre un mauvais goût.

Le pouvoir diastasique augmente pendant la conservation. Moritz et Morris l'ont constaté. Selon eux, il n'y aurait pas augmentation de la diastase, mais celle-ci deviendrait plus soluble par suite de la fixation d'eau.

Le malt bien préparé ne durcit pas en vieillissant, mais, au contraire, devient plus tendre et plus farineux.

Une trop longue conservation, cependant, n'apporterait aucun avantage. L'arome se perd à la longue et le rapport des substances entre elles change, surtout s'il est conservé dans des conditions défectueuses.

Il y a des influences très variables, dépendant de l'humidité, du mode de germination et du touraillage, de la composition de l'orge et qui sont peu connues ou mal déterminées.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Toilette du malt. — ***Dégermage.*** — Aussitôt le malt sorti de la touraille, on le sépare de ses radicelles. Ce travail doit se faire quand le malt est encore chaud et sec, car si on lui laisse reprendre de l'humidité, les radicelles deviennent souples et ne se détachent plus.

Les radicelles, ou germes comme on les appelle vulgairement, doivent être séparées, parce qu'elles communiqueraient à la bière un goût amer et très désagréable. Il n'est pas bon, d'un autre côté, après les avoir détachées, de les enfermer avec le malt dans les silos, parce qu'elles sont très hygrométriques, absorbent beaucoup d'humidité et placent le malt, lui-même très hygrométrique, dans un milieu très humide.

Il y a donc deux opérations à faire ; détachement et séparation des radicelles.

Autrefois, la première de ces opérations se faisait en piétinant avec des sabots le malt étendu en couche sur le sol d'un grenier. On le passait ensuite dans un tarare ou dans un blutoir. Aujourd'hui, des dégermeurs font tout le travail.

Dégermeurs. — Les dégermeurs (fig. 53) ordinaires se composent d'une trémie qui reçoit le malt et qui est munie d'un régulateur qui modère la des-

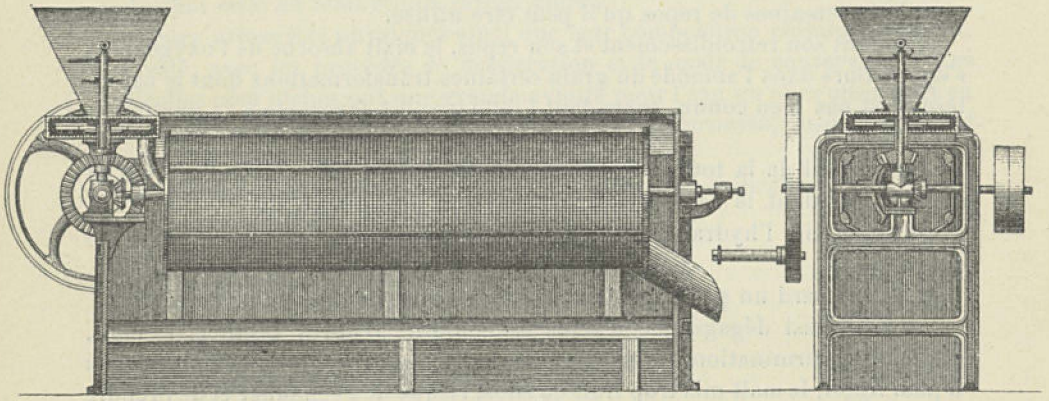


Fig. 53. — Dégermeur.

cente du grain. Le malt tombe dans un tambour horizontal dans lequel se meut un agitateur. Le frottement des grains les uns contre les autres et contre les bras de l'agitateur détache les radicelles. Le grain passe de là dans un cylindre horizontal légèrement incliné et qui est constitué soit par une toile métallique, soit par une tôle percée de fentes. Le cylindre est animé d'un mouvement lent de rotation autour de son axe. Les radicelles passent à travers les mailles de la toile métallique ou par les fentes de la tôle et sont recueillis dans une caisse en bois fermée. Le malt dégermé est reçu dans une trémie à l'extrémité du cylindre.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Assez souvent, un ventilateur, posté sous l'extrémité du cylindre, chasse, au moment où il tombe, les poussières du malt et les germes qu'il aurait encore entraînés.

Dans d'autres systèmes, le cylindre est en deux parties. La première sépare les germes, la seconde, ayant des fentes plus grandes, laisse passer le malt dégermé qui tombe dans une trémie spéciale. A l'extrémité, on reçoit les pierres ou les grosses impuretés mélangées au malt.

Polissage du malt. — Le polissage du malt a pour but de donner au malt une apparence plus belle, plus claire, plus brillante et de débarrasser la pellicule non seulement des poussières qui y adhèrent et qui sont très hygrométriques, mais aussi de tous les microorganismes et spores de tout espèce qui y sont fixés, et que le touraillage n'a souvent pas tués. Non pas que ces microorganismes puissent passer dans la bière, puisque l'ébullition avec le houblon stérilisera le moût, mais parce que leur décoction augmentera les matières organiques de la bière et constituera un milieu favorable au développement des ferments de maladie qu'apporteront l'air ou la levure.

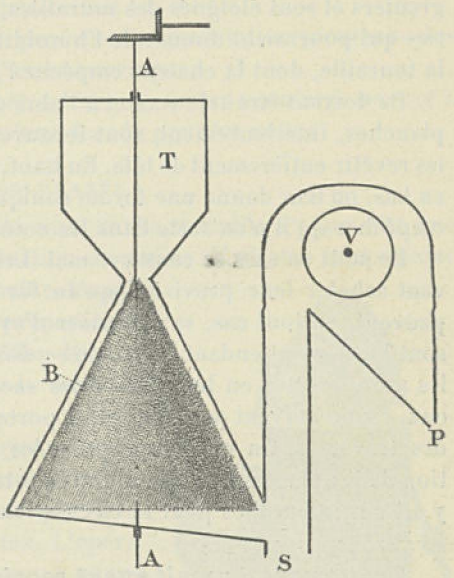


Fig. 54. — Polisseur de malt (schéma).

T, trémie. — B, brosse. — S, sortie du malt. — P, sortie des poussières. — V, ventilateurs. — A, arbre.

Les polisseurs de malt (fig. 54) sont constitués par des séries de brosses animées d'un mouvement de rotation très rapide. Ils sont verticaux ou horizontaux. Le malt arrive d'une trémie tantôt entre les brosses elles-mêmes, tantôt entre les brosses et des toiles métalliques frottées par les crins et à travers lesquelles passent les poussières. Un ventilateur aspirant reprend les poussières et les envoie soit dans une caisse en bois hermétiquement fermée, soit, de préférence, dans une caisse métallique contenant de l'eau qui les retient.

D'autres appareils dégerment, nettoient et polissent le malt en même temps.

Le polissage du malt fait perdre au malt de 1 à 3 p. 100 de son poids total, mais augmente d'environ de 1/2 p. 100 son poids à l'hectolitre.

Tous ces appareils, dégermeurs et polisseurs, doivent être placés dans des locaux spéciaux et fermés pour que les poussières ne se répandent pas ; ils sont, en outre, enfermés dans des caisses en bois laissant le moins possible les poussières s'échapper au dehors.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Conservation du malt. — *Silos.* — On peut conserver le malt en tas, dans des greniers bien secs ; mais il y reprend toujours une trop grande humidité. On conseille de recouvrir les tas avec une couche de germes qui s'interpose entre le malt et l'air et absorbe l'humidité. Mais les grains en contact avec les germes ne tardent pas à devenir très humides eux-mêmes ; il faut les retourailler pour les utiliser et l'humidité gagne bientôt le centre du tas.

Il est préférable d'enfermer le malt dans des silos. Ces silos sont en bois et peuvent avoir de 7 à 8 mètres de hauteur, sur une longueur proportionnée à la quantité de grains à y loger. Ils occupent plusieurs étages des greniers et sont éloignés des murailles, des toits ou du sol, de toutes les parties qui pourraient donner de l'humidité. On les adosse souvent aux murs de la touraille, dont la chaleur empêche l'humidité.

Ils doivent être très secs et à l'abri de la lumière et de l'air. Les joints des planches, intérieurement, sont recouverts de plaques de tôle ; on peut même les revêtir entièrement de tôle. En haut, ils sont fermés par une double trappe ; en bas, on leur donne une forme conique pour faciliter le tirage des grains et empêcher qu'il n'en reste dans les coins.

Le malt en sacs se conserve mal. Les brasseurs qui ne maltent pas ne doivent acheter leur provision qu'au fur et à mesure de leurs besoins. Ils ne peuvent, en tout cas, se dispenser d'avoir une chambre spéciale où les sacs sont logés en attendant. Cette pièce doit être sèche et, si c'est possible, avoir les murs revêtus en bois, sinon les sacs ne doivent pas être appuyés contre eux. Ils ne doivent pas, non plus, porter sur le sol, mais sur des planches ou des traverses. On peut superposer les sacs les uns sur les autres, à condition de les placer couchés, en sens contraire les uns des autres, de façon qu'il y ait des intervalles pour la circulation de l'air.

Traitement du malt ayant repris de l'humidité. — Le malt humide donne toujours une mauvaise fabrication. Si on s'aperçoit qu'un malt à repris trop d'humidité, il faut le repasser à la touraille et le sécher de nouveau très lentement et à basse température pendant six à douze heures.

Soufrage. — On a préconisé le soufrage du malt dans le but de le pâlir.

Les malts soufrés sont blancs jusqu'au blanc paille ; les malts non soufrés présentent une nuance grisâtre, même s'ils ont été fabriqués avec de l'orge tout à fait claire.

Le soufrage du malt se fait d'après deux méthodes, savoir : soit en traitant sur la touraille le malt humide, ou sec, ou déjà touraillé avec de l'acide sulfureux gazeux (ou, pour dire plus exactement, avec de l'anhydride sulfureux), soit en mouillant l'orge pendant un certain temps dans de l'acide sulfureux en solution aqueuse très diluée. Nous avons déjà parlé de la trempe.

Le malt traité avec de l'acide sulfureux en solution aqueuse très diluée est un peu jaunâtre, tandis que celui soufré à la touraille a une couleur blanche.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le soufrage du malt sur la touraille se base sur le fait que l'acide sulfureux blanchit la substance colorante de l'enveloppe de l'orge ; on ne peut pas affirmer avec sûreté si le gaz pénètre aussi dans l'intérieur du grain, c'est-à-dire dans le corps farineux, certains indices témoignent le contraire.

Plusieurs expériences comparatives faites avec des malts soufrés et non soufrés ne permettent pas de conclure avec sûreté que le soufrage produit une influence nuisible ; on n'a jamais trouvé que le soufrage diminuât le rendement ou déterminât une saccharification défectueuse ; il permet de produire une bière résistante et sans défaut.

Pour certains auteurs, cette pratique augmenterait l'extrait sans augmenter la durée de la saccharification et éclaircirait les moûts.

Windisch a fait remarquer qu'il se peut que l'augmentation provienne des matières azotés et que la décoloration ne subsiste pas.

En tout cas, la bière n'a pas de goût sulfureux, mais le soufrage ne sert à rien pour les bons malts et ce n'est qu'une fraude pour les autres.

MALTS COLORANTS

Préparation. — La coloration du malt sur la touraille a pour effet une destruction de la diastase et une production de grains vitrés. On peut colorer la bière en employant une partie de malt colorant.

Il existe plusieurs méthodes de préparation. Le procédé le plus simple est de torréfier du malt sec à 150-180° ; Lintner recommande la méthode suivante :

Le malt touraillé est mis en tas pyramidal, la pointe creusée d'un sillon. On arrose le sillon avec 1 litre à 1 litre et demi d'eau par kilogramme de malt et on retourne le tas. L'opération est renouvelée deux ou trois fois et quand on juge que le malt est suffisamment humecté, on l'étend en couches de 25 à 30 centimètres que l'on pellette toutes les demi-heures, pendant six à huit heures. Le malt est ensuite torréfié dans un brûloir analogue à ceux qui servent à brûler le café (fig. 55). Il y a alors production de caramel.

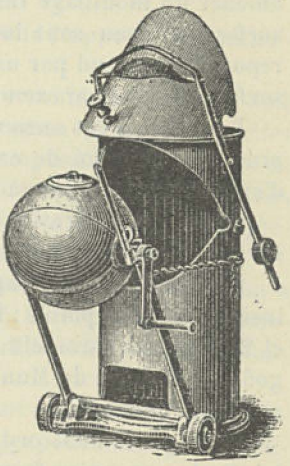


Fig. 55. — Fabrication du malt colorant.

Dans d'autres méthodes, le malt est arrosé avec de l'eau à 60-70°, et laissé six heures à cette température, afin qu'il y ait un commencement de saccharification. Après quoi il est torréfié dans le brûloir.

Quand la température de torréfaction est élevée très lentement, le malt conserve sa friabilité et prend un goût sucré, légèrement amer, et non désagréable. Il peut être plus ou moins coloré, suivant que la température finale est plus ou moins élevée, depuis la teinte chocolat clair, jusqu'au chocolat foncé presque noir.

Il ne faut pas dépasser 180-200°.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On a dit qu'en ajoutant 5-6 p. 100 de glycérine il suffit de chauffer à 140°.

Autre procédé. — Du malt touraillé est disposé en couches peu épaisses souvent arrosées et retournées de telle sorte qu'en vingt ou vingt-quatre heures, il a absorbé la totalité de l'eau dont il peut se saturer, soit environ 58 p. 100 de son poids. On traite alors le malt ainsi obtenu dans de grands tambours par de la vapeur, puis par de l'air très humide. On obtient ainsi une saccharification maximum de l'amidon en maintenant la température aux environs de 50°, puis en l'élevant lentement jusqu'à 80°.

Les tambours doivent être animés de mouvements alternant avec des repos périodiques.

On doit éviter un excès d'eau qui pourrait surnager sur le malt et entraîner une certaine proportion de matières solubles.

Le malt encore humide est ozonisé et l'arome en est d'autant relevé. On sèche alors le produit à la touraille et on le grille rapidement et avec le plus grand soin dans le tambour.

Ce procédé présente évidemment de grands avantages sur celui qui consiste à effectuer la trempe dans les cuves; dans ce dernier cas, en effet, le malt peut se trouver en présence d'un trop grand excès d'eau et perdre ainsi une certaine proportion de substances solubles. D'autre part l'excès contraire peut amener un mouillage insuffisant, un certain nombre de grains nageant à la surface de l'eau sont insuffisamment trempés et on doit alors veiller à les repousser au fond par un procédé quelconque, par compression de l'air à la surface de l'eau par exemple.

Revenant à des anciens procédés anglais, dans ces derniers temps, on a préconisé l'emploi de caramels obtenus en traitant un moût à 16 p. 100 d'extrait par la vapeur à 2,5 atm. pendant deux heures au plus.

Si on fait l'extrait à froid, avant de concentrer on a un caramel sans saveur et qui ne donne aucun trouble à la bière.

Le malt colorant, d'après Brand, doit être conservé avant l'emploi. Il insiste sur deux points : 1° Un malt colorant fournit par lui-même de l'extrait et 2° les malts caramels n'ont pas réussi à donner à la fois le moelleux et le goût aromatique du Munich ; de plus, employés en grande quantité ils abaissent l'atténuation.

Mélangé au malt ordinaire, dans les proportions nécessaires suivant sa teinte plus ou moins foncée, le malt colorant n'apporte pas seulement la coloration désirée et qui persiste même après fermentation, il communique encore à la bière une saveur aromatique et particulière, agréable et contribue à lui donner plus de bouche.

100 kilogrammes de malt donnent 75 à 80 kilogrammes de malt colorant qui peuvent fournir de 40 à 55 p. 100 de rendement, suivant le degré de torréfaction.

Composition des malts colorants. — Prior a établi que dans le malt colorant il y a plus d'acidité, les proportions de l'extrait y varient de 37 à 50 p. 100.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Dans les malts colorants sous pression, il y a une grande proportion de furfurol et de glucose si les moûts ne sont pas neutralisés.

D'essais comparatifs faits par Prior, il résulte que les hydrates de carbone, traités seuls dans les conditions de fabrication des malts colorants donnent une très faible teinte; ils ont une odeur de furfurol, d'aniline, d'acide acétique. Ils sont souvent très acides.

Avec l'albumine, la peptone, etc., il n'a pas obtenu non plus de coloration; de même pour les pentosanes.

D'autres expériences prouvent que c'est l'amidon qui est l'origine du caramel ; d'ailleurs, en présence d'une légère acidité, la caramélisation n'a pas lieu, si l'acide est en quantité suffisante pour hydrolyser l'achroodextrine qui paraît prendre naissance dans la réaction.

Cette achroodextrine est accompagnée d'acides qui seraient la cause secondaire du furfurol et de la glucose.

ANALYSE DU MALT

ÉCHANTILLONAGE

L'analyse du malt comporte un préliminaire de la plus haute importance, à savoir la prise d'échantillon.

Voici les précautions indiquées au congrès de Berlin (rapport Schwackhœfer).

Prise d'échantillon. — L'échantillon de malt servant à l'analyse doit représenter véritablement un échantillon moyen. Comme les diverses parties d'un tas de malt représentent des différences de composition, il importe de bien les mélanger avant de prélever l'échantillon. Puis on prélève des portions égales en divers points, on les mélange, et c'est dans ce mélange qu'on prélève l'échantillon destiné à l'analyse.

Il est utile d'employer un instrument permettant de puiser du grain à différentes profondeurs. Pour du malt emmagasiné en silos, il est particulièrement important de pouvoir chercher des échantillons à diverses profondeurs pour constituer l'échantillon moyen.

Si le malt est conservé en sacs, il faut prélever les échantillons dans plusieurs sacs à diverses profondeurs, afin de les mélanger pour former un échantillon moyen.

Importance et emballage des échantillons. — La quantité du malt à envoyer à l'analyse doit être d'au moins 500 grammes. L'emballage doit être tel qu'il exclue toute modification ultérieure du malt, et particulièrement un changement de sa teneur en eau. Les bouteilles en verre (bouteilles à bière) fermées au liège ou à fermeture mécanique, les flacons à l'émeri, les bocaux à conserves ou les boîtes en fer-blanc fermant bien peuvent servir à cet usage. Les bouteilles en grès, les cartons, les sacs et les bois ne doivent pas être employés.

Renseignements. — Chaque échantillon de malt doit être accompagné, autant que possible, des renseignements sur l'objet de l'envoi et, en outre,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

d'indications sur la provenance de l'orge, le procédé de maltage, le touraillage, l'âge du malt compté à partir du touraillage, le mode d'emmagasinage (silos, caisses, sacs ou tas)[1].

ESSAI PHYSIQUE

L'examen physique du malt porte sur sa couleur, sa saveur, son poids à l'hectolitre, le poids des mille grains, l'épreuve de l'eau, la grosseur des grains, l'état de l'amande, la longueur de la plumule, la pureté de l'odeur.

1° La *couleur* du malt doit se rapprocher de celle de l'orge, et être un peu plus pâle, à moins que le malt ait été spécialement bruni sur la touraille. La pellicule doit être claire, brillante, sans moisissures et intacte ;

2° La *saveur* doit être douce, sucrée, sans goût amer ni de moisi ;

3° Le *poids* varie de 47 à 55 kilogrammes à l'hectolitre. Un malt léger est un malt bien fabriqué et bien désagrégé. Il donne plus de rendement. Le malt est léger quand il pèse de 48 à 52 kilogrammes, moyen de 52 à 55. Il est lourd quand le poids dépasse 55 kilogrammes. On détermine le poids à l'hectolitre avec les appareils que nous avons décrits à propos de l'orge.

Le poids n'est cependant pas toujours un indice certain de la qualité du malt. Les escourgeons, les orges d'Afrique donnent généralement des malts plus légers que les orges à deux rangs.

Le poids de l'hectolitre doit être déterminé (autant que possible) avec les appareils adoptés par la commission allemande de vérification des poids et mesures ;

4° Le *poids des mille grains* fournit une indication plus exacte. Il doit être déterminé en 2 fois sur 500 grains. Le poids varie de 28 à 36 grammes. Le poids est moins élevé pour les grains bien désagrégés.

Il faut, au sujet du malt, faire la même observation que pour l'orge ; les appareils éliminent les gros grains ; le choix à la main fait le contraire. Le mieux, c'est de compter les grains d'un poids de 30 grammes, par exemple.

Lorsqu'on le peut, il est bon de calculer le rapport du poids de 1000 grains de malt à 1 000 grains d'orge ; ce rapport ne doit pas dépasser 0,8.

Le poids de 1 000 grains est la mesure la plus simple pour identifier un malt et un échantillon.

Exemple : un malt à 4,3 p. 100 d'humidité a donné 28,4 degrés. hectol. par 100 kilogrammes.

Les 1 000 grains pèsent 32,2 gr. humides et 30,9 secs.

A la réception du malt on n'a plus que 27,8 degrés-hectol. par 100 kilogrammes.

Si le poids de 1 000 grains humides est devenu x grammes, on voit que la matière sèche est devenue en pour cent de la matière totale.

$$\frac{30,9}{x} \times 100$$

[1] Il serait bon d'ajouter le prix du malt, car un malt cher doit être étudié plus minutieusement qu'un malt bon marché.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Elle était :

$$\frac{30,9}{32,2} \times 100$$

Donc les rendements doivent être proportionnels, c'est-à-dire que l'on a :

$$\frac{\frac{30,9}{x} \times 100}{\frac{30,9}{32,2} \times 100} = \frac{27,8}{28,4}$$

D'où $x = 32,2 \times \frac{28,4}{27,8} = 33$.

L'essai donne donc une indication utile de l'altération ;

5° L'*épreuve à l'eau* consiste à projeter dans un verre d'eau un certain nombre de grains, 100 ou 200. Des grains tombent au fond du verre et s'y placent horizontalement, ce sont des grains mal germés et non désagrégés ; d'autres plongent plus ou moins et prennent une position plus ou moins verticale, ce qui indique que les deux parties du grain sont différemment pesantes. Les grains sont imparfaitement désagrégés et inclinent du côté de la partie plus lourde. Les grains bien germés flottent à la surface et y restent couchés. On fait le tant pour cent de chaque catégorie ;

6° La *grosseur* se détermine au moyen du tamis de Vogel ayant des ouvertures de 2 mm. 8 ; 2 mm. 5 et 2 mm 2. On introduit 100 grammes de malt et on tient en mouvement pendant cinq minutes. Les gros grains doivent être en majorité ; ils donnent plus de rendement ;

7° L'*amande* doit être très friable et le grain s'ouvrir facilement. On essaie 200 grains au moins, on examine l'amande au farinatum (de Prior, Heindorf, Grobecker[1]). Elle doit être blanche, mate et, vue à la loupe, présenter un grain peu serré. Les grains mal germés et malt touraillés ont la tranche grisâtre, un peu bleuâtre et brillante. Les grains fortement touraillés ont la tranche plus ou moins brune.

On peut encore observer l'amande par transparence, comme pour l'orge, au moyen du diaphanoscope ou de la table vitrée. Les grains farineux sont opaques, les grains vitrés sont transparents. Mais ce procédé n'indique pas suffisamment les grains farineux brunis[2].

On fait le pourcentage des grains friables, durs, demi vitreux, vitreux, blancs, jaunes et bruns ;

8° On *examine la longueur* de la plumule et on détermine sur un certain

[1] Il vaudrait mieux faire une section longitudinale (appareil Fichtner).

[2] Prior a proposé de déterminer la friabilité du malt en tamisant un échantillon de mouture et établissant la proportion de farine. Le moulin de laboratoire de Seck permet d'obtenir une mouture régulière et le tamis-trieur de Vogel, adopté par les conventions de Berlin, permet un tamisage régulier, si on observe les conditions de durée de tamisage et le nombre de tours, de sorte qu'on peut obtenir dans divers laboratoires des données indépendantes de l'observateur. Il faut donc adopter avec satisfaction une méthode qui présente en outre l'avantage d'éviter la pratique dangereuse qui consiste à mordre les grains.

En étudiant cette méthode, Bodé a pu constater, comme l'avait fait Prior, que la proportion de farine diminue à mesure que le nombre de grains vitreux et durs augmente. En

IRIS - LILLIAD - Université Lille

nombre de grains, 200 au moins, le tant pour cent : 1° des grains non germés ; 2° des grains dont la plumule est plus petite que la moitié du grain ; 3° de ceux dont la plumule atteint la moitié du grain ; 4° de ceux où elle atteint les deux tiers et les trois quarts ; 5° des grains dont la plumule est égale et 6° des grains dont la plumule est supérieure à la longueur du grain (Hussards).

9° La *pureté* comporte l'absence totale de radicelles et le moins possible de grains endommagés ou moisis, de graines étrangères ou autres impuretés.

10° L'*odeur* doit être franche, agréable, aromatique, sans odeur étrangère, de fumée, d'acide sulfureux, de moisi, etc.

ESSAI CHIMIQUE

Dans l'analyse chimique commerciale du malt, on dose l'humidité, on détermine le rendement, le sucre dans l'extrait, la coloration du moût et le pouvoir diastasique du malt. Nous donnerons d'abord la méthode du congrès de Berlin.

Méthode de Berlin. — **Humidité.** — On pèse directement dans un flacon de 5 à 10 grammes de malt finement moulu que l'on place dans une étuve bien ventilée. On porte à 80° pendant les premières heures, puis à 105° et on maintient cette température jusqu'à poids constant. La durée est environ de quatre heures (conventionnellement quatre heures).

On se sert de petits flacons en verre soufflé, bouchés à l'émeri, d'une hauteur de 5 à 6 centimètres et d'un diamètre de 3,5 cm. Le bouchon est placé dans l'étuve auprès du flacon ; on bouche pour faire les pesées. On évite ainsi que le malt ne reprenne de l'humidité pendant les pesées. L'humidité d'un malt à la livraison peut aller à 5 p. 100.

Rendement. — On détermine le rendement en faisant un petit brassin avec 50 grammes de malt[1].

tenant compte de la richesse du malt en eau, il a fait quelques observations qui l'ont conduit à expérimenter à nouveau la méthode.

Prior distingue trois degrés de friabilité :

1° Malts très friables, 40 p. 100 de farine au minimun ;

2° Malts friables, 35-40 p. 100 de farine ;

3° Malts durs, 30-35 p. 100 de farine.

4° Malts très durs, moins de 30 p. 100 de farine.

Les expériences de l'auteur font voir qu'à mesure que la teneur en eau augmente, la proportion de farine diminue, pour un même malt.

Les chiffres montrent que lorsque la teneur en eau augmente de 1 p. 100, la teneur en farine baisse d'environ 1 p. 100.

Cette loi permet d'éviter d'apprécier différemment un même malt, lorsque son humidité a varié. Il suffit d'admettre, par exemple, 5 p. 100 pour la teneur moyenne du malt en eau, et de corriger, pour chaque échantillon, la proportion de farine de la différence correspondant à la différence de teneur en eau.

[1] Schifferer a proposé d'effectuer la fermentation de ce brassin et de le juger par l'atténuation finale. L'erreur serait de 0,5 p. 100 pour les bières pâles et de 1 p. 100 pour les foncées. Il faut d'ailleurs établir la différence constante qui existe au laboratoire et à l'usine.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

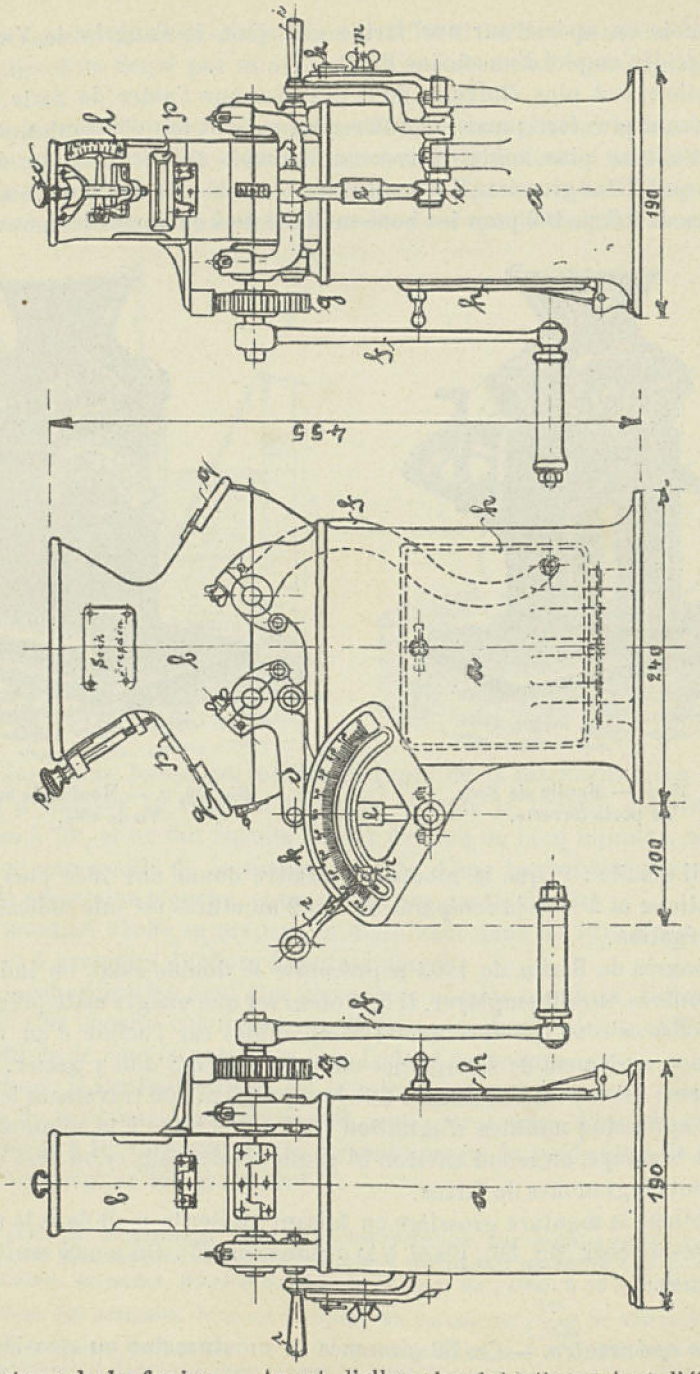


Fig. 56, *a*. — Moulin de Seck.

Nature de la farine. — Avant d'aller plus loin il convient d'établir sur quelle nature de farine on doit opérer.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Autrefois on opérait sur une farine grossière, le Congrès de Vienne de 1898 a décidé l'emploi d'une farine fine.

Or celle-ci est plus éloignée de la pratique que l'autre de sorte que les résultats sont plus forts; mais les différences ne sont pas constantes, avec un bon malt elle est plus faible qu'avec un mauvais qui se désagrège mieux à l'état fin qu'à l'état grossier. Il y a entre les extraits par les 2 méthodes une différence de 0,5 p. 100 pour les bons malts et de 4 ou 5 pour les mauvais.

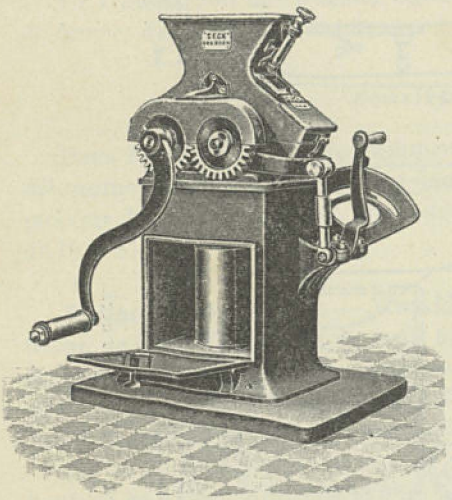


Fig. 56, *b*. — Moulin de Seck.
Vu porte ouverte.

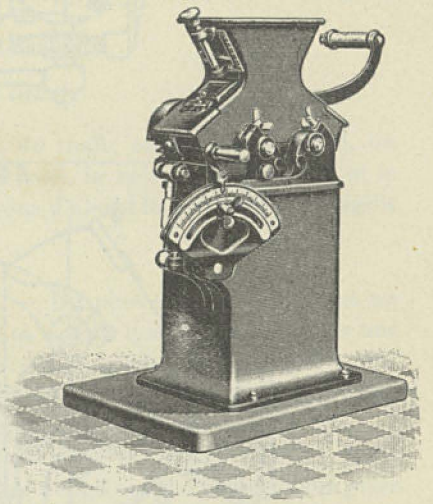


Fig. 56, *c*. — Moulin de Seck.
Vu de côté.

D'où il résulte : 1° que la mouture grossière donne une idée plus exacte de la pratique et 2° que la comparaison des 2 moutures est une indication de la désagrégation.

Le Congrès de Berlin de 1903 a préconisé le double essai, en indiquant quelle mouture on doit employer. Il faut observer que malgré cette précaution les méthodes ne sont pas absolument comparables car l'action d'un moulin dépend non seulement de ses organes mais du malt qui doit y passer.

La farine est considérée comme fine lorsque 85 p. 100 traversent le trieur de Vogel après cinq minutes d'agitation (340 à 360 tours à la minute). Pour l'essai de brassage, on moud environ 51 grammes de malt, et on pèse ensuite exactement 50 grammes de farine.

On obtient la mouture grossière en faisant passer le malt dans le moulin à cylindres de Seck (fig. 56), placé à la graduation 25°. On moud exactement 50 grammes.

Mode opératoire. — Ces 50 grammes de mouture fine ou grossière sont empâtés dans un vase spécial (fig. 57) avec 200 centimètres cubes d'eau à 45° C. et on maintient cette température au bain-marie pendant une demi-heure;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

puis on monte en vingt-cinq minutes à 70° C., d'une manière régulière, c'est-à-dire d'un degré par minute. On séjourne ensuite pendant une heure à 70° C.

Le mieux est d'opérer ce brassage à l'aide d'un agitateur mécanique marchant lentement. Il faut éviter d'agiter trop fortement et irrégulièrement. On note le moment où le brassin a atteint la température de 70°, et on compte à partir de ce moment le temps nécessaire pour que la réaction avec l'iode ne

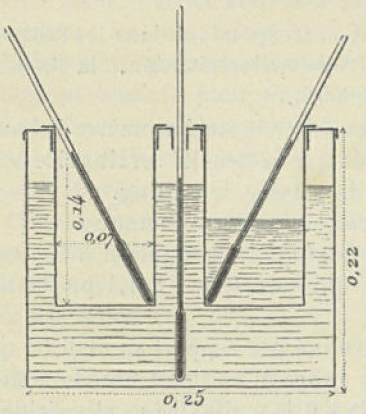


Fig. 57, *a*. — Vase de saccharification. Coupe diamétrale et verticale.

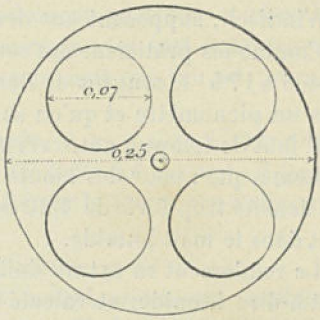


Fig. 57, *b*. — Vase de saccharification. Partie supérieure.

se produise plus, temps qui mesure la durée de la saccharification. On commence à essayer la réaction de l'iode lorsque le brassin est depuis dix minutes à 70°, et on fait ensuite l'essai de cinq en cinq minutes. A cet effet, on place une goutte de la masse, à l'aide d'une baguette de verre, sur une lame de porcelaine blanche, et on ajoute une goutte d'iode.

La solution d'iode se prépare en dissolvant dans un litre d'eau 1,275 gr. d'iode et 4 grammes d'iodure de potassium.

La saccharification peut être considérée comme terminée, lorsqu'il ne se produit plus aucune coloration. On exprime sa durée par un chiffre qui est un multiple de cinq minutes. On note l'odeur du brassin.

Lorsque la saccharification est terminée, on sort le gobelet contenant le brassin du bain-marie, on ajoute 200 centimètres cubes d'eau et on refroidit rapidement à 16° C. environ. On ramène ensuite le poids total du brassin à être exactement de 450 grammes[1].

[1] Le poids de 530 grammes serait peut-être préférable, car drèche à part, c'est une solution au 1/10. Cela suppose 20 centimètres cubes de drèche; on arrive à ce chiffre par les considérations suivantes. D'après la table de Balling, un extrait à 10 p. 100 a la densité 1,0404. Donc 100 grammes de moût occupent un volume de $\frac{100}{1,0404} \times 100 = 96,117$ cm³. Dans 100 grammes du liquide, il y a 90 grammes d'eau, soit 90 centimètres cubes, d'où 6,117 cm³ d'extrait. Celui-ci a donc la densité 1,635. Un malt donnant 70 — 60 p. 100 d'extrait, en donnera 35 à 30 grammes par 50 centimètres cubes, soit de 21,4 cm³ à 18,4 cm³ ou en moyenne, 20 centimètres cubes. C'est de cette donnée que part le calcul précédent.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Après avoir bien agité, on verse le brassin sur un filtre à plis non mouillé, et assez grand pour contenir le tout; on recueille le liquide dans un vase sec, et on maintient l'entonnoir couvert. On reverse sur celui-ci les 100 premiers centimètres cubes passés.

Quand la filtration est à peu près terminée, on agite le liquide pour que la densité soit égale partout et on prend la densité soit à la balance de Wesphal, soit, de préférence, au picnomètre. Les densimètres ou les aéromètres donnent généralement des résultats inexacts.

La densité connue, on cherche l'extrait correspondant dans les tables. Le congrès de Vienne avait adopté, pour cette détermination, la table du Dr Windisch, supposant une densité prise à 15°.

Comme les praticiens ont continué à employer le saccharomètre de Balling gradué à 17°5[1] le congrès de Berlin a décidé que la densité serait prise à 17°5 dans un picnomètre et qu'on se servirait de la table de Balling.

Il faut de temps à autre vérifier la valeur en eau du picnomètre.

Remarque : pour des moûts voisins de 8°, le Balling employé à 15° donne une densité trop forte de 1/10 de degré ce qui correspond à 1,1 p. 100 d'extrait dans le malt humide.

Le rendement en extrait doit être déterminé par rapport au malt tel quel, c'est-à-dire humide, et calculé aussi par rapport au malt sec. Le bulletin d'analyse doit indiquer la valeur arrondie à 0,1 p. 100 près, et spécifier si on a opéré avec de la mouture fine ou avec de la mouture grossière.

Pendant la confection du brassin, on note l'odeur du moût, sa saveur plus ou moins sucrée, la rapidité avec laquelle la drêche se dépose, la filtration lente ou rapide, la limpidité du moût qui peut couler clair, opalescent, faiblement ou fortement trouble. Ce sont autant d'indications qui servent à l'appréciation du malt et qui permettent de prévoir comment il se comportera dans la pratique.

Calcul. — Soit e l'extrait p. 100 trouvé pour le brassin ; h, l'humidité p. 100 du malt, et E l'extrait de 50 grammes de malt.

Dans notre brassin fait avec 50 grammes de malt, nous avons $400 + \frac{h}{2}$ d'eau.

Pour $100 - e$ d'eau, nous avons e d'extrait ; pour $400 + \frac{h}{2}$ d'eau nous aurons :

$$E = \frac{e\left(400 + \frac{h}{2}\right)}{100 - e}.$$

C'est l'extrait de 50 grammes de malt ; l'extrait pourcent, ou le rendement (R) sera :

$$R = \frac{e\left(400 + \frac{h}{2}\right)}{100 - e} \times 2.$$

[1] Correction $+ 0{,}1\ (t - 17{,}5)$.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Nous avons, par cette formule, le rendement du malt tel quel, c'est-à-dire le rendement de 100 de malt humide, ou *rendement humide;* le rendement rapporté à la substance sèche, ou rendement sec (R') sera :

$$R' = \frac{R \times 100}{100 - h}.$$

Les deux rendements doivent se calculer. Le rendement humide est variable pour le même malt avec la teneur en eau; le rendement sec demeure invariable.

Le brasseur, qui met son malt humide dans sa cuve matière, se base sur le rendement humide pour apprécier son rendement pratique et cherche à s'en rapprocher le plus possible. Le rendement sec lui sert à comparer la valeur des malts entre eux, ou à s'assurer que le malt qui lui est fourni est toujours le même.

Le brasseur a donc intérêt, à chaque brassin, à connaître l'humidité du même malt qu'il emploie; sans recourir à un nouveau dosage, il peut se rendre compte de l'augmentation de l'humidité par le calcul des mille grains (voir plus haut).

Couleur du moût. — Comme liquide de comparaison, on emploie de l'iode décinormal (12,7 gr. d'iode et 40 grammes d'iodure de potassium par litre) et on se sert d'un colorimètre.

On exprime la coloration par le nombre de centimètres cubes de cette solution d'iode qu'il faut ajouter à 100 centimètres cubes d'eau pour les amener à la coloration du moût. Il est inutile de rapporter par le calcul cette coloration à du moût à 10 p. 100 ou à l'extrait. On peut utilement remplacer l'iode par une solution de matière colorante artificielle.

On peut se servir de verres colorés représentant des teintes types et diluer le moût pour égaler une des teintes.

Dosage du sucre. — Une analyse commerciale comporte encore le dosage du sucre (maltose brute) si elle est demandée. Voici la méthode préconisée à Berlin :

On amène 25 centimètres cubes de moût à 250 centimètres cubes. Dans une capsule en porcelaine de 13 centimètres de diamètre et de 350 centimètres cubes de capacité, munie d'un couvercle, on fait bouillir 50 centimètres cubes de liqueur de Fehling. On y verse 25 centimètres cubes de moût dilué, et on laisse bouillir pendant quatre minutes. On recueille de suite l'oxydule de cuivre dans un tube de Soxhlet; on le lave à l'eau bouillante, à l'alcool, à l'éther; on le sèche et on le chauffe au rouge, d'abord dans un courant d'air, puis dans un courant d'hydrogène. Le cuivre pesé est converti en maltose à l'aide de la table de Wein, et exprimé en maltose brut.

Le rapport du sucre au non-sucre se calcule sur l'extrait total en égalant la maltose brute à 1.

On peut opérer volumétriquement : le moût est ramené par dilution à

IRIS - LILLIAD - Université Lille

une richesse comprise entre 0,5 et 1 p. 100 de sucre. Pour cela on fait un dosage préliminaire et approximatif.

On prend ensuite 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling à laquelle on ajoute environ 10 centimètres cubes d'eau distillée.

On porte à l'ébullition la liqueur de Fehling et on ajoute, par petites portions, le moût dilué, en faisant bouillir après chaque addition.

Lorsque tout le cuivre est précipité et que la liqueur est entièrement décolorée, on lit le volume V de moût dilué versé. Dans ce volume il y a la quantité de maltose qui a réduit les 10 centimètres cubes de Fehling, soit 77 milligrammes de maltose si la liqueur a été titrée de manière que 10 centimètres cubes équivalent à 0,045 gr. de candi qu'on a inverti.

La richesse M de 100 centimètres cubes de moût sera :

$$M = 0{,}077 \times \frac{100}{V} \times \frac{e+n}{n}.$$

e étant le nombre de centimètres cubes d'eau distillée ajoutée à n centimètres cubes de moût pour obtenir une richesse en sucre d'environ 1 p. 100.

La maltose brute connue et rapportée à 100 d'extrait, on établit le rapport du sucre ou non-sucre, d'après la teneur en extrait, en supposant la maltose égale à 1.

AUTRES DÉTERMINATIONS UTILES

En premier lieu, il faut déterminer le pouvoir diastasique.

Pouvoir diastasique. — ***Méthode de Lintner.*** — Le pouvoir diastasique du malt se mesure d'après la quantité de sucre produit par une quantité déterminée d'extrait de malt agissant sur une quantité déterminée d'amidon.

On représente par 100 le pouvoir diastasique d'un malt dont 0,1 centimètre cube d'extrait produit assez de sucre pour réduire 5 centimètres cubes de liqueur de Fehling.

Préparation de l'amidon soluble. — On met de la fécule de pomme de terre sous de l'acide chlorhydrique à 7,5 p. 100 pendant sept jours à température ordinaire, ou trois jours à la température de 40°. On décante et on lave l'amidon jusqu'à ce que le papier de tournesol ne donne plus de réaction acide avec l'eau de lavage; on sèche ensuite à l'air. L'amidon ainsi traité n'a pas perdu sa structure, mais il a perdu sa propriété de former de l'empois. On prépare avec cet amidon une solution à 2 p. 100 (2 grammes dans 100 centimètres cubes d'eau).

D'autre part, on a fait infuser 25 grammes du malt à essayer, réduit en farine, dans 500 centimètres cubes d'eau distillée, pendant six heures, à température ordinaire. On filtre ensuite, en repassant jusqu'à ce que le liquide soit parfaitement clair.

Dans chacun des dix tubes numérotés d'une étoile de Reischauer, on met : 1° 10 centimètres cubes de la solution d'amidon à 2 p. 100; 2° successivement,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

en commençant par le tube n° 1, 0,1 cm³ ; 0,2cm³ 0,3 cm³ et ainsi de suite de l'extrait de malt, jusqu'à 1 centimètre cube dans le dixième tube. On agite et on laisse une heure à la température de 15 à 21°. Pendant ce temps, la diastase saccharifie l'amidon.

On verse ensuite dans chaque tube 5 centimètres cubes de liqueur de Fehling, on agite et on porte l'étoile dans de l'eau bouillante, où elle reste vingt minutes.

Quand on retire l'étoile, on a une série décroissante de couleurs allant du bleu intense au bleu très pâle, puis passant au jaune plus ou moins accentué.

Le dernier tube bleu indique que la quantité de diastase introduite n'était pas suffisante pour produire assez de sucre pour réduire la liqueur de Fehling ; le premier tube jaune, qu'il y en avait de trop.

Supposons que le troisième tube soit bleu et le quatrième jaune.

Le pouvoir diastasique du premier tube contenant 0,1 cm³ d'extrait de malt = 100 ; celui du troisième est égal à $\frac{100}{3} = 33{,}33$; celui du quatrième est égal à $\frac{100}{4} = 25$; le pouvoir diastasique du malt en essai est supérieur à 25 et inférieur à 33,33.

On recommence l'opération, en mettant, cette fois, 0,31 cm³, dans le premier tube ; 0,32 cm³ dans le second et ainsi de suite.

Si cette fois, le tube décoloré est le tube n° 4, le pouvoir diastasique de notre malt sera compris entre $\frac{100}{3{,}3} = 30{,}3$ et $\frac{100}{3{,}4} = 29{,}4$. Il est donc de 29,85 à 0,45 près.

Ordinairement, on prend la moyenne des deux tubes de la première opération, sans faire la seconde.

On rapporte le résultat à la substance sèche du malt. Il doit être de 30 à 35 dans un bon malt. Un chiffre plus grand indique un malt forcé, un chiffre plus faible, soit une germination non aérée, soit un mauvais touraillage.

Pour le malt vert, beaucoup plus diastasique que le malt sec, on étend la solution au double avant de s'en servir et on multiplie par 2 le chiffre obtenu.

Ling ne croit pas à la loi de proportionnalité de Kjedahl, sur laquelle est basée la méthode de Lintner, lorsqu'il s'agit de malt vert ou peu touraillé. En tout cas il recommande de faire les dilutions avec des eaux non acides.

Pouvoir liquéfiant. — L'essai de la durée n'est plus guère pratiqué aujourd'hui parce que lorsque le pouvoir diastasique est élevé et la durée prolongée, c'est que le pouvoir liquéfiant est faible ou affaibli par le touraillage.

Effront a indiqué une méthode de mesure du pouvoir liquéfiant. Elle est plutôt à l'usage de la distillerie. Lindner et Sollied l'ont modifiée ainsi :

On commence par préparer une macération de malt, en broyant finement 25 grammes de malt qu'on fait digérer pendant six heures en agitant fréquemment, avec 500 centimètres cubes d'eau à la température ordinaire. On filtre ensuite, de manière à obtenir un liquide clair.

Lorsqu'il s'agit de malt vert ou de malt touraillé très pâle, il est utile

IRIS - LILLIAD - Université Lille

d'employer un extrait deux à quatre fois moins concentré. Dans les cas douteux, un essai préliminaire indique la concentration à employer.

Pour déterminer le pouvoir liquéfiant, on commence par mélanger 10 grammes de fécule de première qualité avec 100 centimètres cubes d'eau dans un ballon jaugé. On agite bien pour que le mélange soit homogène, et on l'introduit rapidement, par portions de 10 centimètres cubes mesurés à la pipette, dans dix tubes à essai. Si on agite avant chaque prélèvement, on arrive facilement à introduire dans chaque tube la même quantité d'amidon. On introduit ensuite dans chaque tube des quantités croissantes de l'extrait de malt : 0,1 cm^3, 0,2 cm^3, 0,3 cm^3, etc., et on procède à la gélatinisation de l'amidon.

Pour produire cette gélatinisation, on plonge successivement chaque tube dans un bain d'eau bouillante, en agitant fortement pour empêcher l'amidon de se déposer. Dès que la température de 65° est atteinte, la masse devient solide ; on sort alors le tube du bain-marie. Il faut environ quatre minutes pour gélatiniser les dix tubes. On les place alors avec leur support dans un bain marie à 65°, et on les y laisse pendant quinze minutes, au bout desquelles on les plonge pendant dix minutes dans un bain d'eau bouillante. On détruit la diastase par cette dernière opération.

Pendant le séjour des tubes dans l'eau bouillante, on constate que ceux qui sont liquéfiés s'éclaircissent peu à peu et laissent dégager des bulles d'air formant anneau, tandis que ceux qui ne sont pas liquéfiés restent troubles.

On refroidit rapidement tous les tubes jusqu'à la température de 17°,5 C., et on les retourne l'un après l'autre. Le premier tube, dont le contenu s'écoule facilement, sert à calculer le pouvoir liquéfiant, d'après la quantité d'extrait de malt qu'il a reçue.

On peut, pour ce calcul, imiter les données de Lintner relatives au pouvoir diastasique, en désignant par 100 le pouvoir liquéfiant d'un extrait préparé comme il a été dit plus haut, dont 0,1 cm^3 liquéfie, dans les conditions indiquées, 10 centimètres cubes d'empois d'amidon à 10 p. 100. Si, par exemple, il a fallu employer 0,2 cm^3 pour obtenir la liquéfaction, le pouvoir liquéfiant est 50.

En général, pour des malts touraillés normaux, le pouvoir liquéfiant est compris entre 40 et 75.

Autres déterminations. — Parmi les autres déterminations qu'on peut faire sur le malt, citons :

Acidité. — Le dosage de l'acidité, par macération de 100 grammes dans 400 centimètres cubes d'eau pendant quatre heures et titrage à la phénolphtaleine. On ne doit pas utiliser plus de 1 à 2 centimètres cubes de soude normale, ce qui correspond à 0,9-1,8 p. 100 d'acide lactique.

Phosphates. — On dose quelquefois les cendres et les phosphates.

Cassure. — L'effet de cassure due à l'ébullition.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Sucres préexistants. — Moritz pense, comme nous l'avons dit, qu'il y a corrélation entre eux et les matières azotées non coagulables ; le dosage de ces sucres serait donc un indice de la non-conservabilité des bières.

Il conseille d'opérer de la manière suivante : faire macérer pendant deux ou trois heures du malt finement moulu dans de l'eau à 17°,5 ; de l'extrait, on retranche les matières azotées, les cendres, les acides de 100 grammes de moût.

On peut aussi faire une extraction alcoolique.

Ling a proposé la méthode suivante :

Faire un extrait de 50 grammes de malt par 500 centimètres cubes d'eau pendant trois heures, en présence de 15 centimètres cubes de potasse décinormale qui empêche l'action de la diastase ; on dose les sucres réducteurs qu'on évalue en maltose ; d'après Ling on en trouverait 6 p. 100 environ.

Mason a indiqué une autre méthode qui consiste à tuer la diastase par une infusion dans l'alcool 90° bouillant et à extraire ensuite les sucres à l'eau.

Nous avons parlé des résultats qu'il a trouvé.

Dosage de l'azote. — L'on dose quelquefois dans le malt les matières azotées. On emploie, par exemple, les méthodes suivantes qui sont bien connues :

Azote total, méthode Kjeldahl.

Azote des albuminoïdes, précipitation par le réactif Stützer (CuO dans la glycérine) et méthode Kjeldahl.

Azote ammoniacal, précipitation par l'acide phosphotungstique et distillation sur MgO.

Azote amidé par différence, ou doser l'azote dans ce qui n'est pas précipité par le tanin et retrancher l'azote ammoniacal.

Valeur d'un malt d'après l'analyse chimique. — On peut à l'aide des données analytiques se faire une idée de la valeur d'un malt.

Humidité. — Le malt peut contenir de 3 à 6 p. 100 d'eau. Au delà de 7 à 8 p. 100, le malt est mauvais ; il a été mal séché ou mal conservé. Le malt humide donne, à la pratique, moins de rendement ; les substances du grain peuvent avoir subi l'influence de l'humidité et il en peut résulter des bières d'une clarification difficile et d'une conservation limitée.

Rendement. — Plus un malt a été désagrégé sur le germoir et plus il a été traité avec soin et lentement sur la touraille, plus il donne de rendement. Le rendement sec ne devrait jamais être inférieur à 73 p. 100. A 70 p. 100, le malt est médiocre ; au-dessous, il peut être considéré comme mauvais.

D'une manière générale, le malt pâle donne plus de rendement que le malt brun. Cependant, si ce dernier a été touraillé avec précautions, il peut donner autant de rendement.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Sucre. — La teneur en sucre est plus grande dans les malts riches en diastase et touraillés à basses températures.

Les malts à contenu élevé en sucre sont donc plus diastasiques et donneront généralement des bières plus atténuées, parce que les moûts auront plus de sucre fermentescible. On pourra, à cause de cela, attaquer ces malts à plus hautes températures de saccharification; tandis qu'il serait imprudent de traiter de même les malts à faible rendement en sucre et moins diastasiques; on affaiblirait trop la diastase, on aurait plus de dextrine et des bières trop faiblement atténuées.

Il y a là une indication de la façon dont le brasseur doit donner ses trempes, surtout dans les méthodes par infusion.

Les malts bien désagrégés donnent plus de sucre; les malts mal désagrégés, moins.

La proportion de maltose dans l'extrait peut varier entre 60 et 70, ce qui donne un rapport de sucre à non-sucre variant de 1 : 0,66 à 1 : 0,43. La proportion est trop élevée quand elle s'élève à 72 ou 73 p. 100, c'est un malt trop faiblement touraillé; elle est trop basse quand elle n'atteint que 58 p. 100, c'est un malt mal germé.

En général, les malts bruns donnent moins de sucre que les malts pâles.

Coloration. — Un malt germé chaud et long, donnera toujours un moût plus coloré, même si l'essai physique n'accuse pas un taux élevé de grains brunis; un malt germé froid, même torréfié à haute température, donne un moût plus pâle ou moins coloré. La coloration ne peut donner d'indication que sur le genre de bière qui résultera de son emploi.

Durée de la saccharification. — La durée de la saccharification est en raison du pouvoir diastasique du malt. Plus ce pouvoir est élevé, plus la durée sera courte. Aussi, il y a là une indication suffisante et qui fait que la recherche du pouvoir diastasique n'est pas indispensable.

Elle est aussi en raison de l'état de l'amande, de la désagrégation plus ou moins complète.

Plus un malt est désagrégé, mieux les matières se saccharifient et plus vite se fait la transformation.

D'une façon générale, les malts pâles se saccharifient plus vite que les malts bruns, mais un malt coloré, très friable et très soluble, pourra se saccharifier plus rapidement qu'un malt pâle, peu désagrégé et contenant, par exemple, une forte proportion de grains vitrés.

Un malt à saccharification lente devra être traité, en pratique, à températures plus basses qu'un malt à saccharification rapide.

Azote. — Travaux de Kukla. — Kukla à la suite de nombreuses analyses des matières azotées du malt a émis les règles suivantes :

1° Un bon malt ne doit pas contenir plus de 35 p. 100 de sa matière azotée à l'état soluble;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

2° La proportion de l'azote soluble coagulable doit être aussi élevée que possible et représente 3-12 p. 100 de l'azote total ;

3° Si la matière azotée soluble dépasse 35 p. 100, le malt doit être considéré comme défectueux ; le moût est opalescent, le tranché en chaudières est mauvais, la bière fermente mal et est instable ; ce qui prouve que ces caractères empiriques sont importants ;

4° Avec d'excellentes orges on peut produire de très mauvais malts, et inversement. Tout dépend de la manière dont la germination est conduite : trempage prolongé, germination prolongée à basse température sont les conditions du bon développement des radicelles qui éliminent l'excès d'azote soluble (germination naturelle). Un travail hâtif, à haute température, avec arrosage (germination artificielle) ne donne pas de bons résultats.

Une germination naturelle sur des orges médiocres et suivie d'un touraillage un peu haut donne, par suite de la coagulation, des malts convenables.

MÉTHODE BOONE

Pour se faire une idée de l'état de désagrégation de l'amidon, on a proposé des méthodes de dosage de l'extrait par des macérations à froid ; telle est par exemple la méthode de Boone.

« On brasse 50 grammes de farine de malt avec 300 centimètres cubes d'eau à 15° C. dans un gobelet en nickel, cuivre, aluminium, verre, etc., dont on connaît la tare. On maintient la température à 15° pendant deux heures à l'état de repos, puis on décante 100 centimètres cubes du liquide diastasique, qu'on met en réserve pour s'en servir comme il sera dit plus loin. On met alors le brassin au bain-marie à 45° C. On maintient la température au bain-marie à 45°, exactement pendant une demi-heure, puis on monte, en 25 minutes jusque 70° C., de telle sorte que la température s'élève de 1° par minute. On maintient ensuite la température à 70° C jusqu'à saccharification.

Lorsque la saccharification est terminée, on pousse avec le bain-marie le brassin à l'ébullition qu'on maintient une demi-heure, puis on le refroidit à 45° en plongeant le vase dans l'eau froide.

Quand le brassin est à 45° C., on y verse le liquide diastasique mis en réserve au début de l'expérience. On maintient la température du bain-marie à 45°, exactement pendant un quart d'heure, ensuite on monte en 25 minutes jusque 70°, de telle sorte que la température s'élève de 1° par minute. On maintient ensuite la température de 70°, jusqu'à saccharification complète reconnue par l'iode comme précédemment. Lorsque le brassin est terminé, on sort le gobelet du bain-marie, on mélange la masse avec 100 centimètres cubes d'eau, on refroidit rapidement à 15°.

On amène ensuite le poids total du brassin à 450 grammes, et on continue comme à l'ordinaire.

MÉTHODE DE PRIOR

Prior adjoint à la méthode conventionnelle les essais suivants :

1° Teneur en diastase d'après Lintner ;

2° Hydrates de carbone réducteurs exprimés en maltose provenant du brassage des hydrates préformés du malt ;

3° Hydrates préformés ;

4° Richesse de l'extrait en hydrates de carbone.

Voici la marche de l'analyse :

I. 50 grammes de farine de malt, sont mis à macérer pendant trois heures, en agitant fréquemment avec 400 centimètres cubes d'eau froide. On amène à 500 cen-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

timètres cubes, on agite et on filtre. 250 centimètres cubes du liquide filtré sont brassés par la même méthode que celle qui sert au brassage du malt ; on fait bouillir et on ramène à 250 centimètres cubes.

Le liquide filtré sert à déterminer :

a. Les hydrates de carbone réducteurs, exprimés en maltose, rapportés à 100 grammes de malt sec ;

b. La totalité des hydrates de carbone ; pour cette détermination, on chauffe 100 centimètres cubes de liquide avec 7,5 cm³ d'acide chlorhydrique de densité 1,13 ; on amène après neutralisation à 200 centimètres cubes, et on dose la glucose, qu'on rapporte par le calcul à l'amidon de 100 grammes de malt sec.

II. 25 grammes de farine de malt servent à la détermination de la quantité de diastase par la méthode de Lintner ; le résultat est rapporté au malt sec.

III. 25 centimètres cubes du moût obtenu par la méthode de brassage conventionnelle sont traités, comme en I*b*, par l'acide chlorhydrique, et la glucose obtenue est transformée par le calcul en amidon et rapportée à 100 grammes de malt sec.

Tous les chiffres ainsi obtenus, joints à ceux de l'analyse usuelle, permettent de calculer :

1° La totalité des produits provenant de la portion soluble du malt et de la portion solubilisée par le brassage, exprimés en amidon ;

2° Les produits de dédoublement solubles, préexistant dans le malt ;

3° L'amidon transformé par le brassage, par différence entre les deux chiffres précédents ;

4° La quantité d'hydrates de carbone réducteurs résultant de la saccharification de l'amidon, par différence entre la maltose de l'analyse usuelle et la maltose trouvée en I*a* ;

5° Les chiffres correspondants à la dextrine. Il faut entendre par là :

a. La différence entre les hydrates de carbone totaux, déterminés en I*b* et la maltose trouvée en I*a*, tous deux étant exprimés en amidon ; cette différence représente la *dextrine soluble du malt ;*

b. La différence entre le total des hydrates de carbone du malt (III) et la maltose du moût, tous deux étant exprimés en amidon, donne la *dextrine totale du malt ;*

c. De la différence entre le chiffre obtenu en 5*b* et le chiffre de 5*a*, on tire la *dextrine provenant de la saccharification ;*

6° La quantité de diastase nécessaire pour saccharifier 100 grammes d'amidon ;

7° La quantité d'amidon saccharifié, de maltose et de dextrine formés par 1 gramme de diastase ;

8° La quantité d'amidon que 1 gramme de diastase transforme en dix minutes ;

9° Le rapport de la maltose formée par la saccharification du malt et de la maltose totale aux quantités de dextrine correspondantes.

De l'examen des chiffres on peut tirer un certain nombre de conclusions intéressantes :

1° *Rendement en extrait.* — Le rendement est d'autant plus élevé que le malt est plus pâle, ce que l'on savait depuis longtemps. Dans les analyses de M. Prior, le rendement moyen a été : pour les malts pâles, 78,26 p. 100 ; pour les malts ambrés, 77,50 p. 100 ; pour les malts dorés foncés, 76,37 p. 100 ; pour les malts bruns, 76,18 p. 100. Il y a cependant des exceptions, et on trouve des malts foncés dont les rendements correspondent à celui des malts ambrés.

2° *Teneur en diastase.* — Elle varie entre des limites très larges, un malt n'en renfermant que 0,529 gr., tandis qu'un autre en renferme 2,11 gr [1].

En général, la teneur en diastase des malts pâles est plus élevée que celle des malts foncés, touraillés haut ; mais il y a de nombreuses exceptions. Ainsi un malt pâle dont la couleur est 0,3, a la même teneur en diastase que le malt le plus foncé

[1] Nos connaissances actuelles ne permettent guère d'évaluer la diastase en grammes.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

dont la couleur est 1,62. Dans des malts de même coloration, il y a de grandes différences au point de vue de la richesse en diastase. Ces différences, qui montrent combien il est important de faire cette détermination, ne sont pas sans influence sur la composition des moûts et la qualité de la bière. La manière dont on a déterminé jusqu'ici le pouvoir diastasique ne pouvait guère fournir de renseignements sur ce point ;

3° *Totalité des produits de dédoublement de l'amidon.* — Les chiffres extrêmes sont 59,73 et 64,80 p. 100. En général, le chiffre est plus élevé dans les malts pâles, mais il y a des malts foncés, dont la couleur est 0,5, qui donnent des chiffres aussi élevés que les malts pâles.

Par contre, il n'y a pas de rapport régulier entre la totalité des produits de dédoublement de l'amidon et le rendement en extrait. On peut en dire autant des produits de dédoublement préformés solubles dans l'eau, qui ne présentent pas non plus de relation régulière avec le rendement en extrait. Cependant, il faut admettre que quand un malt renferme beaucoup de ces produits solubles préformés, pourvu que le chiffre reste au-dessus d'une certaine limite, ce malt a été très bien désagrégé au germoir, et n'a pas souffert du touraillage. Quant à un malt qui renferme beaucoup de produits de dédoublement solubles, et peu de produits totaux de dédoublement, il faut le considérer comme ayant subi une désagrégation trop avancée.

Or, deux malts du même type peuvent différer par leur teneur en produits de dédoublements solubles de 3 p. 100 environ, l'un pourra être moins désagrégé, comme en témoignera la teneur en diastase moins élevée, la durée de saccharification plus grande, et le poids extraordinairement grand de l'hectolitre de grain. Il faut également noter, pour ces deux malts, la différence d'arome et de limpidité du moût ;

4° *Amidon dédoublé par la diastase.* — Comme on pouvait s'y attendre, l'amidon que la diastase dédouble est moins abondant dans les malts provenant d'orges pauvres en amidon, alors même que ces malts sont bien désagrégés et renferment beaucoup de produits de dédoublement de l'amidon préformés et solubles. C'est pour cette raison que la quantité d'amidon transformée par la diastase n'est pas en relation avec le rendement en extrait ;

5° *Travail fourni par la diastase.* — Pour apprécier le travail produit dans l'action de la diastase, M. Prior a déterminé (sans nous dire exactement par quel procédé) :

1° La quantité de diastase correspondant à 100 grammes d'amidon transformé ;

2° La quantité d'amidon transformée par 1 gramme de diastase[1]. Pour établir ces chiffres, il faut tenir compte de la loi de proportionnalité de Kjeldahl, qui dit que, dans l'action de l'amylase sur l'amidon, le sucre formé ne donne la mesure de la quantité de diastase qu'entre certaines limites, lorsqu'il reste un excès d'amidon et lorsque la maltose n'en représente pas plus de 30 à 45 p. 100.

Cette loi se vérifie si on compare la quantité de maltose formée à la quantité de diastase, en calculant ce que 1 gramme de diastase produit de maltose. On voit alors qu'il se produit d'autant plus de maltose que la quantité d'amidon sur laquelle la diastase agit est plus grande. On constate ainsi que, dans les malts pauvres en diastase, l'unité de diastase produit plus de maltose que dans les malts riches, comme on peut le voir par des exemples de malts foncés et de malts pâles. Cette constatation explique pourquoi le remplacement d'une portion du malt par des grains crus peut produire une augmentation de la quantité de maltose dans l'extrait.

Si l'on veut être renseigné sur la facilité plus ou moins grande avec laquelle l'amidon se dédouble, c'est-à-dire sur l'état de désagrégation du malt et sur la manière dont il a été touraillé, il suffit d'évaluer le temps qu'il a fallu pour que l'amidon présent cesse de donner la réaction de l'érythrodextrine. Afin d'avoir des chiffres comparables, M. Prior a calculé la quantité d'amidon que 1 gramme de dias-

[1] Voir la note précédente.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tase peut transformer en dix minutes, d'après la formule $S_1 = \frac{S \times 10}{V}$, dans laquelle S indique la quantité d'amidon transformée par la diastase jusqu'à disparition de l'érythrodextrine, V le temps nécessaire pour arriver à ce résultat (durée de saccharification), et S_1 ce que 1 gramme de diastase transforme d'amidon en dix minutes.

Pour pouvoir tirer des conclusions des chiffres ainsi trouvés, et tenir compte de la loi de proportionnalité de Kjeldahl, il ne faut comparer que les malts dans lesquels le rapport de la diastase à l'amidon est le même.

Les malts pauvres en diastase et de forts poids sont ordinairement mauvais.

Il peut se faire qu'un malt à amidon très attaquable ne soit pas nécessairement bon, car il peut être trop désagrégé, ce qui est démontré par les produits de dédoublement de l'amidon préformés et par la valeur anormale de $\frac{M}{D}$. Ce malt donnerait des bières trop atténuées.

Si l'analyse ne permet pas d'établir des limites précises entre les divers types de malts, on peut dire néanmoins que, pour les malts pâles, la teneur en diastase ne doit pas être sensiblement inférieure à 2; jusqu'à la coloration 0,4, elle doit être voisine de 1; jusqu'à la coloration 0,6, elle doit s'approcher de 0,9, et, dans les malts les plus foncés, elle doit atteindre 0.53.

Lorsqu'on compare les teneurs en diastase des divers malts, l'activité de la diastase et l'état de l'amidon, il faut également tenir compte du touraillage, le type du malt étant sous la dépendance du mode de touraillage. C'est ainsi que, pour le malt de Pilsen, la teneur en eau du malt séché est de 8 à 10 p. 100; pour le malt du type de Vienne, elle est de 10 à 15 p. 100, et pour le malt de Munich, de 15 à 20 p. 100. Comme la diastase est facilement détruite lorsqu'elle est à l'état humide, il s'en détruit d'autant plus au touraillage que le malt renferme plus d'eau. C'est pour cela que les malts de Pilsen sont les plus riches en diastase, et les malts de Munich les plus pauvres.

Mais l'état de l'amidon joue également un rôle ; c'est dans la fabrication du malt de Pilsen que l'amidon subit le moins d'altérations, et dans celle du malt de Munich qu'il en subit le plus. Ces altérations s'accompagnent de la production de la couleur. Il suit de ces considérations que l'état de l'amidon ne dépend pas seulement du travail en germoir, mais encore du mode de touraillage. Il est clair que, dans l'emploi pratique du malt, il importe peu que les altérations défavorables de l'amidon aient pour origine le travail du germoir ou le traitement sur la touraille, le rendement et la composition hydrocarbonée du moût dépendant de l'état de l'amidon et de la teneur en diastase.

6° *Proportion du sucre.* — Les conclusions relatives à la qualité du malt, qu'on peut tirer de la teneur de l'extrait en maltose, reposent sur la connaissance du fait que, pour un malt d'un type déterminé, la quantité de sucre contenue dans l'extrait est comprise entre certaines limites. Si donc la quantité de maltose n'est pas comprise dans ces limites, le malt ne peut plus être considéré comme appartenant au type pour lequel il est vendu.

Par contre, on ne peut pas toujours conclure de la teneur en maltose de l'extrait, à l'atténuation qu'atteindra le moût à la fin de la fermentation principale.

On arrive à une conclusion plus exacte, à ce point de vue, si on tient compte de la teneur du malt en saccharose, bien que cette notion, jointe à la connaissance de la proportion de maltose, ne conduise pas toujours à une appréciation certaine. Les conclusions les plus solides reposent sur l'examen du malt, tel que le recommande M. Prior, au point de vue de sa teneur en dextrine, qui donne des indications sur l'atténuation, pourvu que les conditions du travail pratique restent les mêmes, à savoir : même méthode de brassage, même aération du moût jusqu'à la mise en levain, et même levure au même état physiologique.

La maltose qui se forme pendant la saccharification ajoutée à celle qui préexiste dans le malt, forme un total qui est en général plus élevé dans les malts pâles que

IRIS - LILLIAD - Université Lille

dans les malts foncés. C'est seulement le rapport de cette quantité à la quantité de dextrine qui donne des indications au sujet de l'atténuation.

CAS DES GRAINS CRUS

Dans le cas particulier où le malt est employé concurremment avec des grains crus on peut se faire une idée du rendement propre à ces grains par les méthodes suivantes :

CALCUL DU RENDEMENT D'UN GRAIN CRU

On pèse d'une part 40 grammes de farine d'un malt dont on connaît le rendement et l'humidité ; d'autre part 10 grammes du grain à analyser finement moulu et dont on a déterminé l'humidité.

On délaye ces 10 grammes dans 100 centimètres cubes d'eau distillée et on fait bouillir dix minutes, en agitant vivement. On refroidit ensuite à 90° et on liquéfie l'empois qui s'est formé en ajoutant 10 grammes de la farine de malt. Quand la liquéfaction est complète, on fait bouillir de nouveau trente minutes, en maintenant le liquide à son niveau. Puis on refroidit à 45°.

Pendant ce temps, on a préparé, avec les 30 grammes de malt restant, une trempe à 45° avec 200 centimètres cubes d'eau. On y a ajouté la cuisson de grain cru, on mélange intimement et on porte lentement, en vingt-cinq minutes à 70°.

On procède ensuite comme pour la saccharification du malt et en faisant les mêmes observations sur la durée de saccharification, la filtration, etc.

Dans l'extrait total que l'on obtient par la formule $E = \frac{e\left(400 + \frac{h}{2}\right)}{100 - e} \times 2$, le malt entre pour 80 p. 100 et le grain cru pour 20 p. 100. On en déduit le rendement pour cent du grain cru, en multipliant par 5 la différence entre l'extrait total et l'extrait fourni par 80 grammes de malt.

EXEMPLE

Eau du malt = 4,28 = pour 40 grammes.		1,71
— du riz = 14,68 = pour 10 —		1,46
		3,17
Rendement pour 100 du malt.	=	70,6
Extrait pour 80 grammes de malt	=	56,48
— pour 100 du brassin	=	8,34

$$E = \frac{8,34 \times 403,17}{100 - 8,34} \times 2 = 73,36$$

$$73,36 - 56,48 = 16,88$$

$$16,88 \times 5 = 84,40$$

Le rendement du riz = 84,40.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ÉLÉMENTS ACCIDENTELS DU MALT

DE L'ARSENIC

A la suite d'un accident grave arrivé en Angleterre, on a reconnu la présence d'arsenic dans la bière.

Cet arsenic peut provenir même de l'orge qui, sous l'influence de certains engrais tels que les superphosphates, peut devenir arsenicale ; mais il provient le plus souvent des combustibles employés dans les tourailles à fumée.

Enfin certaines glucoses peuvent en emprunter à l'acide sulfurique et en introduire dans la bière.

Voici des procédés recommandés pour étudier le malt ou la glucose.

RECHERCHE DE L'ARSENIC DANS LE MALT OU LA GLUCOSE

Essais qualitatifs. — ***Méthode Thomson***. — Attaquer 5 grammes de malt ou de glucose par 20 centimètres cubes d'acide nitrique et 5 centimètres cubes d'acide sulfurique bien exempts d'arsenic ; faire bouillir en remplaçant de temps en temps l'acide nitrique (mais on ne doit pas dépasser 25 centimètres cubes en tout).

On chasse cet acide par évaporation répétée en ajoutant de l'eau ; on dilue à 15 centimètres cubes et on essaie à l'appareil de Marsch.

Méthode Reinser. — Faire bouillir 50 grammes de farine de malt ou de glucose avec 30 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur et concentré, ajouter 150 centimètres cubes d'eau et filtrer. Dans la liqueur placer une lame de cuivre propre de 6/12 millimètres et laisser bouillir quarante-cinq minutes.

Si le cuivre est brillant il n'y a pas d'arsenic ; s'il est blanc laver le cuivre à l'eau, l'alcool et l'éther et sécher rapidement sur SO^4H^2 ; mettre la lamelle dans un tube de 5 centimètres de longueur, chauffer la partie supérieure puis la partie inférieure ; le sublimé est examiné au miscroscope. Si on voit des cristaux octaédriques ou tétraédriques, on a affaire à de l'arsenic. Un noircissement du cuivre ne prouve rien.

Essais quantitatifs. — La *méthode Thomson* peut devenir quantitative en mettant successivement 1,2,3, etc., centimètres cubes dans l'appareil de Marsch.

On compare avec une liqueur titrée.

Il faut mieux opérer autrement : On calcine 5 grammes de malt avec une lessive de potasse dans une capsule d'argent. On dissout dans l'acide chlorhydrique, on filtre, on ajoute un excès d'ammoniaque, puis un excès d'acide nitrique et du nitromolybdate ; on lave le précité, on le redissout dans de l'ammoniaque, on ajoute le réactif magnésien et on filtre au creuset de Gooch qu'on sèche à 100°.

Recherche de l'arsenic dans le charbon. — (Newlands et Ling.)

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On mélange 2 grammes de charbon avec 5 p. 100 de chaux éteinte ; on introduit dans un creuset de platine, on incinère au moufle.

On dissout à l'ébullition dans HCl, on ne filtre pas, on ajoute un excès d'ammoniaque, puis un excès d'acide nitrique et on précipite l'arsenic par le nitromolybdate.

Le précipité lavé, dissous dans l'ammoniaque est traité par le réactif magnésien. On recueille dans un creuset de Gooch, on lave, on sèche à 100°.

On peut aussi doser l'arsenic total et celui des cendres, ce qui donne l'arsenic volatil (dans les conditions de la combustion).

DU SOUFRE

La recherche qualitative du soufrage se fait le mieux de la façon suivante : on fait digérer pendant une demi à trois quarts d'heure, 50 grammes de malt en grains entiers avec 100 centimètres cubes d'eau et, éventuellement on filtre le liquide.

A 25 centimètres cubes du produit de filtration, on ajoute 1,5 gr. de zinc chimiquement pur et 25 centimètres cubes d'acide chlorhydrique de densité 1,115. On fait l'essai dans un vase d'Erlenmeyer d'environ 200 centimètres cubes de capacité et on suspend, à l'aide d'un bouchon d'ouate, dans le col du vase, une bande de papier à filtrer imprégnée d'acétate de plomb. Dans les malts soufrés conservés peu de temps, la bande de papier se colore en noir au bout de dix minutes environ. Dans les malts conservés pendant un temps prolongé, ainsi que dans le malt moulu, cette épreuve ne réussit pas si nettement, et parfois pas du tout.

INSTALLATION D'UNE MALTERIE

Une malterie (fig. 58) est délimitée par les dimensions des germoirs qui occupent le rez-de-chaussée ou, de préférence le sous-sol. Elle se développe en hauteur, en de vastes greniers qui servent à emmagasiner les orges et les malts, et se divise en deux parties : le côté des orges et le côté des malts où se trouve la touraille.

Les greniers supérieurs de la partie concernant les orges serviront à loger les orges brutes et contiendront les appareils nettoyeurs-trieurs. Les greniers au-dessous recevront les grains nettoyés et triés. Les cuves-mouilloires occuperont l'étage directement au-dessus des germoirs.

Les orges arrivant à la malterie seront donc, après pesage et vérification, montées à l'étage supérieur. Là, elles passeront dans les appareils nettoyeurs-trieurs, d'où elles tomberont à l'étage au-dessous où elles seront divisées par catégories ou par qualités dans des silos ou des cases appropriés.

De là, elles viennent dans les cuves-mouilloires et au germoir.

Le malt vert sera remonté du germoir au grenier supérieur, côté du malt, qui pourra servir de grenier d'aérage, et d'où il sera conduit sur les plateaux de la touraille.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le malt sec, tombant du plateau inférieur, descendra au rez-de-chaussée, en traversant les appareils dégermeurs et polisseurs, d'où il remontera à l'étage où s'ouvrent les silos.

Toutes ces opérations nécessitent l'installation d'appareils transporteurs.

Pour transporter l'orge, on se sert : verticalement, du monte-charge ou de la chaîne à godets ; horizontalement, de la vis d'Archimède.

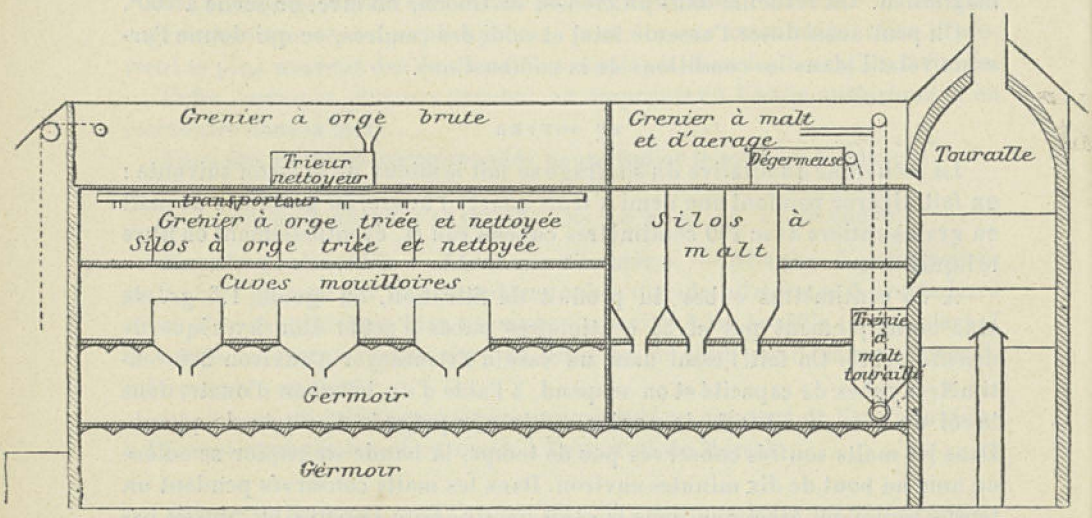


Fig. 58. — Organisation générale d'une malterie.

Pour le malt vert, on utilise : verticalement, le monte-charge ou la chaine à godets ; horizontalement, la toile sans fin.

Pour le malt sec, on emploie : verticalement, la chaîne à godets ; horizontalement, la vis d'Archimède.

MONTE-CHARGE

Le monte-charge (fig. 59) est constitué par un tambour autour duquel s'enroule une corde à l'extrémité de laquelle une griffe, qui se serre par la tension, saisit le sac. Le tambour est mû par une poulie autour de laquelle s'enroule une courroie lâche et qui, au repos, ne peut pas faire tourner la poulie. Quand le sac est accroché, il suffit de tirer une corde qui fait mouvoir un levier, à l'extrémité duquel se trouve un rouleau qui vient appuyer sur la courroie, la tend et la fait adhérer à la poulie. Celle-ci se met en mouvement et fait tourner le tambour, autour duquel s'enroule la corde qui tient le sac, à la façon de la corde d'un puits.

A l'étage où le sac doit être amené, se trouve une trappe à deux vantaux que le sac soulève à son passage et qu'il laisse retomber sous lui. Quand le sac a passé, l'ouvrier lâche la corde du levier tendeur, le sac retombe sur la trappe ; il est ensuite décroché et emmené dans le grenier avec une

IRIS - LILLIAD - Université Lille

brouette ; puis la corde est redescendue pour accrocher un autre sac.

Le monte-charge peut servir aussi à transporter le malt vert du germoir au grenier d'aérage et sur la touraille. En ce cas, le malt vert est placé sur de petits chariots montés sur roues et qui sont conduits sous le monte-charge et accrochés à la corde. Le chariot est à bascule et le malt peut être déversé sur le grenier ou sur le plateau de la touraille, après y avoir été conduit, sans que le grain s'abîme.

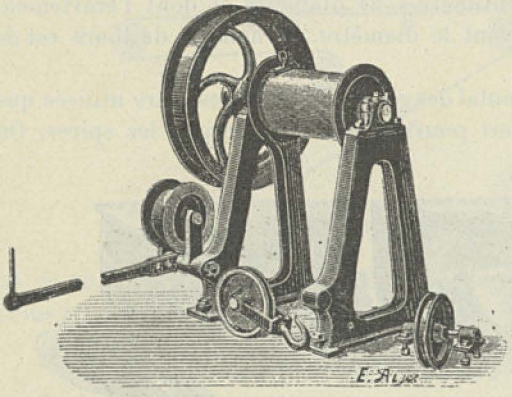


Fig. 59. — Monte-charge.

CHAINE A GODETS

La chaîne à godets (fig. 60) se compose d'une courroie d'une largeur de 6 à 25 centimètres, s'enroulant sur deux poulies et portant tous les 30 à 50 centimètres, des godets en cuir ou en fonte. La chaîne est verticale, avec une légère inclinaison. La partie inférieure plonge dans une trémie dans laquelle on verse les grains et où les godets se remplissent en passant. A la partie supérieure, un peu au-dessous du diamètre horizontal de la poulie et à une distance de la chaîne proportionnée à la vitesse, se trouve un conduit en bois où les grains sont projetés quand le godet arrive à la position horizontale. La vitesse est de 60 à 65 mètres à la minute.

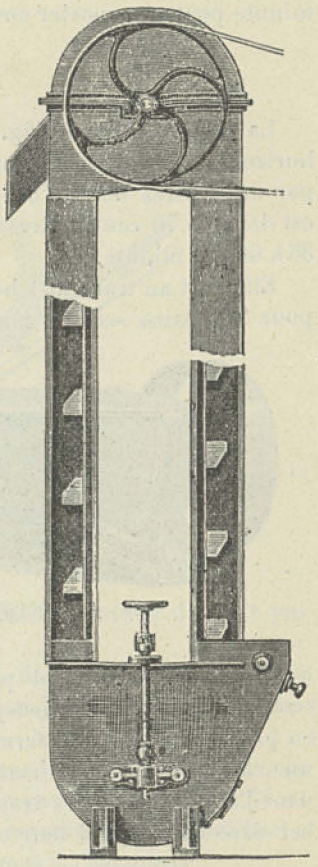


Fig. 60. — Chaîne à godets.

Toute la chaîne est enfermée dans une gaine en bois pour que les grains qui échappent des godets ou qui ne pénètrent pas dans le conduit, retombent dans la trémie du bas.

La chaîne à godets peut s'employer pour transporter le malt vert du germoir à la touraille. En ce cas, les godets se déversent sur une toile

IRIS - LILLIAD - Université Lille

sans fin. On s'en sert plutôt pour élever le malt sec sortant du dégermeur jusqu'au grenier où s'ouvrent les silos.

Une chaîne de 25 centimètres de largeur et d'une vitesse de 65 mètres à la minute peut transporter environ 9 000 kilogrammes à l'heure.

VIS D'ARCHIMÈDE

La vis d'Archimède (fig. 61) consiste en un auget ou un cylindre en fer horizontal, dans lequel se meut une vis d'Archimède. Celle-ci est constituée par des spires de 25 à 42 centimètres de diamètre et dont l'écartement est de 50 à 70 centimètres, suivant le diamètre. Le nombre de tours est de 35 à 60 par minute.

Elle sert au transport horizontal des grains. Elle ne peut être utilisée que pour les grains secs, le malt vert pourrait être déchiré par les spires. On

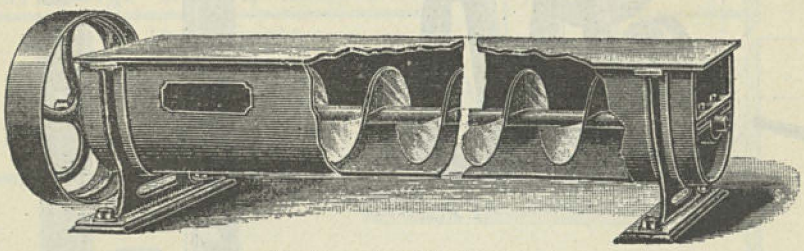


Fig. 61. — Vis d'Archimède.

l'emploie ordinairement pour le transport des grains nettoyés dans leurs cases respectives. On la suspend au plafond du grenier et elle porte de place en place des tuyaux se fermant par des trappes et correspondant chacun à une case. Les grains sortant des appareils nettoyeurs-trieurs, se déversent dans l'auge et la vis les transporte jusqu'au tuyau ouvert qui les laisse tomber dans la case qui leur est destinée.

TOILE SANS FIN

La toile sans fin (fig. 62) est formée par un ruban de 30 à 45 centimètres de largeur, en toile forte ou en caoutchouc vulcanisé, qui tourne sans fin sur deux poulies. Pour la maintenir horizontale, elle appuie, tous les 2 à 2,50 m., sur des rouleaux en bois et pour la tenir tendue, une des poulies est mobile et tirée en arrière soit par un contrepoids, soit par une vis de rappel.

Les rouleaux en bois sont droits ou concaves. Ces derniers, qui obligent la toile à se creuser sous le poids du grain permettent de mettre une charge plus forte.

La vitesse est de 2 mètres à 2,75 m. par seconde.

La toile sans fin, qui n'abîme pas le grain, peut servir au transport du malt vert sur la touraille. Le malt, monté du germoir soit par une chaîne à godets, soit par des chariots est versé dans une trémie, d'où il tombe par

IRIS - LILLIAD - Université Lille

une trappe réglée, sur la toile qui l'emporte jusqu'à une ouverture en pente ménagée dans le mur de la touraille au-dessus du plateau.

La toile peut recevoir une inclinaison de 35°, sans que son effet soit amoin-

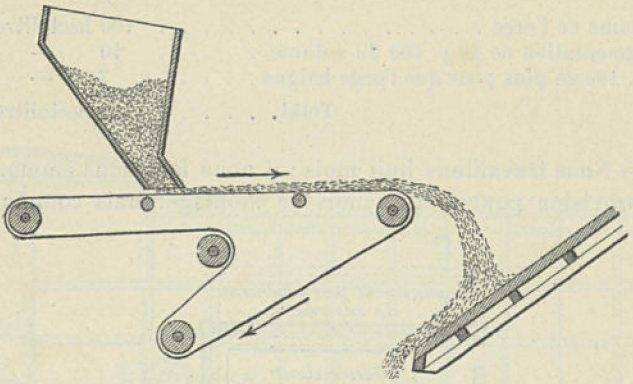


Fig. 62. — Toile sans fin.

dri. Si on a à charger avec le même malt les plateaux de deux tourailles, la même trémie, par des ouvertures latérales, peut servir deux toiles.

PROPORTIONS DES LOCAUX ET APPAREILS

Nous supposerons une malterie fabriquant 50 000 quintaux de malt par an.

La campagne dure du 15 septembre à fin mai, soit deux cent cinquante jours environ; la quantité de malt à fabriquer par jour sera de 200 quintaux.

Orge. — La perte étant de 23 p. 100 en moyenne, 130 kilogrammes d'orge donnent 100 kilogrammes de malt. Il faudra donc par an $50\,000 \times 1{,}30 = 65\,000$ quintaux d'orge, et par jour 260 quintaux, correspondant à 400 hectolitres, en prenant le poids moyen de 65 kilogrammes à l'hectolitre.

Tourailles. — La durée du touraillage est de vingt-quatre heures et il devra tomber chaque jour de la touraille 200 quintaux de malt. Par mètre carré de plateau on peut tourailler 85 kilogrammes de malt. Pour nos 200 quintaux, il faudra $200 : 0{,}85 = 235$ mètres carrés de plateaux. Nous aurons deux tourailles à deux plateaux chacune et chaque plateau aura 59 mètres carrés.

Germoirs. — Par jour, nous devons germer 400 hectolitres d'orge; la durée du maltage étant de dix jours, nous aurons 4 000 hectolitres d'orge sur nos germoirs pendant toute la campagne. Il faut 2 mètres carrés par hectolitre et nos germoirs auront une surface totale de 8 000 mètres carrés.

Nous répartirons notre orge en 40 couches de 100 hectolitres chacune et toutes les douze heures, nous monterons deux couches sur les plateaux supérieurs de nos tourailles. Ces couches seront aussitôt remplacées au germoir par de l'orge venant des cuves mouilloires.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Cuves-mouilloires. — Une cuve sert pour trois couches ; il nous faudra alors 14 cuves.

Chaque cuve aura la contenance suivante :

Volume de l'orge	100	hectolitres.
Augmentation de 40 p. 100 du volume	40	—
5 p. 100 en plus pour que l'orge baigne	7	—
Total.	147	hectolitres.

Silos. — Nous travaillons huit mois ; il nous faut donc emmagasiner au moins la provision pour quatre mois de chômage. Mais comme les malts

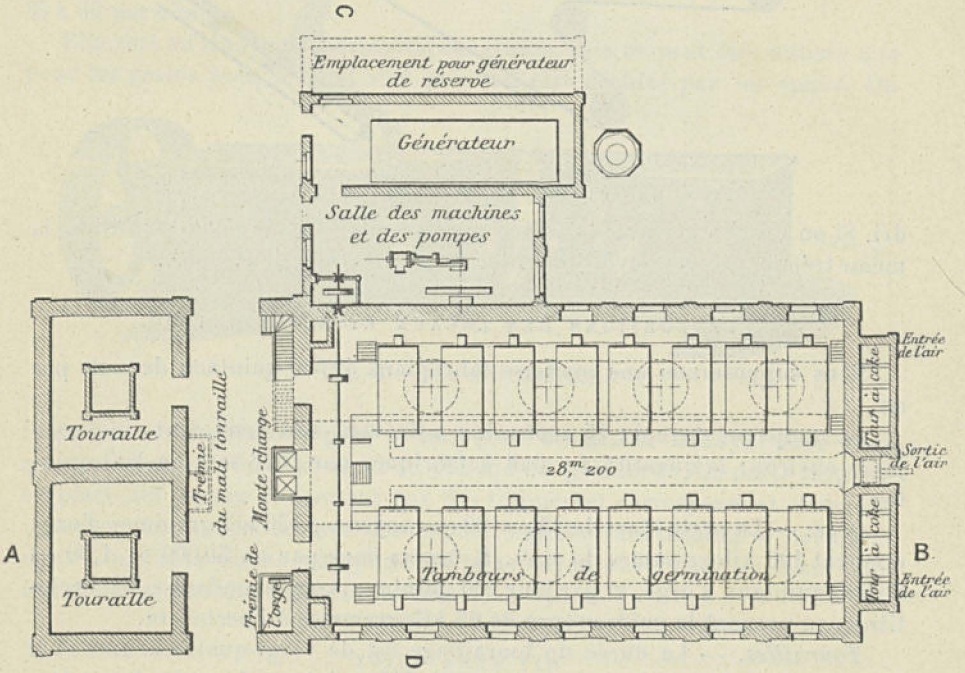


Fig. 63, *a*. — Malterie pneumatique, système Galland, pour une production de 2 500 000 kilogrammes de malt fini.

Plan-échelle 1/400.

nouveaux ne peuvent être livrés que cinq à six semaines après leur fabrication, c'est en réalité une réserve pour six mois qu'il faut loger dans les silos.

Un hectolitre de malt pesant 54 à 55 kilogrammes, 100 quintaux de malt occupent 18 mètres cubes ; pour loger 25 000 quintaux de malt, il faudra 4 500 mètres cubes de silos.

Greniers à orges. — Nous aurons, en magasin, le tiers environ de notre provision d'orge, soit 35 000 hectolitres. Les tas d'orge ne doivent pas avoir plus d'un mètre de hauteur, mais si nous tenons compte des

IRIS - LILLIAD - Université Lille

séparations, des espaces perdus pour la retourne, la circulation, les appa-

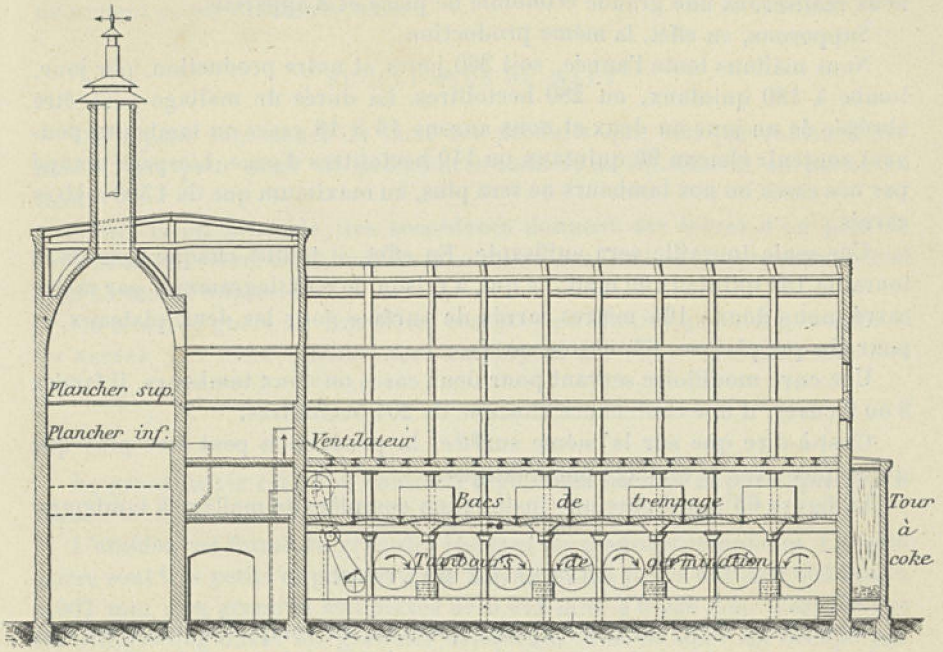


Fig. 63, *b*. — Malterie pneumatique, système Galland, pour une production de 2 500 000 kilogrammes de malt fini.

Coupe AB. Echelle 1/400

reils, il ne faudra pas moins de 20 décimètres carrés par hectolitre, et

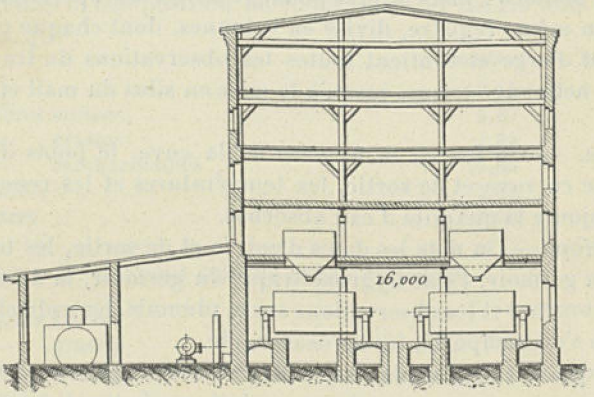


Fig. 63, *c*. — Malterie pneumatique, système Galland, pour une production de 2 500 000 kilogrammes de malt fini.

Coupe CD. Echelle 1/400.

pour nos 35 000 hectolitres, une surface de greniers de 7 000 mètres carrés.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Maltage pneumatique. — Si nous adoptons le maltage pneumatique, nous réaliserons une grande économie de place et d'appareils.

Supposons, en effet, la même production.

Nous maltons toute l'année, soit 360 jours et notre production, par jour, tombe à 180 quintaux, ou 280 hectolitres. La durée du maltage peut être abrégée de un jour ou deux et nous aurons 16 à 18 cases ou tambours pouvant contenir chacun 90 quintaux ou 140 hectolitres d'orge. L'espace occupé par nos cases ou nos tambours ne sera plus, au maximum que de 1 500 mètres carrés.

Une seule touraille sera suffisante. En effet, il tombe chaque jour de la touraille 139 quintaux de malt, ce qui, à raison de 85 kilogrammes par mètre carré, nous donne 164 mètres carrés de surface pour les deux plateaux, et pour chaque plateau, 82 mètres carrés.

Une cuve mouilloire servant pour deux cases ou deux tambours, il faudra 8 ou 9 cuves, d'une contenance chacune de 204 hectolitres.

C'est-à-dire que sur la même surface, la production peut être plus que quintuplée avec le maltage pneumatique.

La figure 63 représente une installation complète de maltage à tambours.

LIVRES DE MALTAGE

Le malteur tient, sur des registres spéciaux, un compte de toutes ses opérations, et tous les mois, il établit par la balance des comptes les pertes afférentes à chacune des espèces d'orge qu'il a mises en œuvre. Il y joint toutes les observations qui sont de nature à lui faire modifier son travail et à l'améliorer en vue de ses intérêts.

Ces registres sont au nombre de trois, correspondant à chacune des opérations de la malterie, mais le plus souvent toutes les opérations sont consignées sur un même registre, divisé en colonnes, dont chaque page est destinée à un lot d'orge et contient toutes les observations du travail, depuis l'entrée et le nettoyage-triage, jusqu'à la mise en silos du malt et sa sortie de la malterie.

Mouillage. — On inscrit le numéro de la cuve, le poids du grain, les dates de mise en cuve et de sortie, les températures et les renouvellements d'eau. On y ajoute la quantité d'eau absorbée.

Germination. — On note les dates d'entrée et de sortie, les températures du malt et du germoir, l'état hygrométrique du germoir, la durée de germination, les retournes et les observations sur la plumule, les radicelles, la façon dont le grain s'est comporté, les arrosages, etc.

Touraillage. — Outre les dates, les heures de chargement et de déchargement des plateaux, on transcrit les températures indiquées sur le thermomètre enregistreur, les retournes, etc. Après dégermage, on inscrit le poids du malt et on établit la perte pour cent. On note le poids des radicelles et on ajoute les résultats de l'analyse. On inscrit enfin le numéro du silo où le malt est emmagasiné et le combustible dépensé.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

C'est sur toutes ces données que le malteur peut ensuite établir les prix de revient de ses différents malts.

SUCCÉDANÉS DU MALT

On appelle succédanés du malt des produits qui, soit par raison d'économie, soit pour cause de préférences locales, se substituent en partie au malt.

D'une façon générale, les succédanés donnent des bières d'un prix de revient moins élevé, d'une meilleure conservation, mais d'un caractère spécial plus ou moins apprécié.

On n'utilise guère en brasserie, comme succédanés, que le riz, le maïs et les sucres. Les deux céréales sont employées à l'état cru, c'est-à-dire non germées.

RIZ

Le grain de riz est vêtu, comme l'orge, mais on ne l'importe que décortiqué.

L'amidon est formé de granules isolés et de granules complexes. Les premiers sont très petits et polyédriques. Les granules isolés ont de 0,003 mm. à 0,007 mm.; les granules complexes de 0,018 mm. à 0.036 mm. L'espace que les cellules englobant les granules complexes laissent libre est occupé par les granules isolés. Il en résulte un grain très compact, très dur et difficile à saccharifier.

L'amidon du riz oppose une résistance à l'action de la diastase. Selon Lintner, il se gélatinise à 80° et si on le traite par la diastase à 65°, il ne s'en saccharifie que 31,1 p. 100.

Kœnig donne la composition moyenne suivante du riz non décortiqué et du riz décortiqué :

	Non décortiqué.	Décortiqué.
Eau	9,55	13,11
Matières azotées	5,87	7,85
— grasses	1,84	0,63
— saccharifiables	75,85	76,75
Cellulose	5,80	0,63
Cendres	1,09	1,04

Hanamann a trouvé pour cent de substance sèche :

Matières azotées	6,99
— grasses	0,82
— saccharifiables	87,82
Cellulose	2,55
Cendres	1,82

1/10e des matières azotées sont solubles.

Il en résulte que le riz est la graine la plus riche en amidon, ce qui justifie l'économie de son emploi en brasserie, mais on voit qu'elle est très pauvre

IRIS - LILLIAD - Université Lille

en matières azotées et minérales (acide phosphorique), ce qui limite les proportions dans lesquelles elle peut être mélangée au malt. Les levures végètent mal dans les moûts de riz. Au delà de 15-25 p. 100, la levure dégénère ; il faut la régénérer au malt ou en changer. Cette action déprimante est due à la pauvreté en azote soluble et à la viscosité des matières azotées solubles qui gênent les échanges.

En brasserie l'on n'emploie, pour ainsi dire jamais le riz entier, on emploie soit des brisures, qui sont économiques, mais qui s'empèsent difficilement si on ne les moud pas ou si on ne les cuit pas sous pression. Dans la pratique elles ne donnent pas les 75-80 p. 100 d'extrait trouvés au laboratoire parce que les nombreux débris cellulaires gênent l'extraction et la filtration.

Le riz se vend souvent en farine donnant 85 p. 100 d'extrait, mais si on en introduit plus de 15 p. 100 les filtrations deviennent difficiles parce que les drèches sont trop compactes à cause des fins détritus de cellulose.

La meilleure forme est la semoule intermédiaire entre les deux espèces précédentes.

On vend aussi le riz à l'état de pellicules fabriquées en faisant avec de l'eau tiède une pâte de farine qu'on lamine à chaud. Il y a commencement d'empesage de sorte que le rendement en extrait à froid varie de 65 à 80 p. 100 ; après cuisson on peut atteindre 75-83 p. 100.

Remarque. — L'analyse du riz, sous le rapport des falsifications par addition de maïs, se fait rapidement en ajoutant à quelques parcelles de matière finement pulvérisée une goutte d'huile de cèdre ou d'œillette : l'huile maintient les grains d'amidon complètement clairs, de sorte qu'ils disparaissent presque tout à fait sous le microscope; tandis que les hiles des grains d'amidon de maïs apparaissent très noirs, ce qui révèle la présence de la plus faible trace de maïs dans le riz.

MAÏS

L'amidon du maïs est composé de granules isolés et de granules réunis, ayant respectivement de 0,0072 mm. à 0,0325 mm. et 0,047 mm. Les premiers sont sphériques ou ellipsoïdaux, les seconds sont polyédriques.

Ils sont moins compacts que ceux du riz et se travaillent mieux. Ils offrent moins de résistance à la diastase. L'amidon du maïs se gélatinise à 75° ; traité à 65° par de l'extrait de malt, la diastase en transforme 54,6 p. 100.

On connaît jusqu'à 22 variétés de maïs, que l'on peut ramener à trois groupes d'après leur couleur : le maïs blanc, le maïs roux et le maïs rouge. Toutes se prêtent à la fabrication de la bière, mais parmi les plus employées, nous citerons le maïs roux américain, à gros grain, le petit jaune italien (cinquantino), la dent de cheval.

La composition varie avec les espèces :

IRIS - LILLIAD - Université Lille

COMPOSITION DE MAÏS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

	POIDS de 100 grains.	EAU p. 100.	MATIÈRES fixes.	PROTÉINE	GRAISSE	AMIDON	CELLULOSE	SUBSTANCES minérales.
Maïs roux de la Plata.	33,55	12,99	87,01	11,34	5,16	58,27	10,57	1,47
— dent de cheval géant. . .	33,40	17,55	82,45	7,89	3,62	54,28	15,60	1,06
— blanc d'Amérique. . . .	32,81	13,10	86,96	8,60	4,76	69,65	2,64	1,25
— bigarré —	34,87	15,89	84,13	8,25	3,52	66,67	4,48	1,21
— Varma.	28,52	13,32	86,68	8,81	5,28	64,00	12,30	1,31
— blanc de la Plata	24,96	13,37	84,64	10,31	4,78	60,88	5,10	2,38
— jaune.	41,65	17,91	82,09	8,45	4,74	60,75	6,92	1,27
— rouge gros	36,96	15,51	84,49	8,62	4,96	60,42	9,31	1,18
— blanc hâtif des Landes. .	33,36	13,92	86,08	8,43	4,95	55,57	17,02	1,58
— roux — . .	31,60	17,51	82,49	7,89	4,56	57,96	10,90	1,18

AUTRES ANALYSES

	E. DEWOLFF	DIETRICH ET KOENIG			Moyenne de 63 analyses maïs américain.	Moyenne de 25 analyses maïs Hongrie.
		Minima.	Moyenne.	Maxima.		
Humidité.	14,3	7,40	13,12	22,40	12,3	14,3
Matières azotées. . .	10	5,54	9,85	13,90	10,03	10,2
Huiles	6,5	1,61	4,62	8,89	5,1	4,4
Matières extractives non azotées. . . .	62,1	60,49	68,41	73,92	68,2	68,6
Cellulose	5,5	0,79	2,49	8,52	2,7	2,3
Cendres.	1,5	0,61	1,51	3,93	1,5	1,5

D'après Hanamann, le maïs contient, pour cent de substance sèche :
Matières azotées :

Albumines.	0,38	11,84
Matières non coagulables, solubles dans l'eau . . .	1,33	
Fibrine	2,46	
Matières insolubles	7,67	

Matières saccharifiables :

Amidon	72,55	76,43
Sucres et dextrine	3,88	
Matières grasses		4,52
Cellulose		5,27
Cendres		1,94

On voit que le maïs est plus riche en amidon que l'orge et moins que le riz. Parmi les matières saccharifiables, on trouve du sucre et de la dextrine, ce qui contribue à donner aux bières de maïs du moelleux et de la bouche que n'ont pas les bières de riz.

Le maïs contient une assez forte proportion d'azote. Mais il est à remarquer

IRIS - LILLIAD - Université Lille

que la plus grande partie des matières azotées est insoluble. Il en résulte que son emploi est également limité en brasserie, parce que le moût qui en provient n'est pas favorable à la nutrition de la levure. Cependant, on peut en employer plus que de riz : 1° parce que dans certains procédés de fabrication (cuisson du maïs sous pression), les matières azotées deviennent solubles ; 2° parce que la richesse du maïs en matières minérales empêche la levure de dégénérer aussi vite.

Voici la composition des cendres :

ANALYSES DE CENDRES DE MAÏS, D'APRÈS E. DE WOLFF

	MAXIMUM	MOYENNE	MINIMUM
Teneur en cendres	1,72	1,51	1,28
Potasse	31,86	27,93	24,33
Soude	7,54	1,83	0,00
Chaux	3,76	2,28	0,57
Magnésie	17,35	14,98	12,11
Oxyde de fer	2,00	1,26	0,00
Acide phosphorique	53,69	45,00	37,63
— sulfurique	4,13	1,30	0,00
Silice	5,54	1,88	0,00
Chlore	4,79	1,42	0,00

On voit que les cendres contiennent environ un tiers de potasse et la moitié d'acide phosphorique ; ce sont, à peu près, les proportions du malt d'orge.

Ce qui est important, c'est que le maïs contient une assez forte proportion de matières grasses, plus de 5 p. 100 dans certaines espèces. Ces matières donnent à la bière une apparence graisseuse, elles rancissent vite et communiquent au liquide une odeur et une saveur peu agréables. Le maïs ne peut donc pas s'employer tel quel ; il doit être d'abord déshuilé. Ces matières grasses résidant en très grande partie dans le germe et l'enveloppe, il est assez facile de les éliminer. On procède de différentes manières.

Si l'on opère à la brasserie même, on peut en concassant grossièrement le grain et en le jetant dans de l'eau, repêcher les germes qui surnagent.

On enlève ainsi 65 p. 100 des matières grasses ; le reste doit être cuit sous pression.

On peut aussi tremper le maïs dans l'eau acidulée à 5 p. 100, ce qui durcit le germe en ramollissant le reste du grain. On passe ensuite aux cylindres en arrosant d'eau et on tamise. La farine ne contient plus que 0,05 p. 100 d'huile au maximum.

GRITS

On peut employer la méthode industrielle qui consiste à faire avec le maïs des gruaux (grits) ou des farines lesquelles ne contiennent presque plus d'huile.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ordinairement on achète directement au commerce ces matières. Quoiqu'il en soit on procède ainsi pour les obtenir.

Le maïs est débité d'abord en petits fragments que l'on passe ensuite dans un appareil dégermeur, puis sur des étamines où il est soumis à un courant d'air qui sépare le germe et l'enveloppe. Une fois le germe et l'écorce enlevés, on fait passer le grain par des séries de cylindres lamineurs et de bluteries qui séparent les gruaux (grits) en farines de qualités différentes. Les dernières blutées, qui sont les meilleures, ne contiennent plus que 1/2 à 1 p. 100 de matières grasses. Les grits sont ensuite séchés.

Wahl et Heinsius donnent la composition suivante d'un maïs dégermé et décortiqué :

Eau	10,25 p. 100
Amidon	77 —
Matières azotées	9,09 —
— grasses	1,65 —
Cellulose	0,73 —
Cendres	0,63 —

La proportion d'azotés solubles est un peu plus forte que dans le riz, mais il y en a plus de coagulables, de sorte que sous ce rapport le maïs a les mêmes défauts que le riz.

La composition des grits peut varier, ainsi que le prouvent les analyses de Weiwurm :

Eau	11,81	13,68	14,26	11,84	12,22	12,75	12,66	12,12
Extrait	69,66	69,82	68,02	68,46	69,88	66,40	71,16	68,08
Matières grasses	0,73	1,89	2,04	2,29	2,66	2,73	3,02	3,54

Cela dépend du taux d'extraction en gruaux. Avec 50 p. 100 on a environ 0,5 p. 100 de matières grasses; avec 75 p. 100 on peut en trouver 2 p. 100.

Les farines contiennent plus de matières grasses que les semoules.

Le rendement en extrait des grits dépend du maïs et de l'état de dégraissement, il varie de 73 à 83 p. 100.

Des grits bien préparés ne devraient pas contenir plus de 1 p. 100 de matières grasses. Au delà, les farines ne peuvent se conserver longtemps et prennent un goût rance qui influe sur les qualités de la bière. Cependant pour les bières ordinaires, on peut admettre 1,5 p. 100 de matières grasses.

On a essayé de malter le maïs. Le malt peut, en ce cas, se saccharifier directement en cuve-matière. Une partie des matières grasses part avec les radicelles, mais il en reste encore trop et il n'en faut pas moins, après germination, enlever le germe et l'écorce. Le maltage est pénible; on obtient rare-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ment une solubilisation complète et on n'évite pas toujours le développement des moisissures à cause des hautes températures de maltage. Il en résulte que, outre les difficultés du travail, on perd le bénéfice de l'emploi du grain cru.

Étant donnée la pénurie en azote on ne peut pas remplacer le malt par plus de 25-30 p. 100 de maïs, sans nuire à la levure ; d'ailleurs les résidus cellulosiques gênent déjà fortement la filtration de sorte que pratiquement, il ne faut pas dépasser 20-30 p. 100. Cependant, en Amérique on pousse jusqu'à 40 p. 100.

MAÏS EN PELLICULES

(*Céréaline Flakes*). — Le maïs en pellicules se présente sous la forme de lamelles minces contenant l'amidon du grain préalablement gélatinisé. Pour les fabriquer, le maïs est d'abord débarrassé de son germe et de son enveloppe, par le procédé que nous avons indiqué. Puis les gruaux, divisés en catégories suivant leur grosseur, sont transformés en empois dans des appareils spéciaux et passés ensuite entre des cylindres creux, en acier, chauffés intérieurement par de la vapeur. Ils sont ainsi réduits à l'état de vermicelle, de rubans ou de flocons, qu'on sèche ensuite à basse température.

On comprend que le maïs ainsi traité et déjà transformé en empois puisse être attaqué directement en cuve-matière par la diastase du malt, qui liquéfie d'abord l'amidon et le saccharifie ensuite.

Schwarz donne la composition suivante du maïs pelliculé.

Eau	10,15
Amidon	61,75
— soluble, dextrine et sucre	17,10
Matières azotées (3 p. 100 solubles)	9,15
— grasses	1,25
Cendres	0,30
Cellulose	0,30

Mais la composition est loin d'être constante et aussi normale. On trouve souvent une plus forte proportion de dextrine qui change la composition du moût et abaisse trop l'atténuation. Ils sont quelquefois insuffisamment déshuilés. Souvent, aussi, tout l'amidon n'est pas à l'état d'empois, tout ne se saccharifie pas et les moûts contiennent de l'amidon non transformé qui nuit à la clarification et à la stabilité de la bière.

Le riz se vend aussi en pellicules.

GLUCOSE

Depuis les droits de douane de 1891 établis sur le maïs et la taxe à l'entrée des glucoseries établie en 1896 sur l'amidon de maïs, la glucose se fabrique industriellement avec la fécule de pomme de terre. On l'emploie soit à l'état vert, égouttée à 48-50 p. 100 d'eau ; soit à l'état sec à 18-20 p. 100.

La première forme est plus avantageuse mais ne se conserve pas et n'est employée que d'octobre à mars.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La saccharification se fait aujourd'hui en autoclave semblable au Kruger de distillerie. On emploie soit l'acide sulfurique soit l'acide oxalique.

On fait du sirop ou du massé (cristallisé) ; pour le premier on pousse moins loin la saccharification ; pour le deuxième on la pousse plus loin, soit en prolongeant l'opération, soit en doublant la dose d'acide.

On fait d'abord un lait de fécule à 24-25° B. ; l'eau acidulée est mise dans l'autoclave ; elle contient suivant le cas 5-10 kilogrammes d'acide sulfurique par 1 000 kilogrammes de matière sèche ; on fait bouillir, on ajoute le lait de fécule, on ferme l'autoclave et on porte à 3-4 atmosphères on s'y maintient de une demie à une heure. On suit la saccharification à l'iode et à l'alcool.

Pour les sirops on arrête lorsque l'iode donne encore une certaine coloration.

Le liquide saccharifié, marquant 24-27° B. est envoyé dans des cuves en bois et saturé de craie pour neutraliser ; on passe au filtre-presse. Comme il reste du sulfate de chaux, on a eu l'idée d'employer l'acide oxalique ; d'autres fabricants ajoutent aux liquides un peu d'oxalate de baryte qui donne avec le sulfate de chaux deux sels insolubles, puis on repasse au filtre-presse.

Les liquides sont ensuite passés au noir deux fois de suite (anciens filtres de sucrerie en tôle). On les soumet à l'évaporation dans un appareil à cuire dans le vide, on les amène à 30° B. (temp. 65-70°)

On repasse les liquides sur un troisième filtre et on cuit le sirop dans le vide.

On va à 38° B. chaud (40° à froid) pour le massé, et à 42° chaud (44°,5 à froid) pour le sirop cristal.

Le sirop pour massé est coulé dans une cuve munie d'agitateurs, on amorce et il cristallise ; quand il est pâteux on le coule dans des tonneaux, ou dans des formes à pains de sucre ; après vingt-quatre heures on a le massé. On trempe les formes dans l'eau chaude et on détache les pains qu'on laisse sécher à l'air.

Le sirop cristal est versé dans des tonneaux où il ne tarde pas à prendre de la compacité et de la viscosité.

Les eaux mères sont reconcentrées et font les glucoses ordinaires.

Il y a toujours environ 1/3 des matières saccharifiées en substances infermentescibles (dextrine, etc.).

Dans les massés il y a 1/2 p. 100 de cendres, dans les ordinaires il y en a 10 fois plus et ces cendres peuvent être très nuisibles lorsqu'elles sont formées de chlorures de sodium ou de calcium.

Comme type d'achat on devrait rechercher les glucoses à 1/2 p. 100 de cendres, 50-55 p. 100 de fermentescibles et donnant aux 100 kilogrammes un rendement de 29-31 degrés hectolitres. La glucose est en définitive plus chère que le malt.

Au point de vue de la brasserie, les glucoses ont plusieurs inconvénients : 1° elles ne sont pas azotées, de sorte que la bière est moins alimentaire. Certaines législations considèrent la glucose comme une fraude ;

2° Les matières minérales, sulfate de chaux, impuretés de l'acide (nitrate

IRIS - LILLIAD - Université Lille

et chlorure de calcium, sels de fer, de plomb, arsenic) sont nuisibles pour l'organisme ;

3° De plus le manque d'acide phosphorique et l'excès de chlore (à l'état de chlorure de calcium) sont également nuisibles au développement de la levure. Les bières, peu fermentées, s'éclaircissent mal et ont besoin de collage.

Il résulte des inconvénients 1 et 2 que les bières de glucose sont pauvres en azote et en alcool et riches en acides (4-5 cm³ par litres au lieu de 3).

La glucose a un goût sucré moins prononcé que le sucre brut. Elle est directement et rapidement fermentescible, mais à cause des impuretés et des hydrates de carbone infermentescibles qu'elle contient, on n'a jamais un degré de fermentation aussi élevé qu'avec le sucre ; l'atténuation est plus faible.

Il en résulte que les bières glucosées paraissent avoir plus de bouche, mais ce n'est pas le moelleux des bières de malt pur ; le goût est sec et parfois désagréable.

La glucose apporte, en effet, souvent, des éléments nuisibles au goût et à la conservation de la bière. Une dissolution aqueuse de glucose commerciale est très portée à la décomposition et donne rapidement naissance à des végétations microscopiques. Une solution soumise à la fermentation alcoolique, avec la levure de bière, laisse une quantité assez importante de matière sirupeuse infermentescible et d'un goût ou d'une odeur nauséabonde.

Ce goût et cette odeur se retrouvent quelquefois dans les bières glucosées. Ces substances qui restent infermentées constituent même un danger et exposent les bières à une prompte altération en favorisant le développement des ferments de maladies.

Les bières glucosées sont prédisposées, surtout l'été, aux refermentations ; elles ne conviennent pas pour la mise en bouteilles. Leur faible atténuation, l'impureté du sucre, font que ces bières produisent dans les bouteilles un dépôt abondant, noirâtre, sale, qui remonte vivement dans le liquide quand on ouvre la bouteille.

Elles supportent peu la pression d'acide carbonique. Elles renferment, en effet, de la chaux qui se précipite à l'état de carbonate de chaux et trouble la bière, surtout si la glucose est ajoutée après fermentation.

SACCHAROSE

Nous avons indiqué les propriétés de ce sucre.

C'est en Angleterre qu'on l'emploie surtout pour remplacer la glucose.

On y utilise surtout les sucres coloniaux n° 3, mais on peut très bien employer les sucres européens.

Il est bon de donner les usages commerciaux relatifs aux achats de sucre.

1° Il y a une différence de 1 franc entre le n° 3 et le n° 2 ; tout sucre intermédiaire entre les 2 numéros est arbitrable ;

2° la base des comptes est le numéro 3 supposé à 88°.

Tout degré ou fraction en moins de 88° est déduit à raison de 0,50 ;

— plus — ajouté — 0,30.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les limites extrêmes sont 95 et 65°, c'est-à-dire que les degrés au delà de 95 ne sont pas comptés et que les sucres en dessous de 65 ne sont pas livrables. Ces limites s'entendent avant la déduction du déchet de 1,5 p. 100 (voir plus loin) ;

3° Paiement au comptant avec 0,25 p. 100 d'escompte ou net à quinze jours ;

4° Le sac doit peser vide de 800 à 900 grammes, et rempli 101 kilogrammes comptés pour 100 ;

5° Les matières organiques dites inconnues, non dosées, sont déduites de la facture, à raison de 0,60 fr. par kilogramme ;

6° Le rendement $\frac{4}{2}$ est calculé en retranchant du sucre, 2 fois l'incristallisable et 4 fois les cendres ; on supprime les décimales, on fait un déchet de 1,5.

Exemple : Un sucre a donné à l'analyse :

Polarisation	95,5
Incristallisable	0,169
Cendres	1,260
Eau	2
Inconnu	1,071
	100,000

Titrage au rendement $\frac{4}{2}$: $95{,}5 - 4 \times 1{,}26 - 2 \times 0{,}169 = 90{,}122$.

Comptant pour $90 - \frac{1{,}5}{100}\,90 = 88{,}65$.

Si le cours est C le prix à payer sera :

Pour 88°	C
— 0°65	0,30
Déduction 1,071 inconnu à 0,6	0,65
Soit	C-0,35

Le sucre introduit dans les bières ajoute de la mousse légère et on peut très bien en employer 2-4 kilogrammes par hectolitre.

Il faut l'invertir pour l'employer au brassin.

Cette inversion se fait en dissolvant 100 kilogrammes de sucre dans 24 hectolitres d'eau et en ajoutant 500 grammes d'acide sulfurique ou 200 grammes d'acide chlorhydrique. On fait bouillir puis on neutralise exactement l'acide par la craie s'il s'agit d'acide sulfurique et le carbonate de soude s'il s'agit d'acide chlorhydrique.

L'inversion peut également se faire en chauffant à 52° (50-55°) du sucre avec de la levure, 15 de levure p. 100 de sucre. En quatre heures l'inversion est de 95 p. 100.

Il semble que dans l'inversion aux acides il se forme des produits infermentescibles qui donnent de la bouche à la bière.

On vend des invertis tout prêts ou des mélanges d'inverti et de sucre (gold Syrup). Ce sont des produits relativement coûteux, d'un transport difficile et faciles à frauder.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On peut employer le sucre naturel pour donner de la mousse à de la bière en fût qui doit être conservée quelque temps.

MÉLASSES

On emploie quelquefois en brasserie des mélasses.

Elles sont brunes, contiennent par exemple de 40 à 45 p. 100 de sucre, 5 à 7 p. 100 d'inverti, 8 à 10 p. 100 de cendres.

On les achète au taux du sucre ; lorsqu'il y a trop de glucose (0,5 p. 100) on fait une réfraction qui, de 0,5 à 2 p. 100 est proportionnellement de 0,50 fr. par unité de glucose ; au delà de 2 p. 100 la mélasse est nettement refusable ; le coefficient salin compté en cendres alcalines (rapport sucre sur cendres) doit être inférieur à 4,5 ; toute quantité de sucre manquant pour établir ce rapport est déduite proportionnellement à 0,16 fr. par 100 kilogrammes. Les fractions d'unité comptent toujours pour 100 kilogrammes.

Si l'on compare les prix d'achat, les rendements et les impôts des différentes matières premières, on arrive aux conclusions suivantes :

Les grains crus, le sucre dégrevé sont équivalents et les plus avantageux.

Les malts viennent ensuite et il y a peu de différences entre eux ; puis se placent à la suite l'inverti dégrevé, la glucose, le sucre non dégrevé et l'inverti non dégrevé.

COLORANTS

Pour compenser la couleur des malts remplacés par des succédanés, ou pour faire des bières brunes avec des malts pâles, on emploie des malts colorants, des malts caramels et des colorants liquides.

Les malts colorants, ordinairement employés à raison de 1 à 1,5 p. 100 sont des malts trempés à l'eau tiède puis surchauffés dans des appareils à feu nu et à vapeur surchauffée. On emploie quelquefois un simple brûloir à café et on s'arrête lorsqu'au centre des grains on peut voir un grain de caramel.

Les malts caramels sont des malts touraillés humides et à haute température. Ce sont quelquefois des malts trempés dans de la mélasse et surchauffés.

Enfin les colorants liquides sont des solutions de caramels faites en brûlant dans des chaudières en fer de la glucose avec ou sans chaux.

Le fer contribue un peu à la coloration, mais en hiver de même que les corps phénoliques du caramel, il peut précipiter certaines matières azotées et produire un trouble dans la bière.

Ces colorants liquides ont le défaut de pouvoir être facilement falsifiés.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

TROISIÈME PARTIE

DE LA LEVURE

ROLE DE LA LEVURE

Le rôle de la levure dans la fermentation de la bière est établi depuis les travaux de Pasteur ; mais son mode d'action n'a été nettement connu qu'à partir de 1897, depuis qu'Ed. Buchner a montré que le suc de levure ou zymase a toutes les propriétés fermentescibles de la levure.

Actuellement l'on peut considérer la levure comme organisant différentes sortes d'enzymes.

1° La série des enzymes de transformation, qui agissent sur les éléments hydrocarbonés, les invertissent, comme l'on dit. Avec Fischer on admet que chaque corps invertissable par la levure, l'est sous l'influence d'un enzyme spécifique ;

2° Les enzymes d'énergie produisant de la chaleur, tel que la zymase, aux dépens d'une partie des matières créées par les enzymes de la première catégorie ;

3° Les enzymes de digestion azotée, agissant sur les matières albuminoïdes et les solubilisant ;

4° Les enzymes coagulant, prenant les matières dissoutes par les deux premières catégories et en constituant les éléments solides dont la cellule a besoin pour s'entretenir ou se reproduire ;

5° Il est certain que la levure devant résister à des organismes ennemis, a des diastases toxiques pour eux. C'est par exemple le cas de la zymase qui fournit de l'alcool, lequel à la dose de 10 p. 100 tue à peu près toutes les bactéries ; mais il doit y en avoir de plus actives, car sans cela la levure se nuirait à elle-même par son alcool. La levure doit créer des anticorps. Sont-ce certaines des peptases ou des diastases coagulantes ?

L'étude complète de la levure nécessitant de toute évidence des ouvrages spéciaux, nous ne ferons ici qu'un résumé sommaire des connaissances indispensables à la brasserie.

MORPHOLOGIE DE LA LEVURE

La levure se réduit le plus souvent à une cellule comprenant : 1° une membrane cellulosique ; 2° un protoplasma ; 3° un noyau. Celui-ci est

IRIS - LILLIAD - Université Lille

formé à son tour d'une membrane, d'un caryoplasme et d'un nucléole.

Pendant tout le cours de la végétation, il se forme dans le protoplasma ou dans le caryoplasme des vacuoles séparés les uns des autres par des réseaux ou des grains de matières albuminoïdes, de matières huileuses, de glycogène. A plusieurs époques de l'existence de la levure ces grains se résorbent et plus tard il s'en reforme d'autres. De sorte que finalement on a l'apparence qui vient d'être décrite.

La levure peut vivre dans un intervalle de température, variable avec les espèces, l'optimum est de 25 à 30°. Elle résiste très bien à — 100° et si on la dégèle avec précaution elle peut commencer à réagir au delà de 8°.

La gelée modifie d'ailleurs les levures.

Enfin la levure meurt vers 58°, 60°. Tous ces chiffres dépendent des espèces.

REPRODUCTION DE LA LEVURE

La levure se reproduit par bourgeons ou par spores.

BOURGEONS

En général le bourgeon (fig. 64) résulte de l'étirement de toute la cellule, de sorte que la petite surface de contact du bourgeon et de la cellule comprend toujours un résidu du nucléole et du noyau.

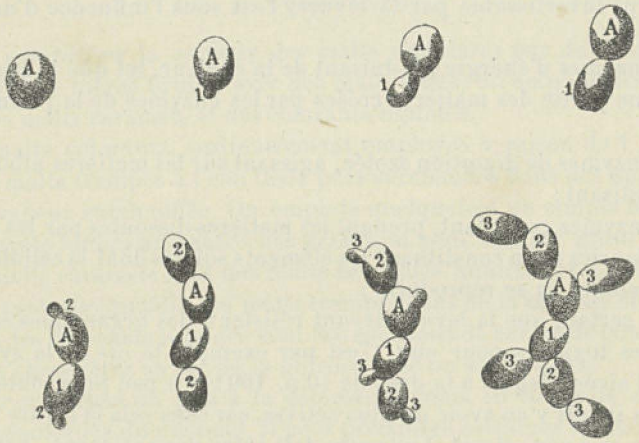


Fig. 64. — Bourgeonnement.

Dans certaines espèces, le nucléole seul s'étire, le reste de la division s'effectuant par la constitution d'une cloison intérieure laquelle tend, lorsqu'elle a rejoint la paroi cellulaire, à se dédoubler en commençant par la périphérie de manière à donner à l'ensemble l'aspect d'une cellule et d'un bourgeon.

La vitesse de bourgeonnement dépend des espèces, de l'âge, du milieu, de l'aération et de la température.

La durée varie de 40 à 180 minutes; la levure Frohberg à 25°, à mesure

IRIS - LILLIAD - Université Lille

qu'elle vieillit, voit sa vitesse de multiplication se rapprocher d'un minimum, puis le dépasser de telle manière que la multiplication des vieilles cellules est supérieure à celle des jeunes. La levure Logos, à la même température de 25°, a une vitesse de multiplication croissant sans cesse avec l'âge.

D'ailleurs ces variations sont très peu prononcées à 8°.

Pour le bourgeonnement, le meilleur milieu est le moût de bière ; les milieux liquides sont toujours préférables aux milieux solides, dont le meilleur est le moût de bière gélatiné.

L'aération joue un très grand rôle; mais cependant le bourgeonnement peut avoir lieu sans air.

La température joue un rôle non seulement sur la vitesse du bourgeonnement, mais aussi sur la faculté du bourgeonnement. Celle-ci n'existe qu'entre deux limites d'ailleurs comprises dans l'intervalle de vie.

La limite inférieure est de 0°,5 à 3°, suivant l'espèce ; quant à la limite supérieure elle est assez variable. Par exemple 34° pour le Saccharomyces Pastorianus I ; 40° pour S. Cerevisiæ I, etc.

Une culture dans le voisinage de la température maxima de bourgeonnement donne deux sortes de cellules, tantôt on a des cellules rondes ou ovales, c'est le cas de S. Cerevisiæ et de S. Pastorianus II ; d'autres fois on a des cellules allongées, c'est le cas de S. Pastorianus I.

SPORES

La levure se reproduit encore par spores (fig. 65). On a souvent dit que celles-ci se reproduisent dans les milieux pauvres. Ce n'est pas tout à fait exact. L'acide carbonique gêne la sporulation ; dès lors avec une levure active, telle que S. Cerevisiæ, il faudra opérer dans un milieu pauvre comme le plâtre ; avec une levure lente, on pourra opérer sur un milieu riche.

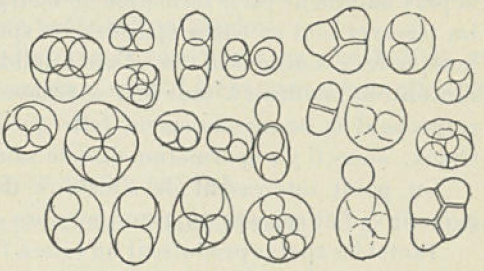


Fig. 65. — Saccharomyces. Spores (d'après Jorgensen).

L'âge joue un grand rôle : les plus vieilles cellules ont besoin de plus d'air, plus la race est active, plus vite elle perd avec l'âge la faculté de sporuler. Ainsi une levure active de vingt-quatre heures sporule, et une levure lente peut encore sporuler après quarante-huit heures.

L'air joue un rôle indispensable, mais il doit être humide car en milieu desséché la sporulation n'a pas lieu.

La sporulation a lieu entre deux limites de température comprises entre celles du bourgeonnement. Ces limites, de même que l'optimum, sont spéciales à chaque race.

Il faut remarquer que les optimum de bourgeonnement et de sporulation sont placés l'un par rapport à l'autre d'une manière quelconque, l'un précé-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

dant l'autre sans qu'il y ait un ordre entre eux. Cela dépend des races.

Dans la formation des spores, il semble qu'il y ait un acte de sexualité.

Tantôt le nucléole se scinde en deux, il se forme deux noyaux qui fusionnent en donnant un gros nucléole qui se scinde par étirement, tandis que le gros noyau qui le contient se scinde par cloisonnement ; les deux noyaux ainsi formés sont des spores. C'est un cas de parthénogenèse.

D'autres fois (S. octosporus), la cellule donne d'abord deux bourgeons qui se touchent directement ou par l'intermédiaire de deux petits becs. Les noyaux s'accumulent aux points de contact ; la paroi disparaît, les noyaux fusionnent, et se sectionnent en un certain nombre de morceaux qui sont des spores.

Dans une troisième catégorie (S. de Backer), le noyau ainsi fusionné, rentre dans une des deux cellules mères, s'y partage en deux, et un des morceaux se rend dans la deuxième cellule mère. Les noyaux se partagent encore en deux.

Ces deux dernières sortes de sporulation sont des actes de copulation entre éléments identiques. C'est de l'Isogamie.

Dans l'état actuel des choses, on ne peut certifier qu'il y a toujours sexualité. Ainsi pour le L. Ludwigii on ne voit que la formation de deux vacuoles remplis de grains albuminoïdes et de glycogène ; ces vacuoles s'assemblent aux deux pôles ; le noyau se subdivise alors et les deux fragments s'accollent aux deux vacuoles. Il y a ensuite une deuxième division ; après laquelle les quatre noyaux s'entourent d'une membrane et forment 4 spores.

Les cellules de bourgeonnement peuvent donner directement des spores : et les cellules de spores peuvent donner des bourgeons ou des spores. La marche la plus habituelle est la formation de bourgeons précédant les spores. Lorsque les réserves sont en partie épuisées, les spores succèdent aux bourgeons. Mais lorsque les conditions d'eau, d'air humide, et de température assez forte se rencontrent, enfin si à tout cela se trouve jointe la présence d'une substance empêchant le bourgeonnement telle que l'alcool à 10 p. 100 ou le sulfate de chaux, alors il y a sporulation directe sans bourgeonnement préalable.

Un point intéressant de l'histoire des spores c'est leur germination, laquelle se fait suivant un grand nombre de processus différents.

Tantôt les spores produisent un tube à l'intérieur même de la cellule. Celui-ci perce la paroi et la cellule se résorbe. D'autres fois elle s'est résorbée avant la germination et un cas particulier est celui de S. anomalus dont la spore porte une sorte de bourrelet circulaire et qui émet de ce bourrelet plusieurs filaments.

Mais il est des cas plus intéressants. Par exemple pour S. Ellipsoïdeus, espèce qui produit les spores par parthénogenèse du noyau, les spores fusionnent deux par deux avant de germer.

Le même fait se voit dans le Ludwigii, où la spore se produit par pure scissiparité, les spores poussent un bec, copulent par ce bec, les noyaux fusionnent et la partie commune s'allonge.

On voit que voilà deux espèces où les spores n'ont pas eu lieu par copulation qui ne germent qu'après copulation.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Nous avons dit que la levure avait souvent l'aspect d'une cellule isolée. Ce n'est pas toujours exact parce que les bourgeons restent souvent réunis entre eux pendant un certain temps.

De plus, il peut se faire que des cellules de levure s'agglutinent soit par une gelée provenant d'un autre microbe, soit par la nature du milieu nutritif. La présence de sels ammoniacaux et une certaine acidité du milieu sont indispensables. Mais cela dépend essentiellement des races.

NUTRITION DE LA LEVURE

AÉRATION

La levure a besoin d'air au début de son existence, mais suivant qu'on prolonge ou non cette action de l'air elle se comporte différemment. En effet, elle paraît toujours former de l'alcool, mais lorsque l'aération est forte, une partie de l'alcool tend à disparaître et lorsqu'elle devient très grande, on ne retrouve plus d'alcool du tout. C'est ainsi que les cultures en couches minces donnent moins d'alcool que les autres et que l'agitation est nuisible au rendement.

Il y a cependant une grande différence entre la vie de la levure à l'air ou à l'abri de l'air, c'est dans le choix des aliments hydrocarbonés. A l'air toutes les substances contenant du charbon peuvent plus ou moins convenir; à l'abri de l'air, il n'y a plus qu'un nombre restreint de substances, dites fermentescibles qui soient convenables. Sans doute qu'une grande aération favorise la production des diastases qui détruisent la zymase et les enzymes d'inversion des sucres, ou bien que le défaut d'aération diminue le nombre des enzymes de transformation tandis que l'aération brûle l'alcool produit.

Toujours est-il que l'aération diminue le rendement en alcool. Mais au contraire, au moins jusqu'à un maximum spécial à chaque espèce, elle augmente la multiplication.

ALIMENTATION DE LA LEVURE

La levure ne vit pas sur les corps solides, il faut au moins 40 p. 100 d'eau pour faciliter les échanges.

Les milieux doivent être légèrement acides.

Au point de vue de l'alimentation proprement dite de la levure, on trouve pour l'alimentation non saline, la potasse, la chaux, la magnésie, l'acide phosphorique, le soufre. Souvent dans les cultures, celui-ci n'est introduit que par les impuretés du sucre, mais il est indispensable.

ALIMENTATION AZOTÉE

Les aliments azotés favorables à la levure sont l'ammoniaque, les amides, les peptones, les albuminoïdes. Les nitrates ne sont pas suffisants. L'ammoniaque est l'aliment de choix.

Si dans un milieu déterminé on augmente la dose de matière azotée, on

IRIS - LILLIAD - Université Lille

constate que la quantité de levure et d'azote assimilé, croît jusqu'à un maximum, correspondant à une certaine limite de l'azote alimentaire et dépendant de la nature de l'aliment, de la levure, de la quantité de levure ensemencée et de la température.

La nature de la levure intervient par la race, les cultures préalables, l'âge. Le séjour préalable dans un milieu très azoté rend la levure moins gourmande d'azote.

L'âge a une influence qui dépend des races. Ainsi à 25°, la multiplication de la Frohberg diminue d'abord quand l'âge augmente, puis elle croît; tandis que la Logos a une croissance régulière à mesure que l'âge augmente.

La quantité de levure intervient; s'il y en a très peu, on ne peut espérer former un grand poids de levure; s'il y en a trop, le milieu ne tarde pas à être modifié. Au point de vue de la brasserie l'ensemencement n'a guère d'influence.

D'ailleurs une bonne alimentation azotée est celle qui comporte une bonne corrélation des aliments; parce qu'il y a entraînement réciproque.

Aussi les limites dont il a été parlé plus haut à propos de l'alimentation azotée dépendent-elles de la richesse en sucre et en éléments minéraux, et toute augmentation du sucre, augmente le poids de la levure et le poids de l'azote assimilé et cela quelle que soit la concentration initiale en sucre.

Un autre facteur intervient dans l'alimentation azotée; c'est la température qui au delà d'une certaine limite, par exemple 25°, fait baisser le poids de levure et celui de l'azote assimilé.

A mesure que l'addition d'azote s'effectue dans un milieu donné, on constate que la quantité d'acide carbonique produit diminue à partir d'un maximum dépendant d'une quantité limite d'azote alimentaire. En dessous de cette limite, l'effet de l'addition de l'azote est une accélération au début, d'autant plus grande qu'il y a plus d'azote.

Ce n'est qu'une accélération, le chiffre d'acide carbonique total ne variant presque pas, chaque fois qu'on est au-dessous de la limite d'azote alimentaire.

Cette action sur la fermentation dépend de la nature de la matière azotée, de la levure et de la quantité ensemencée; le premier point est évident; quant à la nature de la levure elle intervient : 1° par la race; 2° par la culture préalable; le séjour dans un milieu défavorable, et le séjour dans un milieu riche rendant la levure paresseuse, amenant ensuite la levure à réparer ses forces dans le nouveau milieu, enfin 3° par l'âge, les vieilles cellules tendant à donner plus d'acides et moins d'alcool.

Au point de vue de la quantité ensemencée, on conçoit qu'un très faible ensemencement exigeant une forte multiplication doive donner un petit rendement; de même pour un très fort ensemencement où les cellules ne tardent pas à se gêner. Un bon ensemencement est celui où l'on a rapport levure à sucre $= \frac{1}{15}$

Voici quelques expériences relatives à l'alimentation azotée des levures de brasserie Saaz, Frohberg, Logos.

Au point de vue de l'inversion de la saccharose, en présence de l'eau de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

levure et de l'asparagine, la troisième est fortement en retard sur les autres, tandis que c'est le contraire en présence de la peptone.

Au point de vue de la multiplication, la numération de la descendance d'une cellule en quatre ou en huit jours montre que le minimum pour les trois espèces a toujours lieu dans l'asparagine ; mais que le maximum a lieu dans l'eau de levure pour les levures Saaz et Logos et au contraire dans la peptone pour la levure Frohberg.

Si d'ailleurs on compare les trois espèces, on voit que le maximum est atteint par la Logos en milieu d'eau de levure et que le minimum est obtenu par la Saaz dans l'asparagine.

Au point de vue du rendement en alcool, dans les trois milieux azotés, la Saaz et la Frohberg sont meilleures que la Logos, mais la différence est plus grande dans l'asparagine que dans l'eau de levure et dans celle-ci que dans la peptone.

ALIMENTATION HYDROCARBONÉE

En milieu aéré, toutes les matières hydrocarbonées, sauf quelques-unes telles que l'alcool, l'aldéhyde, l'éther, la cellulose, les amides, etc., suffisent. En milieu anaérobie, il faut des matières fermentescibles qui appartiennent aux groupes des sucres ou des dextrines.

Mais il y a spécificité des sucres et des races, et cela tient sans doute à la nature des enzymes, peut-être au point de vue chimique, peut-être au point de vue osmotique.

Ainsi la levure Frohberg n'agit pas sur la lactose; les levures hautes en général n'attaquent pas la mélibiose ; l'Apiculatus laisse indemne la galactose ; de même la levure Ludwigii ; la levure Pombe agit sur une achroodextrine, et la levure Logos sur une autre, etc.

De plus, lorsque deux levures agissent sur un même sucre, dans des conditions identiques, elles ne le font pas fermenter avec le même degré. La notion du sucre restant est importante pour l'identification des races. De même l'atténuation apparente : celle-ci dépend de la densité primitive, du sucre restant et de l'alcool produit.

Par exemple dans la bière, la Pombe a une atténuation de 84 p. 100, la Logos de 93 p. 100.

Mais cette atténuation dépend de l'aération, de la température, de la nature et de la quantité des acides, de la quantité de levure, de sorte que pour se servir de ce caractère, il faut opérer dans des conditions identiques.

D'après Van Laer, si on laissait l'opération s'arrêter d'elle-même, l'atténuation limite ainsi atteinte serait indépendante des facteurs précédents.

Nous avons vu que la corrélation des aliments peut influencer les effets d'une levure. On s'est demandé si la variation des aliments azotés peut entraîner la fermentescibilité d'un sucre par une levure inapte dans les conditions ordinaires à attaquer ce sucre. Jusqu'à présent les résultats ont été négatifs (Essai sur la mélibiose en faisant varier la nature des aliments azotés ou le rapport azote-phosphore).

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les levures en mélange n'agissent pas comme si elles étaient seules. Ainsi le mélange Pombe-Logos donne dans la bière une atténuation de 97 p. 100. Mais si on ne tient compte que de l'atténuation limite, d'après Van Laer l'atténuation obtenue est celle de la levure la plus atténuante, quelle qu'en soit la proportion.

Les sucres en mélange ne fermentent pas avec la même vitesse que seuls. Ainsi de la levure de bière dans du sucre inverti tend à faire disparaître plus vite la lévulose de sorte que le pouvoir rotatoire gauche tend à s'atténuer. Mais cela dépend de la nature de la levure : le Pastorianus attaque plus vite la glucose dans l'expérience précédente.

La nature de l'alimentation joue un rôle. Saaz fait disparaître plus vite la glucose en présence d'asparagine et au contraire en présence de la peptone. La température joue un rôle puisqu'une variation de température peut amener une interversion des vitesses relatives.

On a dit qu'un sucre non fermentescible pouvait fermenter par entraînement d'un autre. Le fait en lui-même est exact, mais par acclimatation et non par entraînement.

Ainsi Dubourg a cultivé une levure ne fermentant pas la saccharose, dans un milieu très riche formé de 25 p. 100 d'eau de levure de 5 p. 100 de glucose et de 5 p. 100 de saccharose. La saccharose fermente, mais de plus, et c'est ce qui prouve qu'il y a acclimatation, la levure lavée fait ensuite fermenter la saccharose isolée.

Il est possible que l'effet de cette acclimatation est de fournir deux sortes de zymase.

AUTOPHAGIE ET AUTOLYSE DES LEVURES

Nous avons vu que dans la cellule de levure, à côté des enzymes de transformation, d'énergie et de digestion se trouvent les diastases de coagulation ou de construction. La vie est la lutte entre les deux groupes. Si la première série fonctionne mal il y a un état de souffrance qui amène la diminution de la deuxième série; c'est l'autophagie. Si la deuxième série disparaît, c'est la mort suivie de la décomposition due à l'action des enzymes de la première série. C'est ce qu'on appelle l'autolyse.

Autophagie. — Si dans une solution sucrée, l'on a mis une dose moyenne de levure, la fermentation s'arrête lorsqu'il n'y a plus de sucre, elle reprend si on en ajoute et on trouve des quantités d'acide carbonique et d'alcool au prorata du sucre disparu. Mais si l'on met trop de levure (par exemple plus de 40 p. 100 du poids du sucre), on trouve plus d'acide carbonique et d'alcool que n'en comporte le poids du sucre disparu.

Sous l'influence du manque d'aliment, l'intérieur des cellules devient granuleux, la levure attaque des réserves de glycogène, ce qui donne l'excès d'alcool et de gaz.

Le bouillon de culture contient une foule de produits de désassimilation montrant que la levure s'est mangée elle-même : entre autres des bases xanthiques paraissant venir des acides nucléiques des noyaux. La

IRIS - LILLIAD - Université Lille

levure a, dans le cas considéré, augmenté de poids mais perdu de l'azote.

Si l'autophagie s'était produite en milieu non sucré, la levure aurait perdu de poids.

On a dû, au point de vue pratique, chercher à éviter le plus possible ces phénomènes d'autophagie pendant la conservation de la levure. Pour conserver celle-ci on a proposé : l'eau sucrée à 10 p. 100, le moût de bière, l'eau distillée, le moût gélatiné, le papier filtre, le coton, les fils de platine.

Les meilleurs procédés sont, d'une part l'eau sucrée qui a permis à certaines espèces de durer seize ou dix-sept ans, et d'autre part la poudre d'amiante.

Dans tous les procédés par voie sèche, il faut qu'il reste encore 15 à 20 p. 100 d'eau sur la levure et que celle-ci soit très divisée de manière à présenter une grande surface à l'air. Il y a ainsi plus de cellules atteintes ce qui protège complètement un nombre relativement restreint de cellules qui demeurent indemnes, tandis que lorsque la levure est en grumeaux, la protection extérieure étant insuffisante, les cellules intérieures sont elles-mêmes plus ou moins atteintes.

Autolyse. — Lorsque la levure ne se conserve pas, elle finit par se dissoudre par un véritable processus de digestion ; on retrouve à l'extérieur des peptones, des albumoses, de la tyrosine, de la leucine, etc. ; le glycogène disparaît d'ailleurs lentement, et les enzymes, excepté la sucrase, sont digérés, on ne retrouve en nature aucun de ces corps à l'extérieur.

C'est ce phénomène qu'on a appelé l'autolyse. On l'a utilisé pour confectionner des substances plus ou moins analogues à l'extrait Liebig.

INFLUENCES EXTÉRIEURES

Nous avons indiqué les conditions normales de reproduction et de nutrition de la levure. Il nous reste à dire les influences extérieures.

La lumière est favorable et une pression considérable ne paraît pas agir. Cependant un excès d'oxygène gêne le rendement en alcool. La température joue un grand rôle : une température de 58-60° tue la levure ; l'optimum est en général compris entre 25 et 30° suivant la race ; quant aux grands froids (—100°), ils paralysent les levures qui, dégelées avec précaution reprennent leur activité au delà de 0°, de 0 à 10° suivant la race. La levure dégelée paraît être modifiée, ainsi l'on a cité des levures basses ayant acquis une plus forte atténuation.

La fermentation dégage de la chaleur. M. Berthelot a calculé, d'après l'équation Pasteur et les données thermochimiques, que ce dégagement devrait être de 32 07 c. pour 1 molécule gramme du glucose = 180 grammes.

L'expérience directe est impossible d'une manière rigoureuse parce qu'elle dure trop longtemps et parce que les différents produits de la réaction ne se produisant pas parallèlement, la production de chaleur n'est pas, dans une période donnée, proportionnelle au temps.

Cependant certains expérimentateurs ont indiqué des nombres d'ailleurs

IRIS - LILLIAD - Université Lille

plus petits que ceux de Berthelot (23 cal. Bouffard; 21,4 cal. Brown, lequel a opéré sur de grands appareils de brasserie).

Lorsque dans le milieu où s'élève la levure, on introduit des matières étrangères, les unes paraissent sans action, les autres nuisibles. C'est en réalité un effet de proportions. A partir d'un certain optimum, la matière devient défavorable à la levure, tandis qu'au-dessous elle est plus ou moins favorable. Mais cet optimum peut être suivant la substance et suivant le milieu plus ou moins élevé, de sorte que pratiquement une substance peut paraître toujours favorable ou toujours défavorable.

D'ailleurs il y a lieu d'envisager le problème dans les détails, au triple point de vue de la multiplication, du pouvoir inversif, et du pouvoir fermentescif; l'influence d'un corps pouvant être différente sur les trois facteurs. C'est ainsi que communément on dit que le carbonate de soude et le bisulfate paraissent indifférents aux levures (évidemment aux doses essayées); tandis que le bisulfate de potasse, les iodures, les arsénites, l'hyposulfite de soude et le borax gênent l'inversion, que les chlorures de sodium et d'ammonium, les chromates gênent la fermentation, et que le cyanure de potassium et le sulfure de sodium gênent les deux actions.

Parmi les produits à étudier, il y a ceux qui constituent l'alimentation normale de la levure et qui a doses trop élevées jouent un rôle défavorable. Cela tient d'abord au manque d'eau qui gêne les échanges, mais une deuxième raison est le fait qu'au point de vue de la multiplication, ce qui intervient surtout ce n'est pas la valeur absolue ou la quantité des aliments sucrés, salins, azotés, mais leur bonne corrélation. Un milieu très riche en azote donne des levures à grande force fermentative, mais paresseuses, etc., etc.

Parmi les substances qui, a une certaine dose, deviennent nuisibles à la levure, il faut citer les produits de sa végétation tels que l'alcool, la glycérine, etc. La dose d'alcool supportée par une levure dépend de son espèce, tandis qu'une levure de brasserie supporte difficilement 12 p. 100, certaines levures de vin peuvent atteindre 16 et 18 p. 100.

L'acide carbonique a également une influence sur la levure.

Au point de vue de l'inversion, le gaz carbonique aide ou gêne la levure suivant sa race. La multiplication est diminuée; ainsi en vingt-huit jours, le S. Pastorianus II perd toute fécondité. Quant à la fermentation, le départ en semble gêné; si l'on examine le travail de chaque cellule, il semble plutôt favorisé. Il se produit par cellule plus d'alcool aux dépens du sucre disparu, et également plus d'acidité totale. Mais si l'on considère l'effet dans son ensemble, on peut dire que sauf la Frohberg et la Logos l'activité (poids de sucre fermenté par 1 de levure formée dans l'unité de temps) est diminuée tandis que le pouvoir ferment (poids du sucre disparu pour 1 de levure formée) est en général augmenté.

Mais cela dépend des races, sur lesquelles, d'ailleurs, l'effet n'est pas identique pour la fermentation et pour l'inversion.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ANTISEPTIQUES

Parmi les substances véritablement toxiques pour les levures, il y en de deux sortes, celles qui paraissent agir sur la membrane cellulaire et qui agissent en raison inverse du nombre des cellules ; celles qui semblent agir sur le milieu ou sur les diastases et qui agissent en raison inverse du volume de la culture.

Dans l'état actuel des choses on ne sait rien d'autre sur le mécanisme des toxiques, de sorte qu'on se borne à les étudier au point de vue des effets produits :

Il semble que toutes les substances, à une dose suffisamment petite, ont une action activante sur la fermentation, tandis qu'à partir d'une dose plus forte, l'action devient nuisible, puis mortelle.

Pour les véritables poisons la dose nuisible ou mortelle est infiniment petite. Mais il est une catégorie de substances pour lesquelles cette dose est sensible, on les appelle antiseptiques. Si, alors, ils sont en même temps plus nuisibles pour d'autres microbes, ces antiseptiques peuvent jouer un rôle protecteur de la levure vis-à-vis de ces microbes. C'est par exemple le cas de l'extrait de houblon, de l'acide lactique, des acides minéraux, etc.

En général, un antiseptique agit à doses différentes sur la multiplication, la fermentation, les inversions, etc. En général les doses actives sont d'autant plus fortes qu'il s'agit d'influencer d'abord la reproduction, puis la fermentation et l'inversion du sucre ou enfin d'amener l'anesthésie et la mort. Cependant la chaux agit d'abord sur la fermentation, avant d'agir sur la multiplication.

L'étude particulière de l'acide fluorhydrique, faite surtout au point de vue de la distillerie, a montré quelques lois générales qu'il est bon de connaître :

1° La dose semble diminuer lorsque l'antiseptique est en présence d'une matière nuisible par elle-même, telle qu'un acide, un autre microbe; de même la pauvreté du milieu ;

2° Lorsqu'une levure, sortant d'un milieu fluoré est mise dans un milieu moins fluoré, le pouvoir d'accroissement et la puissance fermentescible montent. Si on la met dans un milieu fluoré avec excès, la levure s'endort et si on la replace dans le milieu primitif elle se réveille.

Mais si on porte la levure dans le milieu très fluoré par gradation, la levure s'habitue à supporter des masses considérables d'antiseptiques. Elle est alors acclimatée, le pouvoir d'accroissement se trouve en réalité diminué et le pouvoir fermentescible augmente. Si on retourne en arrière, les deux fonctions s'activent.

On a étudié l'acclimatation[1] des levures aux différents sels et l'on a constaté que l'accoutumance acquise se maintient pour un sel de même base.

Au point de vue de la brasserie le phénomène d'acclimatation aux sels semble perpétuer certaines variations, alors qu'on retourne en arrière. Ainsi

[1] Depuis la rédaction de ce chapitre, a paru un travail très important d'Effront où il établit qu'à mesure qu'une levure s'acclimate à l'acide fluorhydrique, elle accumule plus de chaux ; lorsqu'elle s'acclimate à l'aldéhyde elle accumule l'oxygène.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'atténuation, l'acidité, la cassure paraissent pour certaines races garder longtemps l'empreinte de l'acclimatation.

PRODUITS DE LA VIE DES CELLULES

La levure crée les éléments des nouvelles cellules : cellulose, gomme, protoplasma, matières huileuses, glycogène.

En particulier la quantité de glycogène trouvée dépend de la race ; ainsi la levure basse en a peu, la levure Logos en a beaucoup.

La disparition du sucre dans le milieu entraîne celle du glycogène d'autant plus vite, que la température est plus élevée, que le liquide est plus aéré et plus peptonisé, et d'autant moins vite qu'il y a plus d'alcool et d'acide acétique.

En conservant à 6°-8° la levure, le glycogène finit par disparaître. Dans les cellules mortes il persiste longtemps.

Dans le protoplasma se forment les nombreux enzymes qui servent d'agents à la végétation de la levure.

ENZYMES DES LEVURES

Enzymes hydrolysants. — ***Sucrase.*** — Le plus important est la sucrase ou invertine ; elle paraît exister dans la salive, le suc gastrique, l'intestin grêle, le foie, dans un grand nombre de moisissures. Le raisin contient une sucrase infiltrable à la porcelaine, dont la quantité diminue pendant la vinification : c'est la présence de cette sucrase qui a fait croire aux auteurs à la diffusibilité de la sucrase de levure.

Préparation. — En faisant macérer dans de l'eau chloroformée des levures ; on a un liquide très actif, mais impur.

Si, après quatre ou cinq jours d'une culture d'Aspergillus Niger, sur liquide Raulin, on soutire le liquide pour le remplacer par de l'eau, celle-ci, au bout de trois ou quatre jours, est très riche en une sucrase qui n'est pas filtrable à la porcelaine, alors que la précédente a cette propriété.

On peut préparer une sucrase à l'état sec ; après avoir lavé à l'alcool absolu des levures, on les sèche, et on les met à macérer dans l'eau. Celle-ci est filtrée autant de fois qu'il est nécessaire pour qu'il n'y reste pas de cellules. Alors on ajoute de l'éther qui se place sous une couche visqueuse qu'on isole, qu'on dilue et qu'on verse goutte à goutte dans de l'alcool absolu ; le précipité obtenu lavé à l'alcool absolu constitue une poudre blanche très active.

En réalité, pour obtenir le maximum de sucrase, il faut : 1° Mettre d'abord la plante qui doit la produire dans un milieu approprié, ordinairement riche en saccharose ; mais cela n'est pas indispensable, car la saccharose est insuffisante si les autres aliments manquent, de sorte qu'il vaut mieux sacrifier un peu le côté sucre au profit des autres aliments. Dans ce milieu, les éléments ne sont pas forcément les mêmes que pour la vie normale de la plante. Ainsi pour la levure l'exagération en peptone ou la diminution des phosphates sont favorables tous les deux à la sucrase ; 2° Mettre la plante dans un milieu où

IRIS - LILLIAD - Université Lille

elle mange ses réserves à cause, soit de la pauvreté alimentaire, soit de l'aération contraire à l'espèce, soit de la température défavorable.

Ces conditions sont essentiellement liées à l'espèce cultivée. Ainsi, avec des levures hautes, la température optima dépasse de 3° celle des levures basses.

Facteurs de l'action de la sucrase. — ***Quantité***. — La sucrase à faible dose agit proportionnellement à son poids, quelle que soit la concentration en sucre.

Temps. — Pendant les quatre ou cinq premières heures de contact, l'action est proportionnelle au temps ; mais dès que 15 p. 100 du sucre sont transformés il y a ralentissement considérable.

La loi : $2K = \frac{1}{0} \log \frac{1+x}{1-x}$.

Où K est une constante.

0 le temps ;

x le sucre résiduel ;

Paraît exacte.

Si à un mélange de sucre et de sucrase on ajoute de l'invertine, il y a ralentissement et d'autant plus que la concentration est plus forte.

Milieu. — Il intervient au point de vue de la température, de l'acidité et de la composition.

a. *Température*. — A 0°, l'action est très faible, elle croît lentement jusqu'à 30°, puis rapidement jusqu'à 50°. L'optimum est à 51-52°. Au delà il y a ralentissement, de telle sorte que l'effet est annulé à 65-70°, à une température d'ailleurs plus élevée que celle où la levure cesse son action.

Dans le même ordre d'idée, citons ce fait que de la levure séchée rapidement à 20° est tuée, alors que de la sucrase ne perd pas dans ces circonstances son activité.

b. *Acidité*. — Fernbach a montré que la sucrase d'aspergillus a une légère acidité oxalique. Celle-ci étant augmentée ou diminuée l'activité diminue. C'est sans doute à cause de cela qu'une sucrase diluée n'a pas une action proportionnelle.

Si on étudie les différents acides, on trouve une dose optima très faible spécifique pour les divers acides ; en mettant à part l'action propre de ces acides, il semble que le reste soit constant pour une même quantité de diastase et à même température ; mais il s'agit de quantités si faibles qu'il reste un doute sur l'expérience.

Les doses optima sont :

Acide sulfurique	0,025	gr. par	litre.
— acétique	10,00	—	—
— oxalique	0,066	—	—

Une dose légèrement supérieure à l'optima tend à détruire l'effet favorable et une dose un peu forte est tout à fait nuisible.

Acide sulfurique, dose nuisible	0,02	gr. par	litre.
— acétique	50,00	—	—
— oxalique	0.01	—	—

IRIS - LILLIAD - Université Lille

D'ailleurs il faut se rappeler que la température agit parallèlement : à 30° il faut cinq fois plus d'acide qu'à 60°.

Enfin l'action de l'acidité dépend de l'origine de la sucrase.

A propos de ces actions, Bokorny a cité des chiffres intéressants : avec SO^3H^2; 0,5 p. 100 tue la levure dont la zymase isolée supporte 0,1 p. 100, dont l'invertine supporte très bien la dose de 0,5 p. 100 et dont la maltase est tuée par 0,5 p. 100.

Avec l'acide acétique l'on voit la dose de 5 p. 100 tuer la levure ; 1 p. 100 ne pas nuire à la sucrase, mais gêner la maltase; 0,2 p. 100 tuer en vingt-quatre heures la zymase c'est-à-dire arrêter le pouvoir ferment; enfin, 0,88 p. 100 gênent la multiplication ; 0,5 p. 100 d'acide lactique, ne tuent pas en un jour, ni la sucrase ni la maltase.

c. *Composition.* — Au point de vue de la concentration on sait qu'au début, si le milieu contient moins de 34 grammes par litre, la vitesse croît avec la concentration ; s'il y a moins de 170 grammes la vitesse en est indépendante. Enfin au delà de ce chiffre la vitesse décroît.

Il ne faut pas oublier qu'avec le temps il y a ralentissement et que l'effet d'indépendance de la vitesse relativement à la concentration tend à se produire pour des doses plus fortes.

Au sujet de la comparaison des différents enzymes de la levure Bokorny a vu que la zymase supporte mieux les fortes concentrations (50 p. 100) que la sucrase qui est alors arrêtée.

La présence de corps étrangers dans le milieu sucré joue un grand rôle.

NaOH à 1 p. 100 tue en 8 heures, et à 1/2 p. 100 ne tue pas la sucrase en 5 jours.

$CaCl^2$, effet paralysant très grand ;

NaCl } dose 4/1 000, effet activant ;

KCl } — plus élevée, effet paralysant;

AzH^4Cl, dose 10 p. 100, effet activant ;

Salicylate de soude, dose 2/1 000, sans action ;

Nitrate d'argent { dose 4/1 000, effet retardateur ;
— 2/10 000, effet retardateur ;
— 1/100, effet accélérateur ;

L'arséniate de soude, le borate de soude, le cyanure de potassium, ont des actions défavorables ;

Le sublimé est presque sans action ;

L'alcool à 10 p. 100, le chloroforme, l'éther, etc., ont des effets retardateurs voisins de 1/10.

On voit qu'en général tous les corps ont un effet plus grand sur la levure, la maltase, la zymase que sur la sucrase.

Celle-ci est peu sensible aux antiseptiques ; et en tout cas beaucoup moins que la maltase et en général que les levures elles-mêmes, de telle sorte que l'action invertissante peut se prolonger au delà de la vie des cellules.

Aération. — L'air n'a pas d'action sur la sucrase, mais en présence d'aci-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

dité et de lumière il y a une forte altération ; au contraire l'alcalinité est fatale surtout jointe à l'obscurité.

En réalité on doit conserver la sucrase dans le vide et à l'abri de la lumière.

Maltase. — Fischer a montré que certaines levures agissent sur certains sucres dédoublables et qu'inversement tel ou tel sucre dédoublable est attaqué par telle ou telle levure. Il a alors émis l'idée que, si une levure déterminée attaque un sucre dédoublable déterminé, c'est qu'elle sécrète une invertine convenable et appropriée; il a cherché ces invertines dans chacune des races de levure. Il a été ainsi amené à rechercher la *maltase* qui doit dans la levure de bière, agissant sur les moûts amylacés, invertir la maltose.

Cette recherche a été assez pénible.

La première idée était de retrouver dans les moûts de maltose en fermentation trace de la glucose qui devait s'y former. Or, on n'en trouve pas.

Fischer pensa alors que la levure détruisait la glucose par fermentation aussi vite que la maltase la formait, et il crut éviter cet inconvénient en faisant agir sur de la maltose de la levure en présence de chloroforme. Celui-ci, anesthésiant en effet la levure, doit par conséquent l'empêcher de détruire la glucose. Malheureusement il empêche aussi l'action de la maltase.

Fischer s'efforça alors d'extraire directement la maltase. Mais celle-ci n'est pas diffusible et les premiers essais restèrent sans résultat.

Ce n'est que par l'extraction de la levure séchée et broyée que Fischer obtint enfin la maltase. Et l'existence de celle-ci prouve bien que la non-apparition de la glucose est due à la fermentation instantanée de celle-ci. Actuellement on prépare la maltase par la méthode de Hill.

On triture de la levure séchée dans le vide à 15°, avec de l'eau dans un mortier.

On sèche sur porcelaine, on met dans une mousseline et on porte à l'étuve à 40° ; de quart d'heure en quart d'heure on fait monter à 50°, 60°, ... 100°. On l'y maintient un quart d'heure. On met alors la mousseline dans un exsiccateur où on la laisse refroidir. On pèse la levure refroidie, dans un flacon séché et fermé pour éviter qu'elle reprenne de l'humidité, et l'on prend un poids de soude au $\frac{1}{1000}$ égal à 10 fois le poids de levure.

On met alors celle-ci en présence de la soude, on ajoute du toluène, on abandonne le tout trois jours à la température ordinaire. Il se forme dans la soude un extrait que l'on filtre au papier et au filtre Chamberland.

Le liquide contient 3 p. 100 d'extrait sec et est très actif comme maltase : 4 grammes de maltose dans 20 centimètres cubes d'eau, en présence de 1 centimètre cube d'extrait fluide de maltose, en douze heures, sont réduits à 0,4 grammes.

L'extrait fluide perd ses propriétés par l'alcool ; déjà lorsque le titre du liquide est amené à 10° GL, son activité est très diminuée.

Le chloroforme est très nuisible et cela explique l'insuccès des premières recherches de Fischer.

La maltase est assez résistante à la chaleur : l'optimum est à 40° ; à 55°

IRIS - LILLIAD - Université Lille

pendant trente minutes l'activité disparaît, mais elle résiste pendant une minute à 120° ou six minutes à 105°.

Il faut se rappeler, que la maltase est plus sensible aux antiseptiques que la sucrase, ainsi par exemple la sucrase résiste au sublimé au 1/1 000 et même à l'alcool absolu, ce que ne fait pas la maltase.

Hill pense que l'action de la maltase est reversible ; Emmerling a objecté que le produit de régression était non la maltose, mais l'isomaltose.

De nouvelles expériences, il semble résulter que le produit est une nouvelle biose mélangée peut-être de maltose, on l'a dénommée révertose.

Mélibiase. — La mélibiase est une diastase qui ne se rencontre ordinairement que dans les levures de fermentation basse du type Frohberg et du type Saaz, mais qui ne se rencontre pas dans les levures de fermentation haute (les exceptions seront mentionnées plus loin) ; la mélibiase possède la propriété caractéristique d'hydrolyser la mélibiose, c'est-à-dire de la dédoubler, avec absorption d'une molécule d'eau en d. glucose et d. galactose.

Principales sources de mélibiase. — On rencontre cette diastase dans presque toutes les levures de fermentation basse. D'après Lindner, il existe un petit nombre de levures de fermentation basse qui n'ont pas la propriété de faire fermenter la mélibiose de façon sensible.

Inversement, certaines levures de fermentation haute, ainsi que Lindner et d'autres l'ont constaté, ont également la propriété de faire fermenter la mélibiose.

Le groupe important des levures de vin ne renferme pas, dans son ensemble de mélibiase. Lindner a cependant trouvé quelques exceptions (levure de Durkheim et de Kuster Tokai). Les levures sauvages ne renferment généralement pas de mélibiase, mais Bau a trouvé que le *Saccharomyces pastorianus n° III* dédouble la mélibiose. D'après Lindner, il en existe encore quelques autres. Les levures qui ont la propriété de faire fermenter la lactose ne renferment pas de mélibiase. L'*Aspergillus niger* contient cette diastase à côté de beaucoup d'autres. La levure d'ananas de Kayser fait fermenter la mélibiose. On trouve également de la mélibiase dans l'émulsine des amandes amères.

D'autres levures contiennent de la lactose qui dédouble le sucre de lait, mais ce sont des espèces un peu spéciales.

Enzymes oxydants. — Au point de vue des ferments oxydants, on doit dire qu'il y a, dans la levure, une oxydase ; car le suc de levure bleuit le chlorhydrate de tétraméthylphenylènediamine. Ce suc décompose l'eau oxygénée sans teinture de Gaïac, il doit donc y avoir une catalase [1].

L'enzyme qui produit la fermentation est la zymase.

Zymase. — Buchner voulant étudier l'intérieur des cellules de levure eut

[1] Gruss pense que la catalase doit se confondre avec un enzyme produisant de l'hydrogène naissant et ayant les propriétés réductrices de la levure. Il admet que dans la levure il y a un enzyme hydrolysant de la glucose; lequel avec le précédent peut expliquer la fermentation. De sorte que la zymase pour Gruss ou bien contient cet enzyme hydrolysant ou bien n'est que cet enzyme lui-même.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'idée de congeler et de décongeler rapidement la levure pour en briser les cellules ; mais malheureusement l'opération ne réussit pas très bien.

Il eut recours à un procédé qu'il a perfectionné depuis : il additionne la levure de sable fin et de Kieselguhr (1 de levure, 1 de sable, 1/5 de Kieselguhr) ; ensuite il la broie dans un mortier de dégourdi avec un pilon lourd, la passe à la presse hydraulique et obtient pour 1 kilogramme de levure 450 centimètres cubes de liquide. Celui-ci est reçu sur un filtre en papier, recueilli dans un vase refroidi par de la glace.

Le liquide obtenu est jaune, presque limpide, légèrement opalescent, ayant l'odeur de levure. Il contient une grande quantité de CO^2 qui peut se dégager à 40°. On y trouve en outre des matières albuminoïdes coagulables en proportion telle que la masse chauffée se coagule.

Fait-on agir sur 1 volume de ce suc dans 10 volumes d'eau, 6 volumes d'eau oxygénée à 10 p. 100, qu'on observe un dégagement d'oxygène tumultueux rendu plus visible par la teinture de Gaïac. Il y a donc dans ce suc des oxydases. Le suc de levure fait fermenter le sucre de canne, la maltose, la glucose, la lévulose, mais ne peut pas faire fermenter la lactose et la mannite.

Prenons par exemple 200 centimètres cubes de ce jus fraîchement préparé et ajoutons-y 200 centimètres cubes de saccharose à 75 p. 100. Au bout de dix minutes, à peine, il y a un brusque mouvement de CO^2 qui peut se prolonger sept ou huit jours, si on opère à température assez basse (8°).

Comparons cette action à celle de la levure. La levure ne peut agir sur un milieu contenant de la saccharose à 70 p. 100, même au bout d'un temps très long ; puis en admettant qu'elle agisse, la réaction devrait s'effectuer graduellement et non brusquement.

Voici une autre expérience. Prenons un tube à essai et mettons-y 10 ou 15 centimètres cubes de suc de levure ; faisons tomber sur celui-ci quelques grains de sucre en poudre. Immédiatement il se produit un dégagement de CO^2.

Si l'on opérait avec la levure on n'observerait rien sur le moment.

On a objecté que ce n'est pas le suc de levure qui agit, mais peut-être les levures égarées qui peuvent s'y trouver contenues. Cela ne peut être, puisque de la levure, même en grande quantité, n'agirait pas ainsi, le dégagement s'effectuerait lentement et graduellement au milieu du suc de levure.

Enfin, ajoutons au liquide 2 p. 100 d'arsenite de potasse et répétons les expériences. Les phénomènes se passent absolument de la même manière. Il ne faut donc pas les attribuer à des cellules qui seraient tuées par l'arsenite de potasse. On a essayé d'ailleurs tous les antiseptiques, le toluène, le chloroforme, l'excès de sucre, l'excès de glycérine, l'azoimidate de soude, etc.

Buchner a encore fait une série d'expériences très probantes ; de la levure séchée dans le vide de 30 à 100° est maintenue plusieurs heures à 100-110°. Or, tandis que cette levure ne produit aucune fermentation, son suc en produit encore une très active, d'une énergie moitié moindre de celle du suc frais.

De même de la levure séchée dans un courant carbonique et y restant deux jours à 20° ou dix-sept jours à 17°, ou six heures à 95° est encore très active.

Tous les phénomènes précédents sont donc dus au suc et non à la levure.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La décomposition de la glucose obéit presque complètement à la formule $C^6H^{12}O^6 = 2CO^2 + 2C^2H^6O$.

Il s'en faut de 1,5 p. 100, alors qu'avec la levure, 5 p. 100 du sucre ne sont pas transformés suivant la formule précédente. Cela a fait penser que les impuretés de la fermentation normale sont dues à la végétation de la levure.

Une objection faite à la théorie de Buchner est celle-ci : Les sucs de différentes levures n'ont pas la même activité, et, avec certaines levures, on a eu des insuccès complets.

Le premier point n'est pas étonnant puisqu'on admet des différences de races, quant au deuxième il s'explique par un phénomène d'autodigestion pendant laquelle la zymase est digérée par la peptase.

Une autre objection de même ordre : une levure tuée au maximum de puissance contient moins de zymase qu'une levure tuée deux ou trois heures plus tard. Cela tient à ce qu'au maximum de puissance, la zymase et les peptases ont leur maximum en même temps; mais après le maximum de puissance, les peptases déclinent plus vite que la zymase, de sorte que quoique celle-ci décline également, l'effet résultant a son maximum après le maximum d'activité.

On peut cependant conserver l'activité de la zymase par différents procédés.

On peut la conserver à froid en présence d'antiseptiques qui empêchent les microbes de se développer.

Buchner a constaté qu'une zymase séchée sur SO^4H^2 était encore active après douze mois.

On peut la sécher aussi, d'abord dans le vide, puis à 20-25°. On obtient un extrait de zymase qui a toute l'activité du suc lui-même, car ici le manque d'eau empêche l'autodigestion.

Si l'on prend 2,5 gr. de cet extrait, ce qui correspond à 17 centimètres cubes du jus frais, si on le dissout et si on y ajoute 8 grammes de saccharose, la fermentation est immédiate et durable.

Meisenheimer, par congélation, a obtenu une zymase quarante-cinq fois plus active que le suc primitif. En diluant la zymase avec vingt-cinq fois son poids de blanc d'œuf au 1/10 ou d'eau glycérinée à 10 p. 100, la sensibilité est peu ou pas atteinte, mais avec de l'eau salée elle l'est dans une très forte proportion.

Van Laer a montré que des cadavres de levures ont les principales propriétés enzymatiques, entre autres celles de la zymase. De la levure tuée à l'acétone donne encore une zymase très active (zymine) et la vitesse d'action déterminée sur ce produit obéit à une loi analogue à celle de la sucrase.

Enfin on a objecté à la théorie de la zymase une autre série de faits.

Certaines zymases (levures anglaises) subissent une autofermentation qui donne plus de CO^2 qu'une fermentation de sucre. On a expliqué ce fait par la grande abondance de glycogène qui se trouve à la dose optima pour la fermentation; de sorte qu'une addition de sucre ralentit l'effet de la zymase et qu'une addition d'eau doit l'accélérer.

Propriété réductrice de la levure. — Au sujet de la propriété réduc-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

trice de la levure on sait depuis longtemps qu'un extrait de levure décolore la liqueur de Fehling sans produire de précipité ; le suc de levure décolore le Fehling, réduit le nitrate d'argent ammoniacal et le sous-nitrate de bismuth, il réduit les nitrites, l'acide iodhydrique, il forme de l'hydrogène sulfuré avec du soufre et réduit l'hyposulfite.

Ce suc conservé ou chauffé à 55° conserve toutes ces propriétés qui subsistent jusqu'à 65°, il n'est donc pas démontré qu'il s'agisse là d'un action enzymatique.

Mais d'autre part le suc de levure agissant sur le bleu de méthylène produit une décoloration et cette faculté optima à 40° disparaît de 55 à 60°. Cette réaction paraît donc enzymatique.

Il y a lieu de reprendre toutes les expériences.

Enzymes protéolytiques de la levure. — *Peptase.* — Prenons du suc de levure, ajoutons-y une grande quantité de chloroforme (antiseptique) ; mettons une goutte de ce liquide sur une plaque de gélatine fortement chargée de phénol. La gélatine se dissout et les microbes n'ont pu le faire.

De même le suc chloroformé, chauffé à 37°, se coagule d'abord, puis le coagulum tend à se redissoudre. Or si l'on analyse le dépôt, on trouve qu'à mesure que le poids diminue le titre en azote diminue également. Au contraire le liquide surnageant voit son titre augmenté. Il contient de la leucine.

Toutes ces expériences tendent à établir l'existence d'une peptase capable de digérer les éléments mêmes du suc de levure. La température la plus favorable au phénomène est de 37° à 50°. Après une heure à 60°, il devient impossible.

Cette autodigestion explique l'expérience suivante :

Prenons deux tubes à essai. Dans l'un, mettons du suc de levure frais et dans l'autre, du suc de levure conservé huit jours en présence d'arsénite de potasse. Chauffons les deux tubes à 50°. Le premier se coagule, le second reste intact. D'où vient la différence ? Elle provient de ce fait que le premier tube contient du suc de levure frais et coagulable, tandis que le second contient du suc qui a subi l'autodigestion, qui ne comporte plus de matières albuminoïdes proprement dites, mais des corps dégradés analogues à ceux qui se produisent dans la digestion physiologique et qui ne sont pas coagulables.

Ce n'est cependant pas une véritable digestion pepsique, car on trouve bien au début des albumoses, mais on ne retrouve pas de peptones ; la dégradation va plus loin.

Cette peptase perd son action à 60° pendant une heure, ou après quinze jours à l'air (dans l'hydrogène la digestion par suc de levure va moins bien qu'à l'air).

Les antiseptiques à faibles doses ne la gênent pas ; l'alcool la gêne, les sels neutres à très petites doses ont une action favorable de même qu'une acidité de 2/1 000 ; cependant les chlorure, sulfate, nitrate de soude ; les sulfates de magnésie et d'ammoniaque ; les chlorures de calcium et de magnésium deviennent très rapidement gênants ; les réactions alcalines nuisent.

Les nitrites donnent de l'azote.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Présure. — A côté de cette sorte de peptase, il y a une sorte de présure coagulant le lait bouilli, ce que ne fait pas la vraie présure. Cette présure résiste à 50°-55° de sorte qu'il suffit de soumettre à cette température du suc de levure pour éliminer l'action de la peptase et mettre en évidence celle de cette présure : elle coagule le lait en quatre ou cinq heures et l'action n'est pas gênée par un oxalate, ce qui arrive avec la présure naturelle. Les acides la favorisent, le phosphate disodique la gêne. Jusqu'à 80° la coagulation est d'autant plus rapide que la température est plus élevée.

Ainsi elle dure cinq jours à 15° et cinq minutes à 80°.

Une température de 57° maintenue un jour, l'affaiblit et une température de 65-68° maintenue deux heures la détruit complètement.

La levure séchée à 37° puis portée à 97° en contient encore beaucoup.

AUTRES PRODUITS DE L'ACTION DES LEVURES

En dehors des matières restant dans les cellules, la levure produit un certain nombre de substances qui se dégagent ou se retrouvent dans le milieu.

D'abord le gaz carbonique et l'alcool qui représentent à eux deux 5 p. 100 du sucre détruit. A côté de ces corps on trouve de l'acide succinique et de la glycérine. On a longtemps cru à une corrélation quantitative entre ces deux corps. Il n'en est rien, car les variations de ces deux produits ne sont pas parallèles. Ainsi la glycérine croît jusqu'à la fin de la fermentation puis décroît soit par combustion soit par éthérification.

La proportion obtenue dépend peu du sucre, mais beaucoup de la matière azotée. Par exemple, la peptone ralentit la production de glycérine au début et cependant fournit un maximum plus élevé et plus tardif.

La nature de l'acide intervient également, ainsi avec l'acide tartrique, on a également un maximum plus élevé et plus tardif qu'avec l'acide malique.

Enfin la température basse produit également un retard et une surélévation du maximum.

L'acide succinique a des doses qui croissent ou décroissent suivant l'espèce ; la température basse amène une augmentation. Ces deux caractères sont opposés à ceux de la production de glycérine, et quoique l'action de la peptone soit du même ordre dans les deux cas, il ne peut y avoir de corrélation qualitative entre les deux corps.

A côté des produits précédents, on rencontre dans une fermentation :

1° De l'acide lactique qui provient peut-être de fermentations accessoires ;

2° Des acides gras supérieurs provenant pour partie de l'oxydation des alcools supérieurs, soit par l'air, soit par un dégagement d'oxygène corrélatif de la formation d'acide succinique et de glycérine et pour une 2e partie, de l'assimilation des matières albuminoïdes ;

3° Des alcools supérieurs tels que les alcools isopropylique (85°) ; propylique (97°) ; isobutylique (107°) ; amylique primaire, non normal, non actif ; amylique primaire non normal, actif ; amylique secondaire actif, caproïque, œnanthylique, caprylique ;

4° Ces produits tendent à se former à la fin des fermentations surtout si les

IRIS - LILLIAD - Université Lille

températures s'élèvent. Pour les uns, il semble qu'on en doive rapporter l'origine à des ferments accessoires. Pour les autres, il paraît que la fermentation les donne normalement. Ainsi l'alcool amylique est fourni à haute température par de vieilles cellules de voile qui n'en donnent pas à basse température (Kruys et Raymann) ;

5° Des éthers provenant de la combinaison des alcools et des acides. Il faut remarquer que ces éthers se retrouvent dans les produits de la distillation et qu'ils peuvent ainsi se former sous l'influence de la chaleur ;

6° Cependant certains auteurs ont cru reconnaître des enzymes producteurs d'éthers ; la question mérite d'être élucidée ;

7° Des aldéhydes de formation directe ou d'oxydation des alcools ;

8° De l'isobutylglycol ; de l'alcool ; de la mannite ; du terpène et son hydrate ; du camphre et certaines bases azotées ayant des propriétés d'alcaloïdes et dont une semble appartenir au groupe des pipérazines.

La proportion de tous les corps qui viennent d'être passés en revue dépend de la nature du moût (concentration, acidité, nature des acides et des matières azotées), du genre de la levure, de la température et de l'aération. Ainsi le manque d'air augmente l'acidité volatile due aux premiers acides gras et diminue l'acidité fixe due aux autres acides gras et aux acides des autres séries.

Tous ces produits secondaires se rencontrent en plus grande quantité dans les bières de fermentations basses, qui leur doivent en grande partie leur saveur plus empyreumatique.

POUVOIR FERMENT

Pasteur a nommé ainsi le rapport du sucre disparu au poids de levure trouvé à la fin d'une opération.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur l'effet de l'aération quant à ce pouvoir ferment et cela se comprend, car il dépend de la multiplication, du pouvoir inversif, du pouvoir fermentescif des levures, lesquels dépendent de la nature et de la quantité de sucre, du temps, de l'immobilité du liquide, de l'alimentation, de la présence des antiseptiques, de la race des levures et même des cultures préalables supportées par les cellules avant leur ensemencement.

Pour mieux se rendre compte des phénomènes, M. Duclaux a proposé d'appeler activité a, la quantité de sucre détruite par 1 de levure dans le temps 1 si on représente par m la quantité de sucre *assimilée* par 1 de levure pendant le temps de l'expérience, si celle-ci dure le temps t et s'il s'est formé l de levure.

On aura pour le sucre disparu :

$$S = ml + alt.$$

D'où

$$\frac{S}{l} = m + at.$$

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Or si a est petit ; m et l peuvent être assez grands pour que $\frac{S}{l}$ soit grand, mais le contraire peut se présenter de sorte qu'il ne faut pas conclure de $\frac{S}{l}$ à a

Ainsi il existe des levures de cidre pour lesquelles le tanin de la pomme empêche toute fermentation et cependant elles se multiplient.

On a donc $\frac{S}{l} = m$, avec $a = 0$.

On a cité une levure qui, cultivée dans un milieu contenant 5 p. 1 000 de sucre et le double de peptone, produit le même effet.

En tout cas si l'on doit continuer à employer cette expression $\frac{S}{l}$, faudra-t-il définir exactement les circonstances et la durée de l'opération.

DE LA VITESSE DE LA FERMENTATION

On a également dit des choses contradictoires sur ce point parce qu'on n'a pas assez distingué entre le pouvoir d'accroissement, le pouvoir inversif et le pouvoir fermentescif.

Si l'on examine ce dernier phénomène, il paraît obéir à une loi analogue à celle indiquée pour la sucrase.

C'est-à-dire qu'on doit avoir :

$$2K_1 = \frac{1}{\theta} lg \frac{1+n}{1-n}.$$

Dans laquelle K_1 est constant :

θ est le temps
n le sucre résiduel.

Elle diffère de la loi d'inversion, en ce sens que la valeur de K_1 est différente.

Si l'on considère le phénomène global, il devient complexe et variable avec la nature des sucres, avec l'alimentation de la levure et enfin avec la race de la levure.

Ainsi chez un certain nombre de races, la fermentation est plus rapide avec la maltose qu'avec la glucose, et l'addition d'eau de levure accélère la disparition des sucres.

Il semble que l'agitation et la richesse nutritive augmentent la fermentation dans la plupart des cas ; mais il faut remarquer que l'agitation entraîne une perte d'alcool, soit par évaporation, soit par oxydation.

La richesse en azote produit d'abord une accélération de la fermentation, c'est ce qui arrive au début dans un moût de bière : mais la levure s'enrichit en azote et tend au contraire à devenir paresseuse. Le mieux, pour la ramener à son état initial est de la cultiver à température un peu haute dans un milieu pauvre en azote avec un ensemencement de 1/100 du poids du sucre. Les procédés inverses, avec des ensemencements forts (1/10) ou faibles (1/1 000) produisent au contraire l'enrichissement en azote de la levure.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

CLASSIFICATION DES LEVURES

La classification des levures se fait à l'aide d'un certain nombre de caractères qu'il convient d'utiliser en même temps parce qu'ils sont variables.

Ces caractères sont résumés dans le tableau suivant :

1° Forme, variable avec :

L'âge, les vieilles cellules se ratatinent et se remplissent d'huile ;

La température, la grande acidité et la grande concentration du milieu, tous caractères qui tendent à faire ramifier les cellules ;

L'aération qui donne d'abord des cellules ovales, puis des cellules allongées qui se feutrent en voile ;

2° La nature du bourgeonnement ;

3° Le réseau gélatineux qui se forme sur certains milieux ;

4° La forme du voile, son éclat, etc. ;

5° L'état des cultures sur gélatine ;

6° La forme des spores, la faculté de sporuler, laquelle est variable avec le nombre de rajeunissements ; elle peut disparaître sous l'influence de la température ou par l'effet de la conservation ; l'époque d'apparition des spores qui dépend du nombre de rajeunissements et que l'élévation de la température rend plus précoce est également un caractère ;

7° L'état de la zymase :

8° Le pouvoir réducteur ;

9° Action sur les sucres, au point de vue de la qualité, des quantités de sucre restant, d'alcool, d'acide, de glycérine et des autres produits formés ;

10° Action des diastases protéolytiques qui peuvent agir à l'extérieur des cellules et séparer les cellules soudées ou qui peuvent laisser des fragments de levures qui se séparent plus vite.

11° Comme résultante des actions 9 et 10 l'état final de l'atténuation et même la qualité du produit obtenu, lorsque celui-ci se boit en nature, ce qui est le cas de la bière, du cidre et du vin pour lesquels le goût, l'arome, la mousse dépendent des races de levure.

Tous ces caractères sont variables, ce qui est déjà trompeur ; mais ce qui l'est encore bien plus, c'est que certains d'entre eux peuvent se fixer soit pour quelques générations, soit d'une manière définitive.

Citons parmi les caractères qui peuvent se fixer pour 5 ou 6 générations :

La forme arrondie des cellules non aérées ; et au contraire la descendance d'une cellule de voile, laquelle tend à donner des bières amères, troubles, à fermentations paresseuses ; la clarté de la bière et sa qualité générale sont des caractères qui peuvent se fixer pour quelques générations. Ainsi, par exemple, la forte densité, le maltage et le houblonnage exagérés des bières anglaises impriment aux levures des caractères qui durent plusieurs générations.

Il y a au contraire des variétés stables. Par exemple, la perte de la sporulation et de la faculté de faire un voile, perte qui est due à une culture à température supérieure à celle de la sporulation et plus basse que celle du

IRIS - LILLIAD - Université Lille

bourgeonnement. Cette perte est d'ailleurs plus ou moins facile, il y a des espèces pour laquelle elle n'a pas encore été réalisée.

Hansen avait autrefois divisé les levures en deux groupes : le groupe saccharomyces pouvant sporuler et le groupe asparogène.

Or, d'après ce qui vient d'être dit, on voit que le caractère distinctif des saccharomyces peut disparaître ; d'autre part, parmi les asporogènes, il est une espèce produisant bien plus d'alcool que beaucoup de saccharomyces et dont Lindner vient de découvrir les spores (sans pouvoir les faire germer jusqu'à présent). Donc l'on conçoit que la distinction en deux groupes soit appelée à disparaître. Hansen a depuis peu donné une classification nouvelle des Saccharomyces : champignons à spores [1].

Nous décrirons successivement les espèces qui intéressent la brasserie.

Le groupe des Saccharomyces cerevisiæ comprend toutes les levures employées pour mettre en fermentation le moût de bière. Les autres groupes comprennent les levures dites *sauvages*, qui peuvent se rencontrer dans les levains ou dans les moûts de brasserie et apportent des perturbations dans la qualité et la conservation de la bière.

Les non-saccharomyces pourraient, au même titre, être rangés parmi les levures sauvages.

SACCHAROMYCES CEREVISIÆ

Le Saccharomyces cerevisiæ comprend un grand nombre d'espèces; les plus anciennes sont la *levure haute* et la *levure basse* isolées par Pasteur par culture sur moût de bière tartarisé.

La levure haute (fig. 66) fermente à une température supérieure à 10° ; le bourgeonnement est plus rapide ; les cellules restent attachées plus longtemps les unes aux autres; elles sont plus légères et comme la fermentation est plus vive, que dans le même temps elles produisent une plus grande quantité d'acide carbonique, le gaz les maintient en suspension, les soulève et la levure se rassemble à la surface du liquide en fermentation .

La levure basse (fig. 67) fermente à une température inférieure à 10° et son activité n'est pas affaiblie vers 3° à 4°. Elle ne monte pas à la surface, reste en suspension dans les profondeurs du moût et se dépose, à la fin, dans le fond de la cuve où a lieu la fermentation.

C'est là l'origine des expressions *haute* et *basse*. On les appelle aussi levure superficielle et levure de fond.

[1] Voici le cadre de cette nouvelle classification :

Premier groupe : levures déposantes, formant voiles, spores, germant en bourgeon ou en promycelium, donnant toujours de l'alcool. — Genre I. Saccharomyces, spores bourgeonnantes, à une seule membrane, quelquefois promycelium par cloisonnement; comprend toutes les levures proprement dites. — Genre II. Zygosaccharomyces, conjugaison des cellules. — Genre III. Saccharomycodes, spores à une membrane germant en mycelium. — Genre IV. Saccharomycopsis, spores à deux membranes.

Deuxième groupe : ne donne des voiles qu'à l'air, cellules à forme anguleuse (citron, etc.), germent par bourgeonnement. La fermentation donne des éthers. — Genre IV. Pichia, spores hémisphériques ou anguleuses : grand mycelium. -- Genre VI. Willia, spores en forme de citron.

Troisième groupe : Saccharomyces douteux.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Du reste, si on n'écumait pas la levure haute à la surface des moûts, elle ne tarderait pas à tomber au fond des vaisseaux de fermentation, dès que la tension du gaz diminuerait.

Les cellules isolées de ces deux espèces ne se distinguent pas les unes des autres. Elles sont généralement rondes ou ovales, quelquefois plus ou moins allongées, avec une extrémité légèrement terminée en pointe.

Les cellules bien constituées ont un diamètre de 8 à 10 μ ; les cellules de moyenne grandeur ont de 5 à 6 μ ; les plus petites ont de 3 à 5 μ. On préfère les grosses cellules qui fermentent plus activement, se séparent mieux du moût et font des bières plus claires.

Si ces deux espèces de levure ne se distinguent pas au repos, quant à la forme et à la grosseur des cellules, elles se reconnaissent cependant lorsqu'elles sont en activité dans un milieu nourricier et fermentescible, et qu'elles bourgeonnent.

Les cellules basses restent isolées, ou seulement réunies deux à deux ; les

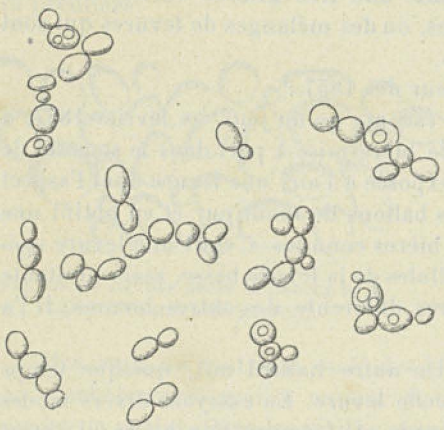


Fig. 66. — Type de levure haute.

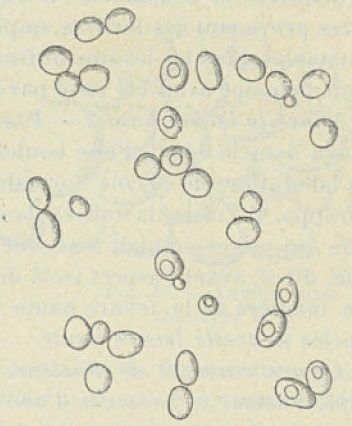


Fig. 67. — Type de levure basse.

cellules hautes sont en chapelets, en chaînes ramifiées de 6-12 articles. Mais ce caractère n'est pas toujours constant, certaines levures hautes n'ont pas cette forme rameuse.

Au microscope, on peut encore les distinguer jusqu'à un certain point. Si on délaye un peu de levure dans un goutte d'eau sur la lamelle porte-objet, et qu'après avoir recouvert avec la lamelle couvre-objet, sans presser, on incline la préparation, les cellules se mettent en mouvement et se rassemblent en paquets. Les cellules de levure haute forment des paquets à contours inégaux ; les cellules de levure basse, des paquets à contours réguliers qui se réunissent peu à peu les uns aux autres et restent attachés en ne constituant qu'une seule masse. Les cellules de levure basse sont plus visqueuses que les cellules de levure haute.

En laissant tomber une goutte d'eau sur une préparation microscopique,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

la levure haute se dispose en cercles concentriques, la levure basse en paquets qui flottent dans la goutte.

Au laboratoire, dans une culture, la levure haute laisse, après fermentation, sur les parois du vase au-dessus du liquide, un dépôt de cellules plus ou moins abondant et qui la fait reconnaître.

En réalité, chacune de ces deux espèces comprend de nombreuses races qu'on ne peut guère distinguer les unes des autres par leurs formes, mais qu'on a pu isoler et séparer par leurs caractères physiologiques, par l'influence différente qu'elles exercent sur la marche de la fermentation, sur les qualités et les propriétés de la bière et surtout sur l'atténuation.

Ainsi, une levure haute provenant d'une brasserie de Bruxelles, ne sera pas la même qu'une levure haute provenant d'une brasserie de Londres, et comme les propriétés d'une levure se conservent après plusieurs générations et ne se perdent même pas si la levure est transplantée d'un moût dans un autre, ou d'une brasserie dans une autre, on a donc bien affaire à des races particulières et constantes. Il en résulte une très grande variété dans les bières provenant des levures employées, ou des mélanges de levures qui sont inévitables dans les levains ordinaires.

Ce principe avait été posé par Pasteur dès 1857 :

Nouvelle levure haute. — Pasteur raconte qu'un jour, en février 1857, il trouva dans le dépôt d'une bouteille de bière mise à part dans le sous-sol de son laboratoire de l'École Normale et exposée à l'air, une levure dont l'aspect le frappa. Il l'isola, la cultiva dans des ballons de moût pur et en obtint une bière qui ne ressemblait à aucune des bières connues. C'était une levure spéciale, dit-il, ayant l'aspect isolé des cellules de la levure basse, mais montante à la manière de la levure haute et très différente des autres levures. Il l'a appelée *nouvelle levure haute*.

Levure caséeuse de Pasteur. — Un autre hasard mit, quelque temps après, Pasteur en présence d'une nouvelle levure. En essayant divers modes de purification sur des levures de Hollande, de fermentation haute, il obtint une nouvelle levure qui n'avait plus du tout le caractère de la levure ordinaire de Hollande. Elle avait l'aspect d'une moisissure, composée de branches d'articles plus ou moins longs. Les cellules étaient rondes, ou ovales, ou en poires, cylindriques, etc. Mais son caractère le plus curieux était sa plasticité. Elle se délayait difficilement et quand on l'agitait, elle retombait tout de suite au fond, « comme ferait un précipité caillebotté ». C'est pour ces motifs que Pasteur l'a appelée *levure caséeuse*. Elle donnait également une bière spéciale et ne ressemblant à aucune autre.

Après ces observations, Pasteur écrivait : « Une levure est une réunion de cellules qui ne sauraient être individuellement identiques. Chacune de ces cellules a des propriétés d'espèce ou de race qu'elle partage avec les cellules voisines et, en outre, des caractères propres qui les distinguent et qu'elle est susceptible de transmettre dans des générations successives. Si donc on parvenait à isoler, dans une levure déterminée, les diverses cellules qui la composent et qu'on pût cultiver à part chacune d'entre elles, on obtiendrait un

IRIS - LILLIAD - Université Lille

nombre égal de levures qui, vraisemblablement, seraient distinctes les unes des autres, parce qu'elles participeraient chacune des propriétés de leur cellule d'origine. »

En d'autres termes, Pasteur a prévu que les deux groupes de levure haute et de levure basse étaient complexes, et le travail suggéré par Pasteur a été fait par Hansen, d'abord sur la levure employée à la brasserie Jacobsen à Copenhague. Il en a isolé deux levures pures de races différentes et de caractères très tranchés, qu'il a désignées sous les noms de Carlsberg I et de Carlsberg II. Ce sont des levures basses.

Le n° I (fig. 68) est composé de cellules plus allongées ; c'est une levure plus plastique, plus ferme, donnant une atténuation assez élevée de 70 p. 100, une bière peu moelleuse, très lente à se clarifier, mais d'une conservation presque indéfinie et se tenant surtout très bien en bouteilles.

Le n° II (fig. 69) a les cellules ovales, presque rondes ; c'est une levure plus liquide, donnant une atténuation de 50 p. 100, une bière qui s'éclaircit vite, très moelleuse, de bon goût, mais de conservation beaucoup plus faible que la première.

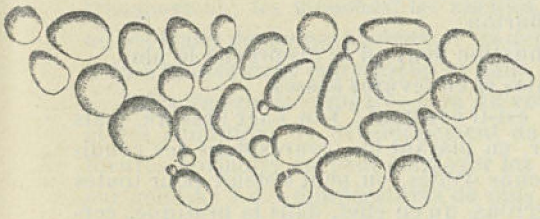


Fig. 68. — Levure basse Carlsberg n° 1 (d'après Hansen-Jorgensen).

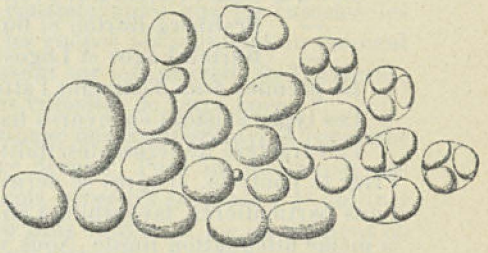


Fig. 69. — Levure basse Carlsberg n° 2.

Hansen a, au contraire, isolé des bières anglaises de fermentation haute un saccharomyces qu'il a nommé S. Cerevisiæ I. Il est en grandes cellules rondes ou ovales. Dans les vieilles cultures les cellules de voile prennent tous les aspects, y compris celui d'un mycelium ; à 33-34°, le voile se forme à peine ; l'optimum est pour 20-22° où il faut 7 à 10 jours ; à 5° il n'y a plus de voile.

Les spores à 36-37° se forment en 29 heures, l'optimum est à 30° où il faut 20 heures ; à 9° il ne s'en développe plus.

Ces caractères de sporulation et de formation de voile se retrouvent dans toutes les variétés du Cerevisiæ.

Levures types. — Depuis ces premiers travaux, on a isolé un très grand nombre de variétés de levures et, dans l'impossibilité où on était de les désigner d'une façon précise, on les a classées d'après l'atténuation qu'elles donnaient dans un moût déterminé, en les rapportant à quatre types, qui sont :

La levure Saaz, isolée d'un levain provenant de Saaz (Bohême), levure à atténuation très faible (50 à 55 p. 100). Cette levure ne possède que maltase et sucrase ; elle n'attaque que les sucres et les maltodextrines. A ce groupe appartiennent les levures de Munich et quelques levures belges (Liége).

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La levure Frohberg, provenant de la brasserie Frohberg, à Grimma (Saxe), levure à atténuation plus forte que la précédente (60 à 65 p. 100). Elle doit posséder un enzyme capable d'invertir la maltose des maltodextrines en plus ou moins grande proportion suivant les races. La plupart des races de brasseries appartiennent à ce type.

La levure Burton, des brasseries Burton-of-Trent (Angleterre), à atténuation encore plus forte, levure surtout de fermentation haute atténuant de 70 à 75 p. 100.

La levure Logos, isolée par van Laer d'une levure de la brasserie Logos, de Rio de Janeiro, et atténuant à plus de 75 p. 100. Cette dernière présente cette particularité que les cellules sont renflées à leurs extrémités, ce qui leur donne l'aspect de petites haltères. Elle atténue peu à la fermentation principale et beaucoup à la fermentation secondaire. Elle paraît contenir une maltodextrinase et une dextrinase.

Puis les levures se multipliant, avec des atténuations très variables, on a créé les types intermédiaires :

Levures Saaz-Frohberg et Frohberg-Saaz ;

— Frohberg-Burton et Burton-Frohberg ;

— Burton-Logos et Logos-Burton.

Le premier nom désignant l'atténuation dont on se rapproche le plus.

Ces types existent en levures hautes et en levures basses.

Ce caractère de fermentescibilité est-il constant? Van Laer l'assure, mais Prior le conteste. D'après ce dernier, en plaçant les levures dans des conditions particulières, favorables à chacune d'elles, on peut obtenir pour toutes la même atténuation limite. Nous verrons, qu'en effet, dans la pratique, certaines circonstances peuvent faire varier l'atténuation dans des proportions assez sensibles ; néanmoins, s'il est possible d'augmenter l'atténuation d'une levure à atténuation moyenne, ou de diminuer celle d'une levure à atténuation forte, il est impossible de pousser l'atténuation d'une levure de Saaz au delà d'une limite relativement faible ; Prior lui-même le constate.

En somme, une levure qui sera déterminée comme levure atténuant à 70 p. 100, par exemple, pourra, sous l'influence de certaines circonstances, donner plus ou moins, mais ne descendra jamais à l'atténuation de la Saaz et réciproquement.

Dans le cas d'un mélange de levures d'atténuation différente, on obtient l'atténuation finale de la levure atténuant fortement, même quand elle est en minorité. Elle reste longtemps inactive et fermente quand les autres ont fini leur évolution. Van Laer a trouvé qu'un mélange d'une partie de levure Logos et de 5 000 parties d'autre levure donnait l'atténuation limite de la levure Logos.

Un fait curieux, c'est la persistance des mélanges, qui restent sensiblement les mêmes après plusieurs générations.

Outre ces caractères d'atténuation, on a trouvé des levures qui en présentent d'autres très intéressants. Certaines levures se mettent en paquets plus ou moins volumineux.

D'après Delbrück, ce sont les levures dont les diastases protéolytiques

IRIS - LILLIAD - Université Lille

n'agissent pas à l'extérieur qui restent soudées et donnent des paquets qui se déposent plus vite et des bières de clarification rapide. Les levures hautes ne donnent ordinairement pas de cassure.

D'autres levures apportent dans la bière des goûts et des bouquets caractéristiques, ou forment de la mousse plus ou moins belle. Enfin il faut encore citer la différence de résistance aux bactéries.

LEVURES SAUVAGES

Origines. — Les levures sauvages existent en très grande quantité dans la nature, soit sur le sol, soit sur les fruits de différentes espèces. Elles sont apportées en grande partie par l'air. Elles ont la faculté d'hiverner dans le sol ; en été elles se mêlent aux poussières que le vent soulève, pénètrent dans les brasseries et souillent les levains et les moûts, principalement sur les bacs refroidissoirs, plus exposés que les autres appareils à les recevoir. Elles apparaissent rarement en hiver ; c'est toujours en été qu'on les rencontre en plus grande quantité. Hansen a observé que c'est en août et septembre que les poussières en contiennent le plus. Il a constaté aussi que les insectes les transportent ; les mouches, les abeilles, les guêpes les prennent au moment où les fruits deviennent juteux et les déposent sur les appareils de brasserie ; il en a trouvé dans leurs pattes et dans les villosités de leurs corps.

Elles s'accommodent très bien du voisinage des Saccharomyces cerevisiæ et des conditions de développement de ce dernier. Pour les distinguer des levures normales on peut employer les trois procédés suivants : 1° cultiver sur gélatine à des températures de plus en plus élevées. Il y a un moment où les levures sauvages résistent seules ; 2° les sécher par la chaleur et rechercher les plus résistantes ; 3° les sécher à l'air froid, les abandonner un jour à 25° et examiner les cellules vivantes qui sont les levures sauvages.

Nous décrirons les espèces les plus fréquentes en brasserie et celles qui apportent réellement des troubles dans la fabrication.

Pastorianus. — Le Saccharomyces pastorianus est le plus répandu. Pasteur a découvert cette levure dans une fermentation secondaire de vins du Jura restés doux après la fermentation principale ; il l'a retrouvée plus tard dans les bières anglaises. Elle a été dénommée par Reess.

C'est une levure basse, qui se présente sous forme de tiges ou de cordons de cellules ramifiées se terminant en cellules ovales, pyriformes ou allongées en massue, qui sont, dit Pasteur, comme les spores de la plante. Lorsqu'elle bourgeonne dans une solution sucrée, elle présente cet aspect en tiges et en cordons ramifiés, mais quand elle vieillit, les files se rompent et les cellules prennent une forme tout à fait caractéristique, allongées en boudins (fig. 70), quelquefois légèrement recourbés. Quand elle est très vieille, les cellules deviennent plus petites et rondes ; on peut alors les confondre avec les cellules du S. cerevisiæ.

Les articles peuvent atteindre une longueur de 18 à 22 μ ; les cellules rondes ont un diamètre de 5 à 6 μ. Les spores sont rondes ou ovales, au nombre de 2 ou 4 et mesurent environ 2 μ.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le propre de cette levure, dit Pasteur, est de donner aux bières un goût vineux, et ce goût vineux est surtout développé dans les bières de garde anglaises.

Ainsi le Pastorianus, bien que levure basse, c'est-à-dire ne montant pas à la surface, n'en peut pas moins se rencontrer dans des levains de levure haute.

Il fermente la maltose et est doué d'un pouvoir fermentatif très énergique; il produit autant d'alcool que le S. cerevisiæ. Il se propage avec une très grande rapidité et un levain envahi par le Pastorianus peut finir par en renfermer pour moitié de ses cellules.

Pasteur lui attribue les fermentations complémentaires qui prennent naissance dans les bières hautes ou basses logées en fûts après fabrication, ce qu'on appelle en brasserie les *refermentations*.

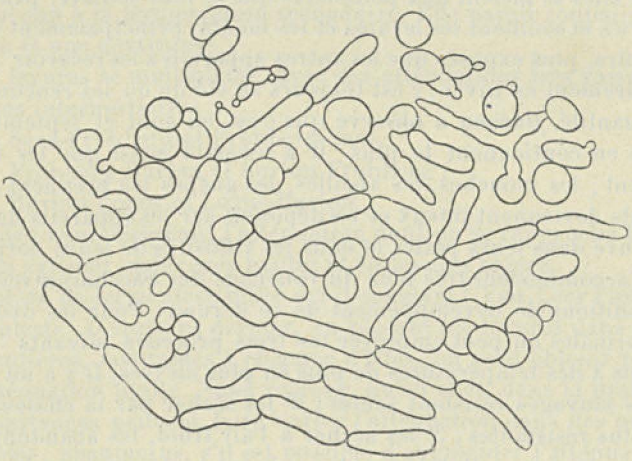


Fig. 70. — Saccharomyces Pastorianus. Voile (d'après Jorgensen).

Hansen a trouvé trois races de Pastorianus.

Le *S. Pastorianus I* est une levure basse qui donne à la bière un goût désagréable et amer, une clarification très lente et toujours imparfaite. La saveur amère peut être très intense.

Il forme ses spores entre 3 et 30°. La température la plus favorable est 27°; elles apparaissent en vingt-quatre heures.

A 25°,	la sporulation se fait en	25	heures.
A 18°,	— —	35	—
A 15°,	— —	50	—

Les températures limites de formation du voile sont 3° et 27° : à 26°, température la plus favorable, le voile se forme entre le septième et le dixième jour et donne des colonies de cellules très ramifiées et très allongées.

Le *S. Pastorianus II* (*S. intermedius*) est une levure haute, mais faible, ne donnant aucune maladie à la bière, mais lui communiquant néanmoins un arrière-goût particulier et quelque peu aromatique.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Températures limites de sporulation 3° et 27°; température la plus favorable 25°, en vingt-cinq heures.

A 18°, la sporulation se fait en trente-six heures ;

A 16°, elle se fait en quarante-huit heures.

Il forme son voile aux mêmes températures et dans le même temps que le n° I, mais ce voile est composé en majorité de cellules rondes ou ovales, non ramifiées.

Le *S. Pastorianus III* (*S. validus*) a particulièrement la forme allongée en boudin. Il donne le trouble de levure, les refermentations après soutirage et un mauvais goût à la bière. C'est une véritable levure de maladie. Il se dépose très difficilement et donne un dépôt qui remonte dans le liquide à la moindre agitation.

Il sporule entre 8° et 27° et en vingt-huit heures à la température de 25°, la plus favorable.

A 18°, la sporulation se fait en quarante-quatre heures, et en cinquante-trois heures à 15°.

Le voile apparaît dans le même temps et aux mêmes températures que les précédents. Les cellules du voile sont encore plus allongées et plus ramifiées que celles du n° I.

Ellipsoïdeus. — Le Saccharomyces ellipsoïdeus a été observé par Pasteur et dénommé par Reess. Pasteur l'a trouvé sur le raisin et dans des moûts de

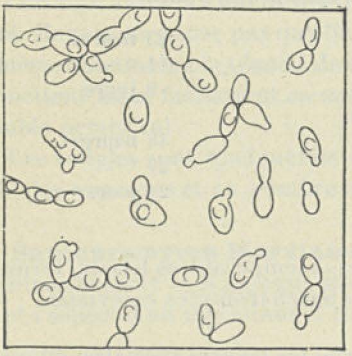


Fig. 71, *a*. — Levure de vin. Saccharomyces ellipsoïdeus (d'après Kayser).

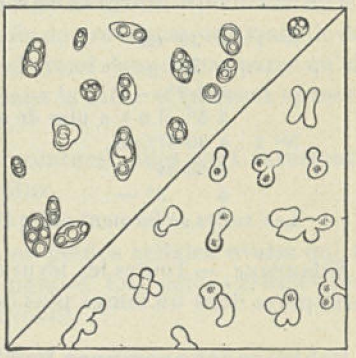


Fig. 71, *b*. — Levure de vin. Spores avant et après germination (d'après Kayser).

vin en fermentation. C'est une levure de vin, mais Hansen l'a rencontrée dans le moût de bière où il joue le rôle de ferment de maladie.

La forme des cellules, comme l'indique son nom est elliptique (fig. 71); elles mesurent 6 μ de longueur, sur 4 à 5 μ de largeur. Elles sont isolées. Les spores sont au nombre de deux, quelquefois quatre.

On le trouve dans toutes les fermentations spontanées. Il trouble la bière et provoque les refermentations.

Hansen en décrit deux races :

Le *S. Ellipsoideus I* forme ses spores entre 3° et 31°. A 25°, température la

IRIS - LILLIAD - Université Lille

plus favorable, il sporule en vingt et une heures; à 18°, en trente-trois heures et à 15°, en quarante-cinq heures.

Il fait son voile entre 8° et 34° et en huit à douze jours à 33°. Les cellules du voile sont en partie elliptiques, en partie allongées et ramifiées.

Le *S. Ellipsoïdeus* (*S. turbidans*) *II* fait ses spores entre 8° et 33°. A 29°, température la plus favorable, il les forme en vingt-deux heures; en vingt-sept heures à 25°; en quarante-deux heures à 18° et en quarante-cinq heures à 15°.

Le voile se forme entre 3° et 38°. A 33°, il se fait en trois ou quatre jours. Les cellules du voile ont la même forme que la levure de dépôt.

Hansen considère le n° II comme plus dangereux que le n° I. Il trouble profondément la bière et donne un dépôt très peu consistant, que la moindre agitation remet facilement en suspension dans le liquide.

Levures sauvages de Will. — Will décrit, sous ce nom, deux levures formant des spores et des voiles et qui sont des ferments de maladie pour la bière. Elles se rapprochent beaucoup de l'Ellipsoïdeus.

Le n° 1, à cellules ovales et allongées est une levure basse, mais restant en suspension dans la bière, la troublant et lui donnant un goût amer.

Le n° 2 a les cellules irrégulières, de 7 à 11 μ de longueur sur 5 à 6 μ de largeur; elle trouble également la bière et lui communique une saveur amère, astringente et un goût aromatique.

Voici les températures et les temps de formation des spores.

N° 1 :	à 39° en	23 heures.
	à 34° —	11 —
	à 8-9° —	9 jours.
	à 5°, il n'y a plus de sporulation.	
N° 2 :	à 30-31° en	48 heures.
	à 23-24° —	29 —
	à 3° —	21 jours.

Les voiles se forment entre 29 à 30°.

Remarque. — Toutes les levures sauvages, à températures basses, forment leurs spores dans un temps plus court que le Saccharomyces cerevisiæ.

Schizosaccharomyces Pombe. — Parmi les levures spéciales, citons le Schizosaccharomyces Pombe, trouvé dans une bière africaine à base de sorgho.

Elle forme de grands boudins fermentant maltose et achroodextrine; elle agit lentement et surtout bien à 32-36°.

Ce qui est particulier, c'est son mode de formation des bourgeons par cloisonnement. Elle donne facilement une variété peu sporifère. Elle liquéfie très vite la gélatine.

Saccharomyces apiculatus ou carpozyma apiculatus. — Le S. apiculatus (fig. 72) est une levure de vin, qui végète sur la pellicule des grains de raisin, mais qu'on rencontre aussi fréquemment dans les levains et les moûts de bière, surtout lorsque les brasseries sont à proximité des vignes et des treilles.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Jusque dans ces derniers temps on l'a considéré comme ne formant pas de spores. Les cellules pointues à chacune de leurs extrémités, ont la forme d'un citron. Elles sont petites et mesurent 6 à 8 μ de longueur sur 2 à 3 μ de largeur. Elles bourgeonnent par les extrémités; les cellules se détachent assez rapidement et présentent rarement un aspect rameux.

C'est une levure basse qui fermente fortement la dextrose et très peu la maltose. Néanmoins, elle se multiplie dans le moût de bière, sans produire d'alcool et trouble la bière ou retarde sa clarification.

Elle paraît ne donner aucun goût à la bière. Will, cependant, croit en avoir isolé plusieurs races, les unes donnant une saveur agréable, d'autres une odeur désagréable et même de moisi.

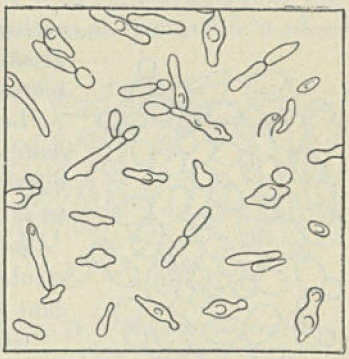


Fig. 72. — Levure apiculée. Carpozyma apiculatus (d'après Kayser).

Saccharomyces exiguus. — Reess a donné ce nom à une levure très petite (5 μ sur 2,2 μ) qui se rencontre assez fréquemment dans les dépôts de bière après fermentation. Elle ne forme pas de spores et ne fait pas fermenter la maltose.

Certains auteurs croient que ce n'est qu'une forme du S. cerevisiæ dégénéré. Hansen ne pense pas qu'elle soit capable de provoquer une maladie dans la bière. Néanmoins la ténuité de ses cellules la rend dangereuse parce qu'elles se mettent assez facilement en suspension dans la bière et peuvent causer un trouble persistant.

Les cellules sont quelquefois coniques, pointues; elles sont rarement en colonies rameuses et au nombre de six au plus.

Saccharomyces Marxianus. — Est en petites cellules ovales qui fermentent le sucre et la glucose, mais non la maltose. Les vieilles cellules prennent l'aspect d'un mycélium et tombent au fond.

Torulas. — Les Torulas (levures sauvages de Pasteur) sont de petites cellules rondes (fig. 73) de grandeur variée (1 à 4 μ), assez semblables aux cellules du Saccharomyces cerevisiœ, avec lesquelles on peut les confondre, et qu'on rencontre très fréquemment dans les dépôts de bière. Elles se reproduisent par bourgeonnement, ne forment pas de spores et ne sécrètent pas de maltase. Elles ne peuvent donc provoquer qu'une très faible fermentation.

Elles sont très variées; Hansen en décrit sept variétés, dont voici les caractères principaux :

Le n° 1, ne donne, dans le moût de bière, qu'une quantité insignifiante d'alcool; ne fermente ni la maltose, ni la saccharose.

Le n° 2 ne fermente ni la maltose, ni la saccharose et devient granuleux dans le moût de bière.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le n° 3 ne fermente pas une solution de saccharose, fermente très faiblement la maltose et ne peut donner dans le moût de bière que 7-8 p. 100 d'alcool.

Le n° 4 invertit la saccharose et dans le moût de bière, donne un peu plus de 1 p. 100 d'alcool.

Le n° 5 fermente la saccharose et pas la maltose; il forme un mycélium grisâtre sur le moût de bière ou à la surface des bières de garde.

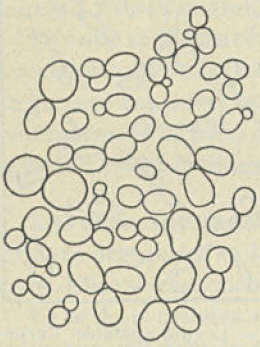


Fig. 73. — Torula (d'après Jorgensen).

Le n° 6 ne fermente pas la maltose; il peut cependant donner 1,3 p. 100 d'alcool dans le moût de bière; il invertit la saccharose et fermente la dextrose.

Le n° 7 ne fermente pas la saccharose; il fermente la dextrose et donne environ 1 p. 100 d'alcool dans le moût de bière.

Grönlund (*Comptes rendus du Laboratoire de Carlsberg II*) en décrit une autre variété, sous le nom de *Torula novæ Carlsbergiæ*, qui fermente assez fortement la saccharose et la dextrose, et qui donne à la bière un goût amer, désagréable.

Hansen ne les considère pas comme nuisibles. Cependant, les torulas, sauf le n° 5, vivent dans les profondeurs du liquide, aux dépens du sucre et sans produire d'alcool; à ce titre, nous pouvons les ranger parmi les ferments de maladies. En grande quantité, ils troublent la bière. Jorgensen les a rencontrés dans des bières de fermentation haute faiblement atténuées et ils donnaient un trouble abondant dans les bouteilles.

Ils sont très répandus. On les trouve sur les fruits, dans les poussières de l'air, dans les germoirs, sur les murs humides, dans les tuyaux et les conduits mal nettoyés; sur les bacs, où ils pullulent très rapidement si la température leur devient favorable, et gênent, plus tard, le développement de la levure.

Mycoderma cerevisiæ. — Le Mycoderma cerevisiæ (fig. 74) est une espèce essentiellement aérobie, qui forme à la surface de la bière une peau opaque, grise, plissée. Elle est composée de cellules à formes multiples, ovoïdes, elliptiques ou cylindriques, aux extrémités très arrondies. Elles sont très transparentes, avec une ou deux granulations très brillantes, de nature graisseuse. Elles sont pauvres en protoplasma; elles bourgeonnent par les extrémités, de façon à former des chaînes ou des flocons ramifiés et entrelacés qui donnent à l'ensemble l'aspect d'une membrane.

Les dimensions des cellules sont : pour les cellules ovoïdes, grand D $= 6\ \mu$, petit D $= 4\ \mu$; pour les cellules cylindriques, grand D $= 12$ à $13\ \mu$, petit D $= 3\ \mu$.

Elles produisent cette peau qui se forme toujours et très rapidement sur la bière en vidange, et même à la surface de la bière contre le trou de bonde, quand ce trou est débouché et que la bière est exposée à l'air libre, et qui est

IRIS - LILLIAD - Université Lille

connue vulgairement sous le nom de *fleurs*. Elle se forme même dans les foudres de garde.

La cellule se développe surtout aux températures inférieures à 15°. Elle ne donne pas d'alcool; cependant, M. Pasteur a observé, en cultivant des mycodermes dans des ballons d'eau sucrée, que si on agite le vase pour disloquer le voile et l'immerger complètement, on ne tarde pas à voir, en opérant à 25 ou 30°, s'élever, du fond, des bulles de gaz qui annoncent un commencement de fermentation, et on constate, dans le liquide, la présence de l'alcool. Le voile se reforme ensuite et la fermentation s'arrête, mais on peut la faire reprendre en disloquant le voile de nouveau. Si on laisse végéter à la surface, il n'y a point de fermentation, ni d'alcool produit.

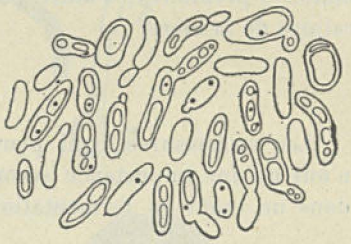


Fig. 74. — Mycoderma cerevisiæ (d'après Jorgensen).

L'apparition du mycoderme sur la bière est-elle l'indice d'une maladie?

Comme on a observé le voile mycodermique, même en abondance, sur des bières saines, de bon goût et de bonne conservation, on a pensé qu'il n'avait aucune influence nuisible. Un préjugé fait même considérer la formation du voile comme une chose excellente, empêchant la déperdition de l'acide carbonique. Mais les mycodermes n'apparaissent que si la bière est exposée à l'air impur; dans un ballon stérilisé, où l'air n'arrive que filtré sur du moût stérilisé et ensemencé de levure pure, jamais le voile mycodermique ne se produit. Si le mycoderme est apporté par de l'air impur, il est, la plupart du temps accompagné de bactéries et surtout de la bactérie de la fermentation acétique qui, étant elle-même aérobie, s'accommode très bien de son voisinage. Le fait est que les bières en vidange, où se produisent abondamment des fleurs, ne durent jamais longtemps et ne tardent pas à s'altérer.

A un autre point de vue, nous devons considérer le mycoderme comme un ferment de maladie. Dans les circonstances ordinaires, il détruit l'alcool déjà formé, au lieu d'en produire. D'après Pasteur, il s'empare de l'oxygène de l'air et par une oxydation énergique, combure l'alcool auquel il le transmet. Schutzemberger a constaté qu'il peut détruire même l'alcool qu'on ajoute au liquide affaibli où il se développe.

On peut facilement éviter la production du mycoderme en ne laissant venir au contact de la bière que de l'air pur; en mettant, par exemple, dans un trou de fausset pratiqué sur un tonneau, un tampon de coton, la bière peut rester en vidange très longtemps, sans qu'il y ait traces de fleurs.

Will a décrit un mycoderme qui décolore facilement la bière.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

AUTRES MICROBES

A côté des levures, la brasserie doit s'occuper d'autres infiniment petits; d'une part des moisissures qui interviennent surtout comme parasites des matières premières; d'autre part des bactéries qui causent surtout des altérations de la bière.

MOISISSURES

Les moisissures, qui peuvent causer certains désordres en malterie, n'ont qu'une importance secondaire en brasserie. Leurs spores, introduites dans un moût en fermentation, ne peuvent ni former leur mycélium, ni

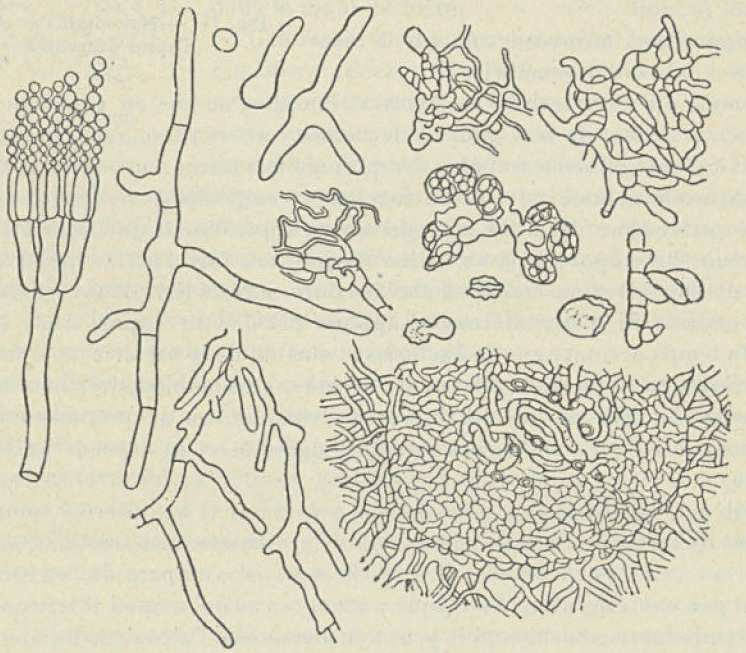


Fig. 75. — Penicillium glaucum (d'après Jorgensen).

influencer la fermentation. Elles sont essentiellement aérobie et la richesse de la bière en acide carbonique s'oppose à leur développement.

Dans un seul cas, les moisissures peuvent envahir la bière, c'est lorsqu'elle est complètement éventée par suite d'un trop long séjour en vidange, dans une cave chaude.

Cependant, la bière peut prendre le goût de moisi. Ce goût est alors apporté par les spores venant du malt ou du houblon sur lesquels des moisissures ont pu se propager; ou bien elles sont communiquées par les usten-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

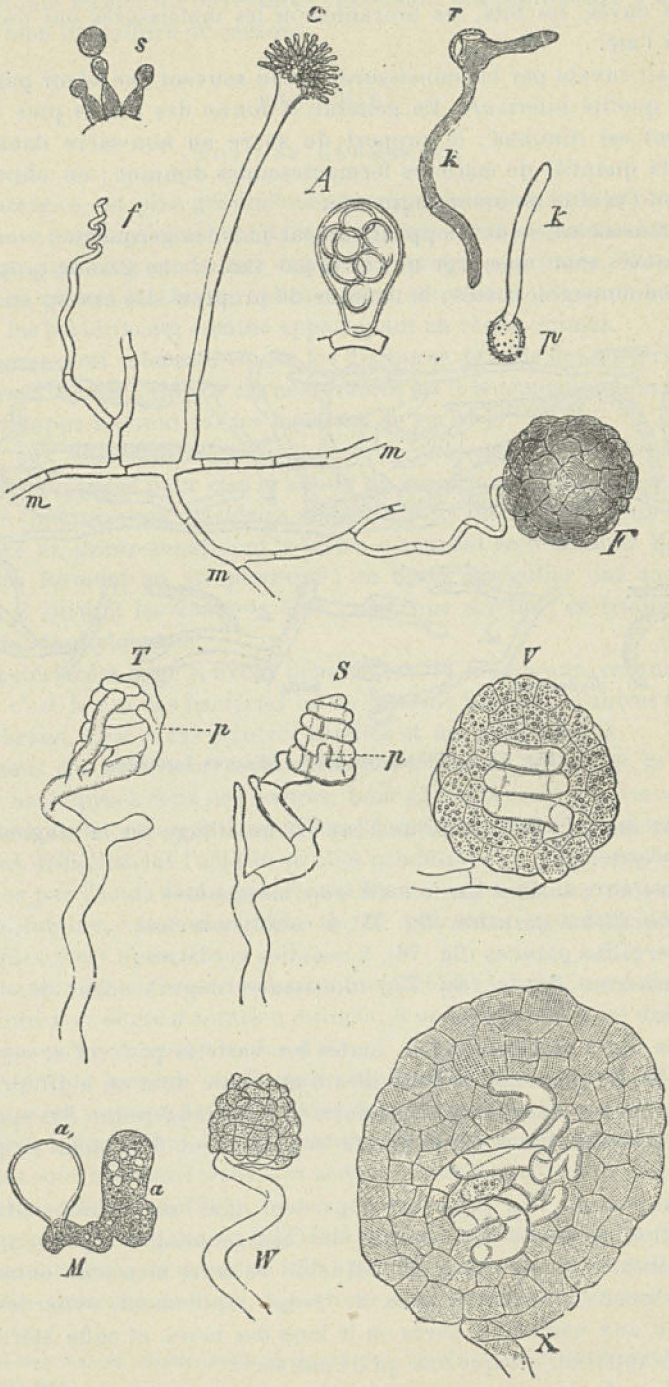


Fig. 76. — Aspergillus glaucus (d'après Jorgensen).

IRIS - LILLIAD - Université Lille

siles, les cuves, les fûts, les murailles où les moisissures ont pullulées ou enfin par l'air.

Le malt envahi par les moisissures prend souvent une odeur particulière; il est de qualité inférieure. En général, il donne des moûts plus foncés; le rendement est diminué; le rapport du sucre au non-sucre dans le moût baisse; la quantité de matières fermentescibles diminue; on obtient moins d'alcool et l'acidité du moût augmente.

Les moisissures se développent surtout dans les germoirs.

Les causes sont : une orge qui n'est pas saine; une grande proportion de grains endommagés, cassés; le manque de propreté des caves; un balayage

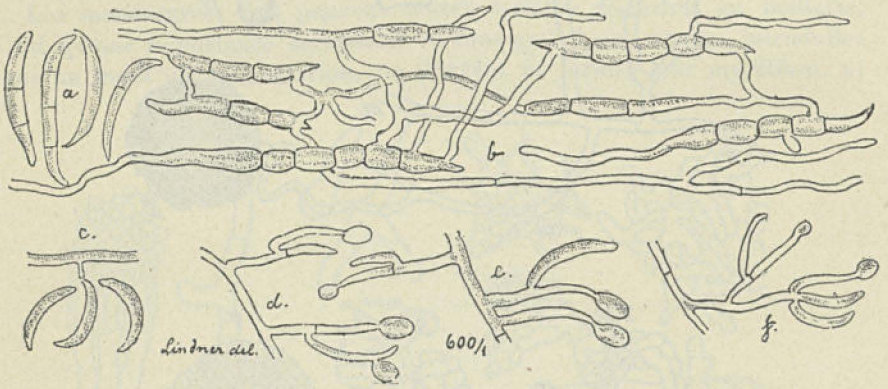


Fig. 77. — Fusarium hordei (d'après Lindner).

insuffisant du sol; l'impureté de l'eau de mouillage ou la stagnation trop longue de cette eau.

On rencontre surtout sur le malt trois moisissures :

Le *Penicillium glaucum* (fig. 75), à conidies vertes;

L'*Aspergillus glaucus* (fig. 76), à conidies verdâtres;

Le *Fusarium Hordei* (fig. 77), moisissure rouge à odeur de moisi très prononcée.

Sur les murs mal entretenus, toutes les variétés peuvent se rencontrer, mais la plus fréquente est le Penicillium glaucum, dont on a dit qu'elle était la *moisissure par excellence*. C'est aussi la plus dangereuse. Ses spores, très ténues, à peine retenues sur la plante, se dispersent facilement et pénètrent partout.

Les moyens de s'en préserver consistent dans une bonne ventilation et une aération fréquente des locaux, des badigeonnages répétés à l'eau de chaux et au bisulfite de chaux. Il faut tenir les murs bien secs, entretenir un pavage soigneux, évacuer les eaux de lavage rapidement, éviter les infiltrations d'eau aux voûtes des caves ou le long des murs, et enfin stériliser à la vapeur les appareils chaque fois qu'ils ont servi.

Quand, malgré ces moyens préventifs, une odeur de moisi se déclare dans

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

un local, il faut fermer les ouvertures et pendant plusieurs jours y brûler du soufre ou bien du sulfure de carbone.

BACTÉRIES

NOTIONS GÉNÉRALES

Les Bactéries, ou plus généralement les bactériacées, se rapprochent des champignons parce qu'elles sont parasites, mais elles sont voisines des algues à cause des pigments et de leur reproduction scissiparitaire. Elles ont en général des spores et, comme celles-ci sont souvent mobiles, on a autrefois considéré les bactériacées comme appartenant au règne animal.

Les spores sont internes, ce qui les distingue de celle des nostocacées qui sont externes (kystes). Une de ces nostocacées est le leuconostoc mésentéroïdes qui se développe souvent sur les mélasses de sucrerie.

Quant aux bactériacées, elles sont formées de cellules petites entourées d'une gelée qui passe pour être le résidu du mycélium. Tantôt chaque cellule a sa gelée (micrococcus, bactéries, bacilles) et d'autres fois, cette gelée est commune à un groupement dont la forme a souvent reçu un nom. En chaîne, les cellules forment un streptocoque ; en amas irrégulier une zooglée ; en amas par 8 suivant les sommets d'un cube, une sarcine ; en triangles ou en grappes un staphylocoque.

Les bactériacées sont souvent dépourvues de membrane, ce qui les rend mobiles : c'est le cas des bactéries ou de certains bacilles ; d'autres fois il y a une membrane, c'est le cas d'autres bacilles et des micrococcus.

Les tissus des bactériacées sont difficiles à étudier à cause de la gelée, ils semblent analogues à ceux des levures. Leur alimentation est assez semblable à celles des levures, quoiqu'elles préfèrent des milieux neutres ou alcalins : elles supportent difficilement l'acidité qu'elles produisent ; il y a des espèces facilement tuées par l'acide tartrique. Il y a des exemples d'alimentation ferrugineuse, sulfureuse, etc., mais cela ne se rencontre pas dans les espèces intéressantes pour nous.

Ordinairement les bactériacées sont anaérobies ; mais il y a des espèces ayant besoin d'un degré d'aération mitigée, et on trouve toutes les doses depuis l'air pur jusqu'à l'absence absolue d'air.

En général la lumière n'influence pas les bactéries ; cependant le micrococcus ureœ vit surtout du côté éclairé des cultures.

En général l'optimum de température est compris entre 30 et 40° [1] ; mais les espèces sont ordinairement très sensibles aux variations de température. Elles sont toutes tuées à 100°.

Les spores résistent mieux à l'élévation de température. Il y a des espèces pour lesquelles elles résistent à 120° à sec, de sorte que le touraillage ne les tue pas. En présence de l'eau, les spores sont ordinairement tuées à 50-55°

[1] Les bières basses contiennent rarement des bactéries ; elles contiennent plutôt des levures sauvages.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

(2 heures). Cependant il est des espèces qui résistent à 95° et les tonneaux lavés à l'eau bouillante ne sont pas toujours stérilisés.

La reproduction par spore est ordinairement le mode de reproduction en milieu peu nutritif et trop aéré ; cependant on ne connaît pas les spores des micrococcus.

La spore devient libre par dissolution de la cellule mère, puis elle se gonfle, sa membrane s'éclaircit, se perce en 1 ou 2 points et laisse sortir la nouvelle bactérie qui reste souvent prisonnière dans la gelée de la colonie.

La scissiparité est le mode de reproduction en milieu riche et convenablement aéré ; la cellule s'allonge, se cloisonne, se coupe. Il y a des espèces chez lesquelles le dédoublement a lieu en sept minutes ; le temps moyen est de trente-cinq minutes.

Les bactériacées agissent sur les milieux extérieurs à l'aide de diastases variées.

Elles produisent, outre les aliments d'entretien des anciennes cellules et les éléments des nouvelles, des produits très divers qui d'ailleurs n'existent nullement tous à la fois dans toutes les espèces. Certaines bactéries produisent du soufre, de l'oxyde de fer, de l'amidon (ou plutôt une substance bleuissant par l'iode), des matières colorantes, des matières phosphorescentes. D'autres produisent à côté d'acide carbonique et d'hydrogène, des acides, des alcools, des aldéhydes, etc.

Au point de vue de la forme on distingue : les *coccus*, cellules rondes de 1-3 μ de diamètre, souvent réunies en chaîne ; les *bactéries*, bâtonnets de 2-20 μ sur 2-5 μ, mobiles, isolées ou réunies par 2 ou 3 ; une variété est renflée au milieu, ce sont les *clostridiums* ; les *bacilles* sont en filaments allongés, mobiles ou immobiles, isolés ou réunis par chaîne (Leptotryx) ; quand ils sont ondulés et mobiles ce sont des vibrions. Enfin les *spirilles* sont enroulés en hélice et ont des mouvements de torsion.

Les bactériacées sont trop petites et trop variables pour être étudiées d'après la forme. Ordinairement on les étudie d'après leur fonction chimique la plus habituelle, mais là aussi il y a une grande variabilité, de plus les produits des fermentations bactériennes sont souvent multiples. Pour toutes ces raisons la classification par fonctions est arbitraire ; on doit la considérer comme un ordre mnémotechnique.

En ce qui concerne la brasserie, les espèces sont trop dispersées pour qu'il y ait lieu de les étudier autrement qu'isolément.

Les milieux acides tuent facilement les bactéries ; c'est ainsi que Pasteur les a éliminées de la levure (1 à 1,5 p. 100 d'acide tartrique), et c'est ainsi qu'on réacidule les levains qui ont été lavés à l'eau.

L'acide sulfureux, le bisulfite de chaux détruisent facilement les bactéries.

L'alcool gêne les bactéries, mais la bière n'en contient pas assez pour qu'il y soit bien utile ; l'habitude des brasseurs de donner de la force aux levains en les lavant à l'alcool s'explique par cette propriété, mais aussi par l'effet de nettoyage résultant de l'élimination des résines de houblon.

L'acide carbonique s'oppose surtout à la multiplication des bactéries ; les

IRIS - LILLIAD - Université Lille

bières qui moussent en bouteilles se conservent plus longtemps qu'en fûts.

Le tanin et les résines de houblon ont un effet antiseptique d'ailleurs variable avec les espèces. Les antiseptiques proprement dits, tels que l'acide salicylique, ont l'inconvénient de nuire autant à la levure qu'aux bactéries.

ORIGINES DES BACTÉRIES EN BRASSERIE

Au point de vue de la brasserie, les origines les plus habituelles des bacteries sont : l'air, l'eau, les matières premières. D'où il résulte qu'il ne suffit pas de surveiller l'air ou les infiltrations (de fosses, d'écuries, etc.), mais qu'il faut s'efforcer d'opérer en milieu stérilisé le mieux possible.

INFLUENCE DE LA SAISON

Pasteur avait remarqué qu'il y a des époques, au renouvellement du printemps, en été et à l'automne, où le travail de la brasserie devient particulièrement difficile. Il attribuait ce fait à ce que les matières premières sont moins fraîches et que les avaries qu'elles ont pu subir les ont couvertes de parasites divers et de ferments de maladie.

Il y a d'autres raisons.

Hansen a repris l'expérience des ballons de Pasteur (ensemencement en différents lieux), mais en n'y introduisant que du seul moût de bière houblonné, pour mieux se rendre compte des organismes capables d'y végéter.

Il a constaté que leur nombre contenu dans l'air, rare en hiver, augmente de juin à août et atteint son maximum en septembre, à l'époque de la maturation des fruits (Hansen est danois).

Le même fait a été observé par Miquel. Il existe en moyenne par 100 mètres cubes d'air à Montsouris, en hiver, 6 200 spores cryptogamiques ; ce nombre s'élève à 13 000 au printemps, à 28 000 en été et tombe à 9 800 en automne.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'ÉTAT ATMOSPHÉRIQUE

Miquel met en évidence l'influence de la température par le tableau suivant, d'une année normale :

Mois.	Spores.	Température.
Janvier	7,150	2°,4
Février	7,090	4°,5
Mars	5,480	6°,4
Avril	7,510	10°,1
Mai	12,230	14°,2
Juin	35,030	17°,2
Juillet	27,760	18°,9
Août	23,910	18°,5
Septembre	15,930	15°,7
Octobre	14,330	11°,3
Novembre	8,910	6°,5
Décembre	7,030	3°,7

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La diffusion varie avec les heures de la journée. Il semble qu'il y ait un minimum vers 2 heures du matin et le soir, avec l'abaissement de la température; le nombre augmente vers 8 heures du matin et croît jusqu'à 7 heures du soir.

La pluie et la sécheresse ont une influence. Les bactéries augmentent avec les hautes pressions barométriques et avec les faibles états hygrométriques. La pluie purifie l'air, mais la chaleur et l'humidité favorisent leur éclosion, et dans les étés un peu humides, il y en a davantage. La sécheresse facilite leur dispersion par le vent. Mais après les périodes un peu longues de sécheresse, elles diminuent.

INFLUENCE DU MILIEU

Hansen a expérimenté ses ballons dans les différents locaux de la brasserie du Vieux-Carlsberg, à Copenhague, et il est arrivé à des résultats intéressants pour la pratique.

Il a constaté que l'air des caves de fermentation est relativement plus pur que celui des locaux de la malterie. Il trouvait des levures et des bactéries, tandis que dans le voisinage des magasins à orge et à malt, les moisissures dominaient.

Comparant cette expérience avec une autre faite dans une brasserie X, il trouva, dans celle-ci, l'air infecté de bactéries, tandis que l'air de la brasserie du Vieux-Carlsberg était relativement pur, surtout dans les caves. Il attribue cette pureté, d'abord à l'extrême propreté qui préside à toutes les opérations, puis à ce que l'air envoyé dans les caves traverse un bain de saumure refroidi.

Dans les germoirs du Vieux-Carlsberg, l'air était aussi plus pur; il en trouve la cause dans l'emploi du système de maltage pneumatique et parce que l'air, avant d'y être amené, traverse un filtre à coke humide.

Il constata que l'air, autour de la drêche, était rempli de bactéries ; ce sont surtout des organismes produisant des fermentations acides; mais il observa que les vapeurs de la drêche chaude en contenaient peu et que c'est lorsque celle-ci se refroidit et se sèche que les bactéries se multiplient.

Voici le résultat d'une de ses observations :

Caves de fermentation du Vieux-Carlsberg. Ballons contaminés.	22 p.	100.
Vapeurs de la drêche	31	—
Jardin de la brasserie	50	—
Cave E de la brasserie X	70	—
— A —	83	—
— I —	100	—
Germoirs	100	—
Corridors de la malterie	100	—

ÉTUDE DES ESPÈCES TROUVÉES EN BRASSERIE

Les bactéries qui peuvent infecter les moûts de brasserie et y causer des désordres sont heureusement peu nombreuses. Le moût de bière houblonné est un milieu qui ne convient qu'à un très petit nombre d'espèces. Aucun fer-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ment pathogène ne peut s'y développer ; la bière ne peut transmettre aucune maladie.

Les bactéries que l'on trouve ordinairement dans le moût et dans la bière sont : les ferments acétiques, les ferments lactiques, les ferments butyriques, les ferments visqueux et les sarcines.

FERMENTS ACÉTIQUES

Le ferment acétique se présente sous forme de bâtonnets très courts, légèrement étranglés par le milieu, ayant l'aspect d'un sablier. C'est une véritable bactérie. Ses cellules n'ont pas plus de 2 μ de longueur.

Les bâtonnets sont immobiles, quelquefois isolés, mais plus souvent réunis en chapelets. Sous l'influence de certaines circonstances, de milieu ou de température, ils prennent les formes les plus variées : en bâtonnets accolés les uns au bout des autres et réunis en chaînes plus ou moins longues, droites ou légèrement recourbées, avec des renflements de place en place où prennent naissance des spores. Souvent aussi, les bâtonnets sont alternés avec des chapelets de cellules. Les articles sont reliés entre eux par des liens invisibles, très fragiles et les chaînes se séparent facilement à la simple pression de la lamelle ou de l'agitation de la goutte sur le microscope.

C'est le ferment qui produit le vinaigre ; il oxyde l'alcool :

$$C^2H^5.OH + O^2 = C^2H^4O^2 + H^2O.$$

Il est franchement aérobie et il ne tarde pas à former à la surface des solutions un voile mycodermique.

Quand il est forcé d'habiter les profondeurs du liquide, dans les dépôts de fûts, dans les bouteilles fermées, il prend plus volontiers, la forme allongée et ses articles atteignent 10 à 15 μ. Les cellules sont alors gris foncé et le bâtonnet se termine par une courte chaîne de microcoques.

Exposé à une température de 40°, il prend de même la forme allongée.

Le ferment acétique ne se développe que dans les solutions contenant moins de 10 p. 100 d'alcool. Il se nourrit à la façon des levures, aux dépens des matières azotées et minérales. Pasteur croit que quand il ne trouve plus d'alcool dans un liquide, il oxyde l'acide acétique et le détruit ; il vit alors comme une moisissure.

Les températures qui lui sont le plus favorables sont entre 18° et 35°. D'après Hansen c'est à 33-34° qu'il croît le plus rapidement. Au-dessous de 18°, sa croissance est plus lente ; à 50°, il est détruit.

Il est sensible à l'action de l'acide sulfureux et non du houblon.

Il peut prendre la forme zoogléenne. Sous cette forme, il se présente comme une matière mucilagineuse qui ne tarde pas à envahir tout le liquide. Les cellules sont reliées par une gelée translucide qui, en vieillissant, prend la consistance d'une membrane.

Dans la bière, il oxyde l'alcool et le transforme en acide acétique qui communique à la bière un goût acide très prononcé.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il se forme surtout dans les fermentations mal conduites, à températures élevées, dans les brasseries situées à la campagne, dans les caves chaudes et mal ventilées.

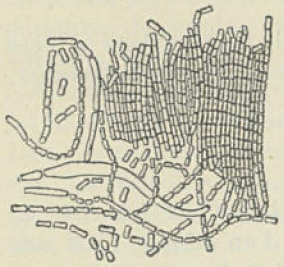


Fig. 78. — Bacterium aceti (d'après Hansen-Jorgensen).

On le rencontre peu dans la fermentation basse, à cause des températures froides des caves; plus souvent dans la fermentation haute, surtout lorsqu'elle s'accomplit à des températures élevées ou que la bière est exposée à l'air libre et chaud.

Dans les fûts et les bouteilles bien fermés, le ferment acétique ne se développe pas, même à température favorable ; il faut l'accès de l'air.

D'après Hayduck, même un excès de houblon n'arrêterait pas son développement dans la bière.

Hansen a observé que la cellule pure du ferment acétique ne change pas

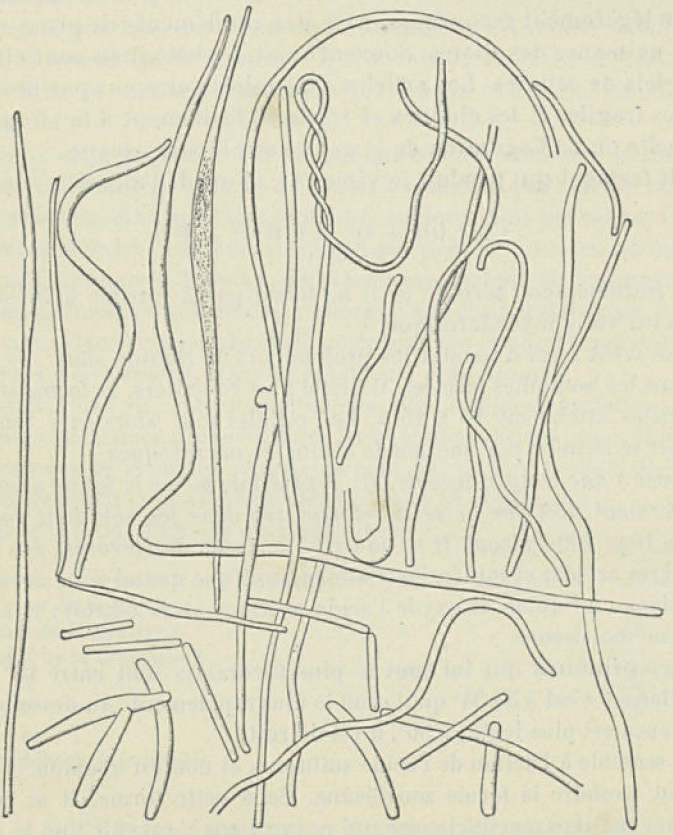


Fig. 79, *a*. — Bacterium pasteurianum. Filaments après culture de 24 heures dans la bière double à 40° (d'après Hansen-Jorgensen).

la couleur de la bière, ni ne la trouble. La pratique confirme cette observa-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tion; la bière aigre reste claire, si aucune autre bactérie ne vient la troubler.

Hansen en a trouvé trois espèces dont voici les caractères principaux :

Le *Bacterium aceti* (fig. 78) forme à 34°, en vingt-quatre heures, sur la bière forte, un voile uni et gras. Les cellules ont la forme que nous avons décrite. A 40°, il prend la forme de bâtonnets longs et minces. Sur gélatine, à 25°, il donne en quatre jours des colonies grises et rondes Il n'est pas coloré par l'iode et se rencontre aussi bien dans les bières basses que dans les bières hautes.

Le *Bacterium pasteurianum* (fig. 79 *a* et *b*) à 34° donne, en vingt-quatre heures, un voile plissé et sec. Les cellules sont un peu plus grosses. A 40°, il forme des bâtonnets allongés, mais plus minces que le précédent. Sur gélatine il donne en quatre jours à 25°, des colonies étroites, sèches et jaunâtres, d'aspect cireux. On le trouve plus souvent dans les bières hautes, les bières légères, pauvres en alcool et peu atténuées. Sa cellule est colorée en bleu par l'iode.

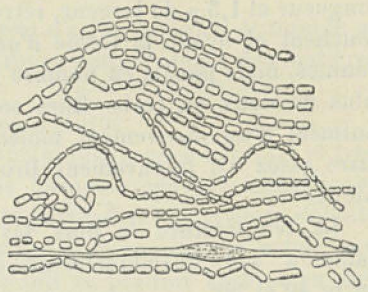


Fig. 79, *b*. — Bacterium pasteurianum (d'après Hansen-Jorgensen).

Le *Bacterium kutzingianum* (fig. 80) donne un voile uni, non plissé et gris bleu. Les cellules sont en bâtonnets le plus souvent dissociés ou réunis par deux. A 40°, elles s'allongent mais restent plus courtes que les cellules des précédents. L'iode les colore en bleu. Sur gélatine, il donne en quatre jours à 25°, des colonies composées en grande partie de cellules isolées avec quelques rares chaînes.

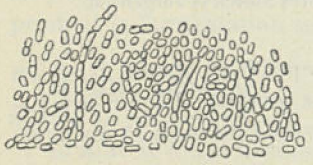


Fig. 80. — Bacterium kutzingianum (d'après Hansen et Jorgensen).

Le kutzingianum donne plus d'acide acétique que le pasteurianum, le double environ.

Hansen l'a rencontré sur les parois de tonneaux mal entretenus.

Il existe d'autres ferments produisant de l'acide acétique, nous citerons :

1° Le *Bacterium oxydans*, trouvé par Henneberg dans une bière basse de Halle et se distinguant très peu des espèces décrites par Hansen.

2° Le *Bacterium xylinum* des vinaigreries anglaises et qui a la propriété d'oxyder les sucres mannitiques en donnant des cétoses.

3° Le *Thermobacter aceti* qui existe sur certaines bières de garde; les cellules sont mobiles tant que le milieu n'est pas trop acide.

Toutes ces espèces ont été caractérisées, par la nature de la gelée, l'aspect des voiles, l'aspect des cultures sur gélatine.

Elles supportent plus ou moins d'alcool et plus ou moins d'acide acétique.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

FERMENTS LACTIQUES

Bacille lactique. — Le ferment lactique est le ferment qui fait aigrir le lait. Il acidifie les moûts de brasserie.

La cellule est elliptique (fig. 81), très petite ; c'est un bâtonnet ayant 2 μ de longueur et 1,5 μ de largeur, rétréci à son milieu, mais sans que les parois se touchent et ayant la forme d'un 8. Les cellules sont isolées, quelquefois réunies, mais jamais en nombre de plus de deux ou trois. Elles sont animées d'un mouvement moléculaire assez vif (mouvement Brownien).

La température la plus favorable à son développement est entre 40 et 50°.

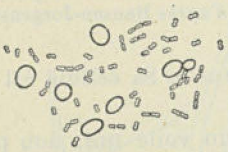


Fig. 81, *a*. — Ferment lactique de Pasteur avec quelques grains de levure.

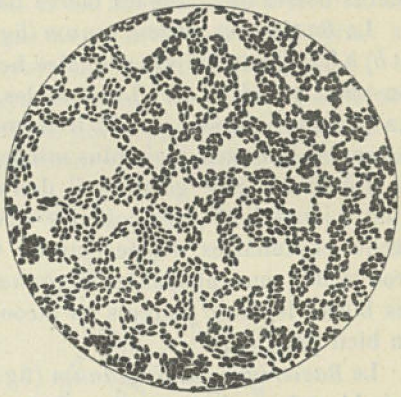


Fig. 81, *b*. — Ferment lactique (d'après Storch et Jorgensen).

C'est le ferment le plus redouté du brasseur. Cependant, quand il est en faible proportion il ne paraît pas nuisible et la petite quantité d'acide lactique qu'il produit est plutôt favorable à l'action diastasique du malt et au développement rapide de la levure.

En trop grande quantité, il devient défavorable, entrave l'action de la diastase et diminue l'activité des levures.

L'acide lactique se produit aux dépens du sucre fermentescible :

$$C^6H^{12}O^6 = 2\ (C^3H^6O^3).$$

Il peut fermenter la mannite avec dégagement d'hydrogène. Les résines du houblon s'oppose à sa diffusion (Hayduck). Il est tué vers 60° et la pasteurisation poussée à ce degré le fait périr.

Il préfère les milieux neutres ou légèrement alcalins ; il est gêné par l'acide qu'il produit. L'acide sulfureux, l'acide tartrique, le bisulfite de chaux enrayent son développement.

On obtient facilement le ferment lactique en faisant une trempe à 60° avec du malt vert, moulu, et en laissant refroidir à 40°. Il se produit une fermentation lactique active et le ferment est abondant dans le liquide filtré.

Il ne liquéfie pas la gélatine et dans une culture sur plaques, il donne en quarante-huit heures de petites colonies blanc grisâtre, porcelainées, qui

IRIS - LILLIAD - Université Lille

s'étalent en surface, à bords sinueux, transparents, tandis que le centre reste opaque et jaunâtre.

Il précipite les matières azotées et la bière devient louche, voilée, se décolore et prend une teinte opaline caractéristique bien connue des brasseurs sous le nom de *teinte verte*.

Si on verse, dans une bière limpide un peu d'acide lactique, le liquide se voile et ne se reclarifie qu'à la longue. On trouve dans le dépôt des matières azotées.

Cette particularité le distingue du ferment acétique.

Il communique en outre à la bière un goût piquant, acide, spécial et très désagréable. Comme, d'autre part, certains ferments peuvent transformer l'acide lactique en acide butyrique, à l'acidité particulière de la bière s'ajoute une odeur et une saveur forte, désagréable qui se communique même aux locaux où la bière est en fermentation. Ce fait se produit surtout en été, dans les caves chaudes, mal ventilées (goût d'été).

Le ferment lactique se trouve dans les bières belges, dans les bières fabriquées en partie avec du froment, dans les moûts faiblement houblonnés. Il est rare dans les bières de fermentation basse ; il existe toujours dans les bières de fermentation haute et leurs levains, en plus ou moins grande quantité.

Il apparaît sur le malt, pendant la germination, dans les trempes et surtout pendant le refroidissement du moût sur les bacs refroidissoirs, quand on y laisse le moût séjourner à basses températures. Il se développe surtout pendant la fermentation secondaire.

Bacille Lindner. — Lindner, d'une bière de garde très houblonnée, a isolé un bacille lactique.

Ce sont de longs bacilles minces réunis par 2-3 au plus, la chaîne formant des lignes courbes ou brisées ou formant des nœuds.

La culture en gouttelettes donne des cellules allongées. La culture en liquide alcoolique tend à raccourcir ce bacille.

Il donne ordinairement une acidité peu prononcée.

Il se développe très bien en moût très houblonné.

Bacille de la bière tournée. — Le bacille de la bière tournée a été décrit par Pasteur et étudié par van Laer, qui lui a donné le nom de *Saccharobacillus pastorianus*.

Il est formé de bâtonnets simples ou articulés d'une longueur variable et d'une largeur de 1 μ; il a une tendance à s'allonger.

Il fermente la saccharose sans l'invertir, la maltose, la dextrine, l'arabinose, la raffinose, la lactose.

Il est indifféremment aérobie et anaérobie. Il meurt à une température comprise entre 55 et 60°. Il préfère un milieu alcalin, mais peut vivre, néanmoins, dans des milieux d'une certaine acidité. Il ne végète pas dans une solution contenant plus de 7 p. 100 d'alcool.

En concurrence avec la levure, il n'en continue pas moins à croître.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On le cultive dans du moût de malt additionné d'agar et d'un peu d'alcool.

Il produit de l'acide acétique, de l'acide lactique, un peu d'alcool et d'acide formique.

Il détermine la maladie de la tourne, caractérisée par un trouble progressif et lent de la bière, une odeur particulière, l'acidité du liquide et un dépôt brunâtre constitué par les cellules et par la précipitation d'une certaine quantité de matières azotées, due à la présence de l'acide lactique. En bouteilles, la bière qui commence à tourner forme un dépôt noirâtre et abondant.

Bacille de la bière blanche de Berlin. — Une variété de ce ferment lactique a été isolée de la bière blanche de Berlin (fig. 82) ; il se développe très peu dans la bière houblonnée de même qu'en présence de 5 p. 100 d'alcool.

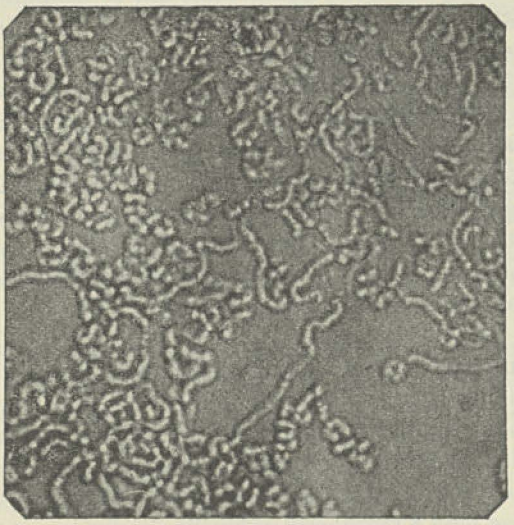


Fig. 82. — Ferment Lindner de la bière blanche de Berlin.

Il a une tendance à varier en largeur et à former des excroissances latérales.

Remarque, — Hueppe a décrit une variété peu connue de ferment lactique sous le nom de B. acidi lactici ; mais il existe bien d'autres ferments lactiques ayant pour origines le lait, les moûts de distillerie ; il se développe plus ou moins dans la bière certains Pédiococcus, et certaines Sarcines donnant de l'acide lactique.

Enfin plusieurs microbes pathogènes tels que les B. coli, typhi, le pneumocoque, etc., donnent de l'acide lactique.

FERMENTS BUTYRIQUES

Le ferment butyrique est l'organisme qui transforme l'acide lactique en acide butyrique ; il fait vieillir le fromage.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il communique à la bière un goût rance désagréable et une odeur répugnante. L'été, ce goût et cette odeur peuvent s'accentuer au point de devenir nauséabonds. Les goûts désignés sous les noms divers d'été, de cave, de cellier, de métier, sont causés par l'envahissement du ferment butyrique.

Il a été décrit par Pasteur.

Il est constitué par des bâtonnets allongés, arrondis à leur extrémités, quelquefois seuls, souvent réunis par deux, trois ou quatre. Leur largeur est de 2 μ, leur longueur, variable, peut atteindre 20 μ. Ils sont mobiles, avancent en glissant et parfois ont des mouvements de torsion. Ils se meuvent souvent avec une très grande rapidité.

Lorsqu'ils forment leurs spores, ils se renflent au milieu, ou à l'une des extrémités et dans le renflement apparaît la spore. Ils prennent alors la forme d'un pilon ou d'un fuseau (clostridium).

Le ferment butyrique décompose l'acide lactique, mais il attaque aussi les sucres et forme de l'acide butyrique, de l'acide carbonique et de l'hydrogène.

$$C^6H^{12}O^6 = C^4H^8O^2 + 2\,CO^2 + 2\,H^2.$$

Il renferme généralement de la granulose et sa cellule est colorée en bleu par l'iode.

La température la plus favorable à son développement est entre 25 et 30° Il préfère un milieu neutre ou alcalin, mais l'acidité du moût de bière n'est pas assez forte pour mettre obstacle à sa reproduction.

Il liquéfie la gélatine et on le cultive dans des bouillons ou dans des solutions de lactate de chaux.

Il contient une diastase qui dissout l'amylocellulose ; il peut donc attaquer l'empois et l'amidon soluble. Il se développe rapidement dans les bières contenant de l'amidon non saccharifié.

Il est essentiellement anaérobie, sauf quelques rares variétés, et l'oxygène libre arrête sa végétation. Son habitacle, cependant, est l'air et il peut être transporté dans les salles de brassage et de fermentation par les poussières.

Il prend naissance dans les germoirs, dans les profondeurs des cuves à tremper, dans les couches mal aérées, auxquelles il donne une mauvaise odeur ; dans les appareils de brasserie mal entretenus, surtout ceux en bois. Il se propage rapidement dans les moûts qui restent trop longtemps sans levure, à températures basses ; dans les tuyaux, les corps de pompe, les robinets, les conduites de débit des cafés (goût de tuyau), partout, en un mot, où il se trouve dans des conditions favorables à sa vie anaérobie.

Il est tué au-dessus de 50°, mais les spores de quelques espèces résistent à des températures de plus de 100°.

C'est un microbe très dangereux pour le brasseur.

Diverses espèces. — En appliquant aux fermentations butyriques les méthodes de cultures actuelles, on a isolé un certain nombre d'espèces. Nous citerons :

1° Le *B. Amylobacter de Trécul,* qui ne diffère de celui de Pasteur que

IRIS - LILLIAD - Université Lille

par des spores qui se forment en tête et végètent latéralement. Au moment de la sporulation il bleuit par l'iode. Il fermente la cellulose.

2° Le *Clostridium de Prasmowski* (fig. 83) qui est très voisin de ce dernier mais qui végète en tête.

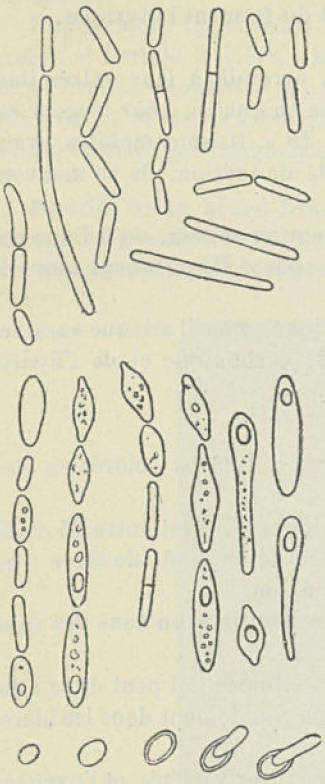


Fig. 83. — Clostridium de Prasmowski.

Ces deux espèces, tout comme l'espèce de Pasteur, donnent surtout de l'acide butyrique et sont anaérobies ;

3° Le *B. butylicus de Fitz* (infusion de foin) qui est en bâtonnets à mouvements rapides, sporule en tête ; il fait fermenter rarement la maltose et avec les sucres donne surtout de l'acide butyrique, avec la glycérine de l'alcool ordinaire et de l'alcool butylique et avec la mannite de l'alcool butylique ;

4° Le *B. granulo-bacter butylicus* de Beyerinck très voisin, donne avec l'amidon de l'alcool butylique ;

5° L'*Orthobutylicus de Grimbert*, tiré d'une infusion de haricots, est très mobile jusqu'à la sporulation, il donne de l'acide acétique et de l'acide butyrique en même temps que de l'alcool butylique ;

6° L'*Amylozyme de Perdrix* tiré d'une eau de puits, est un des plus anaérobie qui donne aux dépens de l'amidon de l'alcool ordinaire et de l'alcool amylique, des acides acétique et butyrique ;

7° L'*amylobacter Butylicus*, supporte la vie aérobie ; il se distingue de l'A. de Trécul par ses spores centrales et il se distingue du B. de Fitz en ce qu'en vie anaérobie il fermente l'amidon en donnant de l'adéhyde, des acides acétique, butyrique, lactique, des alcools éthylique et butyrique (ce que ne fait pas le B. de Fitz). Avec la glycérine on a un mélange d'acide butyrique et de son alcool, sans dégagement de gaz; avec les matières albuminoïdes on a entre autres de l'acide succinique ;

8° Le *bacille lupuliperda* de Behrens, dont nous avons parlé à propos du houblon et qui végète sur les cônes humides, est un ferment butyrique.

FERMENTS VISQUEUX

Le ferment visqueux produit la bière filante ou la maladie appelée la graisse. La bière devient visqueuse, prend la consistance de l'huile et file, ou tombe en colonne quand on la verse. Elle prend en même temps, une saveur désagréable.

C'est une maladie assez rare en fermentation basse, plus fréquente dans

IRIS - LILLIAD - Université Lille

les bières de fermentation haute, dans celles fabriquées avec du froment et dans celles abandonnées à la fermentation spontanée.

On n'est pas très fixé sur la bactérie qui cause cette maladie. Comme le phénomène peut se produire concurremment avec les fermentations lactique acétique et butyrique, il peut quelquefois n'être que le résultat d'une formation zoogléenne.

Pasteur avait trouvé dans la bière filante un micrococcus dont les éléments, très petits, apparaissaient disposés en chapelets.

Van Laer, des bières belges filantes, a isolé deux bacilles qu'il désigne sous les noms de Bacillus viscosus I et II. Ce sont des bâtonnets de 1,6 μ à 2,4 μ de longueur, sur 0,8 μ de largeur, généralement isolés, quelquefois réunis par deux.

Le n° I forme, à la surface de la bière, une sorte de voile couvert d'îlots de matière glaireuse, blanc-jaunâtre, soulevé par places en petits mamelons par des bulles d'acide carbonique. La bière devient plate au bout de vingt-quatre heures, se trouble après quarante-huit heures et prend une consistance qui ressemble à celle de l'albumine. Le dégagement d'acide carbonique, important au début, diminue au fur et à mesure que la viscosité augmente. La bière reste trouble, brunit et dégage une odeur caractéristique.

Le n° II ne donne pas de voile, dégage moins d'acide carbonique et produit une moins grande viscosité. La bière est trouble, brunit et prend aussi une odeur particulière. Ajouté à de la bière fermentée avec la levure ordinaire il ne provoque plus le filage, mais si on ajoute du carbonate d'ammoniaque, le filage se produit aussitôt.

La température qui leur est le plus favorable est 33°.

On les rencontre dans les eaux, surtout celles qui ont reçu des infiltrations de fosses d'aisance.

Dans une solution très sucrée, ni l'un ni l'autre ne produit le filage. Dans une solution à 3 grammes de saccharose et 1 gramme de peptone p. 100, le n° I donne le filage, le n° II trouble seulement le liquide.

Les bières peu atténuées filent rarement ; la maladie ne peut se déclarer qu'après la fermentation principale.

Van Laer pense que la matière visqueuse est fournie aux dépens des matières azotées. De faibles traces d'acidité s'opposent à la maladie, mais seulement quand la proportion de substances azotées n'est pas trop forte. Les orges très azotées prédisposent la bière au filage. Le tanin le guérit. On suppose que les bactéries sécrètent des enzymes peptonisants.

L. Vandam a isolé des bières anglaises un troisième bacille visqueux, différant peu des précédents. Il est un plus petit, les cellules peuvent être réunies par deux par trois et il est essentiellement aérobie.

Certaines sarcines, à leur tour, peuvent provoquer le filage.

BACILLE FASCIFORME

C'est un *bacille produisant un trouble dans la bière de conserve* ; Schœnfeld et Rommel l'ont appelé *Bacillus fasciformis*, quoique ses

IRIS - LILLIAD - Université Lille

caractères ressemblent beaucoup à celui de la tourne, *B. Pastorianus.*

Morphologie. — Dans la bière, leur longueur moyenne est de 6,5 μ et oscille entre 2,8 μ et 21 μ. Leur largeur est de 0,5 μ. Les bâtonnets sont généralement rectilignes et souvent on rencontre deux ou trois articles coudés à leur point de contact. On n'observe jamais de longues chaînes.

Dans le moût ou sur milieux solides, ces bacilles sont plus courts, leur longueur moyenne étant 2 μ.

Sur moût de bière ou eau de levure gélatinisée, les colonies ne commencent à être visibles à l'œil nu qu'au bout d'un mois, elles forment des points blancs dont le diamètre ne dépasse pas 1 millimètre.

Il est intéressant de noter l'influence de l'alcool sur la longueur de ces bactéries.

Plus il y a d'alcool, plus le bâtonnet est long, jusqu'au moment où la teneur en alcool (12 p. 100) ne permet plus son développement. C'est à 27° C. que le trouble se produit le plus rapidement : les limites de développement du bacille sont comprises entre 12 et 35°.

Pour détruire le bacille ainsi développé, il suffit de pasteuriser la bière à la température de 45°.

Les auteurs ont constaté que les bières brunes se troublent difficilement et ont pu se convaincre, par des essais spéciaux, que l'emploi de malt colorant en proportion élevée (de manière à obtenir au moins une coloration comparable à celle de la bière de Culmbach) oppose un certain obstacle au développement du bacille.

La résine de houblon s'oppose au développement du bacille.

Action de l'acide tartrique. — Il suffit de faire agir sur le bacille pendant six heures une solution d'acide tartrique à 0,6 p. 100 pour le tuer.

SARCINES ET PÉDIOCOCCUS

Les sarcines (fig. 84) sont des micrococcus, apparaissant sous la forme de petites cellules rondes de 1 à 2 μ de diamètre, quelquefois isolées, le plus souvent réunies par deux, par trois ou par quatre et huit. Les cellules sont disposées symétriquement et constituent des carrés ou des cubes caractéristiques.

Leur exiguïté rend leur dispersion très facile et elles viennent en grand nombre souiller les moûts et les levains.

On les rencontre en grande quantité dans les dépots de fûts et de bouteilles, dans les eaux, dans la glace, dans l'urine et le crottin de cheval.

Elles sont aussi nombreuses que variées. Toutes ne sont pas dangereuses et capables de provoquer des maladies dans la bière, mais plusieurs la troublent, lui communiquent un goût acide ou désagréable, ou une odeur détestable, lui enlèvent du mousseux et la rendent altérable.

Quelques-unes produisent de l'acide lactique, d'autres font filer la bière.

L'acide tartrique et l'acide salicylique les détruisent. L'addition de houblon cru à la bière suspend au début leur croissance, mais n'empêche pas qu'elle se continue plus tard. Une forte atténuation à la fermentation principale et une fermentation secondaire lente atténuent la virulence des sarcines

IRIS - LILLIAD - Université Lille

en les forçant à vivre d'une vie anaérobie dans le fond des tonneaux. Une addition de krœusen (moût en fermentation) dans les foudres. provoque un

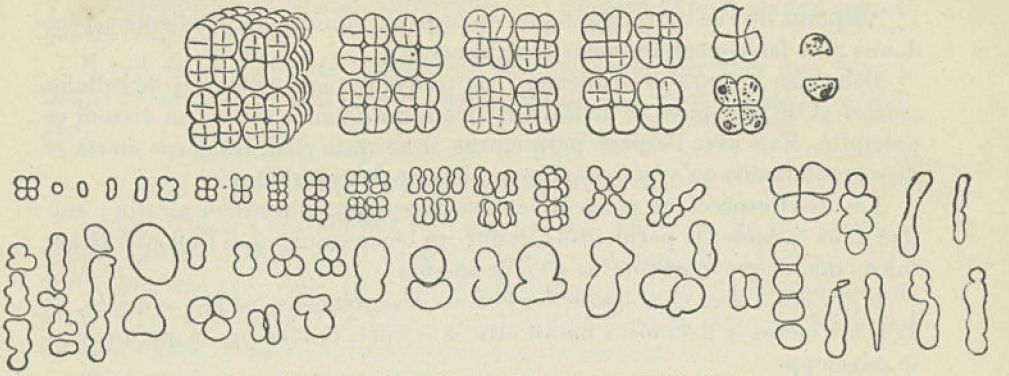


Fig. 84. — Pediococcus et sarcines (d'après Lindner).

dégagement abondant d'acide carbonique qui les ramène à la surface au contact de l'air et augmente leur vitalité.

Diverses espèces. — Lindner en décrit un grand nombre, qu'il appelle *pédiococcus* à cause du rangement des cellules, disposées par quatre comme les os du métatarse.

Le *Pediococcus acidi lactici* produit la fermentation lactique. Il se développe dans le moût non houblonné à 40° ; à 60°, il est détruit. Il ne végète pas dans le moût et la bière houblonnés.

Le *Pediococcus cerevisiæ* trouble la bière et donne une légère fermentation lactique.

Le *Pediococcus viscosus* produit le filage dans les bières blanches de Berlin.

Reichard a étudié tout particulièrement une sarcine, à laquelle il a donné le nom *Pedicoccus sarcinæ formis*. Dans les moûts non houblonnés, elle donne de l'acide lactique et des produits volatils et odorants. Sa virulence décroît avec l'abaissement de température. De sorte que tantôt elle provoque la maladie de la bière, la troublant et lui communiquant une saveur désagréable, tantôt elle est inoffensive, suivant les facteurs qui influent ou non sur ses conditions de vie.

Travaux de Hjelte Claussen. — D'après cet auteur les sarcines découvertes par Lindner par culture, en eau de levure ammoniacale, et provenant de la terre, de l'eau, de l'air, du malt et qui sont incapables de se développer dans la bière pasteurisée, ne sont pas capables de s'acclimater dans la bière.

Le meilleur milieu pour isoler les pédiococcus de la bière est le moût gélatinisé et légèrement acide ; le développement est sûr et lent (dix jours à la température ordinaire). Pour éviter l'effet de liquéfaction des autres microbes, on ajoute à la bière son volume d'une solution à 1-1,5 p. 100 de fluorhydrate acide d'ammonium.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Des pédiococcus ainsi isolés, il y a deux espèces ; toutes deux donnent une odeur et une saveur désagréables, la deuxième produisant de plus un fort trouble. L'auteur a appelé cette dernière P. perniciosus et l'autre damnosus.

Au point de vue morphologique, en milieux liquides, la deuxième espèce donne plus facilement des amas irréguliers.

Dans une culture de trois mois, on trouve des grains formés de cellules mortes et de précipités de moût. Or, si on traite par la soude, on dissout ce précipité. Mais avec l'espèce perniciosus il ne reste rien, les corps morts se dissolvant, tandis qu'avec le damnosus, il reste des squelettes.

Les deux espèces ne peuvent se développer dans un milieu alcalin ; cultivé dans la bière, le perniciosus donne un léger trouble qui finit par disparaître, tandis que le damnosus n'en donne pas.

Il y a des *bières* chez lesquelles l'odeur désagréable n'est pas sensible, et dans ces bières le damnosus paraît être sans effet, tandis que le perniciosus se développe.

Les deux microbes produisent une certaine acidité ; si on la neutralise par la craie, le léger trouble que le damnosus peut produire disparaît, tandis que celui de l'autre subsiste. Aux températures de 18 à 25°, la raréfaction de l'air n'a pas d'influence sur les espèces, mais à basse température elle produit un accroissement de développement.

Même dans un courant de gaz carbonique les deux pédiococcus se développent.

L'optimum est 23-24°.

BACTERIUM TERMO ET BACILLUS SUBTILIS

D'après Schœnfeld, les *Bacterium termo* et *bacillus subtilis* (fig. 85 et 86), se rencontrent dans le moût de fermentation haute dès que celui-ci est maintenu pendant quelque temps au-dessous de 62,5° C. comme cela arrive en été. Les produits que ces

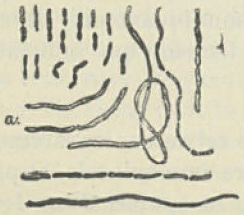


Fig. 85. — Bacterium termo, grossissement 600 (d'après Lindner).

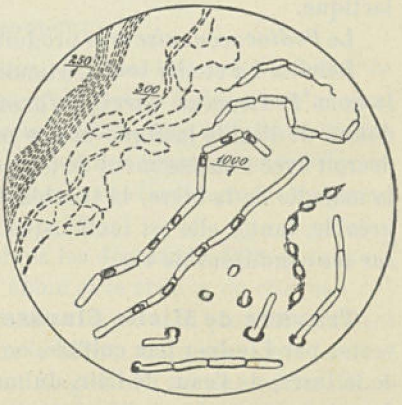


Fig. 86. — Bacillus subtilis (d'après Brefeld et Lindner).

êtres déposent dans le moût lui communiquent une odeur et une saveur désagréables que la levure ne fait pas disparaître.

Dans les moûts infectés de cette manière, il arrive souvent que la levure

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tombe au fond au lieu de monter à la surface, parce qu'elle est considérablement gênée dans son développement par les produits de la vie de ces bactéries.

La bière produite est alors imbuvable, et l'addition de bière jeune n'apporte pas de remède efficace.

Il suit de là qu'en été le moût ne doit séjourner aux bacs que juste le temps nécessaire ; il faut le faire couler le plus vite possible sur le réfrigérant.

BACTÉRIES RÉDUCTRICES DES NITRATES

Le moût peut s'infecter sur les bacs par des bactéries qui transforment les nitrates en nitrites; il y a aussi des vapeurs nitreuses dont l'odeur a été à tort confondue avec celle du chlore. Cette décomposition n'a lieu qu'avec de l'eau riche en nitrates. Elle a également lieu dans de la bière en bouteilles et additionnée d'eau renfermant beaucoup de ces sels.

Ces bactéries, qui réduisent les nitrates, ne se développent pas en présence de levure active, et se cultivent difficilement dans de la bière. Mais elles deviennent dangereuses quand elles se sont développées abondamment dans le moût, avant que la levure ait commencé à bourgeonner, parce qu'alors elles gênent le développement de la levure.

APPLICATIONS DES DONNÉES MICROBIOLOGIQUES

Comme applications des données microbiologiques précédentes nous traiterons ici deux questions importantes;

1° De la sélection naturelle des levures ;

2° Des levures pures.

SÉLECTION NATURELLE DES LEVURES

Le brasseur peut-il sélectionner ses levains et obtenir pratiquement des levures relativement pures?

EXPÉRIENCES DE MUNSCH

Munsch prenait un ballon de deux litres de capacité et y ensemençait un litre de moût stérilisé avec un mélange de levure pure et de levure sauvage. La proportion des cellules était de 81 p. 100 de cellules de levure pure, Saaz et Frohberg, et 19 p. 100 de cellules de levures sauvages.

Dans une première série d'expériences, il prenait le tiers supérieur du moût du ballon, quarante-huit heures environ après la mise en levain, et, avec ce tiers, ensemençait un ballon n° 2 contenant la même quantité de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

moût stérilisé. Il constatait que dans ce premier tiers, le rapport des cellules était devenu de 91,7 p. 100 de levure pure et 8,3 de levure sauvage.

Trois jours après, il ensemençait de nouveau un ballon n° 3 avec le tiers supérieur du moût du ballon n° 2 où il ne trouvait plus que 5,3 p. 100 de levure sauvage, contre 94,7 p. 100 de levure pure.

Après trois ensemencements successifs, dans les mêmes conditions, la quantité de levure sauvage tombait à 2,3 p. 100 de cellules. Les levures pures s'étaient multipliées et le taux des levures sauvages s'était abaissé.

Dans une deuxième série d'expériences, faites avec les mêmes proportions de levures pures et de levures sauvages, dès que le ballon n° 1 avait fait un dépôt, le moût était décanté dans un ballon stérile n° 2 ; puis après dépôt dans ce dernier ballon, le moût était de nouveau décanté dans un troisième ballon, et ainsi de suite, jusqu'à fermentation complète. On avait ainsi une série de dépôts.

Le premier contenait des cellules mortes. Les autres présentaient une pureté relative, sauf le dernier qui avait des levures sauvages en plus grande quantité. Si alors, avec ces dépôts, en écartant le premier et le dernier, on ensemençait des moûts stériles que l'on traitait comme le premier, c'est-à-dire en décantant le moût et en se servant des dépôts pour de nouveaux ensemencements, Munsch constatait qu'après cinq ensemencements successifs, ou cinq générations, le sixième dépôt obtenu était pur et ne contenait plus que des traces de levure sauvage, une cellule sur cinq cents pures, soit 0,2 p. 100.

Mais si, au contraire, on se servait, pour ensemencer de nouveaux moûts, de la bière elle-même séparée de son dépôt, on obtenait des dépôts de plus en plus impurs et au bout de cinq générations, le dernier n'avait plus que des traces de levure pure.

Il en résulte que lorsqu'on entonne la bière, après fermentation, ce qu'on introduit surtout dans les foudres, ce sont des levures sauvages et cela en d'autant plus grandes proportions que la bière est plus jeune, moins dépouillée, plus *verte*.

Une autre constatation a été faite par Munsch. Ses séries d'expériences ont été effectuées tantôt à température basse, 4 à 5° ; tantôt à température plus élevée, 10 à 12°. A température basse, la proportion de levure sauvage constatée après, était beaucoup plus grande qu'à température élevée. Au bout de treize jours de fermentation, le moût fermenté à 4° avait un dépôt dans lequel la proportion de levure sauvage s'était élevée de 17 à 30 p. 100 ; tandis que dans le moût fermenté à 12°, la proportion n'était que de 5 p. 100. Une température basse de fermentation est donc favorable au développement des levures sauvages.

Cela explique que dans les levains de fermentation haute, on trouve beaucoup moins de levures sauvages que dans ceux de fermentations basses. Mais, par contre, les premiers sont plus souvent infectés de bactéries.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MOYENS PRATIQUES DE RÉALISER UNE SÉLECTION NATURELLE DES LEVURES

Il existe plusieurs procédés.

Ensemencement des cuves l'une par l'autre. — C'est un vieux procédé qui était connu avant les travaux de Munsch et que ses expériences expliquent.

Il consiste en ceci. Quand une cuve est en pleine fermentation, à la période des basses kraeusen ou des mousses blanches, on prend un tiers du moût à la partie supérieure et, avec ce tiers, on ensemence le moût d'une cuve n° 2. On répète la même opération sur le moût de cette seconde cuve, à la même période de la fermentation, pour ensemencer une cuve n° 3 et ainsi de suite. A chaque fois, on introduira dans le moût nouveau une proportion moindre de levures étrangères, et après avoir traité de la même façon un certain nombre de cuves, on aura dans la dernière une levure sélectionnée, qui contiendra un nombre infime de cellules étrangères, une levure qui sera relativement pure.

Récolte de la levure. — Nous verrons plus loin que le brasseur, en récoltant la levure qui se dépose dans le fond des cuves en fermentation basse, ne prend pour son levain que la couche du milieu. En procédant ainsi, il fait une sélection naturelle, puisque la première couche est formée surtout de cellules mortes et que la dernière est surtout composée de levures sauvages. Au milieu, il trouve les cellules alcooliques, jeunes et vigoureuses.

Transvasement des cuves à la fin de la fermentation. — Comme il est difficile de séparer bien exactement les couches, dans certaines brasseries on procède autrement. Quand les dernières mousses tombent et au moment où le couvercle se forme, on transvase le moût dans d'autres cuves où se fait le dernier dépôt. La récolte de levure se fait dans les cuves qui viennent d'être vidées, en ne prenant également que la couche du milieu.

Procédé américain. — Les salles de fermentation sont superposées en trois ou quatre étages.

Au quatrième étage se trouvent les appareils de refroidissement et au troisième, les cuves de mise en levain. La mise en levain a lieu à une température élevée, 10 à 12°, de façon que la fermentation parte rapidement. On refroidit ensuite, pendant le cours de la fermentation.

Vingt-quatre ou quarante-huit heures après, le moût est descendu dans des cuves situées au deuxième étage, en ayant soin de soutirer au-dessus du dépôt qui s'est déjà formé et qui est composé d'impuretés du moût, de lies du bac, de cellules mortes.

Le moût reste dans les cuves du deuxième étage où il est convenablement refroidi, jusqu'à ce que le dépôt de la levure soit accompli, c'est-à-dire presque

IRIS - LILLIAD - Université Lille

jusqu'à la fin de la fermentation principale, après la période des hautes kraeusen. Puis il est descendu au premier étage dans des cuves de repos où se fait le dernier dépôt, de levures légères, de levures sauvages et des matières glutineuses et résineuses des mousses brunes et du couvercle. De là la bière passe dans les caves de garde.

La récolte de levure se fait dans les cuves du deuxième étage. A cet effet, les cuves sont profondes et étroites de façon qu'en ne prenant encore que la couche du milieu; on a une levure bien mieux sélectionnée. Et même, en prenant la couche plus ou moins profonde, on peut avoir une levure qui atténue plus ou moins, car dans un mélange de levures d'atténuation différente, ce sont les levures à atténuation faible qui se déposent les premières.

On obtient, du reste, ce résultat, en Amérique, en prolongeant le séjour dans les cuves du troisième étage jusqu'à la période des hautes kraeusen, pour que les levures d'atténuation faible aient le temps de se déposer.

Pied de levain. — Tous ces procédés ne sont applicables qu'à la fermentation basse et ne sont pas réalisables dans la fermentation haute. Pour faire l'ensemencement des cuves l'une par l'autre, il faudrait brasser tous les jours, parce que la fermentation est trop rapide ; la séparation des couches de levures qui montent à la surface ne donne aucun résultat, mais nous pouvons recommander l'usage du pied de levain.

La fermentation très vive qui se déclare, surtout à la haute température où elle se fait ordinairement, favorise le développement rapide des levures pures, tandis que les ferments étrangers restent stationnaires. Leur proportion diminue et en ensemençant ensuite notre moût avec le pied de levain, nous introduisons, par le fait, moins de bactéries qu'en employant le levain direct.

Acide tartrique. — Les levures hautes sont plus souvent infectées par les bactéries. Nous avons dit, que Pasteur purifiait les levains au moyen de l'acide tartrique. On peut employer le même procédé pour purifier les levures hautes dans une certaine mesure. Il nous a réussi la plupart du temps et les produits vendus sous le nom de *régénérateurs de levure* ne sont souvent autre chose que de l'acide tartrique masqué par un mélange de sucre en poudre.

On ajoute l'acide soit au levain conservé sous l'eau, soit au pied de levain, à la dose de cinq à six grammes par kilogramme de levure.

CULTURE DES LEVURES PURES

La culture des levures pures consiste à isoler d'une levure mélangée une cellule de levure unique et à la cultiver ensuite dans des moûts stérilisés, jusqu'à ce qu'elle ait produit une quantité suffisante de levain pour ensemencer un volume assez important de moût de bière. Ce levain sera exempt complètement de bactéries et de levures sauvages et ne sera composé que de cellules

IRIS - LILLIAD - Université Lille

qui, toutes, auront les aptitudes et les propriétés de la cellule d'origine au point de vue de l'atténuation et des qualités qu'elle communique à la bière.

Si, d'autre part, la bière, pendant sa fabrication a été soustraite autant que possible aux causes de contamination, on lui aura assuré une conservation indéfinie. Mais même si le moût mis en fermentation avec cette levure n'a pu échapper aux chances multiples d'une contamination plus ou moins grande, du moins on aura supprimé une des causes d'altération les plus redoutables et la bière aura acquis une stabilité plus certaine.

Le brasseur aura en outre une bière toujours égale, ce qui ne peut arriver avec des levains de mélange variable.

Il faut remarquer que la bonne bière est le résultat de plusieurs levures agissant successivement et que pour obtenir ces bières il faudrait, après avoir isolé les espèces utiles, les mélanger en proportions voulues.

Il y a donc lieu de sélectionner en petit la levure désirée et de la multiplier jusqu'à obtenir la quantité nécessaire. Nous étudierons d'abord les méthodes de sélection.

MÉTHODES DE SÉLECTION

MÉTHODES DE PASTEUR

Nous avons vu que Pasteur, pour purifier des levures, les mettait dans un milieu épuisant contenant de l'acide tartrique ou de l'acide phénique et de l'alcool. Les bactéries périssaient et aussi quelques cellules de levure; il ne restait, après plusieurs traitements semblables, que les levures vigoureuses qui avaient résisté et qui, rajeunies dans un moût frais, donnaient une levure pure. Mais ce procédé ne détruisait pas les levures sauvages et on n'avait, en tous cas, qu'un mélange de levures de races diverses.

Pasteur employait aussi un autre procédé. Il séchait complètement de la levure à température basse, la réduisait en poudre et la mélangeait intimement avec quatre ou cinq fois son poids de plâtre stérilisé et réduit également en poudre impalpable. Il supposait que chaque cellule desséchée était séparée des autres par des particules de plâtre. Il préparait d'autre part des ballons de moût stérilisé, analogues à ceux dont il s'était servi pour ces expériences du Montanvert; lançait au-dessus sa poudre de levure et de plâtre mélangés, en forme de nuage; ouvrait brusquement ses ballons et les refermait. Des particules du nuage pénétraient dans les ballons. Il observait et mettait à part ceux où ne se manifestait qu'une trace de fermentation; il pensait que dans ceux-là, une seule cellule était entrée. La méthode était longue, difficile et incertaine.

MÉTHODE DE SÉLECTION DE HANSEN

Hansen, après avoir débarrassé la levure des bactéries suivant la méthode de Pasteur, la rajeunissait dans un moût frais et stérile. Il diluait ensuite ce moût avec de l'eau distillée stérilisée, jusqu'à ce qu'une goutte de liquide ne contînt plus que dix cellules de levure. Cette goutte, il la transportait dans

IRIS - LILLIAD - Université Lille

vingt centimètres cubes d'eau stérilisée et, après agitation, avec chaque centimètre cube de cette eau, ensemençait un ballon de moût. La plupart des ballons restaient stériles. Il observait et mettait de côté ceux où se produisait un seul îlot de mousse, indiquant la présence d'une seule cellule introduite. Il avait des chances d'avoir ainsi une culture pure provenant d'une cellule unique; mais ce n'était pas fatal, deux cellules pouvaient avoir été introduites accolées et la méthode était tout aussi incertaine que celle de Pasteur.

On emploie aujourd'hui, de préférence, la méthode du Dr Koch, sur plaques de gélatine, mais avant de la décrire, nous dirons les préparatifs et les appareils employés.

Appareils. — Pour les cultures de levure, on se sert :

De petits ballons spéciaux, appelés (fig. 87, *a*) *matras Chamberland*, dont le col rodé est fermé par un bouchon extérieur en forme de cloche, surmonté

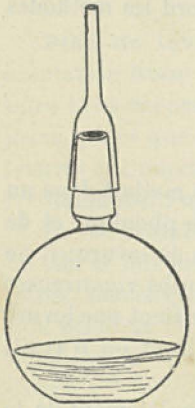


Fig. 87, *a*. — Matras Chamberland.

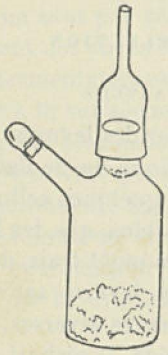


Fig. 87, *b*. — Matras Hansen.

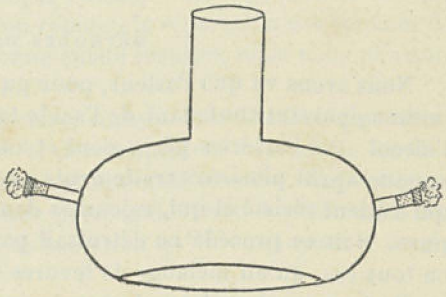


Fig. 87, *c*. — Vase de Fernbach.

lui-même d'un tube obturé par un tampon de coton. On peut employer à la place de ces matras tous autres vases pouvant se fermer facilement avec un tampon de coton (fig. 87, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*).

De tubes à essai fermés par des tampons de coton (fig. 87, *g*).

Certains de ces vases ou tubes sont disposés pour travailler dans le vide ou pour une circulation de gaz. D'autres tubes sont étranglés par le bas et servent pour les cultures des pommes de terre (fig. 87, *l*, *m*).

De pipettes en verre étiré fermées à leur extrémité étirée et garnie à l'autre extrémité d'un tampon de coton (fig. 87, *n*).

De boîtes Pétri, composées de deux cristallisoirs s'emboîtant l'un dans l'autre et formant boîte (fig. 87, *o*).

De chambres humides formées d'un anneau de verre soudé sur une lamelle porte-objet de microscope ou d'une alvéole creusée dans une lamelle (fig. 87, *p*, *q*).

De fils de platine.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

D'un autoclave, contenant de l'eau et permettant de stériliser les liquides à la vapeur humide et sous pression (fig. 88).

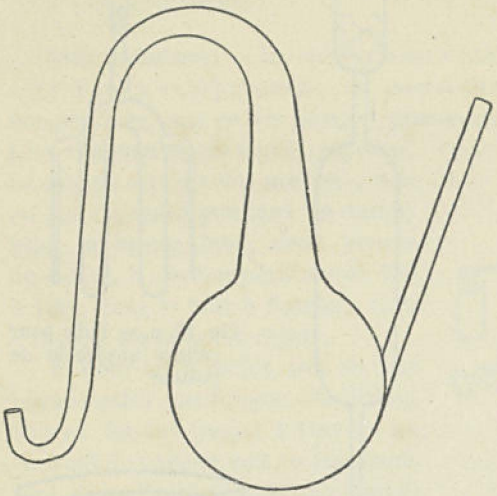


Fig. 87, *d*. — Ballon à col de cygne de Pasteur.

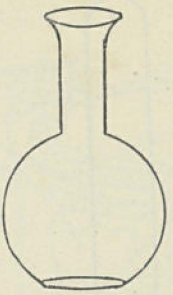


Fig. 87, *e*. — Matras ordinaire rodé.

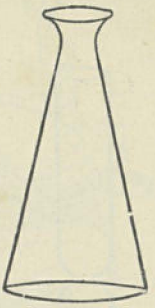


Fig. 87, *f*. — Vase d'Erlenmeyer.

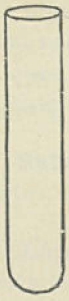


Fig. 87, *g*. Tube à essai.

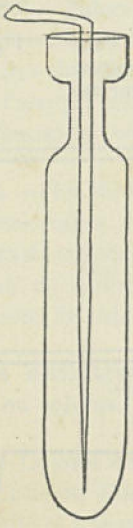


Fig. 87, *h*. — Tube à essai avec tube amenant un gaz inerte pour culture anaérobie.

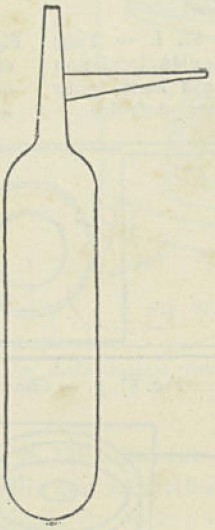


Fig. 87, *i*. — Tube à tubulure latérale pour faire le vide (culture anaérobie).

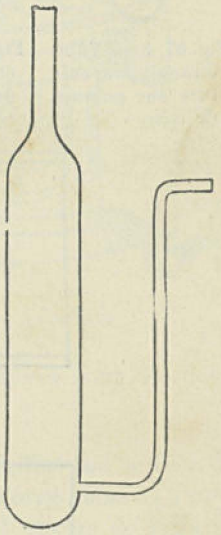


Fig. 87, *j*. — Tube à circulation de gaz pour culture anaérobie.

D'un four à flamber, appareil à double paroi, chauffé par une rampe à gaz et dans lequel on stérilise les objets à la chaleur sèche.

D'une étuve à température réglable.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Préparatifs. — Tous les appareils doivent être exempts des germes que

Fig. 87, *k*. — Tube étranglé pour culture sur pomme de terre.

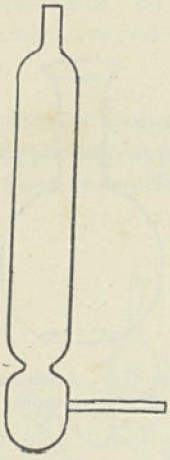


Fig. 87, *l*. — Tube étranglé à circulation de gaz inerte pour culture anaérobie.

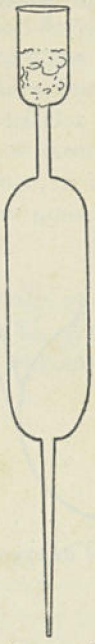


Fig. 87, *m*. — Tube effilé pour culture anaérobie sur milieu solide.

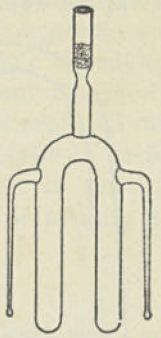


Fig. 87, *n*. — Tube pour culture anaérobie de Pasteur.

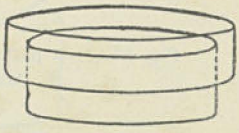


Fig. 87, *o*. — Boîte de Pétri.

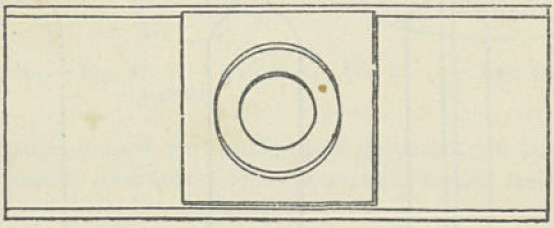


Fig. 87, *p*. — Chambre humide.

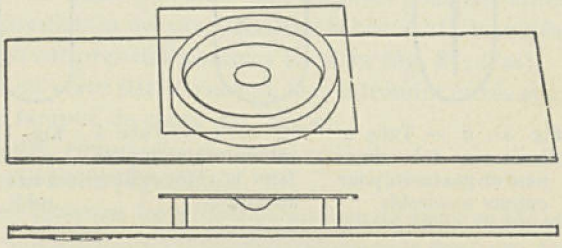


Fig. 87, *q*. — Chambre humide.

l'air transporte et dépose sur les parois des vases ou sur les liquides.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On détruit ces germes :
1° par stérilisation ;
2° par désinfection.

Stérilisation. — La stérilisation s'obtient :

1° Pour les corps solides, en portant les objets à stériliser à une haute température, soit en les passant plusieurs fois dans une flamme (fils de platine, baguettes en verre, pipettes, bouchons ou cols des matras) ; soit en les exposant pendant un temps plus ou moins long, deux heures au moins, à une température de 150 à 180°, dans le four à flamber. Cela s'appelle *flamber* les objets.

2° Pour les liquides, soit en leur faisant subir une longue ébullition, soit en faisant passer à travers un courant de vapeur, soit en les chauffant dans l'autoclave à une température de 135° et une pression de 3 atmosphères (fig. 88).

Tous les ballons, tubes à essai, pipettes, etc., doivent avoir leurs ouvertures garnies de tampons de coton pour que l'air qui rentre pendant le refroidissement soit filtré.

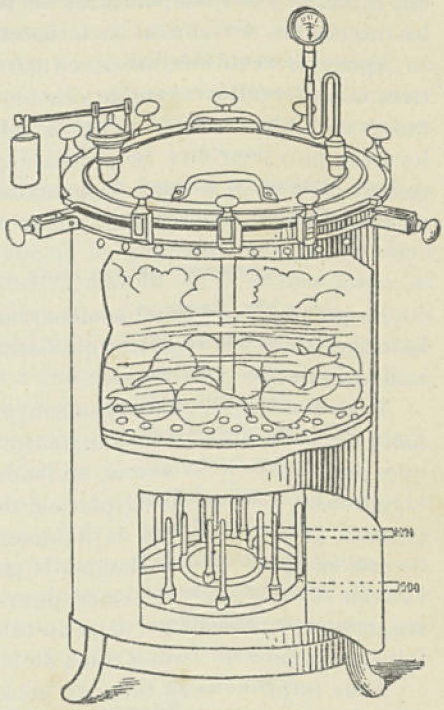


Fig. 88. — Autoclave.

Désinfection. — La désinfection des objets, ballons, vases, etc., s'obtient par l'emploi de substances chimiques, vapeurs de chlore, acide phénique, solutions de sublimé, etc.

Substances nutritives. — Les substances nutritives sont de deux sortes, liquides ou solides.

Liquides. — Ce sont ou du moût de bière filtré et stérilisé ; ou de l'eau de touraillons, obtenue en faisant bouillir des radicelles d'orge dans de l'eau, qu'on filtre ensuite et à laquelle on ajoute du sucre ; soit encore de l'eau de levure, obtenue en faisant bouillir de la levure dans de l'eau et en ajoutant au liquide filtré de 5 à 10 p. 100 de sucre. Tous ces liquides, parfaitement clarifiés, sont placés dans des matras ou dans des tubes à essai fermés par des tampons de coton et stérilisés à l'autoclave à 130-135°.

Solides. — Les substances solides s'obtiennent en ajoutant aux liquides ci-dessus de 5 à 6 ou 10 p. 100 de gélatine, suivant la saison (plus l'été).

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les liquides gelatinés sont solides à la température ordinaire et redeviennent liquides vers 30 ou 35°; on les conserve également dans des matras ou des tubes à essai fermés par des tampons de coton et on les stérilise dans l'autoclave. Mais comme la gélatine ne peut plus se solidifier quand elle a supporté une température de plus de 100°, on emploie la méthode de Tyndall. On expose la gélatine à une température de près de 100°, trois ou quatre fois, à vingt-quatre heures d'intervalle. Les bactéries sont tuées, mais les spores qui résistent à des températures de 100°, ne le sont pas. Elles germent dans les intervalles, deviennent bactéries et périssent dans les chauffages suivants.

Après les avoir stérilisées, on garde plusieurs jours les substances nutritives en observation avant de s'en servir. D'abord, pour permettre aux substances de réabsorber de l'oxygène indispensable pour le développement des levures; puis pour être bien assuré qu'elles sont stériles, on observe si elle restent claires, si aucune fermentation ne se déclare si aucun mycoderme, aucune moisissure n'apparaît à leur surface.

MÉTHODE DE CULTURE SUR PLAQUES DE GÉLATINE

Au préalable, nous avons débarrassé la levure dont nous voulons séparer les organismes des bactéries qui l'accompagnent, par la méthode Pasteur, en milieu épuisant.

Tout étant prêt, nous ensemençons la levure, pour la rajeunir, dans du moût de bière contenu dans un matras que nous plaçons à l'étuve à 25°. Quelques jours après nous avons, au fond du matras, un dépôt de levure jeune et vigoureuse. Avec un fil de platine, dont l'extrémité est courbée et que nous passons plusieurs fois à la flamme, nous prenons une petite quantité de levure, en ayant soin de flamber le goulot et le bouchon du matras, avant de l'ouvrir et avant de le refermer, pour détruire les germes qui ont pu s'y déposer, et nous ensemençons dans un tube à essai de la gélatine que nous avons fait fondre dans un bain d'eau à 30°.

Nous imprimons au tube de gélatine un mouvement très vif de rotation entre les deux mains, pour séparer les cellules ensemencées. Avec la gélatine de ce premier tube, qui contient généralement trop de cellules, nous ensemençons un second tube dans les mêmes conditions et en nous servant d'un fil de platine flambé, puis nous imprimons de même un vif mouvement de rotation à ce second tube, dont nous versons aussitôt le contenu dans une boîte Pétri. La gélatine s'étend en surface et ne tarde pas à se prendre. Nous mettons à l'étuve à 25°.

En cet état, toutes les cellules de levure ensemencées et que nous avons séparées les unes des autres en agitant la gélatine liquide, vont se trouver emprisonnées dans la gélatine solide, à la place où le hasard les a mises, sans pouvoir bouger, changer de place et se réunir. Mais la gélatine additionnée de moût de bière, d'eau de touraillons ou de levure, est un milieu nutritif excellent. Chacune des cellules va trouver auprès d'elle sa nourriture; toutes fructifieront sur place et se multiplieront. Au bout de quelques jours, chaque cellule emprisonnée aura produit, sur place, une colonie ; colonie de cellules

IRIS - LILLIAD - Université Lille

assez nombreuses pour former sur la gélatine une tache visible à l'œil nu.

Le reste se devine. Chaque colonie est composée de cellules issues d'une cellule unique et forme une cellule de levure pure. Si avec notre fil de platine, coudé à angle droit à son extrémité, nous piquons une des colonies et que nous ensemencions ainsi du moût de bière dans un ballon, nous aurons dans ce ballon, placé à l'étuve, après quelques jours, un dépôt de levure pure. Si nous répétons l'opération pour chacune des colonies de la plaque, nous aurons autant de levures pures et de races différentes qu'il en existait primitivement dans la levure mise en expérience.

Quand la fermentation est achevée dans tous les matras ensemencés, un simple examen microscopique des dépôts formés nous permettra d'écarter d'abord tous ceux contenant des bactéries ou des levures sauvages bien caractérisées.

Avec les matras conservés, nous étudierons les levures au point de vue de la formation des spores et du voile, pour être sûrs qu'elles sont des saccharomyces cerevisiæ; puis au point de vue de l'atténuation qu'elles donnent pour les spécifier et enfin nous étudierons la marche de la fermentation, sa durée, la cassure, la clarification de la bière et son bouquet, etc., dans autant de petites fermentations exécutées au laboratoire dans des flacons ou des ballons stérilisés et avec des moûts stériles d'une composition déterminée.

L'aspect des colonies sur plaques donne souvent déjà une indication.

Les Saccharomyces cerevisiæ donnent des colonies rondes et jaune clair. Les levures sauvages font des colonies déchiquetées sur les bords.

Les moisissures sont toutes en surface et étalent au loin leur mycelium. Le ferment acétique forme une peau épaisse, presque cartilagineuse et transparente. Le ferment lactique à les colonies grisâtres et luisantes. Plusieurs bactéries liquéfient la gélatine. Les torulas donnent quelquefois des colonies colorées. Les mycodermes étalent des colonies gris jaunâtre, opaques, luisantes comme de la graisse et légèrement creusées en cuvettes.

EMPLOI DE LA CHAMBRE HUMIDE

La méthode que nous venons de décrire laisse encore une incertitude. Dans l'agitation de la gélatine liquide, des cellules peuvent ne pas avoir été séparées, ou peuvent se trouver très rapprochées et leurs colonies se confondre, même en ensemençant très peu de cellules.

Hansen se sert de la chambre humide. Avec une pipette stérilisée, il aspire un peu de la gélatine liquide ensemencée et l'étale sur une lamelle couvre-objet qu'il pose, la préparation en bas, sur l'anneau de verre de la chambre humide garni de vaseline. Dans le fond de la chambre humide, on a placé une goutte d'eau stérile qui entretient l'humidité. L'appareil pouvant se placer sous l'objectif du microscope, on cherche les cellules isolées et présentant un caractère qui les fait choisir, et on marque leurs places au moyen d'un trait à l'encre. Lorsque la colonie est développée, on enlève la lamelle, on pique la colonie et on ensemence du moût. On a ici la certitude d'avoir une levure issue d'une cellule unique.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Méthode des gouttelettes suspendues. — Lindner a modifié la pratique de Hansen. Il se sert d'une plume à dessin stérilisée qu'il trempe dans un moût ensemencé très dilué; puis avec cette plume, il dépose sur la lamelle de la chambre humide des gouttes placées en ordre sur deux ou trois rangs. Il est facile alors de désigner par leur rang et par leur numéro d'ordre les gouttes qui contiennent des cellules isolées. Depuis quelque temps Lindner emploie un pinceau stérilisé à l'alcool.

Deux jours après, à 25°, les cellules se sont multipliées ; l'aspect des cellules normales est nettement différent de celui des levures sauvages et permet de les distinguer. Il suffit, pour avoir la levure pure, d'aspirer la goutte avec une petite feuille de papier buvard stérilisé qu'on maintient avec des pinces et qu'on laisse ensuite tomber dans du moût[1].

Dans l'emploi de ces deux méthodes, on prépare en même temps plusieurs chambres humides, beaucoup de gouttes restant stériles. Après avoir sélectionné une levure, il y a lieu de la multiplier en quantité suffisante.

PROPAGATION DES LEVURES

Supposons que nous ayons trouvé la levure qui nous convient; qui donne l'atténuation que nous désirons et les qualités de bière que nous recherchons. Nous n'en avons que quelques milligrammes au fond d'un petit ballon. Comment allons-nous la propager pour en avoir une quantité suffisante à l'emploi industriel?

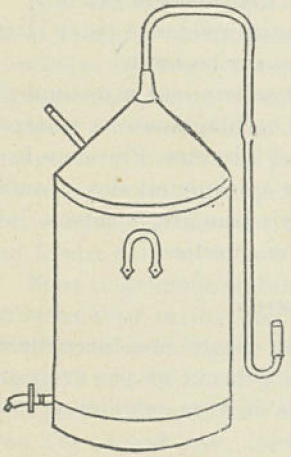


Fig. 89. — Vase Hansen pour cultures en grand.

Avec ce premier dépôt, nous ensemençons cinq petit ballons contenant du moût, dont un sera mis à part pour conserver la race. Huit jours après, environ, nous avons quatre dépôts de levure, avec lesquels nous ensemençons quatre ballons de un litre chaque. On se sert, de préférence, des ballons Pasteur à deux tubulures, plus faciles à transvaser (fig. 87, *d*).

Huit jours plus tard, nous avons de nouveau quatre dépôts plus importants qui nous servent à ensemencer quatre vases contenant 10 litres de moût chacun. Ces vases sont en cuivre étamé avec deux tubulures, comme les ballons Pasteur, et on les stérilise à la vapeur (fig. 89).

Au bout de quelques jours, nous avons dans nos vases en cuivre, environ un demi-litre de levure épaisse, avec laquelle nous pouvons mettre en levain un hectolitre à un hectolitre et demi de bière, dans une petite cuve spéciale,

[1] Lindner a appliqué ce système à l'étude biologique de la bière. En déposant des gouttes de bière sur la lamelle d'une chambre humide, soit pendant, soit après fermentation, on se rend compte des organismes qu'elle contient et du degré de pureté du levain employé.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

très propre, vernie, et qui nous servira de pied de levain pour une plus grande quantité. C'est-à-dire que quand la fermentation sera en pleine activité, on mélangera le contenu de la petite cuve avec celui d'une cuve de huit hectolitres, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on puisse recueillir assez de levure pour un brassin complet.

Mais au bout de peu de temps, à partir du moment où elle quitte le laboratoire, la levure se trouve de nouveau contaminée et n'est plus pure. Il faut recommencer les cultures successives. On emploie alors des appareils spéciaux, propagateurs de levure, qui permettent au brasseur d'avoir toujours sous la main, prête à être employée, une levure pure en quantité suffisante pour ses besoins[1].

APPAREIL DE HANSEN

L'appareil de Hansen est le premier qui ait été construit (fig. 90).

Il se compose :

1° De deux cylindres en cuivre étamé à l'intérieur, d'une contenance d'environ deux hectolitres dans les grands appareils. Tous deux peuvent se fermer hermétiquement au moyen de couvercles et d'écrous à vis.

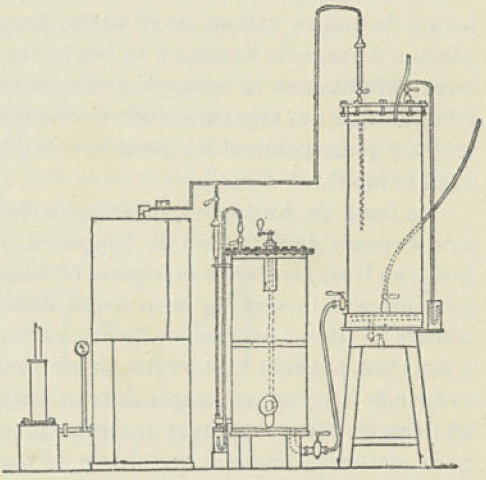


Fig. 90. — Appareil à levure de Hansen-Kuhle.

Le premier, un peu en charge sur le second, sert à mettre le moût en réserve et à le refroidir. Il porte à cet effet un tuyau d'arrivée du moût, une double enveloppe pour circulation d'eau froide et un tube latéral dont l'extrémité recourbée plonge dans un vase plein d'eau destiné à empêcher l'air de rentrer pendant le refroidissement. Il est en communication avec le second cylindre par un tube en caoutchouc fermé à ses extrémités par des robinets, et porte une tubulure qui permet de mettre les appareils en communication avec une prise de vapeur.

Le second cylindre est la cuve à fermentation. Il est muni d'un agitateur, d'un tube recourbé, d'un niveau marquant les hauteurs du liquide à 170, 50 et 25 litres et d'une petite tubulure fermée par un tube en caoutchouc et un bouchon en verre, servant à l'ensemencement.

[1] Nous avons vu certains brasseurs demander des levures pures dans des laboratoires et s'en servir en les mélangeant avec leurs levains impurs. Nous n'avons pas besoin d'insister pour dire combien cette pratique est vicieuse et illusoire. Quand on reçoit une levure pure, c'est toujours en très petite quantité, et il faut la propager à part suivant la méthode que nous avons décrite.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

2° D'un réservoir à air comprimé et d'une pompe alimentant le réservoir.

Des tuyaux, munis de place en place de filtres à coton, mettent le réservoir en communication avec les deux cylindres, de façon que l'air qu'on y fait passer vienne barbotter dans le liquide.

Supposons une mise en marche. Nous mettons l'appareil en communication avec la prise de vapeur et nous faisons passer la vapeur successivement dans chacune des cylindres pendant une demi-heure au moins. Nous laissons refroidir, en ayant soin de plonger l'extrémité des tubes recourbés dans des vases pleins d'eau et de ne laisser rentrer l'air que par les filtres à coton.

Nous remplissons le premier cylindre de moût filtré à travers le houblon et nous le refroidissons par circulation d'eau glacée. Pendant le refroidissement, nous l'aérons fortement; notre but étant d'obtenir une récolte abondante de levure, il est essentiel que le moût renferme la plus grande quantité d'oxygène pour faciliter la multiplication de la levure.

Après refroidissement, nous coulons dans le cylindre à fermentation 170 litres du moût que nous ensemençons par la petite tubulure avec la levure de quatre ballons de 10 litres, préparés à l'avance, en prenant la précaution d'usage de flamber à la lampe les cols des bouchons. Avec l'agitateur nous mélangeons la levure. La fermentation ne tarde pas à se déclarer; on l'observe par des regards en verres ménagés dans le couvercle et deux ou trois fois par jour, pendant les premiers jours, on fait barbotter un courant d'air dans le moût.

Au bout de huit jours environ, la fermentation est achevée et la levure s'est déposée dans le fond de l'appareil. Pour la récolter, on soutire la bière jusqu'au trait du niveau marquant 50 litres, on met l'agitateur en mouvement pour placer la levure en suspension dans les 50 litres qui restent et on en soutire 25 litres; on ramène 25 litres de moût du stérilisateur qui a été rempli à nouveau pendant l'intervalle, et on soutire encore une fois 25 litres après avoir mis la levure en suspension au moyen de l'agitateur. On a soutiré ainsi 50 litres de bière contenant une quantité suffisante de levure, environ 4 litres, pour mettre en levain 8 hectolitres de moût.

Il reste dans l'appareil 25 litres de moût et la quantité nécessaire de levure pour mettre en fermentation de nouveau 170 litres de moût, en attente dans le stérilisateur. L'appareil marche ensuite d'une façon continue, donnant tous les huit jours la même quantité de levure pure, sans qu'il soit nécessaire de le réensemencer.

APPAREIL DE FERNBACH

L'appareil (fig. 91) de Fernbach, comme celui de Hansen, est composé de deux vases, un stérilisateur et une cuve à fermentation. Il en diffère en ce que le transvasement se fait par siphonnement, en faisant le vide au moyen d'une trompe à eau; l'aération, le barbotage d'air, le mélange de la levure, sa répartition, après dépôt, dans le liquide, se font également par appel d'air au-dessus du liquide. Tous les organes peuvent être stérilisés à la vapeur et

IRIS - LILLIAD - Université Lille

le réservoir à moût se refroidit soit par ruissellement d'eau, soit au moyen d'un réfrigérant placé à l'intérieur.

Les appareils de Jorgensen-Bergh, de Lindner (fig. 92), de Marx, sont construits d'après les mêmes principes.

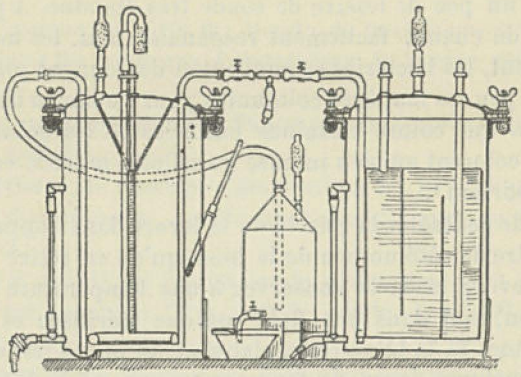


Fig. 91. — Appareil de culture de Fernbach.

Théoriquement, un appareil propagateur devrait donner indéfiniment une levure pure. Pratiquement, aussi bien fait que soit un appareil, les germes finissent par pénétrer à l'intérieur et parmi eux s'en trouvent qui se multiplient et souillent la levure. Il faut alors vider l'appareil, le stériliser à nouveau et procéder à un nouvel ensemencement.

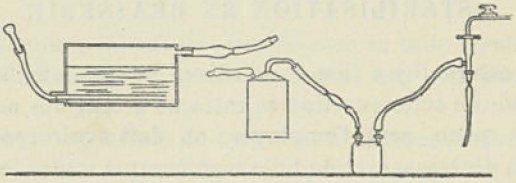


Fig. 92. — Appareil de culture de Lindner.

Un examen microscopique de la levure s'impose donc de temps en temps.

Lindner a indiqué pour reconnaître la présence des levures sauvages deux procédés ; 1° suivre des ensemencements successifs en élevant la température ; ou 2° bien faire sécher la levure à l'air froid. Dans les deux cas les levures sauvages résistent plus longtemps et donnent des colonies alors que les autres n'en donnent pas.

EXAMEN MICROSCOPIQUE DE LA LEVURE

Pour observer une levure au microscope, on en prend une très petite parcelle au bout d'un fil de platine flambé et on la délaie dans une goutte d'eau stérilisée sur le porte-objet. On met au point d'abord avec un faible grossissement qui donne plus de lumière et un champ plus étendu. On examine

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ensuite avec un plus fort diamètre et en faisant mouvoir la platine mobile pour explorer toutes les parties du champ.

Pour séparer les cellules et mieux distinguer les bactéries des corps glutineux ou des résines de houblon, toujours présents dans la levure, on ajoute à la préparation un peu de lessive de soude très étendue. A part certains cristaux d'oxalate de chaux, facilement reconnaissables, les matières inorganisées se dissolvent, les bactéries se gonflent et deviennent plus visibles.

On emploie peu les matières colorantes pour l'examen des levures, sauf la teinture d'iode qui colore certaines bactéries et les solutions de bleu de méthylène qui colorent en bleu intense les cellules mortes, ce qui permet d'en établir la proportion [1].

Un moyen de contrôler la pureté de la levure dans l'appareil propagateur consiste à mettre de côté un peu de la bière qu'on en retire au moment de la récolte de la levure et de la conserver à une température de 20 à 25°; soit dans un ballon, soit dans une fiole conique stérilisée et fermée par un tampon de coton. Si la bière reste claire et ne prend pas de mauvais goût, au bout de quelques jours, la levure est pure; si la bière se trouble, si sa saveur change, la levure est contaminée. Un examen microscopique du dépôt qui se fait au fond du flacon renseignera sur la nature des organismes qui se sont introduits.

STÉRILISATION EN BRASSERIE

Dans une brasserie il y a lieu de stériliser les appareils, les locaux et souvent l'air. L'étude de cette question se rattache à celle des microbes.

Chaque fois qu'on peut l'employer, on doit avoir recours à la vapeur appliquée après décrassage et de telle manière que toutes les parties à stériliser aient au moins 80° de température. Il faut éviter les couches d'eau dans les tuyaux, car elles arrêtent la circulation de la vapeur. L'eau bouillante pure ou additionnée de 5 p. 100 de soude, ou de 10 p. 100 de sel de soude, ou de 3 kilogrammes de chlorure de chaux et 5 kilogrammes de carbonate de soude, a l'avantage sur la vapeur pour les corps poreux (bois ou tuyaux de caoutchouc).

Pour les fûts, foudres, cuves, etc., non goudronnés on peut employer :

a) De l'acide sulfurique à 2-3 p. 100 et bouillant;

[1] LEVURES MORTES. Pour distinguer les cellules mortes des cellules vivantes, le mieux est d'employer une solution d'une partie de bleu de méthylène dans 200 parties d'eau. On y dilue directement un échantillon de levure à examiner, en en prenant, toutefois, très peu, pour empêcher qu'un trop grand nombre de cellules n'arrivent sous l'objectif, sous lequel les cellules mortes apparaissent d'un bleu foncé. La coloration avec le bleu de méthylène est recommandée pour compter les bactéries contenues dans la levure; seulement, dans ce cas, la solution doit être concentrée et colore aussi bien les levures que les bactéries, sans empêcher qu'on les distingue avec la plus grande facilité.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

b) Le fluorure d'ammonium (50-80 gr.[1] par hectolitre), par contact d'au moins une heure ;

c) Une solution chaude contenant pour 100 litres d'eau 0,5 kg. de carbonate de soude et 0,5 kg. de sel marin ramollit bien l'écaille intérieure. On brosse et on rince ;

d) Le bisulfite commercial (10° B^{é}) étendu de huit fois son volume.

Il faut bien rincer les tonneaux à l'extérieur, le lavage peut être fait par du chlorure de zinc.

Pour les cuves, on peut employer l'antinonnine (sel de potassium du 2 — nitro — ortho — crésol).

Pour le caoutchouc, le fluorure d'ammonium est le meilleur. On emploie aussi le fluorure d'aluminium, l'acide hydrofluosilicique ou le mélange de carbonate et de sel.

Pour le fer et le cuivre on recommande d'employer une solution bouillante contenant par exemple : 1 p. 100 de soude, 1 p. 100 de carbonate, 1 p. 100 d'hypochlorite.

Enfin les murs et le sol se trouvent bien d'un badigeonnage à la chaux à laquelle on ajoute souvent un peu de sulfate de cuivre. On peut aussi employer le chlorure de zinc (3 à 5 litres à 38° B^{é} par hectol.) ou le sulfate de zinc.

Pour laver les levains on peut employer 5-8 grammes de fluorure d'ammonium par hectolitre ou 300-400 grammes d'acide tartrique. On laisse en contact 5-6 heures et on rince à l'eau.

La stérilisation de l'air se fait avec des filtres à air qui sont de deux sortes :

1° Les filtres à toiles, formés de piles de sacs en toile serrée, placées dans des boîtes où arrive l'air; le lavage de ces sacs et leur stérilisation sont difficiles;

2° Les filtres à coton, formés de cylindres à cloisons perforées, placées en chicanes, entre lesquelles on installe des lits de coton qu'on détruit et qu'on renouvelle quand il est utile.

Ayant parlé de différentes matières premières utilisées en brasserie, nous allons commencer l'étude des différentes sortes de fabrications.

Nous parlerons d'abord du brassage.

[1] D'autant plus que l'eau est plus dure.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

QUATRIÈME PARTIE

FABRICATION PROPREMENT DITE

BRASSAGE

THÉORIE DU BRASSAGE

Au moment où l'on mélange le malt avec l'eau, il y a une élévation de température qui dépend de la nature du malt et de son humidité propre. On a indiqué des formules plus ou moins justes ayant pour but de prévoir la température après le mélange de l'eau et du malt. Ces formules sont loin d'être générales et il y a lieu de s'en défier.

On a estimé que la chaleur spécifique apparente d'un malt de brasserie à e p. 100 d'humidité est

$$0{,}52 + 0{,}005\ e.$$

On peut donc calculer la température de l'eau qu'on doit employer à l'empâtage pour obtenir une température T; soit M le poids du malt, θ sa température initiale, P le poids de l'eau, x sa température.

On doit avoir

$$M\ (0{,}52 + 0{,}005\ e)\ (T - \theta) = P\ (x - T)$$

d'où

$$x = T + \frac{M}{P}\ (0{,}52 + 0{,}005\ e)\ (T - \theta)$$

qui est différent d'une manière sensible de la valeur qu'on obtiendrait avec une chaleur spécifique voisine de 1.

On aurait dans ce cas

$$y = T + \frac{M}{P}\ (T - \theta)$$

$$(y - x) = \frac{M}{P}\ (T - \theta)\ (0{,}48 - 0{,}005\ e).$$

Par exemple si

$$M = 20 \text{ kilogrammes.}$$
$$P = 80 \text{ kilogrammes.}$$
$$T = 70°$$
$$\theta = 15°$$
$$e = 5 \text{ p. } 100$$
$$y - x = \frac{1}{4}\ 55\ (0{,}48 - 0{,}025)$$
$$(y - x) = 6°5.$$

IRIS - LILLIAD - Université Lille

TRANSFORMATIONS PENDANT LE BRASSAGE

Dans le malt touraillé, la cytase, la sucrase sont presque complètement détruites, la peptase liquéfie la gélatine sans donner ni peptones ni amides. L'oxydase doit être affaiblie, mais elle subsiste en partie, car le moût tend à brunir de l'air.

Le malt touraillé contient encore beaucoup d'amylase, mais nous savons que l'effet des températures dans le brassin peut en détruire plus ou moins. De plus la solubilisation est loin d'en être immédiate : la température de 45°, est celle qui rend l'opération plus rapide; une farine fine est plus favorable sous ce rapport, etc.

Or la quantité d'amylase qui, à un moment donné, se trouve dans un brassin joue un grand rôle sur les produits obtenus finalement, parce que, au début de son action, l'action de l'amylase est pour ainsi dire proportionnelle à sa quantité et que pendant un brassin l'on fait rentrer des masses nouvelles d'amidon (décoction), ou l'on ajoute de l'eau et on laisse en repos (infusion).

Il doit donc y avoir une corrélation entre le pouvoir diastasique d'un malt, la température, le temps, les effets des retours de trempes et des additions d'eau chaude. En tout cas, Ling a fait remarquer que nos connaissances actuelles sont insuffisantes pour établir nettement la théorie du brassage, parce qu'elles portent sur la fécule et non l'amidon de malt et qu'elles ont été acquises en partant d'empois et non d'amidon mis dans de l'eau à 60-70°. De plus les produits de la saccharification même de la fécule n'ont pas encore été définitivement étudiés.

Matières minérales. — Les sels de l'eau réagissent sur les phosphates primaires de potasse, de chaux et de magnésie contenus dans le malt, mais cela dépend aussi du temps et de la température.

D'après Pierre, il semble que l'acidité du brassin, due surtout aux phosphates primaires, augmente jusqu'à 60-62° pour décroître ensuite, surtout en présence du sulfate de chaux et que d'ailleurs le bicarbonate réduit cette acidité bien plus que le sulfate de chaux. Avec le bicarbonate il y a une formation d'autant plus grande de phosphate tricalcique que la température est plus élevée (70° en présence du phosphate primaire de potasse, 50° en présence du phosphate secondaire).

La durée de contact augmente aussi l'acidité d'un brassin, mais cela est dû à des bactéries, puisqu'en présence des antiseptiques, l'augmentation n'a plus lieu. Il faut remarquer que cette acidité redissout des phosphates précipités.

Matières azotées. — Les matières azotées solubles du malt tendent à augmenter avec la température jusqu'à 55°-70° suivant les auteurs. Cette solubilité est accrue par les phosphates, les acides, les bases, le sel marin; le sulfate de chaux l'augmente jusqu'à 50°; le bicarbonate de chaux la diminue.

Il faut remarquer que, dans le travail par trempe, une certaine quantité de l'azote dissous se coagule.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

D'après Petit, il semble probable que l'on peut faire deux groupes des matières azotées du malt : 1° Celles qui comprennent les acides amidés ; les sels, ammoniacaux, les bases xanthiques et qui sont en quantités assez petites pour se dissoudre complètement à froid dans l'eau pure et devenir les aliments de la levure ; 2° celles qui, comme les différentes matières albuminoïdes, varient avec la température, le temps, la finesse de la farine, la composition de l'eau et l'acidité du milieu. C'est l'ensemble de ces produits que les praticiens appellent la glutine ; elle se dépose à froid en donnant une couche quelquefois verdâtre ; elle se précipite par le fer et le cuivre, elle donne des mousses, n'est pas filtrable à la température de 10 à 12°, mais l'est dans le voisinage de 0°, elle est turbinable. Le mélange des grains crus ne diminue que l'azote total et non la glutine.

La proportion de glutine augmente avec l'humidité du malt, de sorte que la proportion croît dans les brassins avec l'âge du malt et avec la rapidité du touraillage.

Les solutions de glutine se précipitent partiellement par la chaleur et cela dépend encore de l'acidité.

Toutes choses égales d'ailleurs, la dose d'azote dissous dans un brassin [1], augmente pour un malt riche en azote, germé chaud, forcé, peu touraillé, âgé, mis en farine fine, brassé longtemps dans un milieu où l'acidité augmente et où la chaux manque. Il faudra donc employer les malts ayant le minimum d'azote soluble non assimilable par la levure. Pour supprimer le plus possible la glutine, il faut éviter les trop longues ébullitions et le trop grand

[1] Weiss a utilisé la méthode d'étude des enzymes protéolytiques des malts pour suivre les modifications pendant le brassage.

1° Les enzymes sont peu affaiblies pendant le touraillage.

2° Dans le brassin, à côté des enzymes, il y a d'autres facteurs favorisant l'extraction.

Il y a augmentation pendant le brassage de l'azote total et de l'azote amidé (non précipitable par le tanin).

Le rendement en ces deux sortes d'azote est maximum à 50°. A cette température une addition d'acide lactique augmente beaucoup les doses d'azote total et amidé.

L'auteur a, sur une série d'échantillons prélevés pendant le brassage, fait agir le chlorure d'étain, le sulfate de zinc, le tanin et dosé l'azote des filtrats.

L'augmentation de l'azote total, qui a surtout lieu de la deuxième à la troisième heure, porte sur la formation d'amides.

Il faut remarquer que pendant le maltage, la peptase a produit presque toute son action et que pendant le brassage c'est à la tryptase que revient le rôle principal (à moins qu'on ajoute des matières premières riches en albuminoïdes non transformées).

Il est certain que la méthode abrégée de Windisch (empâtage à 50°, élévation rapide à 60°) est favorable à l'action de la peptase, puisque la température lui est favorable et que la tryptase agit lentement.

Un autre moyen d'augmenter les albumoses du moût, c'est d'ajouter certaines matières riches en azote.

L'auteur a fait sans réussir des essais avec le son de blé ; preuve que les matières azotées de celui-ci ne sont pas attaquables par les enzymes du malt.

Une addition de 10-20 p. 100 de farine de blé froment blutée produit :

a) Une augmentation d'albumine soluble coagulable en chaudière ou transformable en albumose par un brassage lent.

b) Une augmentation d'albumose.

c) Une diminution d'azote amidé.

Une addition de farine de maïs produit des effets contraires. Ceci serait favorable à la production d'une bière pauvre en azote, avec grande fermentation.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

nombre de trempes; en particulier ne pas faire l'empâtage trop longtemps avant le retour des trempes (15-20 minutes). On ne devra pas trop épuiser la drêche et il faudra filtrer le mieux possible.

D'autre part, un malt trop âgé tend à donner de la glutine, mais il ne faut pas employer non plus les malts trop frais parce que la mousse de la bière en souffre.

SACCHARIFICATION PENDANT LE BRASSAGE

Les sucres préexistants du malt sont extraits au brassage.

La décoction détruit un peu de lévulose et invertit un peu de saccharose, quelques pentosanes et hexosanes se dissolvent, surtout dans les méthodes de décoction par trempes prolongées, mais, d'après Petit, il n'y en a jamais plus de 150 grammes par hectolitre.

D'une façon générale, voici ce qui se passe quand on mélange, dans la cuve-matière, du malt et de l'eau à des temperatures déterminées. Tout d'abord, le liquide s'épaissit, il y a formation d'empois; puis, peu à peu, sous l'influence de la diastase liquéfiante, le liquide se fluidifie, s'éclaircit et on trouve de l'amidon soluble. Celui-ci ne tarde pas à disparaître aussi, pour faire place aux dextrines et à la maltose. En prolongeant l'opération, la maltose croît peu à peu, jusqu'à une limite variable avec les températures.

On suit ces transformations successives en soumettant le liquide refroidi à l'épreuve de l'iode. Le liquide se colore en bleu très intense aussi longtemps qu'il contient de l'empois ou de l'amidon soluble; il se teint en violet de moins en moins intense au fur et à mesure que ces corps disparaissent; vire au rouge quand il contient des dextrines, puis au jaune quand l'opération s'achève.

L'essai à l'iode se fait de la façon suivante :

Dans un tube à essai, on met un peu de moût et on ajoute cinq à six fois son volume d'alcool à 95°. On agite et on laisse déposer. Les dextrines se précipitent en flocons plus ou moins épais. Après dépôt, on décante, on laisse évaporer ce qui reste d'alcool, on redissout les dextrines dans l'eau et on ajoute goutte à goutte la teinture d'iode.

D'un autre côté, le pouvoir rotatoire du mélange décroît, tandis que le pouvoir réducteur augmente, rapidement d'abord, puis de plus en plus lentement, à mesure que se forme la maltose.

Les températures jouent un rôle prépondérant dans ces transformations; c'est ainsi que l'extrait de malt conserve jusqu'à 90° la faculté de liquéfier l'amidon et perd à 75° déjà le pouvoir de donner des dextrines et du sucre.

L'extrait de malt est capable de transformer les dextrines en maltose, mais très lentement, surtout l'achrodextrine. Il faudrait, pour que toute la dextrine disparût, plusieurs heures, c'est irréalisable en pratique et ce serait, du reste, aux dépens de la qualité de la bière.

Il en résulte que, outre l'influence des températures qui est considérable sur la formation des dextrines, le brasseur, en laissant l'action diastasique de son malt s'exercer plus ou moins longtemps, peut faire varier les pro-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

portions de dextrine dans un moût et cela dans des limites assez importantes.

Rôle de la dextrine. — La dextrine joue un rôle dans la bière.

1° Elle est infermentescible et reste dans la bière fermentée dans les proportions où elle a été créée dans la cuve-matière. Elle forme la plus grande partie de l'extrait sec. Or, la nature gommeuse, colloïdale de la solution de dextrine donne à la bière du corps, et contribue à ce qu'on appelle le moelleux ou la *bouche*. D'autre part, elle emprisonne mieux l'acide carbonique, retarde son dégagement et donne des bières plus mousseuses, d'une mousse plus persistante ;

2° Toute la dextrine qui n'existe plus dans la bière a été transformée en maltose fermentescible. Il en résulte des bières plus alcooliques et d'autant plus alcooliques qu'on a laissé se former plus de maltose.

De là, la distinction que l'on fait communément des bières dextrineuses et des bières alcooliques. Les deux types caractéristiques de cette distinction sont : les bières de Munich, très dextrineuses, moins alcooliques, proportionnellement, plus moelleuses et produisant une mousse abondante et épaisse; les bières anglaises pâles, très peu dextrineuses, très alcooliques, sèches, peu mousseuse et d'une mousse légère qui s'évapore rapidement.

Cela ne veut pas dire que les bières anglaises ne contiennent pas de dextrine ; elles en ont moins. Une bière entièrement privée de dextrine serait plate, amère et peu agréable.

Les bières dextrineuses s'éclaircissent plus lentement ; aussi les moûts dextrineux conviennent mieux pour les bières de garde ; et, d'une façon générale, les bières de fermentation basse sont des bières dextrineuses; celles de fermentation haute sont des bières alcooliques.

Ce qu'on cherche surtout, en pratique, c'est que toutes les dextrines supérieures, c'est-à-dire les moins fermentescibles disparaissent et qu'il ne reste dans le moût que des dextrines inférieures et la maltose. Ces dextrines inférieures, soumises à la levure, voient leur dextrine constitutive rester intacte, tandis que leur maltose, de même que la maltose libre, est transformée en alcool. Mais ces dextrines elles-mêmes peuvent varier en valeur et en quantité et il intervient ici d'autres influences qui changent les rapports des dextrines et de la maltose dans des proportions suffisamment grandes pour permettre au brasseur de donner à ses moûts et à ses bières, des caractères plus ou moins spéciaux.

Influences diverses. — Ces influences sont comme nous savons :
Les températures de saccharification ;
La durée de l'opération ;
La concentration du moût ;
L'état du malt.

Influence des températures. — Il faut d'ailleurs remarquer que toutes les expériences citées au chapitre de la saccharification sont des essais de labora-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

toire qui ne se réalisent jamais complètement dans la pratique et les chiffres ne peuvent être considérés que comme des limites.

L'expérimentateur se place dans des conditions exceptionnelles et particulières : une quantité d'amidon déterminée est attaquée par une quantité d'extrait de malt limitée, directement aux températures dont on étudie l'action et pendant un temps mesuré, toujours le même.

Or, en ce qui concerne la température, les choses se passent autrement dans la pratique. On arrive d'ordinaire lentement à la température finale de saccharification, en montant graduellement et en passant par les températures de formation de maltose. D'autre part, différents facteurs interviennent : la masse considérable de grain et la grande quantité de diastase dissoute ; les températures et les quantités variables d'eau ; la qualité du malt, sa mouture, le fonctionnement des appareils, etc. De sorte que, même en opérant au-dessus de 70°, nous n'aurons jamais le rapport théorique d'O'Sullivan, de 5 de dextrine contre 1 de maltose, ce qui serait, d'ailleurs, préjudiciable à la fabrication de la bière.

Mais ce qui découle des expériences que nous avons citées et ce qui est très important pour la pratique, ce que, d'ailleurs, elle confirme absolument, c'est que si nous donnons notre trempe de saccharification entre 60°-65°, nous aurons une production très grande de maltose et une bière très alcoolique ; que si nous opérons de 65 à 70°, ou de 70 à 75°, nous aurons proportionnellement plus de dextrines et une bière moins alcoolique. Entre ces températures, nous ferons varier, en plus ou en moins, les proportions respectives de maltose et de dextrine.

Schultze donne le tableau suivant des quantités de maltose obtenues dans la pratique :

Extrait.	Maltose.	Maltose dans 100 grammes d'extrait.	Rapport $\frac{M}{nM}$
A 62° : 82,03 p. 100.	64,51 p. 100.	78,64 p. 100.	3,5 à 1
A 65° : 81,05 —	56,97 —	70,28 —	2,3 à 1
A 70° : 79,63 —	49,94 —	62,72 —	1,6 à 1
A 75° : 79,46 —	47,62 —	59,93 —	1,4 à 1

La moyenne de 90 brassins faits à l'École nationale des Industries agricoles nous a donné :

	Rapport $\frac{M}{nM}$.
De 62° à 65° : 70 p. 100 de maltose dans l'extrait.	2,33
De 65° à 68° : 61,6 — — —	1,52
De 68° à 70° : 58,6 — — —	1,39
De 70° à 75° : 56,5 — — —	1,28

Un autre effet de la température, c'est que la saccharification est très rapide à 70°, presque instantanée ; elle est beaucoup plus lente à 60-63°. A 70°, les dextrines supérieures sont rapidement amenées à l'état de dextrines inférieures. Ce qui confirmerait l'opinion de M. Duclaux, de l'existence d'une deuxième diastase ayant son maximum d'énergie à température élevée.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Influence de la durée. — Si nous opérons à température élevée, à 70°, par exemple, la production du sucre arrive très vite à son maximum, en vingt minutes environ ; en prolongeant, on n'a qu'une augmentation très lente, d'autant plus lente que la température est plus haute.

Si nous saccharifions à température basse, au-dessous de 63°, la production du sucre s'élève graduellement et d'une façon presque uniforme pendant une heure ; et, même après deux heures, on constate encore une augmentation très sensible de la maltose produite.

Cette action s'explique si on admet l'existence de deux diastases ; la dextrinase étant, sinon détruite, du moins très affaiblie, estropiée, comme a dit M. Duclaux, aux températures élevées, en même temps que les dextrines deviennent plus résistantes.

La pratique confirme, du reste, ces observations. Les brasseurs anglais, pour leurs bières très alcooliques, laissent deux heures en repos leurs trempes à 63-65° ; les moûts fabriqués d'après les procédés bavarois sont plus riches en sucre, parce que pendant la longue ébullition d'une partie des trempes épaisses, l'excédent qui reste en cuve-matière y séjourne plus longtemps aux températures de relais, 35°, 55° et 65°, favorables à la production de la maltose.

Expériences de Windisch et Hasse. — Au sujet de l'effet de la durée sur la saccharification on peut citer les expériences de Windisch et Hasse.

Les auteurs ont fait des essais en brassant d'après la méthode de brassage abrégée, préconisée par M. Windisch. On empâte avec de l'eau à 62,5° C. ; on prélève une trempe dès que l'empâtage est terminé, on la fait bouillir, et, en la repompant dans la cuve-matière, on amène le brassin à la température de 70° C.

Après une demi-heure de séjour à cette température, on fait bouillir rapidement une seconde trempe qui ramène le brassin à la température de 75° C. On procède ensuite au soutirage.

On a prélevé des échantillons :

1° Immédiatement après l'empâtage, au moment du soutirage de la première trempe ;

2° Aussitôt après la réunion de la première trempe, lorsque la température arrive à 70° C. ;

3° Après une demi-heure de séjour à 70° C., lorsqu'on soutire la seconde trempe ;

4° Au moment du soutirage du moût.

Ces échantillons ont été examinés au point de vue de leur teneur en diverses matières azotées et hydrocarbonées.

Pour ce qui est des matières azotées, les expériences faites doivent être considérées comme des essais d'orientation, bien plus que comme des recherches capables d'éclairer la question de la transformation de la matière azotée pendant le brassage.

Quant à la transformation de l'amidon, les chiffres donnés par les auteurs fournissent des renseignements bien plus clairs.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le point le plus important et le plus inattendu qui s'en dégage, c'est que, immédiatement après l'empâtage, qui se fait, comme on l'a vu, avec de l'eau à 62,5° C., et avant toute élévation de température, le moût renferme déjà plus de 90 p. 100 de son extrait total et toute la maltose est formée. La solubilisation et la saccharification qui se produiront ensuite ne portent que sur environ 8 p. 100 de l'extrait total qu'on pourra obtenir. Même en ce qui concerne la maltose, sa proportion dans l'extrait est plus grande au début de la saccharification qu'à la fin, ce qui ne surprendra pas, si on songe qu'il se forme d'autant plus de maltose et d'autant moins de dextrine, que la température du saccharification est plus basse.

Quant à la saccharose, on doit admettre que sa quantité reste à peu près constante. La dextrine, par contre, augmente dans une proportion qui correspond à la diminution de la maltose. Ces résultats conduisent à admettre que, du moins pour des malts pâles, ayant un pouvoir diastasique normal, les portions bien désagrégées du grain se saccharifient tellement vite, qu'il ne reste plus, pour le travail du brassage, qu'à opérer la saccharification des bouts durs. La saccharification proprement dite est terminée longtemps avant que l'on ait atteint la température finale de 70° C.

Les expériences précédentes sont, comme il vient d'être dit, insuffisantes en ce qui concerne l'azote.

La méthode de dosage de Pierre pourrait rendre des services dans cette étude.

On verse dans 100 centimètres cubes de moût une solution de tanin à 1 p. 100 jusqu'à précipitation complète des substances albuminoïdes.

Pour apprécier ce dernier point, on se sert comme indicateur de chlorure ferrique; on prend avec une baguette de verre de temps en temps une goutte du liquide et on la dépose sur une double feuille de papier à filtrer; le liquide passe à travers la première feuille et mouille la deuxième. On touche cette goutte filtrée avec une goutte de chlorure ferrique. Dès que toutes les matières albuminoïdes sont précipitées, on voit apparaître une petite auréole bleuâtre autour de la tache (il faut retrancher du chiffre trouvé le nombre de centimètres cubes de solution de tanin, nécessaire pour produire l'auréole avec 100 centimètres cubes d'eau distillée ; environ 3 centimètres cubes pour la solution à 1 p. 100).

Un gramme de tanin précipite ainsi 1,7 gr. de matières albuminoïdes. Les résultats obtenus sont parfaitement comparables entre eux et suffisamment précis, surtout si on a soin d'effectuer deux essais : le premier à 1 centimètre cube près, le deuxième avec une approximation de 0,2 cm^3.

Influence de la concentration. — Dans une certaine mesure la saccharification est plus complète dans une trempe diluée, parce que la diastase est mieux dissoute et que l'amidon est plus hydraté. Il se produit plus de maltose.

Mais il ne faut pas non plus diluer trop sous peine d'avoir des bières fermentant mal et trop aqueuses.

Le fait remarquable, c'est qu'avec une diminution de la quantité d'eau, le

IRIS - LILLIAD - Université Lille

rapport de la maltose à la dextrine diminue également : l'abaissement de l'eau agissant comme une élévation de température, fait signalé par Kjeldhal d'une part et Morritz-Morris d'autre part.

Influence de l'état du malt. — Jalowetz et Ewald ont publié sur ce point quelques résultats intéressants portant sur la nature des grains et sur l'état des farines :

1° En comparant les grains farineux aux grains glacés on trouve en farine fine

Extrait sec.	79,2	contre	72,7	p. 100 de matière sèche.
Maltose	53,36	—	47,15	— —

Et en farine grossière

Extrait sec	78,1	contre	68,7	p. 100 de matière sèche.
Maltose	52,75	—	43	— —

On voit que l'extraction par farine fine est relativement plus favorable aux grains glacés qu'aux autres. Les farines fines et farineuses ont peu de dextrine et les farines grossières et glacées ont peu de maltose.

L'état de désagrégation du malt a une grande influence jusqu'à 50°. Avec un malt bien désagrégé à partir de 60°, il n'y a guère que 5 p. 100 non saccharifiés, de sorte que si cette température a agi suffisamment longtemps, la marche d'une saccharification ne peut pas être très modifiée au delà de 60°.

Il résulte de là, que dans ces conditions d'attaque à 60°, par un brassage lent sur un malt moyen, on aura toujours une forte proportion de maltose et pour la garder il faudra dépasser d'autant plus cette température que le malt sera plus diastasique, plus désagrégé ou plus riche en diastase.

Avec un malt moyen, lorsqu'on dépasse 67-68°, on réduit beaucoup la proportion de maltose au profit de la maltodextrine.

Si le malt est très bon, on pourra atteindre 70°; s'il est très médiocre, il ne faut pas dépasser 65°.

Il résulte encore des faits précédents qu'un chauffage lent jusqu'à 60° portant sur un mauvais malt produit un accroissement de maltose, tandis que l'effet produit sur un bon malt est insignifiant.

Dans la méthode par décoction, une partie du moût est prélevée et envoyée en chaudière où elle est portée plus ou moins vite à une température relativement élevée.

Si on chauffe vers 70°, il se forme une maltodextrine facile à réduire en maltose par l'amylase au moment du retour à la cuve matière (température 50°) ; de sorte que le passage en chaudière n'élève pas beaucoup le titre en dextrine.

Si au contraire en chaudière on reste à 50-60°, les maltodextrines ramenées en cuve à 50° ne se saccharifient pas facilement.

Si le chauffage en chaudière dure une demi-heure, on peut dire qu'avec 70° il y aura 50 p. 100 et qu'avec 50° il y aura 20 p. 100 de la maltodextrine rétrogradée en maltose.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Si, en cuve, la trempe est réchauffée au delà de 60°, l'action dont il vient d'être parlé, tend à disparaître.

D'ailleurs avec des malts bien ou trop désagrégés et très diastasiques, 95 p. 100 de l'amidon est saccharifié dès qu'on atteint 60°, de sorte que les différents *modus operandi* n'ont guère d'influence sur les résultats.

Il faut pour obtenir plus de maltodextrines opérer de manière à obtenir en cuve-matière plus de 60°, soit en empâtant à une température plus élevée, soit en ramenant très vite les trempes.

Au contraire, avec des malts difficiles à saccharifier, pauvres en diastase, un brassage prolongé à 60°, des trempes longues à 70°, un retour lent des trempes à des températures de 55-60° donneront une assez forte proportion de maltose.

THÉORIE DES RETOURS

On introduit souvent dans les brassins des grains crus. Or en cuve on n'arrive guère à saccharifier plus du 1/3 de leur amidon.

On fait ordinairement passer en chaudière avec une partie du malt, puis renvoyer sur le malt, ce qui ramène de l'empois au contact de l'amylase.

Si ce contact a lieu à 45°, on aura beaucoup de maltose et cela indépendamment de la vitesse de retour de la trempe, puisque la température a peu d'influence dans le voisinage de 45°.

Si le contact a lieu plus haut que 60° il y a lieu de distinguer au point de vue de la vitesse de retour.

Si on la modère de manière à tenir la température à 60° jusque vers la fin, on aura alors de la maltose. Pour produire de la dextrine, il faudra vers la fin élever la température entre 68° et 75°.

Si on fait couler vite la trempe, il s'accumule de l'amidon qui ne sera attaqué que vers la fin, donnant alors beaucoup de dextrine, ou même restant inerte. Ce mode d'emploi ne peut être utile qu'avec de très bons malts, un très bon empois et pas plus du 1/8 de grains crus.

Donc un arrêt dans le retour d'une trempe augmente la maltose du moût et par suite l'atténuation de la bière.

Il faut remarquer que quand l'amidon des grains crus est mal empesé (trois ou quatre poids d'eau, température de 85-50°), chauffer trop court revient à rendre les maltodextrines plus résistantes.

THÉORIE DES LAVAGES

Dans les lavages, les éléments enlevés ne sont pas les mêmes. En général on admet que la maltose diminue et que la dextrine croît, mais les différents auteurs ne sont pas d'accord sur ce point.

La proportion d'azote croît du bouillon au dernier lavage. On peut par exemple représenter les extraits de 100 centimètres cubes à peu près par les chiffres : 20 pour le bouillon, 8 pour le premier lavage, 2 pour le deuxième et 2/3 pour le troisième.

Les extraits contiennent respectivement en matières azotées les propor-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tions $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, 2, $\frac{3}{2}$ pour cent, de sorte que de 100 centimètres cubes on tire en matières azotées :

Pour le bouillon environ	0,13
— le 1er lavage	0,06
— le 2e —	0,04
— le 3e —	0,01

Pour éviter l'acidification de la drêche, on a proposé de faire des lavages continus qui empêchent l'action de l'air, mais qui épuisent moins.

Lorsque la filtration est lente et que la drêche est trop froide, il y a tendance à l'acidification (phosphorique) et augmentation de l'azote.

Si l'eau manque de calcaire, les eaux de lavage sont troublées par la caséine.

Arrivons maintenant à la description technique des opérations du brassage.

TECHNIQUE DU BRASSAGE

CONCASSAGE DU MALT

Principes du concassage. — Avant d'être employé, le malt doit être concassé, c'est-à-dire réduit à l'état de farine grossière. Le but du concassage est de mettre l'eau des trempes en contact plus direct et plus intime avec les parties constituantes du grain ; d'obtenir ainsi une extraction plus rapide et plus complète, et de répartir plus également les températures de saccharification.

Théoriquement, si le malt était réduit en farine très fine, son hydratation se ferait mieux et plus vite ; on obtiendrait une meilleure extraction et plus de rendement. Mais, pratiquement, le malt moulu trop finement se mettrait en pâte dans la cuve-matière et la filtration des trempes ne pourrait que difficilement s'effectuer.

D'autre part, un concassage trop grossier rendrait l'hydratation lente et incomplète; il y aurait moins de diastase dissoute, une partie de l'amidon ne serait pas saccharifiée et on obtiendrait moins de rendement.

Il y a donc une limite entre une farine trop fine et un concassage trop grossier.

Ce qu'on cherche à obtenir surtout, c'est que l'amande intérieure du grain soit bien brisée en petits fragments aussi égaux que possible, que la totalité de l'amande soit ainsi divisée, mais que l'enveloppe du grain soit seulement fendue ou déchirée, et non réduite en fragments, tout en étant complètement vidée. L'enveloppe, conservée ainsi presque intacte, s'interpose dans la cuve-matière entre les particules de farine de malt et facilite l'écoulement du moût et la filtration des trempes.

En outre, dans un concassage trop fin, des particules de farine s'introduisent dans les trous du faux fond, les obstruent, ou passent à travers et sont entraînées dans les chaudières de cuisson ; les moûts coulent troubles.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La régularité de la mouture dépend de l'état du malt. Un malt bien germé, bien désagrégé, sec et friable, se concasse mieux ; et comme il se laisse mieux dissoudre en cuve-matière, on pourra le réduire à l'état de farine plus grossière sans nuire au rendement, et obtenir une filtration plus rapide et plus facile.

Un malt imparfaitement germé, humide, mal touraillé, en partie vitreux, se concassera irrégulièrement; il faudra le moudre plus fin, parce qu'il est moins soluble et il donnera une filtration lente, pénible et souvent incomplète.

Dans certaines brasseries, où l'on emploie du malt brun, très fortement touraillé, comme en Bavière, on a l'habitude d'arroser le malt avec un peu d'eau, en le pelletant, avant la mouture, non seulement pour l'empêcher de s'échauffer entre les cylindres, mais aussi pour éviter qu'il ne se mette en farine trop fine.

Contrôle de la mouture. — On détermine la finesse de la mouture en se servant de cinq tamis superposés, dont les mailles sont différentes. Le premier tamis, supérieur a 15 trous par centimètre carré ; le second en a 30 ; le troisième, 56; le quatrième, 144; le cinquième, 192;

On pèse 300 grammes de farine, on tamise et on pèse séparément ce que chaque tamis a retenu.

Windisch donne ces deux exemples d'une mouture normale et d'une mouture non normale.

Tamis.	Mouture normale.	Mouture non normale.
N° 1	108 grammes = 36 p. 100.	183 grammes = 61 p. 100.
N° 2	66 — = 22 —	39 — = 13 —
N° 3	69 — = 23 —	36 — = 12 —
N° 4	18 — = 6 —	12 — = 4 —
N° 5	39 — = 13 —	30 — = 10 —

Moulins concasseurs. — Un moulin concasseur se compose de deux cylindres (fig. 93), en fonte ou, de préférence, en acier ou en fonte aciéreuse, qui tournent en sens contraires avec une vitesse différentielle et entre lesquels le malt vient s'écraser. Les cylindres sont ou cannelés ou lisses, mais on préfère généralement les cylindres lisses, qui concassent plus régulièrement et laissent plus intacte l'enveloppe du grain. Leurs tourillons portent de chaque côté sur des coussinets mobiles.

Les coussinets d'un des cylindres, mus par une vis de rappel, permettent de donner aux cylindres l'écartement voulu ; les coussinets de l'autre sont maintenus soit par un levier à contrepoids, soit par des blocs en caoutchouc, soit par un fort ressort, de façon que le cylindre puisse s'écarter de lui-même si un corps dur, pierre, clou, etc., s'engage entre les deux cylindres et revenir à sa position première après l'avoir laissé passer. Dans certains systèmes, les clous sont retenus par des faisceaux aimantés placés au-dessus des cylindres.

Le malt est d'abord versé dans une trémie munie dans le bas d'un appareil distributeur qui règle la descente du malt et le répartit également sur toute la longueur des cylindres. Assez souvent, le malt tombe sur un tamis

IRIS - LILLIAD - Université Lille

à secousses qui retient les grosses impuretés et de là entre les cylindres.

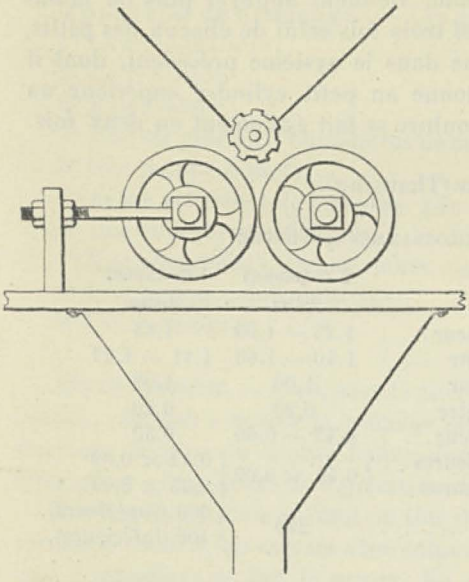


Fig. 93. — Moulin concasseur à une paire de cylindres.

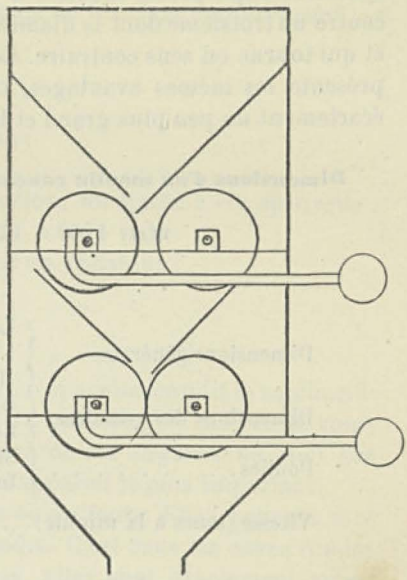


Fig. 94. — Moulin à deux paires de cylindres et à leviers pour le passage des corps durs.

La longueur des cylindres doit être égale à deux ou trois fois le diamètre. La vitesse ne doit pas être exagérée, parce qu'alors les cylindres agiraient par à-coups, au lieu d'agir par compression et la mouture serait irrégulière. Il faut que le diamètre et la vitesse soient dans un rapport tel que dans un temps assurément très court, mais appréciable néanmoins, le grain soit comprimé graduellement.

Système bavarois à deux paires de cylindres (fig. 94). — Ce système comporte deux paires de cylindres superposés. On donne à la paire supérieure un écartement tel que le grain est seulement écrasé, et la pellicule fendue laisse sortir l'amande divisée. La paire inférieure, plus serrée, achève de broyer l'amande et laisse passer la pellicule presque entière. Les petits grains, les pointes de grains plus résistantes qui échappent à l'action des cylindres supérieurs, sont également broyés entre les cylindres inférieurs.

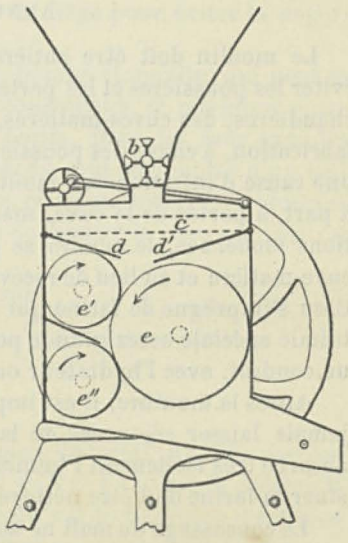


Fig. 95. — Moulin à trois cylindres.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Système à trois cylindres. — Dans ce système (fig. 95), deux petits cylindres superposés, mobiles à volonté, viennent appuyer plus ou moins contre un troisième dont le diamètre est trois fois celui de chacun des petits, et qui tourne en sens contraire. Comme dans le système précédent, dont il présente les mêmes avantages, on donne au petit cylindre supérieur un écartement un peu plus grand et la mouture se fait également en deux fois.

Dimensions d'un moulin concasseur (Thausing).

DÉBIT 1 000 A 1 500 KILOGRAMMES A L'HEURE

		2 CYLINDRES Mètres.	4 CYLINDRES Mètres.
Dimensions générales	Longueur	1,25 — 1,55	1,15
	Largeur	1,40 — 1,60	1,11 — 1,29
	Hauteur	1,00	1,08
Dimensions des cylindres.	Diamètre	0,20	0,20
	Longueur	0,42 — 0,60	0,50
Poulies	Supérieures	0,45 × 0,09	0,42 × 0,09
	Inférieures		0,35 × 0,09
Vitesse (tours à la minute)		240	200 (supérieurs). 400 (inférieurs).

Le concassage produit une augmentation de volume d'environ 1/4 ou 1/3. Il y a aussi une légère augmentation de poids par suite de l'humidité absorbée pendant l'opération et une perte résultant des poussières qui se produisent.

ANNEXES DU MOULIN

Le moulin doit être entièrement revêtu d'une enveloppe de bois pour éviter les poussières et les pertes de farine. Il doit être éloigné des bacs, des chaudières, des cuves-matières, et en général de tous les locaux où se fait la fabrication, à cause des poussières qu'il répand dans l'air et qui peuvent être une cause d'infection des moûts. Il est préférable de le loger dans une pièce à part, à portée de la cuve, mais aussi close que possible. Dans les installations modernes, le moulin se place dans un grenier clos, au-dessus de la cuve-matière et au lieu de recevoir la farine dans des sacs en toile, dont le tissu s'imprègne de farine qui s'altère à la longue, on la recueille dans une trémie spéciale assez grande pour la contenir toute et en communication, par un conduit, avec l'hydrateur ou la cuve-matière.

Après la mouture, il est important de nettoyer à fond le moulin et de n'y jamais laisser séjourner de la farine qui s'altère d'autant plus vite qu'elle absorbe très facilement l'humidité. De même la trémie qui sert à emmagasiner la farine doit être nettoyée après chaque brassin.

Le concassage du malt ne doit pas se faire plus de vingt-quatre à quarante-huit heures avant le brassin. Le malt en farine, offrant une plus grande surface au contact de l'air, absorbe beaucoup d'humidité, s'échauffe et s'altère. Il perd en grande partie son arome.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

BRASSAGE

Appareils de brassage. — Les appareils de brassage comprennent :
1° La cuve-matière ;
2° Le réverdoir ;
3° L'hydrateur ;
4° Une ou plusieurs chaudières de cuisson ;
5° Une pompe à moût.
Dans les méthodes de brassage par décoction, on ajoute à ces appareils :
6° Une cuve de clarification ;
7° Une chaudière à dickmaisches munie d'un agitateur ;
8° Une pompe à dickmaisches ;
9° Un macérateur.

Cuve-matière. — C'est dans la cuve-matière que s'accomplit la saccharification ; elle sert à opérer le mélange intime du malt et de l'eau, et sa construction, la plus ou moins bonne disposition de ses organes ne sont pas étrangères à la réussite de l'opération. C'est l'appareil le plus important.

Les cuves-matières se font en tôle de fer ou en fonte. Elles peuvent être rondes ou ovales, ou carrées avec coins arrondis. C'est dans les cuves rondes que le démêlage se fait le mieux. En ce cas, elles sont exactement cylindriques.

On les munit assez souvent d'une double enveloppe occupant le tiers de la hauteur, avec circulation de vapeur, pour permettre soit de réchauffer les moûts, soit de les maintenir aux températures de saccharification. Mais toujours on les revêt d'une enveloppe en bois ou en liège pour éviter la déperdition de chaleur.

Elles sont fermées par un couvercle en tôle, bombé et mobile, qui peut se soulever au moyen d'une chaîne d'enlevage à contrepoids et qui glisse entre quatre tringles verticales engagées dans ses bords. Dans les très grandes cuves, où le couvercle serait trop lourd, les bords sont surmontés d'un bâti cylindrique de fers en équerre formant fenêtres, et on place entre les équerres des volets mobiles qui permettent d'ouvrir ou de fermer la cuve ; le bâti est couvert en haut par un dôme en tôle fixe.

Les organes principaux de la cuve-matière sont :
1° Le faux fond ;
2° L'appareil à vaguer ;
3° La batterie de clarification.

Faux fond. — Le faux fond consiste en plaques de métal (fig. 96) percées de trous. Il est destiné à laisser passer le moût clair et à retenir la drêche. Il se fait en tôle galvanisée ou en cuivre. Le cuivre est préférable : il est plus durable que la tôle ; il est plus lourd et se maintient mieux au fond de la cuve ; il permet d'avoir plus de trous sur une même surface ; il se dilate plus et les pièces qui constituent le faux fond adhèrent mieux les unes aux autres,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

sans laisser des écartements qui laissent passer la drêche. Enfin il ne rouille pas, tandis que dans les faux fonds en fer, après un certain temps

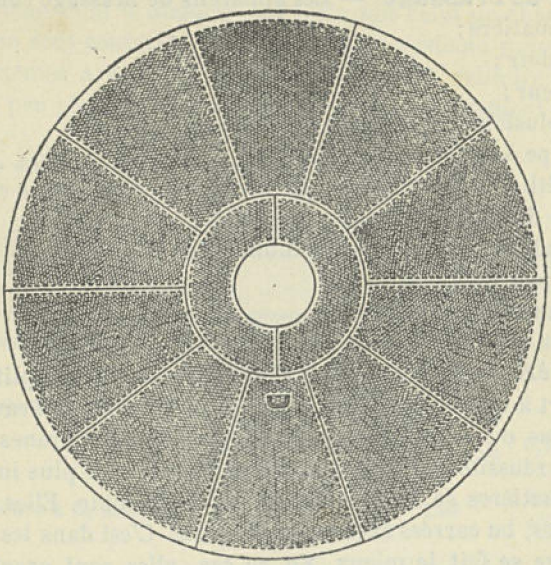


Fig. 96. — Faux fond de cuve-matière.

d'usage, la rouille se met dans les trous, les obstrue et diminue la surface filtrante.

Autrefois, on ne couvrait d'un faux fond que quelques parties seulement de la cuve. Ces faux fonds étaient carrés et il y en avait deux ou trois ou quatre, suivant la grandeur de la cuve. Aujourd'hui, on couvre toute la surface et le faux fond est constitué par un certain nombre de secteurs triangulaires (fig. 97) de un mètre carré de surface, environ, et qui se placent les uns à côté des autres. Les secteurs sont numérotés et se placent toujours dans le même ordre; le dernier est muni d'une poignée et de loquets fermant sur le premier. Chaque secteur porte, sous un côté, une bande de métal de 0,033 m. de large sur laquelle vient poser le secteur suivant, et sous la surface, trois petits pieds d'un peu moins de un centimètre de haut reposant sur le fond de la cuve. La rigidité de l'ensemble est assurée par le dernier secteur qui porte à la fois sur l'avant-dernier et le premier secteur garnis de bandes sur les deux côtés et par un collier boulonné au centre, autour de l'arbre central de l'agitateur mécanique.

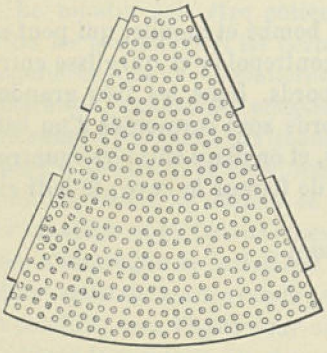


Fig. 97. — Secteur de faux fond.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le nombre des secteurs est variable et dépend de la grandeur de la cuve. L'épaisseur est de 4 à 5 millimètres pour les faux fonds en cuivre et de 7 millimètres pour les faux fonds en tôle.

Le faux fond est percé de trous coniques (fig. 98), d'un diamètre de moins de 1 millimètre à la surface et évasés par en dessous. Un faux fond ne doit pas avoir moins de 200 à 220 trous par décimètre carré. On remplace souvent

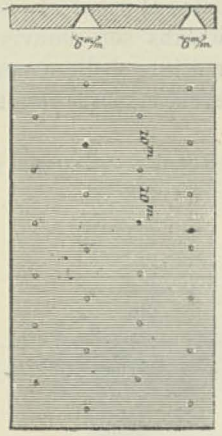


Fig. 98. — Tôle perforée de trous pour faux fond de cuve-matière.

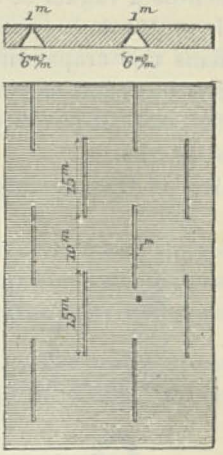


Fig. 99. — Tôle percée de fentes pour faux fond de cuve-matière.

les trous par des fentes de 13 à 15 millimètres de longueur (fig. 99) qui donnent une plus grande surface libre pour l'écoulement du moût. Le nombre des fentes ne doit pas être inférieur à 40-45 par décimètre carré.

On a observé que plus il y avait de trous, mieux se faisait l'épuisement des drêches et plus on obtenait de rendement. Aussi, a-t-on cherché à obtenir le maximum de trous sans nuire à la solidité de l'appareil. Parmi les dernières inventions de ce genre, nous signalerons :

Le faux fond Heid, qui figurait à l'Exposition de 1900 et qui ne contient pas moins de 60 000 à 80 000 trous par mètre carré. Il est constitué par des secteurs en bronze de un centimètre d'épaisseur. Le poids énorme de l'appareil assure sa fixité au fond de la cuve et l'adhérence parfaite des secteurs les uns contre les autres. Le nombre des trous, qui ont moins de un millimètre de diamètre, donne un épuisemeut complet des drêches et un rendement supérieur de 2 à 3 p. 100 à celui qu'on obtient avec les autres faux fonds.

La drêche ayant une tendance à se tasser au milieu de la cuve et à s'écarter des parois, le moût prend plus volontiers cette direction pour s'écouler. On évite cet inconvénient en laissant sans trous une bande de 4 à 5 centimètres tout le long du bord du faux fond.

Agitateurs mécaniques ou vagueurs. — Il est important que, pendant la

IRIS - LILLIAD - Université Lille

durée de la trempe, le malt et l'eau soient mélangés d'une façon intime et qu'on multiplie les points de contact. Il faut que toute la masse soit remuée, agitée dans tous les sens ; c'est ce qu'on appelle le brassage, ou *vaguage* des trempes. Le travail se faisait autrefois à bras, au moyen de fourches en bois ou en fer appelés *fourquets ;* il se fait aujourd'hui à l'aide d'agitateurs mécaniques placés au sein de la cuve.

La machine à vaguer se compose essentiellement d'un arbre vertical qui traverse le centre de la cuve dans une douille calfatée et vient s'appuyer en dessous dans une crapaudine. Cet arbre entraîne dans son mouvement de rotation sur lui-même une série d'agitateurs, constitués ordinairement par des palettes en fer disposées obliquement qui soulèvent la masse et la remuent dans tous les sens.

Il existe de très nombreux systèmes, qui peuvent se partager en trois groupes :

1° Les appareils à mouvements verticaux ;
2° Les appareils à mouvements horizontaux ;
3° Les appareils à mouvements combinés.

Appareils à mouvements verticaux. — Dans ces appareils (fig. 100), à l'arbre central sont rattachés, par des entretoises, deux autres arbres ver-

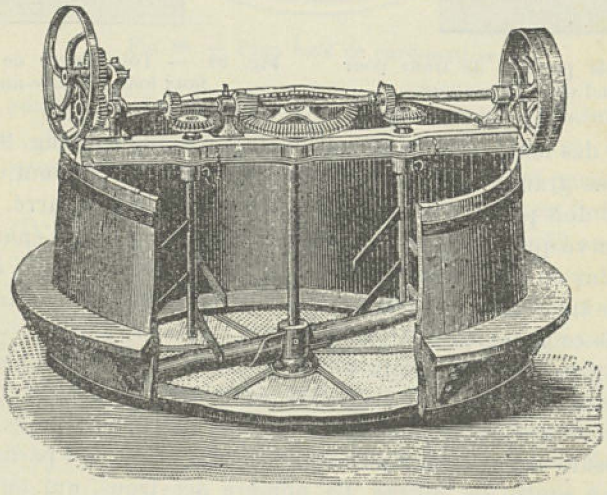


Fig. 100. — Cuve-matière à agitateurs verticaux.

ticaux armés de palettes horizontales, inclinées par rapport au plan horizontal et disposées en hélice autour de l'arbre qui les supporte. Ces arbres peuvent tourner dans les douilles des entretoises qui les relient à l'arbre central. Ils sont animés : 1° d'un mouvement circulaire autour de la cuve qui leur est donné par l'arbre central tournant sur lui-même ; 2° d'un mouvement sur leur axe qui leur est communiqué par deux roues engrenant sur une roue centrale calée sur l'arbre du milieu. A cause de ce double mouvement, on les

IRIS - LILLIAD - Université Lille

appelle des *tourniquets valseurs*. Les palettes, en fouettant la masse, opèrent le mélange.

Pour éviter que la masse ne soit entraînée dans un mouvement de rotation autour de la cuve sans que le mélange se fasse aussi complètement, les arbres latéraux tournent sur eux-mêmes en sens contraire, au moyen d'une petite roue intercalée entre les deux roues d'engrenage de l'un d'eux.

Appareils à mouvements horizontaux. — L'arbre central porte au tiers environ de sa hauteur deux bras horizontaux qui sont armés de débatteurs ou fourquets de formes très variées et disposés tout autour sur un plan hélicoïdal (fig. 101). Les deux bras sont entraînés autour de la cuve par le mou-

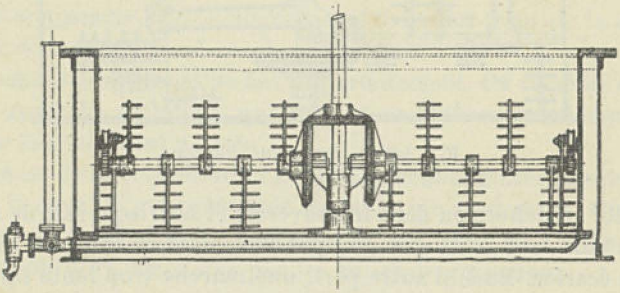


Fig. 101. — Cuve-matière à agitateur horizontal.

vement de l'arbre central et sont en même temps animés d'un mouvement de rotation sur eux-mêmes qui leur est transmis par deux roues coniques verticales engrenant sur une roue horizontale calée sur l'arbre central. Les deux bras horizontaux sont soutenus, soit par une roue dentée calée à leur extrémité et engrenant avec une crémaillère fixée à la paroi de la cuve, système qui augmente les engrenages et est d'un nettoyage difficile ; soit, de préférence, par deux entretoises partant de leur extrémité et venant se fixer en haut sur l'arbre principal.

Appareils à mouvements combinés. — Dans les *appareils à mouvements combinés,* on dispose d'un côté un arbre vertical armé de palettes ; de l'autre, un arbre horizontal muni de débatteurs. Ce sont ces appareils qui donnent le meilleur débattage (fig. 102 et 103).

Remarques. — La drêche ayant une tendance à se déposer dans le fond de la cuve et la diastase dissoute dans le liquide étant répandue aussi bien dans la partie supérieure que dans le fond, il est indispensable que le vagueur ramène incessamment la drêche en haut et mette partout l'amidon en contact avec la diastase.

Un mélange intime et rapide est nécessaire à un autre point de vue. Pour donner les trempes, on est obligé de faire arriver de l'eau ou du moût à une température bien supérieure à celle de saccharification et qui se refroidira en venant en contact avec le malt ; il est indispensable que l'échange des

IRIS - LILLIAD - Université Lille

températures se fasse aussi rapidement que possible, si on ne veut pas que la diastase soit détruite, que des parties de malt soient trop brusquement saisies, *échaudées*, comme on dit.

Les appareils ne doivent pas faire plus de quatre à cinq tours par minute. Une trop grande vitesse donnerait une trop vive agitation au liquide qui

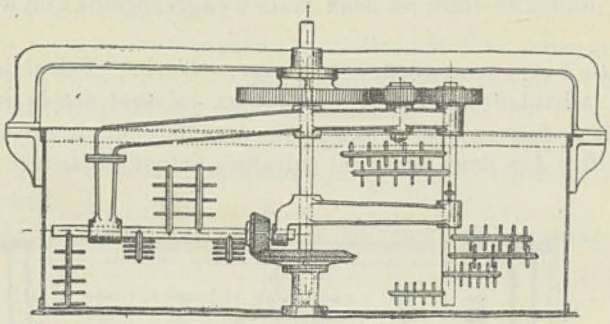


Fig. 102. — Agitateur combiné.

serait projeté au dehors ou dans le couvercle et on risquerait de soulever les secteurs du faux fond, s'ils n'étaient pas fortement retenus, ou tout au moins de les faire écarter. Mais, d'autre part, une marche trop lente serait préjudiciable parce que la température se répartirait inégalement, la trempe serait

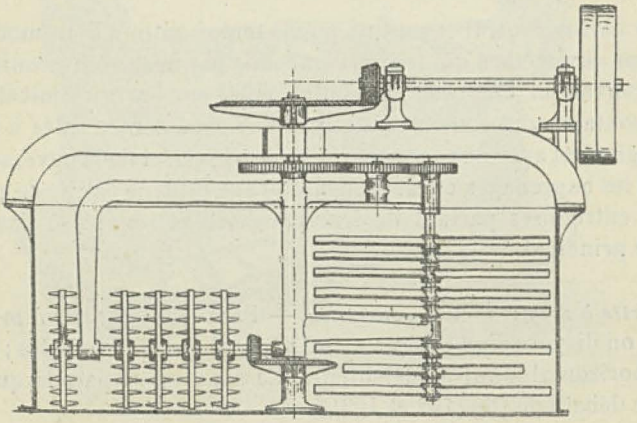


Fig. 103. — Agitateur combiné.

trop chaude dans certaines parties, pendant le temps que l'agitateur n'y passerait pas. C'est pour la même raison qu'il faut blâmer les systèmes qui n'ont un agitateur que d'un seul côté.

Dans les appareils dits tourniquets valseurs, on emploie de préférence les palettes qui fouettent la masse et dont l'inclinaison soulève les parties solides.

Il est bon qu'une des palettes rase le fond pour empêcher la drêche de s'y déposer à demeure. Dans les appareils à bras horizontaux, les palettes offri-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

raient trop de résistance et demanderaient plus de force ; il est préférable d'y adapter des éléments, plus petits, mais plus nombreux ; de petits bras ronds, disposés en croix, ou terminés en fourches, en fourquets, qui divisent la masse à l'infini, la mélangent aussi parfaitement que possible et offrent moins de résistance.

Comme il faut que toutes les parties de la cuve soient atteintes, qu'il faut éviter que des masses de drêche ne se déposent sous les roues d'engrenage, et sous les crémaillères, on dispose, partout où les bras n'atteignent pas, des palettes ou des racloirs qui chassent continuellement la matière et la renvoient dans la partie agitée.

Les agitateurs mécaniques ont un inconvénient. Pendant le repos de la trempe, les organes de l'agitateur reposent dans des trous de la drêche, par où les eaux de lavage s'écoulent plus volontiers.

L'épuisement des drêches se fait imparfaitement. On remédie à cet inconvénient en ayant des agitateurs qui peuvent se soulever et se dégager en partie, dès que la trempe est donnée.

Les organes de la transmission du mouvement se placent au-dessus ou au-dessous de la cuve. Il est préférable de les avoir au-dessous. On évite l'encombrement qu'ils produisent au-dessus et qui gêne les abords de la cuve, ainsi que la souillure des moûts par les huiles de graissage.

Batterie de clarification. — On appelle batterie de clarification (fig. 104), l'ensemble des organes qui servent au soutirage du moût. Sous chaque sec-

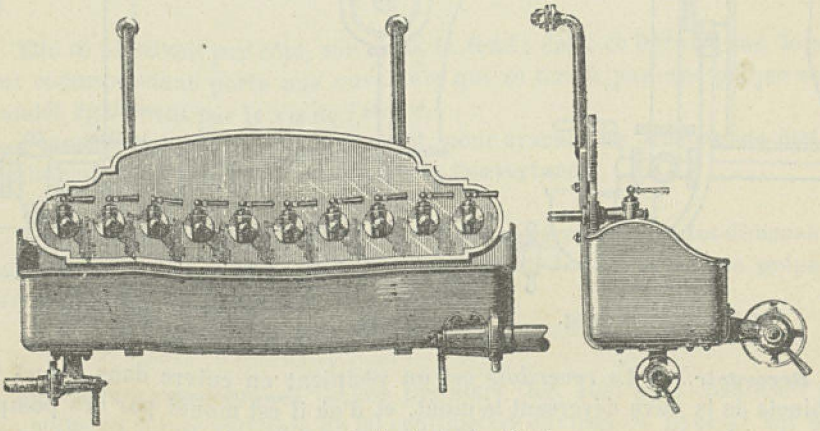


Fig. 104. — Batterie de clarification.

teur se trouve un trou pratiqué dans le fond de la cuve, d'où part un tuyau de cuivre aboutissant devant la cuve et fermé par un robinet. Il y a ainsi autant de robinets que de secteurs et on obtient de la sorte une filtration plus rapide, une meilleure clarification et un épuisement plus complet de la drêche, parce que le moût vient de toutes les parties de la cuve.

Lorsqu'on met en perce, il est ainsi facile de s'assurer que chaque sec-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

teur laisse couler le moût clair et de fermer le robinet correspondant à celui dont la filtration est mauvaise.

Dans certaines dispositions, les tuyaux sont remplacés par autant de rigoles, recouvertes elles-mêmes par des faux fonds percés de trous. On obtient ainsi une double filtration, mais ce système ne permet pas de retirer les particules d'amidon qui se sont introduites sous le faux fond principal et qui ne sont pas saccharifiées.

Les robinets sont démontables pour en faciliter le nettoyage.

Faux bucq. — Dans les méthodes par infusion, où tout le travail se fait dans la même cuve, et où l'eau des trempes est amenée sous le faux fond, la cuve-matière porte un autre organe. C'est un tuyau vertical, appelé *faux bucq* (fig. 105), dont l'extrémité supérieure peut être mise en communication avec la bâche à eau chaude et dont l'extrémité inférieure aboutit à un tuyau horizontal servant de collecteur et communiquant lui-même avec chacun des tuyaux du fond de la cuve. L'eau chaude amenée par le faux bucq se répartit sous le faux fond et pénètre dans la cuve par les trous de ce dernier.

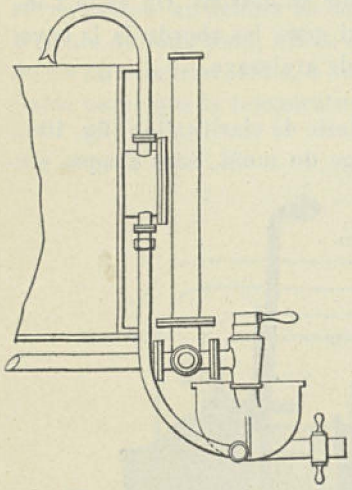


Fig. 105. — Faux bucq.

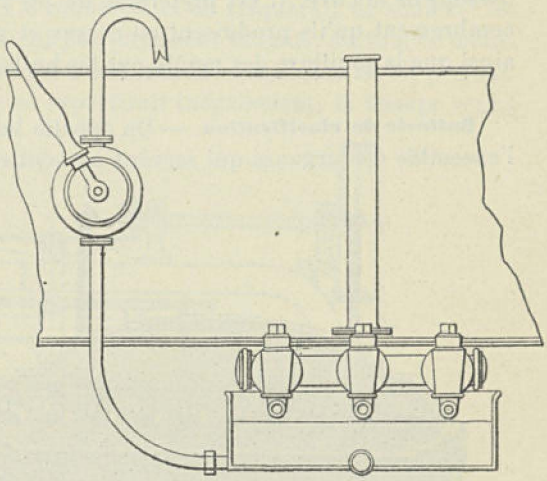


Fig. 106. — Pompe à moût trouble.

Reverdoir. — Le *reverdoir* est un récipient en cuivre dans lequel les robinets de la cuve déversent le moût, et d'où il est monté par des pompes dans les chaudières de cuisson. Sa grandeur est proportionnée à la contenance de la cuve. En Angleterre, il constitue un véritable réservoir, pouvant contenir la totalité du moût. En ce cas, il est fermé, et des serpentins à vapeur y entretiennent la température. En Allemagne, il est également souvent fermé et les robinets y aboutissant portent des tubes en verre qui laissent voir la limpidité du moût. Il est quelquefois divisé en deux compartiments, l'un destiné à recevoir le moût aussi longtemps qu'il coule trouble et d'où une petite pompe (fig. 106), adaptée à la cuve, le remonte en cuve,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'autre à recevoir le moût clair. En ce cas, les robinets sont mobiles et peuvent se tourner sans qu'on soit obligé de les fermer.

Enfin, la cuve-matière est munie d'une porte d'évacuation de la drêche (fig. 107). Elle consiste en une porte massive en fer, montée sur gonds et dont les bords, taillés en biseau et finement polis, s'adaptent hermétiquement au bord du trou ménagé dans le métal de la cuve. On augmente quelquefois l'adhérence et l'imperméabilité en intercalant une feuillure en caoutchouc. La porte est fixée au moyen d'un étrier à vis.

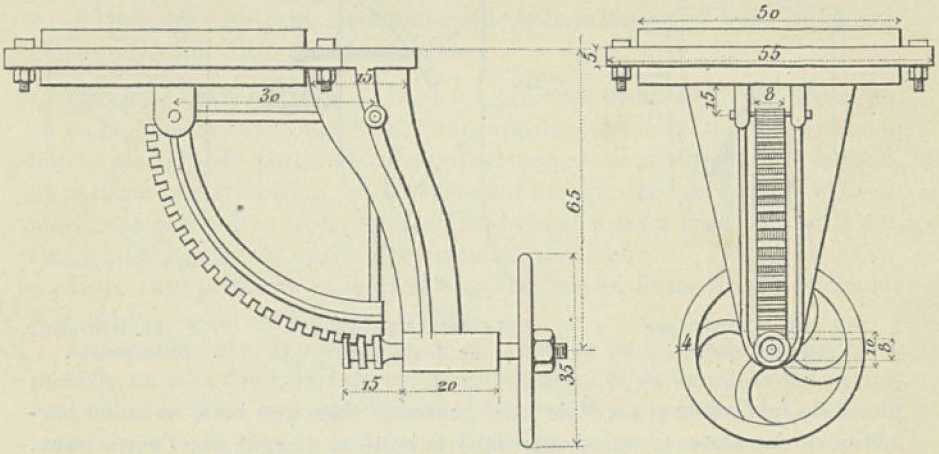


Fig. 107. — Porte pour la vidange des drêches. A gauche vue de côté, à droite vue de face.

Elle se place soit par côté, soit dans le fond ; dans ce dernier cas, le secteur correspondant porte une ouverture qui se ferme par une plaque commandée également par la vis de l'étrier.

Quand la porte est ouverte, il suffit, pour évacuer les drêches, de mettre l'agitateur en marche qui les chasse vers l'ouverture.

Hydrateurs. — Les hydrateurs sont des appareils de petites dimensions qui se fixent sur la cuve-matière et qui servent à donner la trempe préparatoire ou l'empâtage du malt.

Ils sont de deux sortes, automatiques ou à force mécanique.

Hydrateurs automatiques. — Les premiers (fig. 108) sont constitués par une boîte en cuivre verticale de 50 centimètres environ de hauteur sur 35 à 40 de largeur, communiquant, à la partie supérieure, avec la trémie à malt et terminée, à la partie inférieure, par une large buse versant le malt hydraté dans la cuve. Sur les côtés, des tuyaux, communiquant avec la bâche à eau chaude, amènent l'eau dans une double enveloppe percée de trous, de façon que l'eau arrive en pluie dans le centre de l'appareil et humecte le malt qui le traverse. Un régulateur à glissière ou à vis et des robinets règlent la descente du malt et l'arrivée de l'eau. Pour retarder la descente du malt et le

IRIS - LILLIAD - Université Lille

maintenir plus longtemps sous la pluie, on place dans l'appareil soit un cône en métal dont la pointe le divise, soit des cloisons en chicanes, (fig. 109) (hydrateur Neubecker) sur lesquels le malt est obligé de glisser.

Dans d'autres systèmes (fig. 110), le malt descend en cascade dans un tuyau

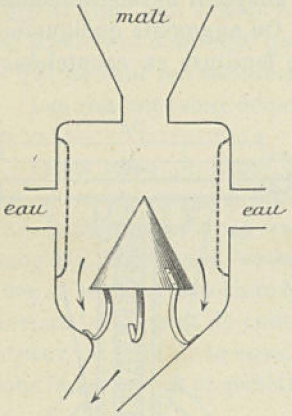


Fig. 108. — Hydrateur automatique.

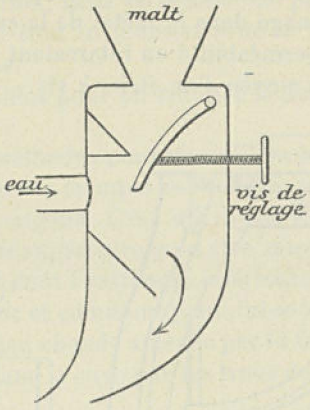


Fig. 109. — Hydrateur de Neubecker.

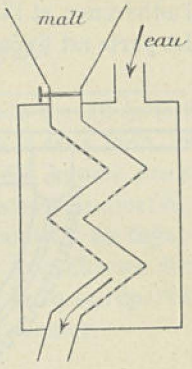


Fig. 110. Hydrateur automatique.

plusieurs fois coudé et percé de trous, enfermé dans une boîte en métal hermétiquement close. L'eau pénètre dans la boîte et n'ayant pas d'autre issue, passe par les trous du tuyau coudé, où le mélange se fait.

Hydrateur mécanique. — L'hydrateur mécanique (fig. 111) (hydrateur Steele), est composé d'une boîte cylindrique horizontale, dont l'extrémité

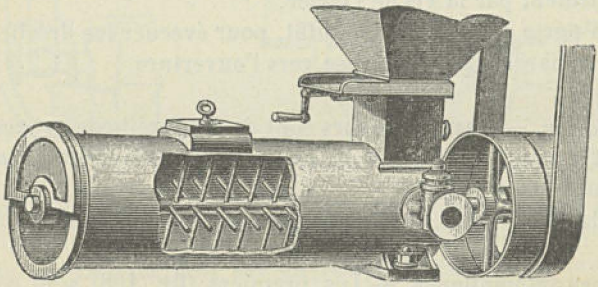


Fig. 111. — Hydrateur mécanique de Steele.

communique verticalement avec la trémie à malt. A la même extrémité se place la prise d'eau et dans l'intérieur du cylindre, se trouve un petit agitateur à palettes mû soit à la main, soit par une transmission spéciale. Le malt hydraté est poussé par l'agitateur vers l'autre extrémité, d'où il tombe dans la cuve.

Les hydrateurs ont les avantages suivants :

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ils évitent les poussières qui se répandent autour de la cuve quand on y verse directement la farine de malt.

Tout le malt est saisi à la même température, tandis que quand on fait l'empâtage directement en cuve, les premières parties de malt qu'on y introduit rencontrent une eau plus chaude que les dernières parties.

Le travail est plus rapide.

On peut employer moins d'eau, faire un empâtage plus sec et en réserver par conséquent davantage pour les autres opérations. Dans l'empâtage en cuve, l'agitateur ne peut fonctionner que si le mélange est assez dilué pour ne pas offrir une trop grande résistance.

Cuve de clarification. — Dans les procédés de brassage par décoction, on emploie deux cuves-matières. L'une, appelée cuve à dickmaisches et où se fait la plus grande partie du travail des trempes, ne renferme ni faux fond, ni batterie de clarification, mais seulement un agitateur mécanique. Elle est munie, en outre, d'un trou pratiqué dans le fond, à assez large section et destiné à laisser passer le moût épais, mélangé de drêche.

Cette cuve peut être un véritable macérateur en forme de pétrin chauffé à la vapeur et qui sera décrit plus loin.

La seconde cuve, appelée cuve de clarification ou cuve à lautermaisches, possède un faux fond, la batterie de clarification et un agitateur mécanique généralement d'un seul côté. Souvent l'appareil n'a pas de vapeur et est muni d'une piocheuse, série de petites binettes qui peuvent tasser la couche inférieure de drêche pour boucher les fissures mais qui ne ramènent pas cette couche à la surface car elle est la plus épuisée. C'est dans cette cuve que se donne la dernière trempe, qu'elle reste en repos et qu'on la soutire claire.

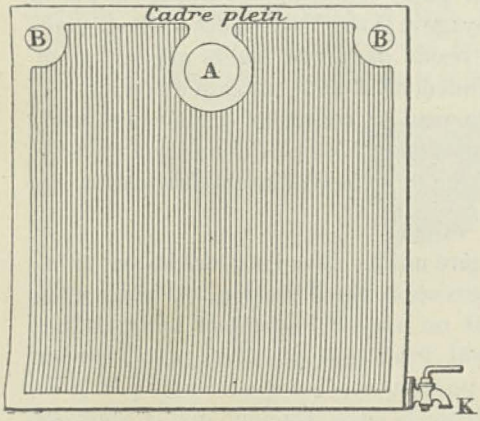


Fig. 112, *a*. — Filtre-presse.

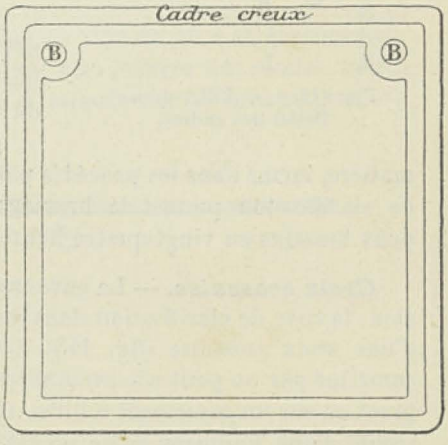


Fig. 112, *b*. — Filtre-presse.

Filtre-presse. — La cuve-matière ou la cuve à filtrer exige l'emploi de malt grossier. Le rendement doit être un peu augmenté par l'emploi de farine fine (ceci est vrai surtout pour les malts médiocres).

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On a eu l'idée, pour filtrer les drêches de ces farines fines, d'employer le filtre-presse de sucrerie (fig. 112).

Le principe de ces appareils est le suivant :

Sur des cadres A on peut tendre des toiles de filtration qui sont d'ailleurs maintenues par des tôles perforées. Entre ces cadres A sont intercalés des cadres creux B.

Les cadres peuvent être empilés et serrés les uns contre les autres. Lorsqu'ils sont ainsi bien serrés, on peut par pression (due à une pompe ou à une différence de niveau) faire circuler le liquide à filtrer à travers un canal constitué par des trous circulaires placés sur les cadres et se plaçant dans la même direction lorsque le filtre est monté.

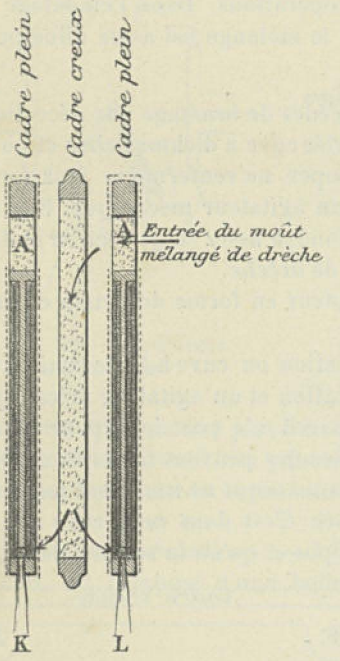


Fig. 112, *c*. — Filtre-presse. Détail des cadres.

De ce canal partent des dérivations qui laissent couler le liquide dans les cadres B. Le liquide filtre, passe à travers les tôles de soutien des deux toiles et entre dans les deux cadres A situés de part et d'autre des deux toiles. A la partie inférieure de ces cadres sont percées des ouvertures d'évacuation.

Quand la pression a été laissée assez longtemps par un jeu de robinets on peut envoyer de l'eau chaude qui effectue les lavages. Cette eau pénètre dans les cadres A et sort par les cadres B.

Le point faible de ces appareils est le nettoyage et la stérilisation des toiles. L'avantage réside dans une légère augmentation de rendement et dans un gain de temps.

On peut se contenter d'une seule cuve-matière, même dans les procédés par décoction. L'emploi d'une cuve spéciale de clarification permet le brassage double, c'est-à-dire la fabrication de deux brassins en vingt-quatre heures.

Croix écossaise. — La cuve-matière unique dans les procédés par infusion, la cuve de clarification dans les procédés par décoction, est surmontée d'une croix écossaise (fig. 113). C'est un simple tourniquet hydraulique, constitué par un petit réservoir recevant l'eau sous pression, monté sur un pivot ou sur un roulement à billes et portant trois ou quatre bras percés de trous, d'une longueur égale au rayon de la cuve. Quelquefois, la croix est immobile et fixée au couvercle de la cuve.

Ce petit appareil est destiné au lavage des drêches après le soutirage des trempes et à leur épuisement.

Chaudières. — Les chaudières sont de deux sortes : on distingue les

IRIS - LILLIAD - Université Lille

chaudières à houblonner et les chaudières à dickmaisches ou à moût trouble.

Chaudières à houblonner. — Les dimensions, pour être proportionnées aux brassins, sont, suivant l'évaporation à produire, de 125 à 135 litres de

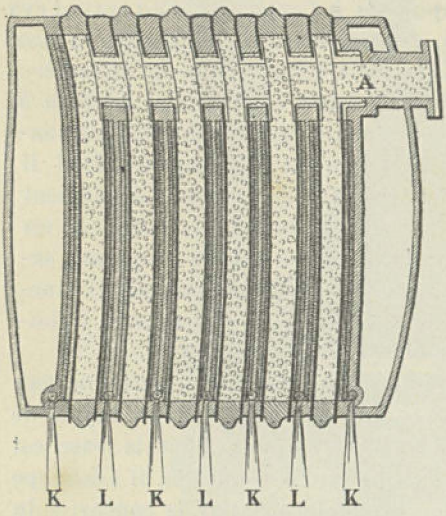


Fig. 112, *d*. — Filtre-presse. Circulation du moût.

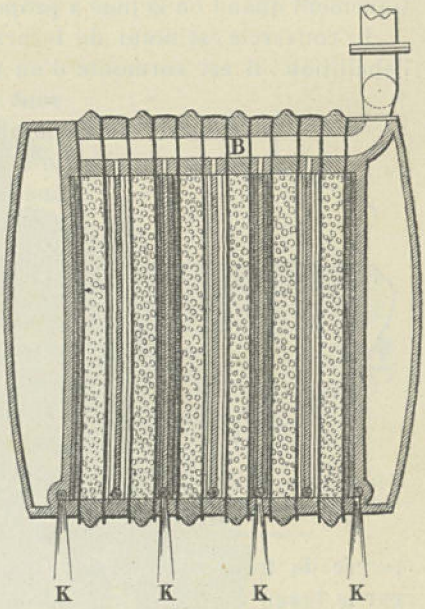


Fig. 112, *e*. — Filtre-presse. Eau de lavage.

capacité utile par hectolitre de moût, plus un vide de 10 à 15 centimètres. Elles sont en cuivre rouge [1] ; elles peuvent être carrées ou rondes, cylindriques ou sphériques, la forme n'a pas d'importance. La cuisson peut s'y

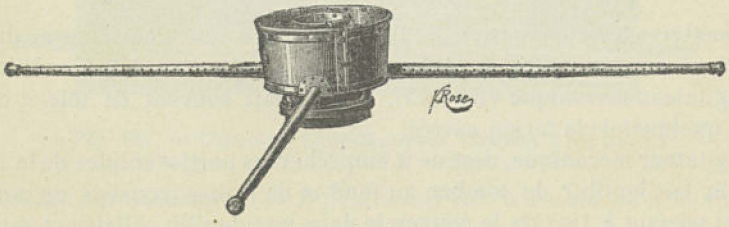


Fig. 113. — Croix écossaise.

faire à l'air libre ou sous pression. Elles peuvent être chauffées à feu nu ou à la vapeur.

La chaudière est fermée par un couvercle en forme de dôme, tantôt fixe

[1] On en fait aussi en tôle, qui sont moins coûteuses, mais aussi moins durables que celles en cuivre.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

(fig. 114), tantôt mobile. Lorsqu'il est mobile, on le baisse quand la coagulation des matières albuminoïdes est complète et avant de mettre le houblon. Des étriers à vis servent à le serrer sur le rebord aplati de la chaudière. Quelquefois, le couvercle fixe porte une ouverture qui peut se fermer hermétiquement quand on le juge à propos.

Le couvercle est muni de lucarnes en verre épais, qui laissent observer l'ébullition ; il est surmonté d'un tuyau à large section par où les vapeurs sont emportées à l'extérieur. Ce tuyau d'évaporation, généralement coudé, porte à sa base, près de son embouchure dans la chaudière, une rigole intérieure et circulaire destinée à recevoir les vapeurs condensées et à les conduire au dehors par un petit tuyau spécial. Il est en effet très difficile de tenir absolument propre l'intérieur du tuyau d'évaporation ; les vapeurs y forment une couche visqueuse, savonneuse, que l'eau de condensation entraînerait dans le moût si on ne prenait soin d'éloigner celle-ci.

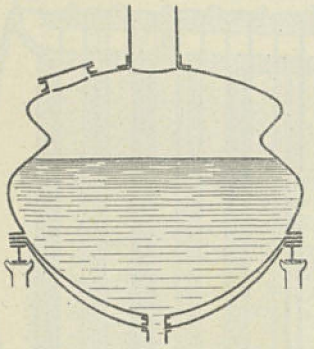


Fig. 114. — Chaudière à houblonner. Chauffée à la vapeur.

Certaines chaudières ont le couvercle fixe et concave. Au milieu s'élève un tuyau de 50 centimètres de hauteur, dont la base est percée de trous tout autour. Quand le moût est en ébullition, il s'échappe par le tuyau central, se répand dans la cuvette formée par la concavité du couvercle et rentre par les trous dans la chaudière. On évite ainsi les projections du liquide hors de la chaudière et on obtient, d'autre part, une aération continue du moût qui favorise la séparation des albuminoïdes coagulables. Le système est répandu dans les brasseries du nord de la France. Quand le liquide est assez réduit, on ferme le tuyau central, qui sert, en même temps d'ouverture pour l'introduction du houblon.

Chaudières à dickmaisches. — Les chaudières à dickmaisches ne diffèrent des précédentes que parce qu'elles sont plus petites et qu'elles sont munies d'un agitateur mécanique (fig. 115). On les fait souvent en tôle et on leur donne quelquefois la forme carrée.

L'agitateur mécanique, destiné à empêcher les parties solides de la trempe que l'on fait bouillir de tomber au fond et de brûler, consiste en un arbre vertical passant à travers le couvercle dans une douille calfatée et portant à sa partie inférieure deux palettes épousant le fond de la chaudière, auxquelles sont attachés soit des chaînes, soit des battants en cuivre ou en fer doux, raclant le fond de la chaudière.

Le mouvement est donné par deux roues d'angle au-dessus de la chaudière, et, dans ce cas, la cheminée d'évaporation est placée sur le côté ; la rigidité est obtenue, dans les chaudières à feu nu, par une douille centrale maintenue par deux bras obliques fixés aux parois intérieures ; dans les

IRIS - LILLIAD - Université Lille

chaudières à vapeur en faisant porter l'extrémité de l'arbre dans le trou d'écoulement du moût.

L'appareil, mobile, peut se hausser ; on évite ainsi qu'il ne porte trop longtemps sur le fond et ne le fausse.

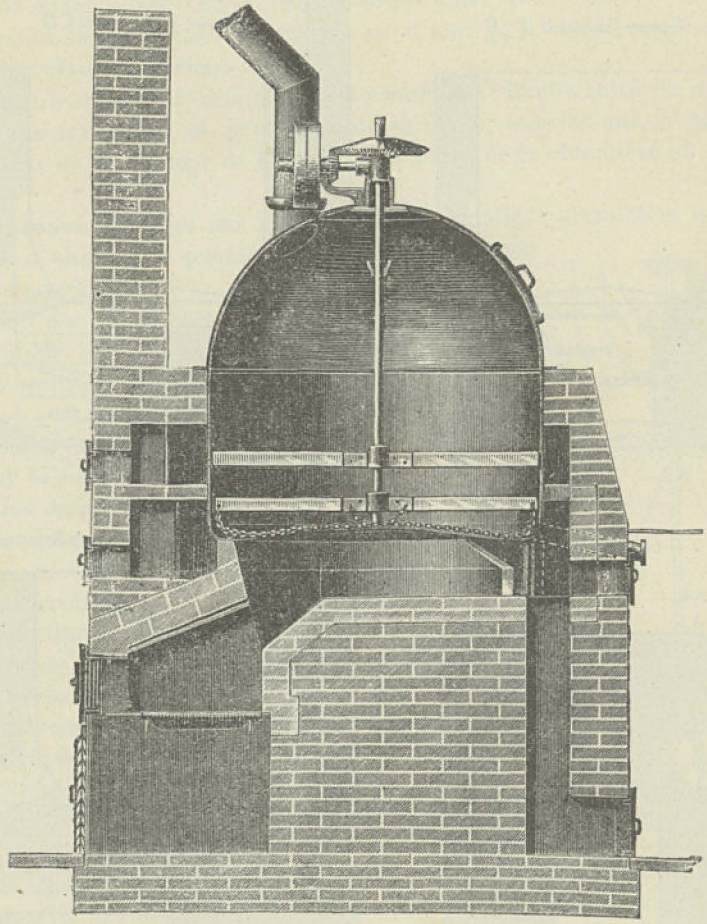


Fig. 115. — Chaudière à dickmaisches. Chauffée à feu nu.

Chauffage des chaudières. — Il peut avoir lieu à feu nu ou à la vapeur.

Chauffage à feu nu. — Dans le chauffage à feu nu, la chaudière est entourée, au tiers inférieur, d'un massif en maçonnerie (fig. 115) au-dessus d'un foyer dont elle est éloignée de 0,80 m. environ (au minimum 0,60), sans cela les combustions sont incomplètes et les gaz vont brûler dans les carnaux ou se perdre.

Comme les briques qui sont en contact avec le feu ont besoin d'être renouvelées, il faut adopter une disposition permettant de les changer facilement.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On les appuie sur une de leurs petites faces. Au contraire, le briquetage supérieur sera mis en boutisses, qui ne s'appuieront que légèrement sur les autres et ne seront pas entraînées lors de leur changement.

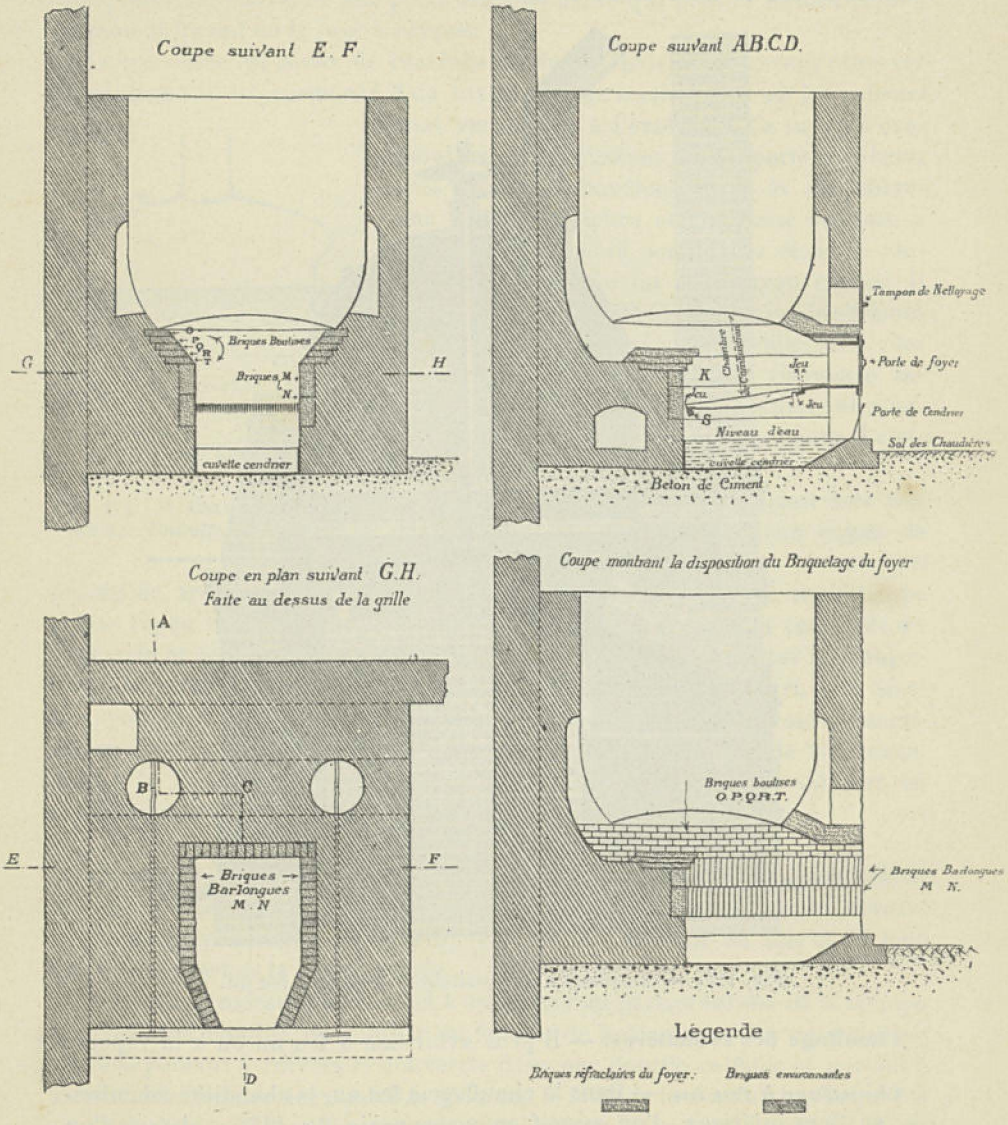


Fig. 116. — Foyer de chaudière à feu nu.

Le fond du foyer (fig. 116), ou autel, doit être porté un peu en avant pour brasser les flammes avant leur passage dans les carnaux.

Il faut que le sommier d'appui des grilles ait, de chaque côté, un jeu de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

1 centimètre pour faciliter les dilatations. De même il faut laisser un jeu analogue aux grilles.

Le cendrier doit être une cuvette cimentée de 0,25-0,30 cm. de profondeur. La face supérieure des grilles doit être à 0,65-0,75 du fond de la cuvette et l'enduit de ciment aura 0,02 m (500 kg de Portland + 1^{m3} sable).

L'eau doit être à portée du cendrier, car il faut qu'il y en ait constamment et cela pour diverses raisons.

1° C'est un miroir ; 2° cela éteint les escarbilles ; 3° elle active la combustion ; 4° elle transporte de la chaleur de la grille dans les gaz, c'est-à-dire qu'elle porte de la chaleur de la grille à la paroi de la chaudière où elle est restituée.

Des carnaux ménagés sur les côtés de la chaudière permettent aux gaz chauds d'en chauffer le pourtour, avant de s'échapper par la cheminée.

Le fond des chaudières à feu nu, de forme concave pour faciliter la vidange, est d'une seule pièce et a de 7 à 10 millimètres d'épaisseur.

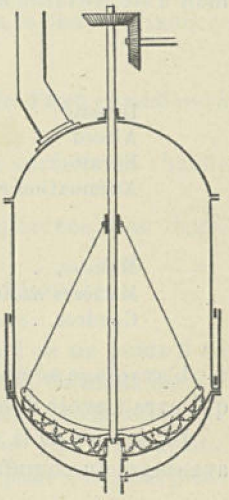


Fig. 117. — Chaudière à dickmaische chauffée à la vapeur.

Chauffage à la vapeur. — Le chauffage à la vapeur, soit pour la cuisson des trempes (fig. 117), soit pour l'ébullition du moût avec le houblon (fig. 114), se généralise de plus en plus, mais son emploi a été longtemps combattu par les brasseurs, principalement par les brasseurs bavarois.

La question a été soulevée, pour la première fois, croyons-nous, en 1873, à Vienne, pendant une exposition de brasserie.

Les adversaires de la vapeur assuraient que la cuisson à la vapeur ne pouvait donner des bières aussi bonnes, d'un goût aussi fin et d'un moelleux aussi prononcé. Ils disaient que la cuisson à feu nu donnait, dans le fond des chaudières à dickmaisches, une température très élevée, qui avait pour résultat non seulement une élimination plus complète des substances coagulables, mais encore une modification particulière des substances solubles, une espèce de *rôtissage* qui avait une influence notable sur le goût de la bière, son arome, son cachet et surtout son moelleux. Les bières avaient un goût plus doux, plus agréable, plus plein et elles étaient plus claires et plus conservables. Tandis que la cuisson à vapeur donnait des bières plus sèches, plus dures, moins fines, d'une clarification et d'une conservation moins bonnes.

La cuisson à la vapeur était défendue par Jacobsen, brasseur à Copenhague, qui donnait en exemple ses propres bières, façon Munich, qui ne laissaient rien à désirer comme finesse, moelleux, limpidité et conservation.

Depuis, de nombreuses expériences ont été faites, notamment à la station scientifique de Munich ; à l'École de brasserie de Weihenstephan ; à la bras-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

serie Moabit à Berlin ; chez Dreher à Vienne, et partout on a reconnu l'avantage du chauffage à la vapeur. Même au point de vue de la qualité de la bière, on n'a constaté aucune différence et ces résultats ont été confirmés par les expériences de Goslich et de Schwackhöfer. Ce dernier a trouvé que dans le chauffage à feu direct, la température dans le fond de la chaudière ne s'élevait pas à plus de 120 à 130° et qu'elle était de 115 dans les autres parties ; que cette température n'était pas capable de produire les effets qu'on lui attribuait, et que les modifications dans le goût des bières provenaient plutôt du malt employé, mais qu'en traitant le même malt à feu nu ou à la vapeur, on ne pouvait constater aucune différence.

Au point de vue de la composition des moûts et de la bière, il n'y a pas d'écart sensible et voici le résultat d'une expérience de Munich, où le même malt a été travaillé à la vapeur et à feu nu.

COMPOSITION DE LA BIÈRE

	Vapeur.	Feu nu.
Densité	1,0179	1,0168
Alcool	4,14	4,03
Exrait	6,27	6,10
Atténuation réelle	54,8	53,3

COMPOSITION DE L'EXTRAIT

Maltose	1,59	1,66
Matières azotées	0,400	0,490
Cendres	0,212	0,195

L'avantage semble, au contraire, être en faveur du chauffage à la vapeur qui paraît avoir donné plus de rendement.

En dehors de la composition et des qualités particulières de la bière, les avantages du chauffage à la vapeur sont les suivants :

Avantages de la vapeur. — 1° Simplicité plus grande de travail. On peut régler la chaleur comme on veut et donner aux moûts l'ébullition qui convient. Plus d'ébullitions tantôt trop précipitées, tantôt trop modérées.

Le chauffage peut commencer dès que le moût coule dans la chaudière, ce qui le soustrait aussitôt à l'influence de l'air et l'empêche de se refroidir ; à feu nu, il faut attendre que le fond soit couvert.

L'ouvrier peut, sans quitter sa place auprès de la chaudière, régler par une vanne le chauffage et la cuisson.

Plus de risque de coups de feu qui brûlent les trempes ou les fonds des chaudières. Plus de réparations coûteuses et économie de matériel.

2° Économie de place et propreté. Pas de constructions encombrantes, de maçonneries ; plus de réparations de fourneaux. On n'a plus auprès des chaudières et des cuves la malpropreté du charbon, des cendres, de la suie et de la fumée.

La question d'économie de charbon n'est pas certaine. Il y a lieu d'étudier la question de plus près. Mais avant il faut décrire les chaudières à vapeur.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Description des chaudières a la vapeur. — Elles sont en cuivre ou à fonds en cuivre, le fond est convexe. Elles sont munies d'un manomètre et de la tuyauterie convenable.

Elles sont souvent fermées à autoclave et en général construites pour résister à 5 kilogrammes.

Au début, on employait la vapeur directe, ce qui explique les premiers insuccès; mais la difficulté de concentrer les moûts, le risque de détruire la diastase, la difficulté d'obtenir l'uniformité des bières, et la malpropreté de la vapeur provenant des générateurs y ont fait renoncer. On emploie aujourd'hui la vapeur indirecte, soit au moyen du double fond que nous avons décrit, soit au moyen de serpentins placés dans le fond des chaudières. Ils doivent être placés tout près du fond sans cela le dépôt ne subit pas l'action de la chaleur. On peut, pour les grands appareils, placer un deuxième serpentin à un niveau plus élevé. Les serpentins utilisent mieux la chaleur, mais se crassent facilement et sont d'un nettoyage plus difficile,

Surface de chauffe. — Calculons la surface de chauffe d'une chaudière à vapeur.

Nous admettrons qu'en double fond, 1 mètre carré de surface de chauffe peut à l'heure condenser :

Si le liquide ne bout pas, 1,5 kg. de vapeur par différence d'un degré entre la température de la vapeur et celle du liquide ;

Si le liquide bout, 3 kilogrammes dans les mêmes conditions.

En serpentin, nous admettrons 2,5 kg. et 6 kilogrammes.

Supposons que l'on ait un poids M de malt transformé en un poids B de moût, à faire bouillir jusqu'à ce que le poids soit réduit à B'. Ce moût est à $t°$ et doit être porté à $\theta°$ (qui dépend de la pression). La vapeur de chauffage est à T° (130° par exemple) représentant 506,5 + 0,3T calories. Soit S la surface de chauffe, x le temps pour faire bouillir, y le temps pour évaporer; ces deux temps exprimés en minutes.

1° Cas du double fond.

Pendant la période où l'on porte le liquide à l'ébullition, il faut lui fournir $B(\theta - t)$ calories représentant :

$$\frac{B(\theta - t)}{506{,}5 + 0{,}305\,T} \text{ kilogrammes de vapeur.}$$

La matière qui était au début à t et à la fin à θ, peut être supposée en moyenne à $\frac{t+\theta}{2}$ de sorte que la différence de température entre la vapeur et le liquide sera de $T - \frac{t+\theta}{2}$;

Donc un mètre carré de surface de chauffe en 60 minutes peut condenser :

$$1{,}5\left(T - \frac{t+\theta}{2}\right) \text{ kilogrammes de vapeur.}$$

Donc :

$$\frac{B(\theta - t)}{506{,}5 + 0{,}305\,T} = x\,\frac{S}{60}\,1{,}5\left(T - \frac{t+\theta}{2}\right).$$

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Pendant la période d'évaporation il faut fournir au liquide (B — B′) (606,5 + 0,305 θ — θ) calories ;

La température du liquide étant θ, un mètre carré de surface de chauffe peut condenser à l'heure :

$$3\ (T - \theta) \text{ kilogrammes de vapeur.}$$

Donc :

$$\frac{(B - B')\ (606{,}5 + 0{,}305\ \theta - \theta)}{506{,}5 + 0{,}305\ T} = y\ \frac{S}{60}\ 3\ (T - \theta).$$

Dans la pratique, y sera voisin de 120 (2 heures), en tout cas on le choisit une fois pour toutes.

Les deux équations précédentes donnent S et x ;

Exemple : B′ = 485 kg. ; B = 640 kg. ; $t = 70$; $\theta = 100$; T = 130 :

$$\frac{t + \theta}{2} = 85 \qquad T - \frac{t + \theta}{2} = 45.$$

On a :

$$\frac{640 \times 30}{546} = x\ \frac{S}{60} \times 1{,}5 \times 45$$

$$\frac{155 \times 537}{546} = y\ \frac{S}{60} \times 3 \times 30$$

Si :

$$y = 120.$$

$$S = \frac{155 \times 537}{546} \times \frac{60}{120} \times \frac{1}{90} = \frac{83\,235}{92\,880} = \text{sensible } 0{,}9\ m^2.$$

On tire des équations :

$$\frac{x}{y} = \frac{640 \times 30}{155 \times 537} \times \frac{90}{1{,}5 \times 45}$$

$$\frac{x}{y} = \frac{0{,}23 \times 4}{3} = 0{,}31$$

$$x = 36 \text{ minutes.}$$

De sorte qu'avec 90 décimètres carrés de surface de chauffe, on peut faire bouillir le moût en 36 minutes et l'évaporer en 2 heures.

2° Cas du serpentin.

En opérant de même, les équations sont :

$$\frac{B\ (\theta - t)}{506{,}5 + 0{,}305\ T} = x \times \frac{S}{60} \times 2{,}5\ \left(T - \frac{t + \theta}{2}\right)$$

$$\frac{(B - B')\ (606{,}5 + 0{,}305\ \theta - \theta)}{506{,}5 + 0{,}305\ T} = y\ \frac{S}{60} \times 6\ (T - \theta).$$

Dans le cas particulier, les équations deviennent :

$$\frac{640 \times 30}{546} = \frac{xS \times 2{,}5 \times 45}{60}$$

$$\frac{155 \times 537}{546} = \frac{yS \times 3 \times 30}{60}$$

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Et si : $y = 120$

$$\frac{155 \times 537}{546} = 2S \times 6 \times 30.$$

D'où : $S = 0{,}43\ m^2$.

$x = 45$ minutes.

Cela dit, calculons la dépense du chauffage à la vapeur.

La dépense théorique du chauffage à la vapeur est de :

$$B\ (\theta - t) + (B - B')\ (606{,}5 + 0{,}305\ \theta - \theta)\ \text{calories}$$

Ce qui dans l'exemple adopté représente 102 765 calories.

Mais il y a le rayonnement par une surface S chauffée à T pendant un temps $x + y$ si celle-ci est extérieure, et le rayonnement de la partie non chauffée de la chaudière et qui se trouve pendant x à une température moyenne $\frac{t + \theta}{2}$ et pendant y à une température θ.

Si l'on suppose la chaudière cylindrique et de diamètre égal à la hauteur noyée, et si l'on admet que le volume est sensiblement B.

Les dimensions de cette chaudière seront telles que :

$$\frac{\pi D^3}{4} = B \qquad D = \sqrt[3]{\frac{4B}{\pi}}$$

la surface latérale est πD^2 ;

la surface de la base est $\frac{\pi D^2}{4}$;

de sorte que la surface rayonnante est $\frac{5}{4}\pi D^2$ ou $\frac{5}{4}\pi\left(\frac{4B}{\pi}\right)^{\frac{2}{3}}$

Dans l'exemple choisi, $B = 0{,}640\ m^3$.

$$D = \sqrt[3]{\frac{2{,}56}{3{,}14}} = 0{,}93$$

Donc :

$$5\ \frac{\pi D^2}{4} = 0{,}6594\ \text{m.} \times 5 = \text{sensiblement}\ \frac{10\ m^2}{3} = 3{,}3\ m^2.$$

Dans le cas du chauffage par serpentins, la surface de la chaudière est soumise à un rayonnement variable suivant les moments de l'opération.

Pendant l'échauffement :

$$5{,}69 \times \frac{10}{3} \times \frac{36}{60}\ (85 - 20)^{1{,}23} = 5{,}69 \times \frac{10}{3} \times \frac{6}{10}\ 165 = 5{,}69 \times 165 \times 2 = 1\,870$$

Pendant l'évaporation :

$$5{,}69 \times \frac{10}{3} \times \frac{120}{60}\ (100 - 20)^{1{,}23} = 5{,}69 \times \frac{10}{3} \times 2 \times 225 = 8\,500$$

Soit un total de 10 440 calories.

Dans le chauffage par double fond, toute la surface de ce double fond est

IRIS - LILLIAD - Université Lille

soumise à un rayonnement spécial ; de sorte que sur les 3,3 m. de surface totale, il y en a 0,9 m. soumise à ce rayonnement particulier. Il n'y a donc que 2,4 m. au lieu de 3,3 m. rayonnant dans les conditions précédentes.

Pendant l'échauffement, la perte est de :

$$5{,}69 \times 2{,}4 \times \frac{36}{60} (85 - 20)^{1{,}23} = 5{,}69 \times 2{,}4 \times 0{,}6 \times 165 = 1\,275$$

Et pendant l'évaporation la perte est de :

$$5{,}69 \times 2{,}4 \times \frac{120}{60} (100 - 20)^{1{,}23} = 5{,}69 \times 2{,}4 \times 2 \times 225 = 6\,400.$$

Mais il faut ajouter le rayonnement de 0,9 m. pendant 156 minutes avec une différence de température de 130-20, on a donc :

$$5{,}69 \times 0{,}9 \times \frac{156}{60} (130 - 20)^{1{,}23} = 5{,}69 \times \frac{7}{3} \times 326 = 4\,319 \text{ calories}$$

de sorte que la dépense du rayonnement est, dans le cas du double fond, de :

11 994 calories.

Par conséquent la méthode par double fond exige :

102 765 + 11 994 calories = 114 759 calories

et l'autre :

102 765 + 10 440 calories = 113 205 calories.

Admettons un charbon à 7 500 calories
et un générateur donnant un rendement de 55 à 65 p. 100.

Nous aurons besoin, pour le rendement, de :

	Avec double fond.	Avec serpentin.
55	de 27,1 kg.	de 27,00 kg.
65	de 22,95 —	de 22,60 —

En se mettant à l'abri du rayonnement, on peut économiser dans tous les cas de 2,5 à 3 kilogrammes de charbon.

Comparaison des systèmes au point de vue du charbon. — Si l'on compare ces chiffres à un chauffage à feu nu, il faut distinguer le cas où la chaudière est isolée, où le rendement calorifique est de 35 à 40 p. 100 et le cas d'une chaudière non isolée et munie d'un réchauffeur où le rendement calorifique peut aller de 55 à 60.

Dans le cas minimum, 1 kilogramme de charbon ne rend que 2 600 calories et dans le cas maximum que 4 500.

La dépense est ici de 102 765 calories, cela représente, suivant les cas, de 40,3 kg. ou 25,1 kg. de charbon, car le rayonnement est nul.

On voit donc qu'une chaudière à feu nu, non isolée, peut, pour l'économie,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

lutter avec les chaudières à vapeur. Il faut que celles-ci aient un montage tel que le rendement du charbon atteigne 65 p. 100 pour que le système à vapeur

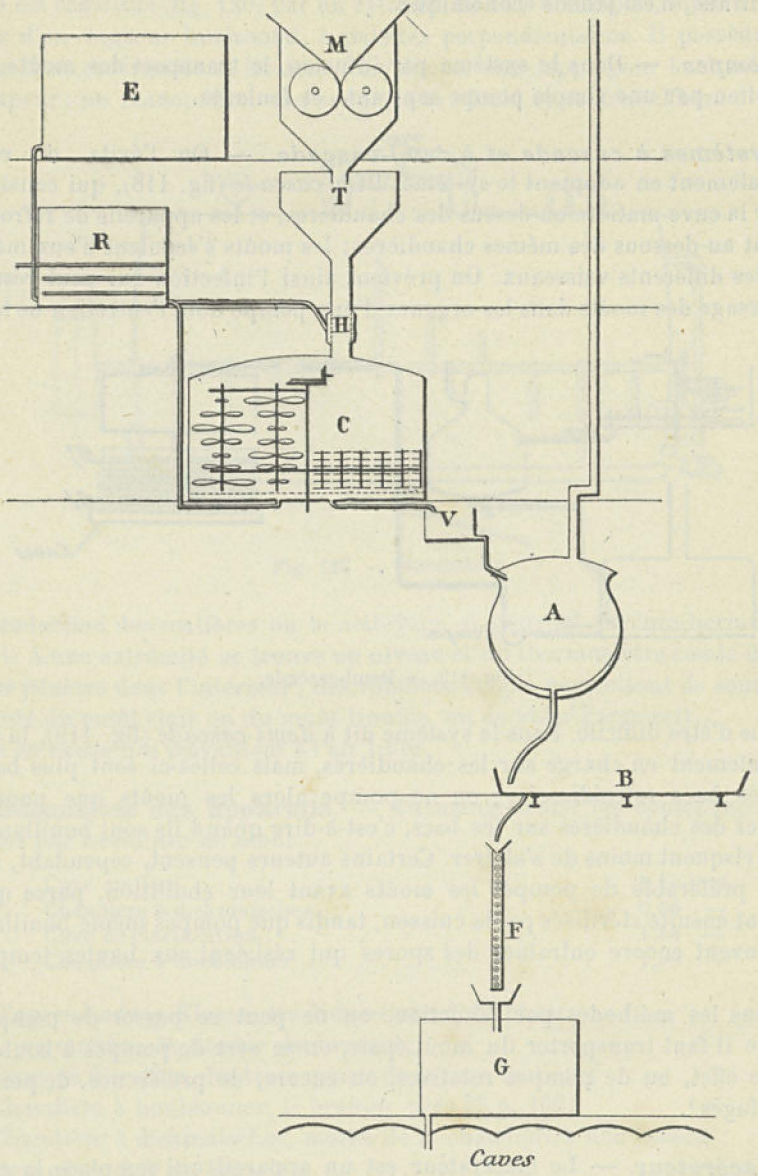


Fig. 118. — Système à cascade complète. Méthode par infusion.

E, réservoir à eau froide. — M, moulin. — T, trémie à farine. — H, hydrateur. — R, bac à eau chaude. — C, cuve-matière. — V, reverdoir. — A, chaudière. — B, bac refroidissoir. — F, réfrigérant. — G, cuve-guilloire.

soit économique (c'est-à-dire qu'il faut éviter les eaux de condensation, avoir des retours immédiats, etc.).

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Mais il ne faut pas oublier l'économie résultant de la facilité de la manœuvre. Il faut aussi se rappeler qu'un générateur, utilisé d'une manière discontinue, n'est jamais économique.

Pompes. — Dans le système par infusion, le transport des moûts peut avoir lieu par une simple pompe aspirante et foulante.

Systèmes à cascade et à demi-cascade. — On l'évite, du reste, généralement en adoptant le système dit à *cascade* (fig. 118), qui consiste à placer la cuve-matière au-dessus des chaudières, et les appareils de refroidissement au-dessous des mêmes chaudières; les moûts s'écoulent d'eux-mêmes dans les différents vaisseaux. On prévient ainsi l'infection qui peut résulter du passage des moûts dans les organes d'une pompe dont l'entretien ne laisse

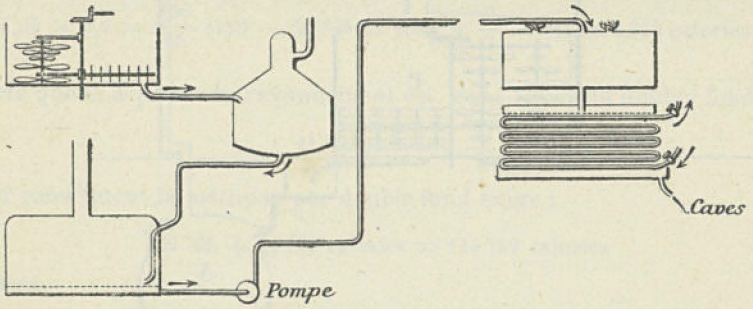


Fig. 119. — Demi-cascade.

pas que d'être difficile. Dans le système dit à *demi-cascade* (fig. 119), la cuve est également en charge sur les chaudières, mais celles-ci sont plus basses que les bacs refroidissoirs; on ne pompe alors les moûts que pour les envoyer des chaudières sur les bacs, c'est-à-dire quand ils sont bouillants et qu'ils risquent moins de s'altérer. Certains auteurs pensent, cependant, qu'il serait préférable de pomper les moûts avant leur ébullition, parce qu'ils seraient ensuite stérilisés par la cuisson, tandis que pompés même bouillants, ils peuvent encore entraîner des spores qui résistent aux hautes températures.

Dans les méthodes par décoction, on ne peut se passer de pompe et comme il faut transporter du moût épais, on se sert de pompes à boulets à double effet, ou de pompes rotatives, ou encore, de préférence, de pompes centrifuges [1].

Macérateur. — Le macérateur est un appareil qui remplace la cuve-matière à dickmaisches et qui s'introduit de plus en plus dans les brasseries, parce qu'il se prête à tous les genres de fabrication, avec beaucoup plus de facilité et de rapidité dans les opérations. Il supprime les pompes à moût

[1] Lorsque ces pompes ne sont pas bien pleines de liquide, elles hâchent la drêche.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

trouble, mais ne dispense pas de la cuve à filtration. Il convient surtout dans l'emploi des grains crus.

Il est constitué (fig. 120) par un cylindre en tôle horizontal, muni à l'intérieur d'un vagueur horizontal, à palettes perpendiculaires. Il possède, jusqu'au tiers environ de sa hauteur, une double enveloppe pour le chauffage à la vapeur ; un manomètre, une soupape de sûreté et un trou d'homme pour

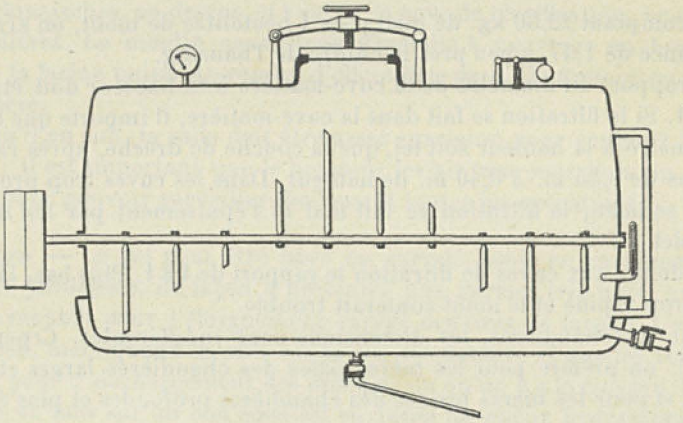


Fig. 120. — Macérateur.

l'introduction des matières ou le nettoyage et pouvant se clore hermétiquement. A une extrémité se trouve un niveau et un thermomètre coudé dont le corps pénètre dans l'intérieur ; des robinets étagés permettant de soutirer à volonté du moût clair ou du moût trouble, ou de vider l'appareil.

Il en existe qui travaillent à l'air libre.

Dimensions des appareils. — Thausing donne les contenances suivantes par hectolitre de moût :

Cuve-matière	1,44 hect.
Chaudière à dickmaisches	0,66 —
Cuve de clarification	1,68 —
Chaudière à houblonner	1,30 —

D'après Ludwig Klasen, les dimensions doivent être :
Cuve-matière, le double du brassin ;
Cuve de filtration, les trois quarts de la cuve-matière ;
Chaudière à houblonner, le brassin, plus 20 p. 100 ;
Chaudière à dickmaisches, moitié de la chaudière à houblonner ;
Reverdoir, 1/5e du brassin ;
Bâche à eau chaude, grandeur du brassin.

Habich calcule la cuve-matière d'après la quantité de malt employé :
100 kilogrammes de farine = 75 litres ; il faut pour la trempe 450 litres d'eau par 100 kilogrammes de malt et, en plus, un quart de la contenance

IRIS - LILLIAD - Université Lille

pour l'espace occupé par l'appareil à vaguer et la distance du bord de la cuve. Ce qui donne, pour 100 kilogrammes de malt :

Farine	75 litres.
Eau	450 —
1/4 de 525	130 —
Total	655 litres.

En comptant 22,50 kg. de malt pour 1 hectolitre de moût, on arrive à une contenance de 1,47, à peu près le chiffre de Thausing.

Le rapport du diamètre de la cuve-matière à sa hauteur doit être comme 2,50 à 1. Si la filtration se fait dans la cuve-matière, il importe que le rapport du diamètre à la hauteur soit tel, que la couche de drêche, après repos, n'ait pas plus de 0,35 m. à 0,40 m. de hauteur. Dans les cuves trop profondes, la drêche se tasse, la filtration se fait mal et l'épuisement par les lavages est incomplet.

On donne aux cuves de filtration le rapport de 4 à 1. Plus bas, la filtration serait trop rapide et le moût coulerait trouble.

Pour les chaudières, les dimensions sont indifférentes. Cependant, en général, on préfère pour les bières pâles des chaudières larges et peu profondes, et pour les bières brunes des chaudières profondes et plus étroites.

Installation des salles de brassage. — ***Surface.*** — Klasen dit que la salle de brassage doit avoir 12 fois la surface occupée par la cuve-matière.

Heiss donne les proportions suivantes :

BRASSAGE SIMPLE

QUANTITÉS de malt employées.	LONGUEUR	LARGEUR	HAUTEUR
kg.	m.	m.	m.
500	7,30	5,20	6,400
1 000	8,70	5,80	
1 250	9	6	
1 500	9,400	6,20	

BRASSAGE DOUBLE

QUANTITÉS de malt employées.	LONGUEUR	LARGEUR	HAUTEUR
kg.	m.	m.	m.
500	8	8	6,40
1 000	8,60	8,80	
1 500	9,60	9,60	
2 000	10,40	10,30	6,60
2 500	11,70	11,50	7,50
3 000	12,40	11,90	

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La salle de brassage est ordinairement située entre la malterie et les ateliers de refroidissement, entièrement isolée de l'une et des autres. Dans le système à cascade, on la place à un étage assez élevé pour que le moût puisse couler de lui-même sur les bacs et les appareils de refroidissement. Dans les méthodes par décoction, la salle peut être placée plus bas; les deux cuves peuvent se mettre sur le même plan, au-dessus des chaudières, ou bien, l'une, la cuve à dickmaisches, au-dessus, et l'autre, la cuve de clarification, au-dessous des chaudières. Le moulin concasseur s'installe à un étage au-dessus, de façon que la farine puisse descendre d'elle-même dans l'hydrateur ou dans la cuve-matière.

Quoi qu'il en soit, la salle doit être assez spacieuse pour contenir tous les appareils ; il est important que le brasseur les ait tous sous la main et sous les yeux, pour pouvoir surveiller facilement toutes les opérations.

Pavage. — Le sol peut être pavé ou carrelé, mais en carreaux ou en dalles bien jointoyées, de façon à présenter une surface très unie, avec une pente convenable pour l'éloignement rapide des eaux de lavage. L'asphalte ne vaut rien, mais quand la salle est au rez-de-chaussée et que les voitures y pénètrent pour le déchargement des drêches, ou qu'on y a le rinçage des fûts, le pavage en bois sur un bon sous-sol en béton de chaux hydraulique est le meilleur.

Murs. — Les murs se font en matériaux de première qualité. Soit en pierres de taille, soit en briques protégées par une couche de ciment de Portland travaillé à la truelle d'acier. Ils doivent être très unis pour que le nettoyage en soit facile et que les vapeurs condensées n'y restent pas. Il est préférable de les recouvrir d'une peinture ou d'un vernis émail, qu'on peut laver et entretenir propre.

Plafond. — Le plafond est en voûtelettes surbaissées, appuyées sur des poutrelles en fer et supportées par des colonnes en fer étroites pour ne pas masquer la vue.

Les escaliers, les perrons, les galeries qui entourent les appareils sont en fer ajouré, pour qu'il n'y ait aucune stagnation de liquide.

Éclairement. — La salle doit être bien éclairée, par de larges fenêtres et largement aérée. Une cheminée, débouchant à la voûte, doit emporter au dehors les vapeurs qui se dégagent des moûts et empêcher qu'elles ne se condensent sur les murs et retombent sur les appareils.

La plus grande propreté doit exister dans un endroit où les drèches et le moût peuvent se répandre et apporter sur le sol et sur les murs des éléments d'infection.

Procédés de brassage. — *Définitions*. — Le brassage comprend l'ensemble des opérations qui ont pour but la fabrication du moût. Il comporte deux parties principales :

IRIS - LILLIAD - Université Lille

1° La jetée des trempes ;

2° La cuisson du moût avec le houblon.

La jetée des trempes comprend à son tour une série d'opérations qui, quelle que soit la méthode employée, peuvent se diviser en trois :

1° La trempe préparatoire, ou empâtage du malt, appelée aussi *la salade ;*

2° Une ou plusieurs trempes successives de saccharification ;

3° Une ou plusieurs trempes successives de lavage, ayant pour but l'épuisement des drêches.

La théorie de la saccharification a été exposée dans la première partie de cet ouvrage.

Classification. — Il existe trois grands procédés de brassage :

Le brassage par infusion ou à moût clair ;

Le brassage par décoction ;

Le brassage à moût trouble, ou mixte.

Ces trois méthodes subissent, suivant les pays, des modifications nombreuses, mais sans s'écarter cependant très sensiblement des lignes générales qui les caractérisent.

Le brassage par infusion est surtout employé en Angleterre, un peu dans l'Allemagne du nord. Il était autrefois général en France, mais tend de plus en plus à disparaître, ou à se cantonner dans les régions du Nord pour la fabrication des bières économiques qui y sont consommées.

Le brassage par décoction est employé dans toute l'Allemagne, en Bavière où il a pris naissance, et en Autriche. Dans la plupart des brasseries françaises de l'Est, du Centre et du Midi, il a remplacé le procédé par infusion.

Le brassage à moût trouble se rencontre en Belgique, dans l'Allemagne du Nord et dans le nord de la France (procédé lillois) ; il n'est, du reste, qu'une modification du brassage par décoction simplifié et rendu plus rapide.

D'une façon générale, le brassage par infusion correspond à la fermentation haute et donne des bières alcooliques ; le brassage par décoction correspond à la fermentation basse et donne des bières plus dextrineuses ; le brassage mixte correspond tantôt à la fermentation basse (Allemagne), tantôt à la fermentation haute (Lille) et donne des bières intermédiaires.

Nous décrirons d'abord les procédés, en nous occupant seulement des quantités d'eau à employer pour chaque opération et des températures de travail. Nous reprendrons ensuite chaque opération, en indiquant les règles à suivre, les soins à y apporter et les modifications qu'elles peuvent subir.

Quantité de malt à employer. — La quantité de malt à employer ne peut être déterminée. Elle varie avec la force de la bière que l'on veut obtenir et peut aller de 16 kilogrammes pour les bières légères, à 32 kilogrammes pour les bières fortes, par hectolitre.

Elle varie aussi avec la qualité du malt. Un malt à fort rendement donnera des bières plus fortes, naturellement.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On peut considérer comme très bon un malt qui donne de 68 à 70 p. 100 de rendement industriel, soit 26 à 27 degrés-hectolitres.

Il est moyen quand il donne de 64 à 66 p. 100 de rendement, soit 24 à 25 degrés-hectolitres.

Il est médiocre quand il donne au-dessous.

Dans le premier cas, il en faudra 3,600 kg. pour produire un degré-hectolitre; dans le second il en faudra 4 kilogrammes. Le malt est mauvais quand il en faut plus de 4 kilogrammes.

Les méthodes de travail, la construction des appareils, ont une influence sur le rendement que nous examinerons plus tard.

Quantité d'eau à employer. — Pour fabriquer un hectolitre de moût, il faut, en moyenne, cent cinquante litres d'eau. La perte provient :

1° De ce qui est retenu par la drêche, environ un cinquième, soit trente litres;

2° De ce qui s'évapore pendant l'ébullition, environ 13 p. 100, soit vingt litres.

Il y aura plus tard une nouvelle perte au refroidissement et à la fermentation, évaluée environ à 20 p. 100, et 100 litres de moût ne donneront guère que 80 litres de bière vendable.

La quantité d'eau varie avec la quantité de malt employé. Il est certain que plus on emploie de malt, par hectolitre, et plus il faut employer d'eau. Il est donc préférable de se baser sur la quantité de malt employé et on estime qu'il faut de 600 à 700 litres d'eau pour 100 kilogrammes de malt.

Répartition de l'eau. — On répartit ordinairement l'eau, moitié pour la trempe préparatoire et la trempe de saccharification; moitié pour les trempes de lavage.

Ces proportions peuvent varier. C'est un fait pratique que plus on réserve d'eau pour les lavages, et plus on en obtient un épuisement complet; le rendement augmente. Mais il y a des limites. Avec une trempe de saccharification trop concentrée, il y aurait une saccharification incomplète et production de trop de dextrine; nous avons vu qu'une diminution d'eau agit comme une diminution de diastase. La composition du moût serait changée, en même temps que sa saveur pourrait être influencée d'une façon défavorable par une plus grande dilution des trempes de lavage.

Procédés par infusion. — Les procédés par infusion sont les plus simples, les plus rapides et ils exigent moins de matériel que les autres. Comme, d'autre part, ils se rapportent à la fermentation haute qui, de son côté, est aussi plus rapide et ne demande pas les installations frigorifiques très coûteuses de la fermentation basse et les caves de longue conserve, ils sont donc à tous égards plus économiques et conviennent à la fabrication des bières courantes à bon marché.

Les procédés par infusion comportent deux méthodes : la méthode ascendante et la méthode descendante.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Méthode ascendante. — La méthode ascendante est caractérisée par ce fait que la farine de malt est versée dans de l'eau modérément chaude, en tout cas toujours à une température inférieure à la température de saccharification et qu'on amène ensuite le mélange à la température de saccharification par l'addition de nouvelles quantités d'eau chaude.

Cette méthode comporte deux procédés.

1er Procédé. — On introduit dans la cuve-matière 120 à 150 litres d'eau par 100 kilogrammes de malt, à la température de 60° à 70°, suivant la saison, plus chaude en hiver qu'en été. On met l'agiteur en mouvement et on verse la farine de malt. La température initiale de l'eau est calculée de façon à obtenir dans la masse la température de 45°. On *vague* jusqu'à ce que le mélange soit bien homogène, que la farine soit parfaitement délayée et qu'il n'y ait plus de malt agglutiné en pâtons. On laisse reposer vingt à trente minutes, quelquefois plus, suivant que l'on veut pousser plus ou moins loin la peptonisation des matières azotées. C'est *la salade*.

Après le repos, on remet l'agitateur en marche et on fait arriver par-dessous le faux fond 180 à 200 litres d'eau à 95-98° par 100 kilogrammes de malt en une ou plusieurs fois, de façon à obtenir une température finale de 70°-75°. On agite encore quelque temps pour que la température s'égalise dans toute la masse. On laisse en repos une heure. On soutire le moût clair et après soutirage, on procède au lavage de la drêche de la manière que nous indiquerons plus loin.

2e Procédé. — L'opération se fait soit dans la cuve-matière munie d'une enveloppe de chauffage à la vapeur, soit dans un macérateur, soit encore dans une chaudière chauffée à feu nu ou à la vapeur, mais munie d'un agitateur.

On verse la farine de malt dans 300 litres d'eau froide par 100 kilogrammes de malt et on agite vivement, de façon que le mélange soit bien intime. Puis, sans cesser d'agiter, on chauffe lentement jusqu'à 75°, avec repos à volonté. à 45°, 63° ou 65°, suivant que l'on veut peptoniser plus de matières azotées, ou obtenir plus de maltose.

Si on opère en chaudière ou dans un macérateur, on ramène en cuve-matière et on laisse reposer une heure à 75°, puis on soutire clair et on lave la drêche.

Si on opère en cuve-matière, il y a une précaution à prendre. Il se loge sous le faux fond une quantité assez considérable de farine qui ne participe pas aux températures de saccharification et qu'il importe de ramener, l'opération terminée, dans la cuve-matière. Outre que l'amidon ne serait pas saccharifié et qu'il y aurait une perte de rendement, cette farine humide et à température basse pourrait aigrir la bière.

Méthode descendante. — La méthode descendante consiste à verser la farine de malt dans de l'eau chaude, à une température supérieure à celle de saccharification, de façon que l'abaissement de température qui résulte du

IRIS - LILLIAD - Université Lille

mélange du malt froid et de l'eau chaude, amène la masse au degré de saccharification. On procède ainsi :

On introduit dans la cuve-matière 180 à 200 litres d'eau, par 100 kilogrammes de malt, à la température de 76° à 85°, suivant la saison et on verse la farine. La température du mélange atteint 60° à 63°. Lorsque le mélange est complet et la température égalisée dans toute la masse, on laisse reposer à volonté et on réchauffe à 68°-72°, par addition sous le faux fond de 100 à 120 litres d'eau par 100 kilogrammes de malt. On laisse en repos deux heures, on soutire et on arrose les drêches.

C'est une méthode employée surtout en Angleterre. Comme on le voit, on ne passe pas par les températures de peptonisation des matières azotées ; on obtient moins de matières azotées solubles, et, suivant qu'on séjourne plus ou moins longtemps à la température de 60°-63°, on a des moûts qui contiennent plus de maltose et des bières plus alcooliques. Mais, d'autre part, l'attaque du malt à température élevée affaiblit dans une certaine mesure la diastase et provoque la formation d'une certaine quantité de maltodextrines qui corrigent la sécheresse de la bière résultant du manque de matières azotées solubles.

Nous avons supposé, dans la description de ces méthodes de brassage, que l'attaque du malt se fait dans la cuve-matière ; on se sert plus souvent de l'hydrateur pour faire l'empâtage du malt, aussi bien dans la méthode ascendante que dans la méthode descendante.

Procédés par décoction. — ***Définition.*** — Les procédés par décoction comprennent cinq trempes successives, deux cuissons de moût épais, appelées *dickmaisches* et une cuisson de moût liquide et trouble, appelée *lautermaische* (*maische*, trempe ; *dick*, épais ; *lautèr*, clair).

Les bières de Munich, Vienne et Pilsen sont fabriquées d'après ces procédés et les différences qui caractérisent la fabrication de ces bières ne portent pas tant sur les degrés de température, qui sont à peu près les mêmes partout, que sur la durée de cuisson des trempes, qui varient avec les genres de bières.

Nous décrirons la méthode en quelque sorte classique, en indiquant seulement les durées de cuisson afférentes à chaque sorte de bière, nous réservant de donner plus loin les variantes qui ont été apportées à ces procédés.

Description de la méthode. — Salade. — La salade se donne avec 250 litres d'eau froide par 100 kilogrammes de malt. Quand le mélange est complet, on laisse reposer deux heures.

Pendant ce temps, on porte à l'ébullition 200 litres d'eau, dans la chaudière à dickmaisches, qui servent à donner la première trempe.

1re Trempe. — On met l'agitateur en marche et on fait couler l'eau chaude assez doucement pour que la température de la masse arrive en vingt-cinq minutes à 37°,5 (30° R). Dès que la température est atteinte, sans cesser d'agi-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ter, on soutire un tiers de la masse épaisse, soit environ deux cents litres de moût et de drêche mélangés par cent kilogrammes de malt ; c'est la 1ère dickmaische.

1re Dickmaische. — Cette dickmaische est portée en chaudière, dont l'agitateur est mis en mouvement, et on monte lentement, en trente minutes, à 75°. Cette température obtenue, on porte rapidement à l'ébullition et on fait bouillir : pour les bières de Munich pendant quarante-cinq minutes, pour les bières de Vienne pendant trente minutes, pour celles de Pilsen quinze minutes. Pendant ce temps, le reste de la trempe demeure en repos dans la cuve-matière.

L'ébullition terminée, on jette la deuxième trempe.

2e Trempe. — On arrête le feu sous la chaudière, on met l'agitateur de la cuve en marche et on fait couler la dickmaische dans la cuve assez lentement pour arriver en quinze minutes à la température de 55°. Puis, sans cesser d'agiter, on soutire le même volume d'une deuxième dickmaische.

2e Dickmaische. — La deuxième dickmaische est portée lentement à 75°, puis à l'ébullition. On fait bouillir cette fois : Munich trente minutes, Vienne trente minutes, Pilsen vingt minutes.

Pendant ce temps, le reste de la trempe est versé dans la cuve de clarification.

3e Trempe. — L'ébullition finie, on donne la troisième trempe dans la cuve de clarification, à 65°, avec la deuxième dickmaische. On laisse reposer dix à quinze minutes pour que la drêche se dépose et on soutire, par-dessous le faux fond, du moût trouble, mais sans drêche. C'est la lautermaische. On tire environ 240 litres de moût par 100 kilogrammes de malt.

Lautermaische. — La lautermaische est portée lentement à 75°. Assez souvent, on maintient cette température jusqu'à ce que l'iode ne donne plus aucune réaction et indique que la saccharification est complète. Ensuite on fait bouillir : Munich trente à quarante minutes ; Vienne trente minutes ; Pilsen quinze minutes.

4e Trempe. — La lautermaische est ramenée en cuve et la quantité que l'on a portée en chaudière a été calculée, de façon que la température finale soit de 72° à 75°.

On laisse reposer une demi-heure ou trois quarts d'heure, on soutire et on procède aux lavages des drêches.

Comme on le voit, dans les procédés par infusion, on gagne la température finale par des additions d'eau chaude ; dans les procédés par décoction, cette température est atteinte graduellement par le chauffage d'une partie des trempes, avec étapes successives à 37, 55, 65 et 75°.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

M. Aimé Girard, dans son rapport sur l'exposition de Vienne (1873), a relevé les températures suivantes :

	LIESING	PILSEN	DREHER (KLEIN-SCHWECHAT)
1re trempe	42	31	35
2e —	53	47	55
3e —	63	60	65
4e —	72	72	72

Il donne, pour la durée de cuisson dans cette dernière brasserie :

1re dickmaische	20 minutes.
2e —	30 —
Lautermaische	40 —

Nous avons noté à Munich, où aujourd'hui on fabrique également des bières genre Pilsen, les températures suivantes :

1re trempe	37°
2e —	48°
3e —	63°,75
4e —	75°

Et pour la durée de cuisson :

	Bière brune.	Bière Pilsen.
1re dickmaische	40	30 minutes.
2e —	50	30 —
Lautermaische	20	35 —

Les températures, en somme, diffèrent très peu, les différences ne sont pas, en tout cas, capables d'avoir une influence sensible.

Durées des cuissons. — Mais les durées de cuisson sont très variables. La raison en est d'abord qu'une ébullition prolongée des moûts donne aux bières, en dehors de l'influence du malt, une coloration plus accentuée. On observe, en effet, que la couleur laiteuse de la trempe, encore pâle à la première dickmaische, devient plus sombre à la deuxième et encore plus brune à la lautermaische et cela, d'autant plus, que les trempes épaisses ont été cuites plus longtemps.

Théorie du procédé. — Il y a une autre raison. Pendant la cuisson des trempes, il se forme, dans ce qui reste en cuve, du sucre, surtout pendant le stationnement à 55 et à 65°. Plus cette cuisson sera longue, plus le stationnement aura de durée, et plus il y aura de la dextrine transformée en maltose. Au contraire, si elle est courte, il y aura plus de dextrine présente. Aussi, les moûts de Vienne et de Pilsen, sont-ils plus riches en dextrine, les moûts de Munich, en maltose.

Par ces ébullitions successives des trempes, une partie de la diastase est détruite. On prend chaque fois un tiers de la trempe, mais ce tiers comprend

IRIS - LILLIAD - Université Lille

du liquide dans lequel la diastase est dissoute et de la drêche qui n'en contient plus. Ce n'est donc pas un tiers de la diastase que l'on détruit chaque fois, mais un peu moins. Lintner estime la perte à 1/4 et établit ainsi ce qui reste après chaque cuisson :

Après la 1re dickmaische. . $\frac{4}{4} - \frac{1}{4} = \frac{3}{4} = 75$ p. 100.

— 2e — . . $\frac{3}{4} - \frac{3}{16} = \frac{3^2}{4^2} = \frac{9}{16} = 52{,}2$ —

— 3e — . . $\frac{9}{16} - \frac{9}{64} = \frac{27}{64} = 42{,}2$ —

Il en reste près de moitié et suffisamment pour que la saccharification puisse s'accomplir et se compléter, mais cet affaiblissement de la diastase a pour résultat de donner des moûts plus dextrineux et qui atténuent moins à la fermentation que les moûts d'infusion, où la diastase est intégralement conservée. Les bières sont plus moelleuses.

D'autres raisons concourent à donner plus de bouche aux bières.

Pendant l'ébullition des trempes, il se dissout plus de matières gommeuses du malt.

La molécule d'amidon est désorganisée et se prête mieux à l'action de la diastase, on obtient en général plus de rendement.

Les moûts stationnent plus longtemps aux températures basses de peptonisation des matières azotées et cette solubilisation est favorisée par la production d'acides qui augmentent la proportion d'albumines solubles. Les bières sont plus nutritives et plus *corsées*.

D'après Prior, la cuisson des dickmaisches faciliterait la combinaison des acides libres avec les phosphates et les substances minérales du moût.

Les qualités des bières fabriquées par décoction proviennent donc de la cuisson des trempes ; du contenu plus grand du moût en hydrates de carbone infermentescibles ou peu fermentescibles ; aux proportions plus grandes de matières azotées solubles formées aux températures basses ; à une plus grande quantité de phosphates qui entrent en solution et en combinaison pendant la cuisson des trempes.

Wuylsteke cite cette expérience :

Un malt contenant 10, 39 p. 100 de matières azotées a été traité en deux lots : le premier par décoction, le second par infusion. L'extrait contenait :

Pour le premier, 4,79 p. 100 de matières azotées et 0,601 d'acide phosphorique ;

Pour le second, 4,27 de matières azotées et 0,497 d'acide phosphorique.

Une partie des matières azotées est coagulée pendant l'ébullition, principalement pendant la cuisson de la lautermaische ; elles restent à la surface de la drêche et les moûts coulent plus limpides que dans les procédés par infusion. On regarde cette coagulation comme un signe que les opérations ont été bien conduites.

Avantages et inconvénients. — La méthode est longue : elle dure à

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Munich de quatre heures et demie à cinq heures ; à Vienne et à Pilsen, de trois heures à trois heures et demie. Nous verrons qu'on tend à l'écourter, notamment en ne donnant plus la salade froide et en attaquant le malt tout de suite à 35-37°.

Elle présente des difficultés et demande une surveillance de tous les instants, parce que la moindre faute, un chauffage trop brusque, un écoulement trop rapide des dickmaisches peuvent compromettre le brassin.

Mais le brasseur est beaucoup plus maître de sa fabrication et de la composition de ses moûts. Il les a mieux en main et peut régler à volonté les rapports de maltose à dextrine. En portant rapidement les dickmaisches à l'ébullition, en les cuisant peu de temps, il augmente la dextrine ; en prolongeant le repos aux températures de 55, 65, 75°, favorables à la production de la maltose, il obtient des moûts plus sucrés. Il peut diriger ses opérations suivant la qualité du malt qu'il emploie, plus ou moins coloré, plus ou moins diastasique. Avec les malts diastasiques, on écourte les dickmaisches.

Les moûts sont plus riches en matières azotées et en acide phosphorique ; les levures dégénèrent moins ; les bières sont plus moelleuses, plus mousseuses et retiennent mieux la mousse.

Dans les procédés par infusion, au contraire, les moûts sont toujours plus sucrés et leur composition est davantage livrée au hasard.

En résumé, les méthodes par décoction donnent des bières meilleures, plus corsées, plus nutritives et cela explique la préférence qui leur est aujourd'hui presque universellement accordée.

Procédés mixtes ou à moût trouble. — Les procédés à moût trouble ne sont qu'une variante des procédés par décoction. On supprime les dickmaisches et on ne conserve que la lautermaische. Les méthodes sont nombreuses et très variées. Nous en décrirons trois, dont deux peuvent servir de types pour les moûts de composition différente ; la troisième est la méthode lilloise.

Méthode de Lintner. — On fait un empâtage du malt à 52-55°, avec 300 litres d'eau par 100 kilogrammes de malt. L'eau est prise à la température de 63 à 65°. Après un vaguage de vingt-cinq minutes environ et un repos de trois quarts d'heure, on réchauffe à 65°, en introduisant par le faux fond 100 litres d'eau à 95-98°, par 100 kilogrammes de malt. On agite et on laisse au repos encore pendant trois quarts d'heure. Après repos, on remet la drêche en suspension et on soutire un moût trouble, environ la moitié de la trempe, qu'on porte en chaudière. On monte lentement la température de la lautermaische à 75°, puis on fait bouillir trentre à quarante-cinq minutes.

On ramène ensuite en cuve-matière où la température doit s'élever à 72-75°. L'opération est terminée. Après repos d'une heure, on soutire clair.

Autre méthode. — On fait une salade à 38° ; après repos de quinze à trente minutes, on réchauffe à 60°. On a employé pour la salade et le réchauffage 400 litres d'eau par 100 kilogrammes de malt. Aussitôt la température de 60°

IRIS - LILLIAD - Université Lille

atteinte et sans repos, on soutire une lautermaische que l'on porte en chaudière lentement à 75° et que l'on fait bouillir de quinze à trente minutes. Le retour en cuve-matière élève la température finale à 72-75°. Repos et soutirage.

La première méthode donne plus de maltose, la seconde des moûts plus dextrineux.

D'autres variantes diffèrent par les températures, les durées de cuisson. On peut faire deux et même trois lautermaisches, remplacer la lautermaische par une dickmaische, etc.

Méthode lilloise. — La salade se donne à froid avec repos de plusieurs heures. On la fait quelquefois la veille du brassin.

1re *trempe.* — De l'eau à 70° environ est coulée dans la salade, par le faux fond, en quantité suffisante pour amener la température de la trempe à 45-50°. La quantité d'eau pour la salade et la trempe est environ de trois fois le poids du malt.

Une partie du moût trouble de cette trempe, à peu près la moitié, est soutirée et pompée dans une chaudière munie d'un agitateur et que nous appellerons chaudière n° 1, où elle est mise en ébullition. C'est ce qu'on appelle *la masse* (corruption flamande du mot allemand maische).

2e *trempe.* — Pendant la cuisson de la masse, on donne une deuxième trempe avec de l'eau à 90°, de façon à obtenir un degré final de 66-70°, on laisse reposer une heure et on soutire cette deuxième trempe dans une chaudière n° 2, où on la porte à l'ébullition.

3e *trempe.* — On jette alors une troisième trempe avec la *masse* en ébullition. Après mélange, on laisse reposer, on soutire clair et on réunit à la deuxième trempe dans la chaudière n° 2. On procède ensuite aux trempes de lavages.

Cette méthode, qui restreint la production de la maltose, donne des bières dures, d'un caractère spécial apprécié des consommateurs lillois.

Variantes aux procédés de brassage. — Toutes les variantes apportées aux procédés de brassage ont pour but de rechercher une augmentation du rendement et d'abréger la durée des opérations, sans nuire à la qualité de la bière.

Nous dirons les principales :

Méthode Habich, du Satz froid. — On fait une salade froide avec 200 litres d'eau pour 100 kilogrammes de malt. On laisse en repos deux heures, en agitant une ou deux fois pendant cet intervalle. On soutire le liquide froid, (*Satz*), que l'on met à part et qui constitue une réserve de diastase.

On donne une trempe à 50° sur la drêche qui reste en cuve avec 250 litres d'eau par 100 kilogrammes de malt et on soutire aussitôt un moût trouble abondant, lautermaische, ou dickmaische, de préférence, que l'on porte très lentement en chaudière à 75° et que l'on fait bouillir trois quarts d'heure à une heure.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Pendant ce temps, on remet le satz froid en cuve et après ébullition et refroidissement convenable de la dickmaische, on ramène celle-ci dans la cuve-matière de façon à obtenir une température de 72°-75°.

Le travail peut se faire avantageusement dans le macérateur. Après avoir retiré le satz froid, on ajoute de l'eau et on porte à l'ébullition la totalité des drèches. On refroidit ensuite à la température de saccharification et on ajoute le satz, dont la diastase saccharifie rapidement l'amidon.

Dans d'autres procédés analogues, au lieu d'employer le satz, on met en réserve une petite quantité de farine de malt qu'on ajoute à la trempe après avoir fait bouillir l'autre quantité de malt, soit dans le macérateur, soit dans une chaudière avec agitateur, et avoir refroidi convenablement la dickmaische ainsi préparée.

Tous ces procédés ont pour but de mettre, par la cuisson des drèches, l'amidon du malt dans un état plus propice à subir facilement l'action diastatique, à obtenir par là une saccharification plus complète et un meilleur rendement.

Méthode Schmitz. — La méthode Schmitz n'est qu'une variante de la précédente.

On saccharifie jusqu'à 75° dans un macérateur, d'après les procédés ordinaires d'infusion ascendante, et après avoir retiré de l'appareil une petite quantité de satz froid. Quand la saccharification est complète, on porte à l'ébullition tout le contenu du macérateur et on fait bouillir pendant trente minutes. On coule ensuite dans la cuve de clarification, on laisse reposer quinze vingt minutes et on soutire clair, à fond, dans la chaudière à houblonner. Entre la chaudière et la cuve, se trouve un réfrigérant que le moût traverse et qui le refroidit à 70°. On épuise alors les drèches avec de l'eau bouillante et on réunit les moûts de lavage au moût qui se trouve en chaudière, en prenant les mêmes précautions de refroidissement à 70°. On ajoute le satz froid filtré et on maintient la température de 70° jusqu'à l'achèvement de la saccharification. On fait ensuite bouillir avec le houblon comme à l'ordinaire.

On obtient un rendement de 2 à 3 p. 100 plus élevé.

Méthode Windisch. — Brassage abrégé. — Windisch pense que la durée du brassage, dans les méthodes ordinaires par décoction, est trop longue et qu'elle est défavorable, à la fois, à la production de la mousse et à la saveur de la bière. D'après lui, la formation de la mousse et sa consistance seraient dues à des substances albuminoïdes, voisines de l'albumine proprement dite, mais qui n'étant pas capables de se coaguler, restent par conséquent dissoutes dans le moût, emprisonnent l'acide carbonique pendant la fermentation et produisent la mousse persistante. Ces substances, qu'il appelle des *albumoses*, se forment et se fixent aux températures de 62-65°, tandis qu'aux températures plus basses, sous l'action de la peptase, elles se désagrègent et se transforment en d'autres composés azotés plus simples, n'ayant pas la même propriété de conserver la mousse. Il en conclut que si on veut éviter la dété-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

rioration des albumoses, il ne faut pas donner de trempes à des températures basses et passer rapidement, sans s'arrêter, aux températures ordinaires de relai, 35 et 55°.

Il croit, d'autre part, que pendant la longue cuisson des trempes, il se dissout des pentosanes qui sont contenus dans l'enveloppe du grain ; que ces substances se transforment en furfurol sous l'influence des acides du moût et qu'il en résulte des bières d'un goût moins agréable.

En conséquence, il a proposé la méthode de brassage suivante :

On fait un empâtage à 62°,50 et assez épais pour que le moût après les trempes pèse 20° Balling. On se sert de l'hydrateur. Dès qu'il y a assez de trempe dans la cuve, on en soutire une partie dans la chaudière, qu'on porte rapidement à l'ébullition. On fait cuire trois à cinq minutes et on ramène rapidement en cuve, pendant qu'on achève l'empâtage. La quantité de trempe mise en chaudière doit être calculée de façon qu'après son retour en cuve, la température finale de la masse soit de 70-71°. On laisse en repos jusqu'à saccharification complète et même un peu plus. On soutire une seconde dickmaische que l'on met rapidement en ébullition et que l'on fait cuire de cinq à dix minutes et on termine par une dernière trempe à 75°. La durée totale du travail est de une heure et demie à deux heures.

Windisch prétend obtenir par ce procédé d'excellents résultats, une mousse abondante et persistante, une bière de meilleur goût; il ajoute, cependant, que c'est à la condition d'avoir un malt irréprochable et un matériel bien conditionné.

Les conclusions et les résultats de Windisch ont été contredits par Ehrich, par Wahl et par Thausing.

Wahl, dit que parmi les corps albuminoïdes qu'il a étudiés au point de vue de la mousse, les amides et les peptones participent beaucoup plus que les albumoses à sa formation.

Thausing constate que le brassage abrégé change le goût de la bière, ne fournit pas toujours un fort rendement, et donne généralement une atténuation plus élevée. Il en conclut que les anciens procédés sont encore préférables.

En réalité, la méthode abrégée de Windisch ne peut donner de bons résultats qu'avec des malts très friables, très diastasiques, capables de résister à l'attaque élevée qu'on leur fait subir.

Méthode Windisch. Brassage par sauts. — Dans ces derniers temps, Windisch a fait connaître une autre méthode, qu'il a désignée sous le nom de brassage par sauts; il entend par là qu'on passe brusquement de la température d'empâtage 52° où se transforme les matières azotées, à la température où le malt doit être saccharifié. Cela a pour but d'effectuer une saccharification pour ainsi dire plus théorique. On obtiendrait une bière moins atténuée, mais tout aussi stable, parce que les produits non dégradés ne sont pas fermentescibles.

Voici une des manières de procéder qui a été vérifiée par Kleinke : Empâ-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tage à 52°, brassage de vingt minutes ce qui ramène la température à 50°.

Dans la chaudière on a préparé de l'eau à 85°, dans laquelle on fait couler le liquide clair jusqu'à la température de 77°. On remonte la température et on reprend le coulage et ainsi de suite. On achève la saccharification à 80°. Les moûts donnent des atténuations apparentes de 30 à 36 p. 100 et fournissent des bières très stables.

Le rendement est un peu inférieur à celui du brassage abrégé.

Il faut mettre en fermentation à 25°; si l'on commence plus bas que 20°, il y a des arrêts, sans doute parce que les sucres obtenus à la saccharification sont difficilement fermentescibles. Ces arrêts sont très nuisibles, car de ce temps, les peptases agissent.

Ces fermentations élevées donnent de mauvais goûts à la bière. Aussi Kleinke propose-t-il de garder assez de sucre fermentescible pour faire une atténuation de 50 p. 100.

Étude comparative des procédés de brassage. — *Travaux de Schultze.* — Schultze a comparé entre elles les méthodes de brassage. Il a procédé ainsi :

Pour la méthode par décoction, il a employé la méthode ordinaire : deux dickmaisches et une lautermaische; les trempes ont été données successivement aux températures de 35, 52, 65 et 75°; la cuisson des dickmaisches a duré tantôt un quart d'heure, tantôt une demi-heure ou trois quarts d'heure.

Pour le procédé par infusion, il a employé les deux méthodes ascendante et descendante, mais en traitant le malt à trois températures différentes.

Par la méthode ascendante, il empâtait le malt à l'eau froide, puis élevait graduellement à la température de saccharification, qui a été pour un essai de 62°, de 65° pour un autre et de 75° pour un troisième.

Pour la méthode descendante, il versait le malt dans de l'eau à 75° ou 80° ou 85°, de façon à obtenir les températures de saccharification de 62°, 65° et 75°.

Il a constaté les résultats suivants :

1° Au point de vue du rendement :

a) *La méthode ascendante* donne, assez souvent, le même rendement que la méthode par décoction; elle donne quelquefois un peu plus. Dans des conditions défavorables (en cas de mauvais malt, par exemple), la méthode par décoction donne toujours plus de rendement.

b) *La méthode descendante* ne donne jamais plus de rendement. Il est quelquefois égal, mais le plus souvent inférieur.

2° Au point de vue de la production de maltose :

a) La méthode ascendante donne plus de maltose que la méthode par décoction. Dans des conditions défavorables, elle peut quelquefois en donner moins; mais plus généralement, elle en donne davantage et dans des proportions notablement élevées.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Voici les chiffres qu'il donne :

INFUSION	P. 100.	DÉCOCTION	P. 100.
A 75°	47,62 de maltose.	1/4 d'heure d'ébullition . .	49,98
A 70°	49,94 —	1/2 heure — . .	51,71
A 65°	56,97 —	3/4 d'heure — . .	52,30
A 62°	64,51 —		

b) La méthode descendante, dans des conditions favorables, ne donne pas plus de maltose que la méthode par décoction ; dans les conditions défavorables de températures qui affaiblissent la diastase, quand on prend l'eau à 80-85°, la maltose diminue.

3° Au point de vue de la transformation complète de l'amidon :

a) La méthode par décoction, la méthode ascendante et la méthode descendante commencée avec de l'eau à 75°, transforment tout l'amidon.

b) La méthode descendante faite avec de l'eau à 80-85°, laisse de l'amidon intact dans la plupart des cas.

4° Au point de vue de la filtration et de l'éclaircissement des moûts :

a) Les méthodes par décoction et ascendante donnent des moûts toujours clairs ;

b) La méthode descendante à 75° des moûts souvent voilés ;

c) La méthode descendante à 80-85°, des moûts toujours louches ou troubles.

Conclusions. — La méthode par infusion, où la diastase est respectée, lorsqu'elle est bien faite et que le malt est bon et bien désagrégé, peut donner autant de rendement que la méthode par décoction ; elle donne toujours plus de maltose.

Avec des malts ordinaires ou médiocres, la méthode par décoction donnera toujours de meilleurs résultats.

La méthode ascendante, à tous les points de vue, est à préférer à la méthode descendante.

Détails des opérations du brassage. — ***Trempe préparatoire.*** — La trempe préparatoire, ou empâtage du malt, ou salade, a pour but de dissoudre la diastase, d'humecter le grain bien uniformément, d'attendrir les grains d'amidon et de les rendre accessibles à l'eau de trempe ; en un mot, de faciliter leur hydratation et leur transformation par la diastase.

La salade se donne soit directement en cuve-matière, soit, de préférence au moyen de l'hydrateur, nous avons fait ressortir les avantages de cet appareil ; il suffit de régler l'arrivée du malt et de l'eau, ainsi que la température de celle-ci, de telle façon que le malt humecté tombe dans la cuve à la température voulue.

Lorsque la salade se donne en cuve, quelques précautions sont à prendre. Il faut mettre l'eau d'abord et le malt ensuite ; si on faisait le contraire, la fine farine boucherait les trous du faux fond. Il faut que le débattage soit

IRIS - LILLIAD - Université Lille

assez énergique, ou dure assez longtemps pour que tout le malt soit mouillé, bien divisé et ne se mette pas en boules agglutinées, en *pâtons*, qui ne peuvent plus ensuite se séparer et ne s'hydratent pas.

La salade se donne à froid ou à chaud. La diastase est soluble à froid, mais plus lentement et il faut laisser reposer plus longtemps. Aussi, dans le but d'économiser sur le temps, donne-t-on de préférence la salade à chaud, et même dans les procédés par décoction, on commence aujourd'hui par la trempe à 38°, qu'on laisse reposer quelques minutes. En ce cas, on prend l'eau à 40-45°.

La salade à chaud a d'autres avantages :

1° La diastase se dissout plus rapidement et en plus grande quantité ;

2° Dans les procédés par infusion, avec la salade froide, il faudrait plus d'eau pour arriver ensuite aux températures de saccharification ; il en resterait moins pour les trempes de lavage. Avec la salade chaude, il y a économie d'eau pour la trempe ;

3° A froid, il y a simplement dissolution des matières, gonflement des granules, préparation de l'amidon, effet purement physique qui se produit aussi bien et plus rapidement à température plus élevée. A chaud, il y a effet chimique.

La peptase agit fortement sur les matières azotées pour en former des corps solubles. Il se produit déjà une notable quantité de maltose ; on peut ensuite achever la saccharification à une haute température qui fixera les dextrines et les maltodextrines, sans nuire au rapport favorable qui doit exister entre la maltose et la dextrine.

Dans la méthode descendante, où on ne passe pas par les températures basses et où le malt est attaqué tout de suite à un degré très élevé, il faut forcément stationner un temps plus ou moins long à 63-65°, pour favoriser la production de la maltose, sauf à réchauffer ensuite.

En dehors de ces influences, la salade chaude donne des moûts plus clairs, se tranchant mieux en chaudière, une levure plus ferme et se déposant mieux, des bières un peu plus atténuées, sans doute à cause de la plus grande quantité de matières azotées solubles.

Le repos de la salade varie, comme nous l'avons dit. Avec un bon malt, très friable, il peut être très court. Avec un malt médiocre et mal désagrégé, il doit être plus long.

Une bonne précaution, c'est de chauffer la cuve avant de s'en servir, pour éviter tout refroidissement de la trempe.

Trempes de saccharification. — Nous ne nous occuperons que du procédé par infusion, ayant dit sur la décoction tout ce qu'il y avait à dire.

Quand la trempe préparatoire est achevée, le repos terminé, on donne la trempe de saccharification en amenant l'eau chaude par-dessous le faux fond et en maintenant l'agitateur en marche pendant tout le temps de l'opération, pour faciliter l'échange des températures. On donne autant d'eau qu'il en faut pour atteindre le degré où la diastase est la plus active.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il faut couler lentement. En coulant vite, l'échange de température se fait moins rapidement, on affaiblit la diastase et on forme plus de dextrine. En allant lentement, on obtient plus de maltose.

Degré de la saccharification. — *Quel doit être le degré de saccharification?* — Cela dépend du caractère de la bière que l'on veut obtenir. Mais nous ferons observer que c'est entre 70° et 75° que la saccharification se fait le plus rapidement et le plus complètement, et qu'on a le plus de rendement. Au-dessous de 70°, la saccharification est plus lente et le rendement peut baisser.

Une longue expérience pratique nous a appris qu'en saccharifiant entre 70° et 75°, même dans les conditions les moins favorables, on peut obtenir un rendement qui n'est jamais inférieur à 65 p. 100; au-dessous il est difficile d'avoir plus de 63 p. 100; si on saccharifie à 63-65°, le rendement tombe facilement à 59-61 p. 100.

Il faut donc toujours arriver à 70-75°, soit directement, soit par étapes, si le caractère de la bière l'exige, en stationnant à 63-65°, pour avoir plus de maltose et en réchauffant ensuite. Nous savons, en effet, que c'est à 70° qu'il se forme le moins de sucre. Mais si nous empâtons à 40-50° et si nous montons lentement à 70-75°, il s'en formera suffisamment ; il s'en produira davantage si nous stationnons aux températures intermédiaires.

La qualité du malt a une influence. Si le malt est bien désagrégé et faiblement touraillé, s'il est très diastasique, nous pourrons monter rapidement à 70° et nous aurons plus de sucre, même à température élevée. S'il est mal germé, ou s'il est fortement touraillé, peu diastasique, il nous faudra aller plus lentement et n'atteindre 70-75°, qu'après stationnement à 60-63°.

Ajoutons que si on saccharifie à température basse, — nous entendons par là à 62-63°, — les moûts coulent plus difficilement et sont moins clairs, souvent louches ou troubles. Cela tient, croyons-nous, à ceci: certaines matières azotées qui sont solubles à 70-75°, deviennent insolubles au refroidissement. Tous les moûts se retroublent en refroidissant. Déjà à 60-65°, elles se mettent en suspension dans le liquide, deviennent colloïdales et font obstacle à la filtration. Elles s'opposent même dans une certaine mesure à la saccharification qui est plus lente. De là, la diminution de rendement que nous signalions tout à l'heure.

La trempe finie, on vague encore quelque temps pour égaliser la température dans tous les points de la cuve, on lave les bras de l'appareil, les parois et les bords de la cuve non baignés par le liquide pour en détacher les parcelles de drêche qui s'y sont attachées, et on soutire la portion de trempe qui s'est logée sous le faux fond, que l'on pompe dans la cuve, c'est ce qu'on appelle remonter le trouble. Certains brasseurs ne remontent le trouble que plus tard, une demi-heure après la trempe, ou au moment de la mise en perce. Nous croyons qu'il est préférable de le remonter aussitôt la trempe finie. Nous avons observé qu'en opérant de la sorte, le moût coule clair plus tôt, que les trous du faux fond se débouchent mieux et qu'en retardant il se forme dans le faux fond une plus grande quantité d'acide lactique.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ces soins donnés, on couvre la cuve, on met un filet de vapeur dans la double enveloppe et on laisse en repos.

Repos. — Dans la méthode par décoction, on laisse en repos une demi-heure ou trois quarts d'heure. Dans la méthode par infusion ascendante, on laisse au moins une heure et deux heures dans la méthode descendante. D'une façon générale, nous croyons qu'un repos prolongé est utile et augmente le rendement. Dans les méthodes par décoction, les trempes durent plusieurs heures, la diastase a tout le temps d'agir et la saccharification est facilitée, d'ailleurs, par la cuisson d'une partie des trempes. Dans les méthodes par infusion, plus rapides, il faut compenser cette rapidité par un repos plus long. C'est à la condition, cependant, que la trempe ne refroidisse pas.

Signes d'une bonne saccharification. — On suit la marche de la saccharification au moyen de la teinture d'iode. Sa rapidité dépend de la qualité du malt. Avec un bon malt, bien désagrégé, elle s'accomplit en dix à vingt minutes ; avec un malt médiocre ou mauvais, elle peut durer de vingt à trente-cinq minutes. En général, dans les méthodes par décoction et à moût trouble, la saccharification se termine en quelques minutes dès qu'on atteint 72-75° avec un bon malt. Dans l'infusion, elle se prolonge plus ou moins, suivant qu'on a gagné plus ou moins vite ces mêmes températures.

D'autres signes renseignent sur la marche du travail.

Décoction. — Quand la trempe est à 55°, le moût présente un aspect vert, chatoyant et caractéristique. A 65°, il apparaît brun foncé ; à 75° d'abord veineux, marbré, et après huit à dix minutes de repos, quand la drêche se dépose, noir et transparent. La lautermaische est tranchée, c'est-à-dire que les matières albuminoïdes sont coagulées et que le liquide se montre clair à travers les flocons en suspension.

Infusion. — On observe également à 70-75°, la marbrure et l'aspect noir, transparent. L'odeur est douce, aromatique.

Si le moût est vert brun ou fauve, sans transparence, si la drêche se dépose lentement, reste en partie au-dessus ; si l'odeur est fade, la saveur peu sucrée, c'est que le malt est mauvais, trop pailleux, mal germé, trop jeune, mal conservé, trop humide ; ou bien c'est qu'une faute a été commise pendant le brassage, trempes trop rapides, ou trop froides, ou trop chaudes.

Quelques minutes après l'arrêt de la trempe, la température s'élève de 2 à 3 degrés. Cette augmentation est produite par l'action chimique qui s'opère et peut être considérée comme un bon signe. C'est une preuve que la saccharification s'accomplit dans de bonnes conditions.

Soutirage. — Pour mettre la cuve en perce, on ouvre doucement les robinets et on remonte le moût dans la cuve aussi longtemps qu'il coule trouble. Quand il coule clair, on ouvre un peu plus et on porte dans la chaudière de cuisson.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le moût doit couler rapidement et facilement, c'est une preuve que le malt est bon et que les trempes ont été bien données.

On dit que le malt est léger quand la drêche se dépose au fond de la cuve sans se tasser, en quelque sorte suspendue, et dans ce cas, la filtration se fait bien. Le malt est lourd, quand la drêche se dépose en masse compacte au fond de la cuve, alors l'écoulement est plus lent et plus difficile ; le malt est mal germé. Parfois quand le malt est trop pailleux, une partie reste en suspension sur la surface du moût. Un tel malt ne présente d'autre inconvénient que de donner un plus faible rendement.

Deux accidents peuvent se produire.

Ou bien le moût coule trouble, ou bien il s'arrête de couler. Dans le premier cas, il suffit souvent de fermer les robinets, de laisser reposer et de les rouvrir lentement. Dans le second cas, on pioche un peu la drêche et on verse de l'eau par la croix écossaise jusqu'à ce que le moût coule clair, en remontant le trouble dans la cuve, ou bien, ce qui réussit mieux dans la plupart des cas, on renvoie par le faux fond de l'eau chaude qui débouche les trous.

L'accident peut avoir plusieurs causes : la mauvaise qualité du malt, une mouture trop fine, la paille trop brisée, un malt trop fraîchement touraillé, un mauvais faux fond, une faute commise pendant le brassage.

Certains brasseurs, pour faciliter la filtration, mettent dans la cuve, avant le brassage, des menues pailles d'avoine qui s'interposent entre les particules de drêche. En Belgique, on place dans la cuve, après le brassage, des paniers coniques en osier. En Allemagne on se sert de l'appareil Steinecker. Il se compose d'une plaque de tôle horizontale et courbée, munie d'un faux fond en toile métallique et de quatre pieds dont la hauteur est telle, que l'appareil plonge au-dessous du niveau de la drêche. La plaque est percée d'un trou à son centre et le trou est surmonté d'un tuyau en toile métallique s'élevant jusqu'à la surface du moût et où sont emmanchés une série de tuyaux pleins. Au fur et à mesure que le niveau du moût baisse, on retire un tuyau et le moût s'écoule par la toile métallique et le tuyau central. Suivant la grandeur de la cuve, on met deux ou quatre appareils.

Avec un bon malt, une bonne cuve et un bon faux fond, ces expédients sont inutiles.

On prévient assez souvent ces accidents en prenant la précaution, après avoir remonté le trouble et avant le repos, d'envoyer une certaine quantité d'eau chaude par le faux fond, de façon à déboucher complètement les trous.

Le moût, en coulant dans le réservoir, produit une mousse abondante, légère, onctueuse et irisée. C'est un bon signe. Cependant, les malts très azotés produisent une mousse beaucoup plus abondante que les malts dont le contenu en azote est normal.

Doit-on faire bouillir le moût de la trempe dès qu'on le rentre dans la chaudière? — Cela dépend de deux circonstances : le caractère de la bière et la qualité du malt.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Caractère de la bière. — Si on veut une bière plus alcoolique et par conséquent plus de maltose, il ne faut pas faire bouillir de suite et attendre la réunion des trempes supplémentaires. On se contente d'entretenir un léger feu, pour maintenir le moût à 70-75°. Pendant ce temps, la diastase continue à agir sur les dextrines et à former de la maltose.

Si on veut, au contraire, conserver le caractère du moût obtenu en cuve, il faut porter rapidement à l'ébullition dès que le fond de la chaudière est couvert et achever de rentrer sans interrompre l'ébullition.

Qualité du malt. — Si le malt est bon, bien désagrégé, s'il s'est saccharifié rapidement et complètement, on peut faire bouillir aussitôt. Si le malt est mauvais, s'il renferme beaucoup de pointes dures, s'il est en partie vitreux ; si la saccharification est incomplète, il ne faut pas faire bouillir. Les trempes supplémentaires, faites à hautes températures, liquéfieront les granules d'amidon qui ont résisté à la première attaque, mais ne les saccharifieront pas, parce qu'il n'y aura plus de diastase. Il passera de l'amidon soluble dans la chaudière et il est indispensable de conserver dans celle-ci la diastase qui saccharifiera cet amidon soluble au fur et à mesure de son arrivée dans le premier moût.

D'une façon générale, il est préférable de faire bouillir tout de suite quand on le peut. Il y a évaporation de liquide et on peut prendre plus d'eau pour les lavages.

Seconde trempe. — Quelques brasseurs donnent une seconde trempe, de la même façon que la première dans le procédé par infusion.

Cette seconde trempe est-elle nécessaire ?

Oui, si le malt n'est pas de bonne qualité et si tout l'amidon n'a pas été transformé dans la première opération.

En ce cas, on donne cette seconde trempe avec une faible quantité d'eau, environ 100 litres par 100 kilogrammes de malt, afin d'en réserver une quantité suffisante pour les lavages, et en ayant soin de maintenir en cuve la température de 75°. On laisse, après vaguage, reposer cette trempe une demi-heure.

Mais si le malt est bon, si la saccharification a été complète, cette seconde trempe est inutile et n'ajoute rien.

Dans les procédés par décoction on ne la fait jamais et on passe de suite aux lavages des drêches.

Lavages et épuisements de la drêche. — La drêche garde environ 100 litres de moût par 100 kilogrammes de malt employé. Si nous supposons un rendement moyen de 70 p. 100, nous aurons dans la cuve, après soutirage, par 100 kilogrammes de malt, 30 kilogrammes de matières sèches et 100 litres de moût pesant de 105 à 108 kilogrammes. 100 kilogrammes de malt donnent, en effet, de 130 à 140 kilogrammes de drêche humide. Nous avons deux moyens de récupérer, sinon la totalité, du moins une partie de ce moût.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Soit en diluant le moût dans une quantité d'eau suffisante, soit en employant un moyen mécanique.

La dilution se fait en donnant des trempes successives. Mais c'est un vieux procédé, très long et qui n'est plus employé aujourd'hui.

Le procédé mécanique nous est fourni par la croix écossaise.

Voici ce qui se passe.

Si on fait tomber sur le moût de l'eau chaude, en pluie, très divisée, l'eau, moins dense, reste à la surface. Il y aura donc, au fond de la cuve, du moût dense et au-dessus de l'eau pure. Si nous soutirons par le bas, le moût coulera d'abord, puis l'eau, et théoriquement, à la fin, nous aurons de l'eau pure.

Mais pratiquement, les choses ne se passent pas ainsi. La drêche retient le moût par capillarité. Il se produit alors deux phénomènes.

Le moût coule d'abord, puis, au fur et à mesure de son écoulement, l'eau se substitue à lui à travers les particules de la drêche, les lave et dilue le moût qui y est retenu. Il y a donc substitution, puis lavage et dilution. On comprend alors qu'à moins de lavages indéfiniment répétés, il ne puisse jamais y avoir épuisement complet.

On considère les drêches comme suffisamment épuisées, quand la densité du dernier lavage n'a plus que 0,5 de densité, un peu plus de 1 p. 100 d'extrait.

Arrosages. — Il y a trois manières de pratiquer l'arrosage.

Procédé anglais. — Quand il ne reste plus, au-dessus de la drêche que quelques centimètres de moût, on met la croix écossaise en marche et on règle son débit d'après le débit du soutirage, de façon qu'il ne tombe pas plus d'eau qu'il ne coule de moût. On arrête de temps en temps le soutirage et la croix, et on laisse reposer.

Ce procédé ne donne jamais un épuisement complet.

Dans des essais comparatifs que nous avons faits à l'Ecole de Douai, il a toujours laissé plus d'extrait dans les drêches, jusqu'à 6 ou 7 p. 100. Il ne peut se justifier que par la grandeur des cuves employées en Angleterre et la très longue durée du soutirage. Avec les cuves moyennes il est imparfait.

Nous avons remarqué, en outre, que le moût, pour se frayer un passage à travers la drêche, se trace des canaux par où il s'écoule plus volontiers. L'eau prend les mêmes chemins et des parties de drêche ne sont jamais traversées et épuisées.

Quand la drêche est à découvert, on remarque à la surface une couche grisâtre, luisante, qui la couvre tout entière. C'est l'*oberteig*. Elle est formée de matières azotées insolubles ou coagulées, de téguments d'amidon et quelquefois d'amidon non transformé. Elle contient 86 à 88 p. 100 de moût, 6 à 8 p. 100 de matières azotées, le reste en amidon. Son importance dépend du malt employé et des procédés de fabrication : les procédés par décoction, où

IRIS - LILLIAD - Université Lille

une partie des matières azotées est coagulée pendant la cuisson des dickmaisches, donnent plus d'oberteig que les autres.

Quoi qu'il en soit, cette couche forme une surface unie, presque imperméable, qui s'interpose entre l'eau et la drêche et sur laquelle l'eau glisse comme sur une toile cirée, pour aller s'échapper soit le long des parois de la cuve, soit par les trous creusés par les bras de l'agitateur. On comprend alors que le lavage soit incomplet. Il est facile de se rendre compte du phénomène en prenant une densité des moûts de lavage à chaque robinet ; on remarquera entre chaque robinet des différences assez sensibles qui prouvent que l'eau passe de préférence par certains secteurs du faux fond.

Procédé allemand. — On soutire la trempe à fond, on remue la drêche en faisant faire quelques tours à l'agitateur et on arrose avec la croix écossaise. On fait ainsi deux ou trois lavages. Ce procédé épuise bien, mais n'est recommandable qu'avec un bon malt, léger. Autrement, la drêche se tasse et le soutirage devient difficile.

Autre procédé. — On soutire la trempe à fond et on se contente de piocher le dessus de la drêche pour rompre l'oberteig. On arrose jusqu'à ce que la drêche soit couverte ; on laisse reposer dix minutes ou un quart d'heure, le temps que l'eau soit bien répartie partout et que l'agitation causée par les bulles d'air qui remontent à la surface soit calmée tout à fait ; on soutire à fond et on recommence deux ou trois arrosages de la même façon. L'épuisement est aussi complet que possible.

Bien que la dernière trempe de lavage marque une densité très faible, la drêche garde plus d'extrait qu'il n'y paraît. Si, après avoir fermé les robinets, on laisse la drêche s'égoutter, et qu'on reprenne une densité, on s'aperçoit que cette densité est plus élevée. Des parties de moût n'ont donc pas été entraînées par les eaux de lavage, ce qui prouve que les meilleurs procédés n'épuisent pas la drêche aussi complètement qu'on peut le penser.

Épuisement de la drêche. — Pour savoir ce qui reste dans la drêche, on procède ainsi :

On mélange la drêche avec l'agitateur, on en prend un échantillon moyen en puisant dans toutes les parties de la cuve, on le presse, on filtre le liquide et on prend la densité dont on cherche l'extrait correspondant. La drêche, gardant, comme nous l'avons dit, environ 100 litres de moût, l'extrait trouvé est l'extrait pour cent.

Le procédé n'est pas absolument exact ; il est long, parce que la filtration du moût provenant des drêches pressées est difficile et lente.

Il est plus simple et plus exact de calculer le rendement en chaudière quand tous les moûts sont réunis. La différence entre ce rendement et le rendement du laboratoire donne très exactement la quantité d'extrait perdu dans les drêches.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Température des eaux de lavage. — Théoriquement, les eaux de lavage devraient être prises à une température telle, que la température en cuve ne dépasse pas 75°, pour que la diastase puisse encore agir sur les matières non saccharifiées. Mais c'est un fait constaté pratiquement qu'elles doivent être plus chaudes, l'épuisement est meilleur et le rendement plus élevé. La température des eaux ne doit pas être inférieure à 90-95°, si on veut obtenir un épuisement complet.

Avec un bon malt, cela n'a aucun inconvénient. Avec un malt ordinaire, il n'est pas rare que les derniers moûts donnent, à l'iode, une réaction rose qui prouve qu'il y a des substances non saccharifiées; soit de l'amidon qui a résisté aux premières trempes, soit de l'amylocellulose décomposée à hautes températures. Comme la réaction est en général très peu accentuée, nous pensons qu'il n'y a pas lieu d'y attacher une très grande importance, ni que ce phénomène puisse avoir une très grande influence sur la qualité et la clarification de la bière. Avec un malt mauvais, il faudrait, ou ne faire bouillir les moûts des trempes précédentes qu'après réunion complète, ou rentrer à part les trempes de lavage et y ajouter du moût de première trempe qu'on aurait mis en réserve.

Degré d'épuisement de la drêche. — Est-il utile d'épuiser complètement la drêche?

Nous devons examiner la question à deux points de vue : au point de vue économique; à celui de la qualité de la bière.

Au point de vue économique, il est évident qu'il y a intérêt à épuiser la drêche le plus complètement possible. Il y a cependant une limite.

Si nous faisons la courbe de l'épuisement (fig. 121), en prenant pour ordonnées les densités du moût et pour abscisses les temps, nous voyons que la ligne est d'abord droite, aussi longtemps que le moût de la trempe précédente coule; puis la ligne s'abaisse subitement et rapidement dès que l'eau gagne le fond de la cuve, ce qui prouve l'effet de substitution dont nous parlions tout à l'heure ; mais dès que la densité arrive à moins de 1 degré, la courbe devient parallèle à l'axe et ne tarde pas à lui devenir asymptotique. Il est donc inutile de pousser plus loin l'extraction; la petite quantité d'extrait qu'on retirerait ne vaudrait pas le charbon qu'on dépenserait pour évaporer l'eau qui la tient en solution.

Au point de vue de la qualité de la bière, les avis sont partagés. Les uns croient qu'en épuisant trop complètement les drêches, on extrait, surtout des enveloppes du grain, des substances capables de nuire à la finesse de la bière; et, dans beaucoup de brasseries, pour les bières de luxe, on ne mélange pas les derniers lavages, on ne les utilise que pour la fabrication des petites bières.

D'autres pensent, et nous sommes de cet avis, que ce danger n'est pas démontré et que les trempes de lavage n'ont aucune influence sur le caractère de la bière.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Dans les trempes de lavage, on trouve les mêmes substances que dans les trempes de saccharification ; les rapports entre ces substances, seulement, ne sont pas les mêmes.

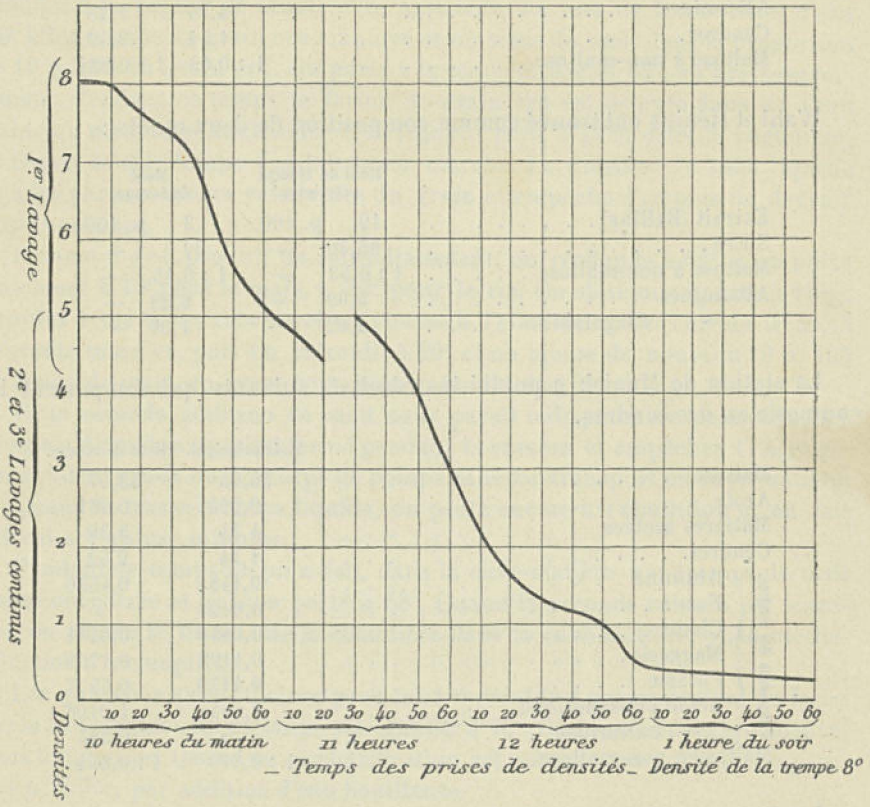


Fig. 121. — Courbe de l'épuisement des drèches par les lavages.

Voici, à ce sujet quelques analyses :

ANALYSES

100 PARTIES D'EXTRAIT contiennent	TREMPE de saccharification.	TREMPES de lavages.	MOUT
Maltose	71,16	66,55	73,93
Azote	0,560	1,288	0,565
Matières azotées	3,50	8,05	3,53
Cendres	1,33	3,83	1,50
Maltose à non-maltose . . .	1 : 0,406	1 : 0,503	1 : 0,353

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Lintner donne l'analyse suivante :

	Trempe principale.	Trempe de lavage.
Extrait	14,07	2,1
Maltose dans 100 d'extrait	58,95	53,07
Albumines	4,34	5,38
Cendres	1,54	2,52
Maltose à non-maltose	1 : 0,69	1 : 0,884

Wahl et Hénius ont trouvé comme composition de deux moûts :

	Moût de trempe principale.	Moût de lavage.
Extrait (Balling)	19 p. 100.	3 p. 100.
Sucre	65,30 —	69 —
Maltose à non-maltose	1 : 0,53 —	1 : 0,45 —
Albumines	5,99 —	6,33 —
— coagulables	1,62 —	1,30 —

La station de Munich a publié les résultats suivants qui comportent la composition des cendres.

		Moût principal.	Moût de lavage.
Maltose		58,95	53,07
Azote		0,694	0,861
Matières azotées		4,34	5,38
Cendres		1,54	2,52
Composition des cendres.	Alumine	0,1481	0,4536
	Fer	0,0131	»
	Chaux	0,0440	0,0484
	Magnésie	0,1198	0,1799
	Potasse	0,4130	0,6577
	Acide phosphorique	0,6844	1,0108
	— sulfurique	»	0,585
Maltose à non-maltose		1 : 0,696	1 : 0,884

Les lavages augmentent la dextrine, les matières azotées et les cendres. Dans les cendres on trouve plus de potasse, d'acide phosphorique, de chaux et de magnésie. On pourrait croire que les sels de chaux et de magnésie apportés par les eaux de lavage donnent à la bière une saveur plus âpre, plus sèche, mais il est probable qu'ils sont précipités pendant l'ébullition avec le houblon. La pratique n'a pas confirmé que les lavages fussent nuisibles à la qualité de la bière et l'intérêt du brasseur recommande un épuisement aussi complet que possible.

Brassage avec grains crus. — ***Cas du riz et du maïs.*** — Le riz et le maïs s'emploient tous deux de la même façon, soit à l'état de farine, soit à l'état de brisures.

Le brassage comprend trois opérations : la gélatinisation, la liquéfaction et la saccharification du grain cru.

La gélatinisation et la liquéfaction peuvent s'obtenir par simple cuisson

IRIS - LILLIAD - Université Lille

en vase ouvert, ou par cuisson en vase clos, sous pression. Le premier procédé, très imparfait, ne peut s'employer qu'avec les grains à l'état de farine.

Cuisson en vase ouvert. — ***Procédé par infusion.*** — Dans une chaudière chauffée à la vapeur et munie d'un agitateur, on met de 5 à 6 litres d'eau par kilogramme de grain cru employé et on verse du malt dans la proportion de 10 p. 100 du grain cru. On porte à la température de 62°, en brassant fortement. Pendant ce temps la farine de grain cru est délayée dans de l'eau froide ou modérément chaude et on l'ajoute petit à petit dans la chaudière, en tenant tout le temps l'agitateur en marche. La diastase du malt liquéfie déjà les parties moins résistantes du grain et empêche l'empois de devenir trop consistant.

Comme il s'est produit un refroidissement, on réchauffe à 62° et on porte lentement à 75° pour le maïs, à 80° pour le riz. On stationne quinze à vingt minutes à ces températures et on pousse à l'ébullition. On cuit de trente à quarante minutes, puis on refroidit à 90° et on ajoute de nouveau 10 p. 100 de farine de malt, en ayant soin, bien entendu, d'agiter.

Cette seconde addition de malt nous paraît indispensable pour liquéfier l'empois d'amidon qui s'est formé pendant la cuisson et empêcher l'encrassement des tuyaux ou des corps de pompe dans son transport en cuve-matière.

Quand la masse est bien liquide, on porte encore à l'ébullition et on fait cuire dix à quinze minutes.

Pendant ce temps-là, on a fait, dans la cuve-matière une trempe de malt assez concentrée et qu'on a porté à 58°. Quand la seconde cuisson est terminée, on amène le liquide de la chaudière dans la cuve-matière, où la saccharification s'accomplira.

Les quantités d'eau, de trempe et les températures sont calculées de façon que la température du mélange atteigne 68° à 70°. On brasse énergiquement et assez longtemps. Quand la saccharification est achevée, on porte la température à 72-75°, par addition d'eau bouillante.

On laisse reposer ; le soutirage et le lavage des drêches se font comme à l'ordinaire.

Procédé par décoction. — Dans le procédé par décoction, le grain cru est traité de la même façon, sauf la dernière cuisson, qui est inutile. Puis l'empois d'amidon est réuni par tiers ou par moitié aux dickmaisches dans la chaudière et à la température de 72-75°. On maintient une demi-heure à cette température et on fait bouillir.

Une autre méthode consiste à ajouter directement la farine de grains crus par tiers ou par moitié aux dickmaisches en chaudière à 60° ; à monter lentement à la température de 75°, où on stationne une demi-heure ; on fait bouillir ensuite. Ce procédé ne donne pas toujours une bonne extraction et on risque, si les dickmaisches sont épaisses, d'avoir un empois trop consistant. Il faut cuire les trempes moins longtemps.

La cuisson en vase ouvert ne donne pas une extraction complète.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

En tout cas, trois conditions nous paraissent essentielles :

1° Que le chauffage ait lieu à la vapeur, parce qu'on ne peut empêcher de s'attacher au fond certaines parties qui brûleraient à feu nu ;

2° Que l'on mélange assez de farine de malt au début pour diviser la farine de grain cru et l'empêcher de former au fond un dépôt épais et compact;

3° Que l'agitateur soit assez puissant et aille assez vite pour maintenir la masse en suspension. Aussi, généralement, les chaudières ordinaires à dickmaisches, et leurs agitateurs à chaînes sont-elles insuffisantes et se crassent-elles rapidement.

L'appareil qui se prête le mieux à ce travail est un macérateur muni d'un bon agitateur.

Cuisson sous pression. — On se sert de cuiseurs-liquéfacteurs analogues à ceux qui sont employés dans les distilleries de grains (fig. 122).

L'appareil consiste en un cylindre vertical, terminé en cône à sa partie inférieure. La partie conique porte un robinet de vidange, les prises de vapeur, un trou de nettoyage. Au sommet de l'appareil, se trouve un trou d'homme que ferme une porte consolidée par un étrier à vis, puis une soupape de sûreté et un manomètre.

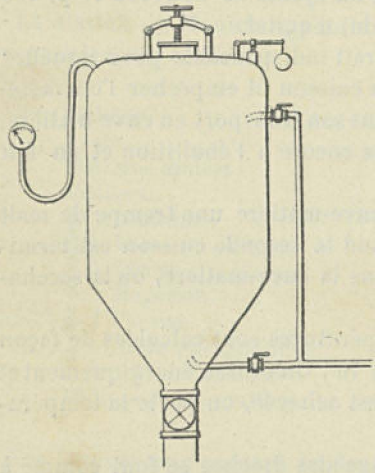


Fig. 122. — Cuiseur-liquéfacteur.

Quelques appareils sont munis d'un agitateur. Dans le cuiseur Puvrez, l'agitateur est constitué par une hélice horizontale. Bien que l'agitateur ne soit pas indispensable, nous pensons qu'il est utile ; les jets de vapeur ne sont pas toujours suffisants pour tenir l'empois en suspension et l'empêcher de se coller dans le fond de l'appareil.

On procède ainsi :

Le grain cru est versé par le trou d'homme dans trois à quatre fois son poids d'eau. On amène la vapeur et on porte à l'ébullition en tenant le vase ouvert. Quand l'empois est consistant, on ferme et on monte en une heure environ à une pression de 4 atmosphères (145°), qu'on maintient pendant trente minutes. On laisse ensuite tomber la pression, et quand la température est à 100°, on refroidit avec de l'eau fraîche, si c'est nécessaire, et on réunit, soit à la trempe de malt, dans le procédé par infusion, soit aux dickmaisches dans le procédé par décoction, en observant les indications que nous avons données précédemment.

Sous l'influence de la haute pression et de la température, l'amidon se liquéfie, mais il faut prendre garde de ne pas dépasser la température de 145°, au delà de laquelle la constitution de l'amidon serait détruite.

On ajoute parfois un peu de malt au début de l'opération pour obtenir un

IRIS - LILLIAD - Université Lille

empois moins épais et plus divisé. M. Fernbach fait observer que la cellulose des enveloppes fournit des pentoses qui, à leur tour produisent, lorsqu'elles sont chauffées fortement en milieu acide, du furfurol dont l'odeur et la saveur désagréables se communiquent à la bière.

Caractères des bières de riz et maïs. — D'une façon générale, dans l'emploi des grains crus le brasseur est moins maître du caractère de ses moûts et du rapport de la maltose et de la dextrine en présence, surtout dans les procédés par infusion, où ce rapport dépend des températures de saccharification pendant les vingt à trente premières minutes. Quand le grain arrive en cuve-matière, la trempe est à 58 ou 60°, c'est-à-dire à une température favorable à la production de la maltose et on ne peut guère monter à plus de 70°, au moment de la réunion, sous peine d'affaiblir trop la diastase et d'obtenir une saccharification incomplète. On a des moûts plus riches en maltose, plus pauvres en malto-dextrines, des bières plus atténuées et plus alcooliques.

Bières au riz. — Le riz donne des moûts qui se tranchent bien et vite, des bières qui s'éclaircissent rapidement, s'atténuent davantage, mais se conservent bien. Elles ont plutôt un goût agréable, d'une assez grande finesse, un peu vineux, mais souvent d'une saveur un peu sèche. On peut corriger cette saveur en employant concurremment des malts plus fortement touraillés qui n'augmentent pas sensiblement la couleur, mais apportent un goût plus plein et un arome de malt plus accentué.

Le riz donne des bières pâles, qui moussent vite en bouteille et deviennent très pétillantes. La mousse est blanche et persistante.

Le manque d'éléments azotés et minéraux dans les moûts affaiblit la levure qui ne tarde pas à dégénérer. Aussi son emploi est-il limité à 20-25 p. 100. Au delà, du reste, il modifie plus sensiblement le goût et le cachet de la bière.

Le riz, bien traité, peut donner 75 à 76 p. 100 de rendement ou 29 degrés-hectolitres et remplacer 115 à 120 kilogrammes de malt.

On augmente généralement, dans l'emploi du riz, la dose de houblon, principalement celle qui se met à la fin de l'ébullition.

Bières au maïs. — Le maïs donne des bières plus moelleuses, ayant plus de bouche que le riz, mais moins fines et d'une moins bonne conservation.

Les moûts fermentent plus lentement et se clarifient moins vite. L'atténuation est plus faible.

La levure se tient mieux et dégénère moins vite, à cause de la richesse du maïs en éléments minéraux. On peut sans danger l'employer dans la proportion de 30 p. 100. En Amérique, on va jusqu'à 40 et même 50 p. 100, mais dans la cuisson sous pression, une partie des matières azotées insolubles deviennent solubles et les moûts, plus riches en azote assimilable, sont plus nutritifs pour la levure.

Le maïs donne un rendement moyen de 66 p. 100, c'est-à-dire égal à celui du malt, et 100 kilogrammes de maïs se substituent à 100 kilogrammes de malt.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Cas de l'orge crue et des autres céréales. — L'orge est préalablement trempée pendant deux à trois heures, dans de l'eau qu'on renouvelle aussi longtemps qu'elle ne coule pas claire, afin de laver le grain et de le débarrasser des germes attachés à la pellicule. Puis l'orge est séchée lentement et à feu doux sur le plateau d'une touraille. Au moment de son emploi, elle est réduite à l'état de farine fine et traitée ensuite comme le riz et le maïs, soit qu'on liquéfie en chaudière sous l'action de la diastase du malt, soit qu'on se serve d'un liquéfacteur.

Lintner recommande le procédé suivant dans la méthode par décoction :

Le malt est empâté à l'eau froide; on laisse en repos deux heures; on ajoute ensuite la farine d'orge et on laisse encore reposer deux heures. On procède ensuite comme à l'ordinaire, pour la cuisson des dickmaisches et de la lautermaische.

Avec une addition d'orge crue, la fermentation va un peu plus vite mais la bière s'éclaircit plus difficilement. Elle est moins fine et possède un goût *cru* tout particulier. On ne peut guère dépasser dans l'emploi la proportion de 1/3 d'orge crue pour 2/3 de malt.

Les autres céréales s'emploient de la même façon, mais dans une proportion plus faible, 15 à 16 p. 100. Le froment et le seigle donnent des bières assez moelleuses, mais très instables, promptement acides et d'une clarification rebelle. L'avoine apporte un parfum caractéristique peu agréable.

On ne peut se dispenser, dans l'emploi de ces grains crus, d'ajouter à la farine des menues pailles de blé, à cause de la finesse de leur mouture qui empêcherait la filtration en cuve.

La menue paille est cuite pendant deux heures, pour la stériliser, puis lavée à l'eau bouillante et à l'eau froide, jusqu'à ce que l'eau coule claire. Il en faut environ 2 kilogrammes pour 100 kilogrammes de farine.

Emploi des sucres. — Les sucres ont l'avantage d'être d'un emploi très facile et de donner des bières qui s'éclaircissent mieux et rapidement. Ils ont l'inconvénient de tous les succédanés, c'est de fournir des moûts pauvres en azote et en matières minérales. Les levures s'épuisent vite et dégénèrent. On ne peut les utiliser que dans des proportions très modérées.

On les emploie, le plus souvent, en les ajoutant au moût avant fermentation. Dans certains cas, on les joint au moût pendant le cours de la fermentation, ou à la bière après fermentation.

Sucre brut et sucre interverti. — Le sucre brut n'est pas directement fermentescible. Il n'entre en fermentation qu'après avoir été transformé en sucre interverti par l'invertase de la levure.

Le sucre interverti est un mélange à poids égaux de dextrose et de lévulose. La dextrose est, généralement en brasserie, plus fermentestible que la lévulose qui prolonge la fermentation secondaire et augmente le contenu de la bière en acide carbonique.

L'inversion est très lente à froid, incomplète souvent et exige une dose de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

levure plus considérable. Aussi, le brasseur aurait-il intérêt à employer directement le sucre interverti, ou à faire l'inversion avant l'emploi.

Le procédé par les acides minéraux est peu pratique et demande une installation spéciale.

On peut employer l'acide tartrique. Pour 100 kilogrammes de sucre, on ajoute 1 kilogramme d'acide et 500 litres d'eau ; on fait bouillir de vingt à trente minutes[1].

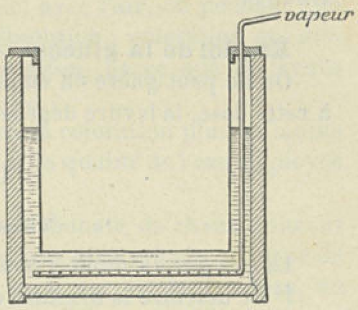


Fig. 123. — Bain d'eau pour inversion du sucre.

Thompson a recommandé une méthode, bonne en principe, mais que l'un de nous a légèrement modifiée.

On installe, soit dans une chaudière à dickmaisches chauffée à la vapeur, soit dans un bain d'eau chauffée par injection (fig. 123), une solution de sucre à 20 p. 100, on la porte à 56°, on y ajoute 15 à 20 p. 100 de levure liquide fraîche, on rétablit la température à 56°, à laquelle la zymase perd la faculté de faire fermenter le sucre, mais à laquelle l'invertase conserve son pouvoir inversif. On maintient la température à 56° jusqu'à inversion complète[2] c'est-à-dire pendant quatre heures, et on réunit la solution au moût en ébullition dans la chaudière à houblonner. On peut décanter au-dessus du dépôt de levure qui s'est formé, ou filtrer, mais il n'y a aucun inconvénient à entraîner ce dépôt dans la chaudière où il sera plus tard retenu pour les houblons. Nous pensons, au contraire, qu'il y aurait avantage à le faire bouillir avec le moût ; la levure céderait ainsi au moût les éléments azotés et minéraux dont il est privé par l'emploi du sucre.

Le sirop qu'on obtient par ce procédé est très blanc, très pur et sans aucune des impuretés que laisse le traitement par les acides.

Emploi après fermentation. — Le sucre brut, ajouté à la bière en solution de même densité, après fermentation, ne peut plus être interverti[3]. Il

[1] Depuis la rédaction de ce chapitre, la Régie française (voir à l'annexe I) a imposé pour les sucres destinés à la brasserie deux modes de dénaturation : I. Mélanger dans l'ordre suivant : 1 000 litres d'eau ; 2 kilogrammes d'acide phosphorique sirupeux à 1,45 ; 1 000 kilogrammes de sucre ou de sirop ; 20 kilogrammes de houblon et faire bouillir quinze minutes ; le sirop bouillant marque 1,26 et à froid 1,32. — II. Même formule, ou l'acide phosphorique est remplacé par 4 kilogrammes d'acide tartrique.

[2] En réalité l'inversion n'est jamais absolue, il reste environ 5 p. 100 de sucre non transformé.

[3] On peut déterminer la saccharose dans le moût en profitant de l'observation de Jais, qui a constaté qu'une heure d'ébullition avec de l'acide chlorhydrique très étendu n'a aucun effet sur la maltose ni sur la dextrine, tandis que la saccharose est intervertie. On chauffe donc au bain-marie bouillant, pendant une demi-heure, 10 centimètres cubes de moût avec 130 centimètres cubes d'eau et 20 centimètres cubes d'acide chlorhydrique 1/5 normal (à 0,72 p. 100 HCl.). Après refroidissement on neutralise et on amène à 200 centimètres cubes. La quantité de cuivre réduite par 25 centimètres cubes, diminuée de celle fournie par un dosage de la maltose avant cette opération, permet de calculer le sucre inverti et par suite la saccharose.

Pour déterminer la dextrine du moût ; on prend 10 centimètres cubes de moût qu'on

IRIS - LILLIAD - Université Lille

donne plus de moelleux, de bouche aux bières fades, corrige l'amertume trop prononcée et peut relever momentanément certaines bières qui tombent.

Le sucre interverti, introduit dans les mêmes conditions, prolonge la fermentation secondaire, augmente l'acide carbonique et rend la bière plus pétillante, en même temps qu'elle est plus douce est plus moelleuse, sans la troubler [1].

Emploi de la glucose. — Elle s'ajoute au moût pendant la cuisson.

On ne peut guère en employer que 5 kilogrammes par hectolitre, et même à cette dose, la levure dégénère, devient visqueuse et ne se dépose pas.

CUISSON DU MOUT

THÉORIE DE LA CUISSON

La cuisson du moût a pour but :

1° De détruire la diastase ou d'arrêter son action ;

2° De stériliser le moût ;

3° D'opérer la coagulation des matières azotées insolubles qui troubleraient le moût et plus tard la bière ;

4° D'éclaircir le moût par l'élimination de ces albumines coagulables ;

5° D'extraire du houblon les parties constituantes qui communiqueront à la bière leur saveur amère et aromatique ;

6° D'opérer la concentration du moût et de l'amener par réduction de volume à une densité déterminée ; concentration rendue nécessaire parce que pour épuiser les drêches, on a dû employer une très grande quantité d'eau et faire un moût très dilué.

Deux points surtout sont importants :

La coagulation des albuminoïdes et la dissolution des matières extractives du houblon. Mais avant de parler de ces deux points, disons quelques mots de deux autres phénomènes qui se passent pendant l'ébullition du moût et qui sont :

1° Une coloration du moût ;

2° Une formation d'acides libres.

COLORATION DU MOUT

La coloration du moût a plusieurs causes :

a) Une caramélisation de certains sucres, notamment de la petite quantité

étend à 200 centimètres cubes et qu'on chauffe au bain-marie pendant deux heures et demie avec 15 centimètres cubes d'acide chlorhydrique de densité 1,124. Après refroidissement et neutralisation on amène le volume à 500 centimètres cubes.

La quantité de cuivre réduit par 25 centimètres cubes diminuée de la quantité correspondante au sucre interverti et de celle due à la dextrose résultant de l'hydrolyse de la maltose, permet de calculer la dextrine.

[1] En chaudière, on emploie de 3 à 4 kilogrammes de sucre par hectolitre, remplaçant la quantité équivalente de malt (100 kilogrammes de sucre à 37 D°H° = 148 kilogrammes de malt à 25° H°). En fermentation, ou après fermentation, la dose est de 1 à 2 kilogrammes ; au delà, on peut avoir des refermentations.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

de lévulose et de saccharose préexistant dans l'orge ou formée dans le malt pendant la germination et le touraillage.

b) Le brunissement de certaines substances du moût, dextrines et matières azotées solubles.

c) Une fixation d'oxygène, mais qui se produit plutôt pendant la rentrée des moûts en chaudière, quand ils sont en contact avec l'air, ou pendant que le moût reste au-dessous de la température d'ébullition ; coloration qui disparaît, du reste, en partie pendant la fermentation, parce que la levure s'assimile les corps oxydés.

d) Le houblon, qui colore les moûts. Mais, ici, la coloration plus ou moins accentuée que peut produire le houblon, dépend de la qualité de l'eau employée au brassage.

Nous avons déja dit que les eaux riches en bicarbonate de chaux donnent des moûts plus colorés parce qu'elles dissolvent une plus grande quantité de matières colorantes non seulement du malt, mais encore du houblon, en même temps, d'ailleurs, qu'elles dissolvent des matières plus âcres et plus amères.

Les eaux sulfatées, au contraire, donnent des moûts plus pâles. Le carbonate et le sulfate de soude produit des bières plus brunes ; le chlorure de sodium, des bières plus pâles.

FORMATION D'ACIDES LIBRES

Les sels de chaux et de magnésie apportés par le malt et l'eau se décomposent pendant l'ébullition.

D'autre part, l'acide phosphorique est mis en liberté. Une partie, très minime, se transforme en phosphorates insolubles. La plus grande partie reste soluble et forme, avec la chaux et la magnésie, des phosphates primaires, solubles, qui seront utilisés plus tard par la levure.

L'acidité du moût augmente donc pendant l'ébullition, non seulement par suite de la concentration du moût, mais encore par la formation de phosphates monométalliques.

En outre, le houblon apporte, pour sa part, une certaine quantité d'acides.

COAGULATION DES MATIÈRES ALBUMINOÏDES

Dès que le moût se rapproche du point d'ébullition, il se trouble fortement et se couvre d'une écume grise, plus ou moins épaisse, plus ou moins abondante, formée d'albumine coagulée.

Avec les chaudières ouvertes, on enlève cette écume, mais ce n'est pas indispensable.

Dans les moûts brassés par décoction, cette écume est moins abondante parce que pendant les diskmaisches et la lautermaische, une partie de l'albumine s'est déjà coagulée et est restée dans les drêches.

Avec l'ébullition, l'écume disparaît, puis, peu à peu, l'albumine se sépare en flocons plus ou moins épais qui flottent dans le liquide. Le moût s'éclair-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

cit et ne tarde pas à apparaître limpide entre les flocons en suspension. C'est ce qu'on appelle *le tranché*.

Du tranché. — Le *tranché* peut être bon ou mauvais. Il est bon quand il se fait rapidement et que les albumines se séparent en gros flocons ; quand dans un verre d'épreuve les flocons se déposent promptement et facilement, que le moût apparaît très brillant.

Il est mauvais, quand il est long à se produire, que les flocons restent petits, que le moût conserve sa teinte opaline, que le dépôt ne se fait pas ou lentement.

Enfin, le tranché peut ne pas se faire du tout.

C'est un signe de mauvaise saccharification ou de mauvais malt.

Les causes en sont inconnues et à l'analyse le moût ne présente rien d'anormal.

D'une façon générale, en admettant l'emploi d'un bon malt et une bonne saccharification, le tranché se fait moins bien, en flocons plus petits, et plus lentement, quand on rentre les trempes de lavage pendant l'ébullition du moût de première trempe. Les moûts de lavage, surtout ceux provenant de drèches très épuisées, se tranchent moins bien, ou bien le tranché est plus long à se produire.

Quand le tranché ne se fait pas, ou se fait mal, il faut arrêter l'ébullition et asperger le moût d'eau froide ; ou bien, ce qui est préférable, injecter de l'air froid à travers le moût. A moins d'une fabrication absolument défectueuse, le moyen réussit. Dans les chaudières ouvertes, le tranché se fait plus rapidement et mieux, à cause de l'aération de la surface du moût.

Matières azotées solubles. — La quantité de matières azotées qui se coagulent forme environ la moitié des matières azotées apportées par le malt.

Mais ce n'est pas constant.

Une addition d'acide phosphorique augmente l'azote soluble et l'azote coagulable ; mais une addition plus grande réduit les doses. La soude augmente, l'azote soluble et l'azote coagulable dans une proportion bien plus grande que l'acide phosphorique, mais une augmentation de soude amène la diminution

L'addition de phosphate acide, d'acide lactique produit le même effet que l'acide phosphorique.

D'après Matthews, le gypse et le sulfate de magnésie à froid, le chlorure de sodium à 71°, sont les sels de l'eau qui produisent le plus grand coagulum : Mais d'après Pierre ces corps ne produisent pas grande différence, tandis que le bicarbonate de chaux à 45° a une très grande influence[1].

Le précipité de matière azotée contient des phosphates terreux prove-

[1] Daprès un travail récent de Windisch et Boden. le gypse est cause d'une augmentation d'azote dans le moût entre 20 et 72°,5 avec maximum à 60°; cela résulte de la teneur en acides amidés; mais d'autre part le coagulum de matières albuminoïdes augmente. Au point de vue de la saccharification, la présence du gypse entraîne la formation de produits peu fermentescibles, ce qui diminue l'atténuation. Mais la levure Pombe et l'amylomyces font fermenter ces corps peu fermentescibles.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

nant soit du malt ,soit de la réaction des phosphates primaires et secondaires sur les sels de chaux et de magnésie.

Par conséquent la quantité d'azote coagulée est variable, avec le malt employé et les procédés de fabrication, infusion ou décoction et suivant qu'on séjourne plus ou moins longtemps aux températures de formation des peptones et des amides.

D'un autre côté, le houblon apporte avec lui des matières azotées solubles, de sorte que, presque toujours, après cuisson, on trouve sensiblement la même proportion des matières azotées solubles.

Prior cite les expériences d'Aubry, sur les moûts houblonnés et non houblonnés provenant de trois malts A, B et C.

	MALT	AZOTE TOTAL	AZOTE PRÉCIPITÉ par l'acide phosphotungstique.	AZOTE AMIDÉ
Moût non houblonné.	A	0,9263	0,5700	0,4053
	B	0,7915	0,5458	0,3845
	C	0,7653	0,5516	0,3967
Moût houblonné.	A	0,8921	0,7114	0,5943
	B	0,7576	0,4765	0,2964
	C	0,7416	0,5106	0,3881

H. Bungerer et Fries ont trouvé dans un moût d'infusion :

	Avant ébullition.	Après ébullition.
Azote total	0,650 p. 100.	0,540 p. 100.
— des albumines	0,163 —	0,057 —
— des peptones.	0,125 —	0,100 —
— des amides	0,362 —	0,383 —

L'ébullition en chaudière produit encore la stérilisation des moûts et leur concentration.

DURÉE DE L'ÉBULLITION

Le houblon, outre les acides et les matières azotées, abandonne des résines, du tanin, de l'huile essentielle et des principes constituant des follioles ou de l'axe. Ces derniers entrent difficilement en solution et augmentent avec la durée de l'ébullition en donnant un goût d'autant plus âcre qu'il y a plus de parties ligneuses.

Les parties utiles, résines, etc., sont dissoutes en moins de quinze minutes tandis qu'il faut le double aux principes utiles des folioles, et plus du triple à ceux du rachis. Par conséquent l'ébullition ne devrait pas durer plus d'une heure. Malheureusement les cônes entiers s'épuisent moins vite, de sorte que pour faire une extraction suffisante sans risquer de volatiliser l'huile ou d'extraire des principes âcres, on a eu l'idée d'employer les extracteurs de houblon.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

L'ébullition doit durer au moins aussi longtemps qu'il se sépare encore des albumines : jusqu'à ce que le moût apparaisse bien clair et que le dépôt des flocons se fasse rapidement et d'une façon complète.

Quant à la durée maximum, elle est variable avec les procédés de brassage et les circonstances.

Les moûts par décoction et dont les trempes ont déjà subi une ébullition n'ont pas besoin de bouillir aussi longtemps. En Allemagne, on donne à la cuisson des moûts par décoction une durée de deux à trois heures pour les bières de garde et seulement d'une heure et demie pour les bières jeunes.

Pour les bières d'infusion, dont les moûts sont plus dilués et contiennent toute la masse des matières albuminoïdes coagulables, la durée est de trois à quatre heures, quelquefois moins. En Angleterre, on ne fait pas bouillir plus de deux heures et demie à trois heures.

Dans les conditions ordinaires, il ne faut pas plus d'une demi-heure à trois quarts d'heure pour obtenir la coagulation complète des albumines ; il ne faut pas plus de temps pour extraire les principes du houblon.

Une trop longue cuisson n'a d'autre résultat que d'altérer la finesse de la bière.

Les circonstances qui limitent la durée, sont la concentration du moût, la rapidité du tranché, le temps de garde et la coloration.

Les *bières de garde* doivent être cuites plus longtemps que les *bières jeunes*, destinées à être consommées plus tôt.

Les *bières d'été*, c'est-à-dire qui doivent être bues l'été, se cuisent également plus longtemps que les *bières d'hiver*.

Les *bières pâles* se laissent moins longtemps en chaudière que les *bières brunes*, à cause des produits colorés qui se forment[1].

MARCHE DE L'ÉBULLITION

Pendant tout le temps de la cuisson, l'ébullition ne doit pas être interrompue. Un arrêt aurait pour résultat de précipiter au fond de la chaudière les flocons d'albumine et de communiquer un goût de brûlé au moût, surtout avec les chaudières à feu nu.

On la maintient assez active au début et jusqu'à ce que la coagulation soit accomplie. Dès que le houblon est introduit, on ferme la chaudière et on modère l'ébullition, pour la faire aller très doucement, mais très régulièrement. Il faut éviter aussi que le houblon ne touche au fond.

HOUBLONNAGE

Le houblon s'ajoute dans la chaudière en deux ou trois fois, rarement en une seule fois, excepté en Bavière.

La première partie se met au début de l'ébullition, la dernière une demi-

[1] Pour les bières pâles, les chaudières à vapeur sont préférables comme risquant moins de produire des coups de feu.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

heure ou trois quarts d'heure avant la fin. C'est cette partie qui donnera surtout à la bière, l'arome du houblon, et on réserve pour cela les houblons les plus fins.

Pour certaines bières fines et pâles, telles que les bières de Bohême, cette partie n'est ajoutée qu'après ébullition et n'est qu'infusée dans le moût. On l'épuise ensuite en l'utilisant au brassin suivant, au début de la cuisson.

Dans les méthodes par infusion, on ne met le houblon que quand la coagulation est faite. On conserve ainsi plus de tanin dans le moût en évitant la formation du tanate d'albumine. Quelquefois, cependant, on ajoute dès le début quelques poignées de cônes pour hâter la coagulation et éviter que l'écume ne monte et que le liquide ne soit projeté hors de la chaudière.

Quand on introduit le houblon, il se produit un léger trouble, causé par les résines, mais qui disparaît promptement et le moût paraît ensuite plus brillant. On remarque que de nouveaux flocons se forment, sous l'action du tanin.

Quantité de houblon à employer. — La quantité de houblon à employer dépend, en première ligne, du goût des consommateurs. Dans certains pays, on aime les bières amères, dans d'autres, on les préfère plus douces. En Angleterre, les bières sont très fortement houblonnées ; en Bavière, très peu.

D'autres conditions influent sur les quantités, qui sont :

1° *La qualité du houblon.* — Avec un houblon fort et riche, il en faudra moins qu'avec un houblon pauvre et léger. On doit considérer aussi l'âge et l'état de conservation. Il en faut davantage quand le houblon est vieux ou qu'il a perdu ses qualités par une mauvaise conservation ;

2° *Le caractère de la bière.* — Les bières blondes et pâles, fabriquées avec des malts très pâles et plus exposées à devenir vineuses, demandent plus de houblon que les bières brunes, dans lesquelles le malt coloré communique déjà une certaine amertume.

Les bières de Bavière sont beaucoup moins houblonnées que celles de Vienne ou de Pilsen ;

3° *Le temps de garde.* — Les bières de garde exigent plus de houblon. D'abord, pour augmenter la quantité des substances antiseptiques qui les préserveront d'une altération ; ensuite, parce qu'en vieillissant les bières perdent de leur amertume. Les bières jeunes sont toujours plus amères que les vieilles bières ;

4° *La durée de la cuisson.* — Les bières très cuites ont besoin de moins de houblon. Pour deux raisons. En faisant bouillir longtemps le houblon, on augmente l'amertume ; les bières peu cuites sont moins conservables et ont besoin de plus de houblon. Pour certaines bières blanches (bières blanches du Nord, bière blanche de Berlin), il faut forcer la dose de houblon.

La quantité de houblon employée, en dehors des bières anglaises dont nous parlerons dans un chapitre spécial, varie de 250 à 600 grammes par hectolitre, suivant la qualité et le genre de bière.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Cette quantité se calcule, soit sur le nombre d'hectolitres fabriqués, soit sur la quantité de malt versé, soit sur le degré-hectolitre. Le malt n'étant pas toujours de même qualité et les moûts pouvant varier d'un brassin à l'autre, les deux premiers calculs peuvent donner des différences d'amertume assez sensibles. Il est préférable de se baser sur le degré-hectolitre. Voici les quantités moyennes employées à Munich, Vienne et Pilsen, par hectolitre et d'après le degré Balling et la densité :

BALLING	DENSITÉS	MUNICH	VIENNE	PILSEN
10°	1,0404	220	250	400 gr.
11°	1,0446	230	300	450 —
12°	1,0488	250	350	500 —
13°	1,0530	280	400	550 —
14°	1,0572	320	450	600 —
15°	1,0614	350	500	»

Épuisement des houblons. — Par la cuisson ordinaire, aussi longue qu'elle soit, on n'extrait pas les substances du houblon d'une façon complète. C'est à peine si la moitié de ces substances viennent en solution. Nous avons cité, à cet égard (chap. du houblon), les expériences d'Hayduck.

En voici d'autres de Prior.

	Avant ébullition.	Après ébullition.
Extrait aqueux	32,5	20,72
— alcoolique	26,41	9,59
— éthéré	19,86	7,67
	78,77	39,98

Donc la moitié à peine des substances du houblon sont entrées en solution dans le moût.

Amélioration de l'épuisement. — Pour rendre l'extraction plus complète, on a proposé différents moyens. Traiter d'abord le houblon à l'eau chaude et réunir le tout au moût en ébullition ; cuire séparément les moûts du même brassin et faire bouillir le houblon dans chacun d'eux successivement (Deinhard) ; des chaudières ont même été disposées à cet effet, en compartiments. Ces procédés n'ont eu qu'un succès éphémère, soit que l'économie n'ait pas été réelle et c'est l'opinion de Hayduck, soit que les qualités de la bière en aient souffert. Cependant, en Angleterre, c'est l'habitude d'épuiser les houblons en les faisant bouillir successivement avec les trempes de lavage.

On a préconisé l'effeuillement et la division des cônes du houblon, pour augmenter les points de contact du moût. Le houblon est conduit par une trémie entre des cylindres armés de couteaux qui coupent les cônes et le houblon est introduit ainsi divisé dans les chaudières.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Enfin, on a construit des appareils appelés extracteurs de houblon. Ces appareils sont, d'après certains auteurs, bons pour les bières pâles.

Extracteurs de houblon. — Ce sont des chaudières analogues aux macérateurs, chauffées à la vapeur et munies d'agitateurs. Le houblon y est bouilli dans l'eau, sous pression, en même temps que l'agitateur effeuille les cônes. L'extraction dure trois heures. Puis l'eau houblonnée est soutirée par un faux fond vertical placé à une des extrémités de l'appareil cylindrique et horizontal, et ajoutée au moût, soit en chaudière, avant de lâcher sur les bacs, soit sur les bacs mêmes, ou en cuve de fermentation après refroidissement.

On met un tiers de la quantité de houblon habituellement nécessaire dans la chaudière et les deux autres tiers dans l'extracteur. L'économie réalisée par ce procédé serait de 10 p. 100 et l'extraction ayant lieu sous pression, l'huile essentielle serait intégralement conservée.

On a proposé aussi d'extraire le houblon, sous pression en recueillant par un réfrigérant l'huile essentielle.

Enfin on a aussi proposé de diviser le houblon, de le tamiser pour isoler la lupuline que l'on met plus tard dans la chaudière. Ce procédé n'est utile que pour les houblons médiocres.

Pressurage et lavage du houblon cuit. — Le houblon retient une quantité assez importante de moût qui diminue le rendement.

Il y a deux façons d'en extraire, sinon la totalité, du moins la plus grande partie : 1° en soumettant le houblon à une pression ; 2° en lavant le houblon à l'eau chaude.

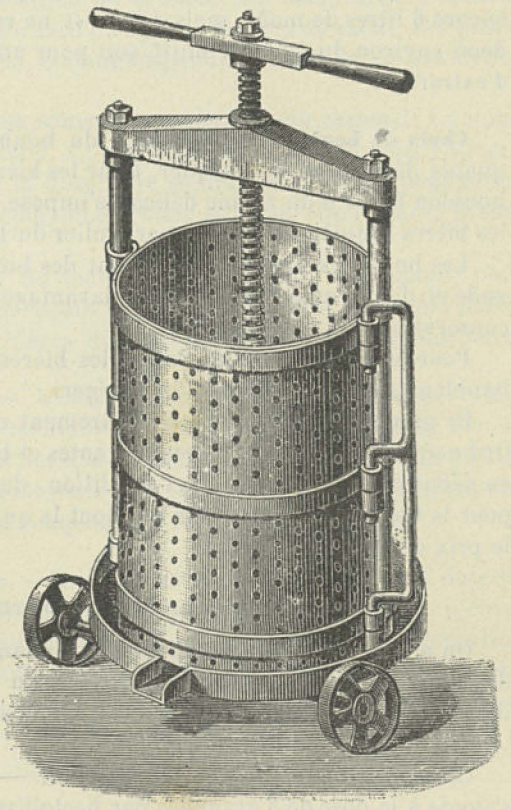


Fig. 124. — Presse à houblon.

Pressurage du houblon (fig. 124). — Le houblon est introduit dans une presse spéciale qui est constituée par un cylindre vertical en cuivre percé de trous, dans lequel un plateau circulaire en bois, mû par une vis, presse le

IRIS - LILLIAD - Université Lille

houblon. Le moût s'écoule par les trous du cylindre dans une nochère d'où il est recueilli et mélangé au brassin.

Ce procédé, qui donne une extraction aussi complète que possible, convient surtout pour les bières ordinaires. Il a l'inconvénient d'extraire des substances amères et âcres qui ne sont pas bonnes pour toutes les bières.

Lavages du houblon. — Les lavages sont préférables. On ajoute de l'eau chaude en quantité proportionnée à la quantité de houblon employé, en tout cas, de façon à couvrir le houblon ; on laisse reposer et on soutire. Ou bien on arrose avec une croix écossaise, soit dans la chaudière même, après vidange, soit dans une chaudière spéciale. On agite et on laisse reposer.

D'une façon générale, 1 kilogramme de houblon retient 6 litres de moût. Si le moût est à 12 p. 100 d'extrait, c'est donc une perte de 720 grammes d'extrait par kilogramme de houblon. Après lavage, 1 kilogramme retient encore 6 litres de moût, mais dilués et ne représentant plus que 3 litres et demi environ du moût primitif, soit pour un moût à 12 p. 100, 420 grammes d'extrait.

Choix du houblon. — Le choix du houblon dépend naturellement de la qualité de la bière à fabriquer. Pour les bières fines, de luxe et de garde, un houblon fin et d'un arome délicat, s'impose. C'est surtout en vieillissant que les bières acquièrent l'arome particulier du houblon.

Les houblons ordinaires donnent des bières plus amères, d'un goût plus rude et dont l'amertume persiste davantage, même après un long temps de conservation.

Pour les bières peu amères, ou les bières jeunes, on peut se contenter de houblons d'un arome moins fin et léger.

Le prix de la bière doit nécessairement entrer aussi en ligne de compte. Ordinairement, pour les bières courantes et bon marché, le brasseur emploie, au début et dans le cours de l'ébullition, des houblons communs et réserve pour la fin un peu de houblon fin, dont la quantité et la qualité est réglée par le prix de vente de sa bière.

DES SUBSTANCES QUI S'AJOUTENT EN CHAUDIÈRE

On ajoute quelquefois aux moûts en chaudière, de la glucose, du sucre et des produits qui sont ou des clarifiants, ou des substances aromatiques, ou des produits ayant une influence sur la fabrication, ou encore des colorants.

Clarifiants. — *Lichen carragheen*. — Le lichen, ou mousse d'Islande, s'ajoute à la dose de 3 grammes par hectolitre de moût, au moment de lâcher sur les bacs refroidisseurs. Si on le faisait bouillir longtemps, la lichénine se liquéfierait et n'agirait plus comme clarifiant. Il agit surtout sur les bacs ; il se dissout dans le moût bouillant et se prend en gelée par le refroidissement. En tombant, il clarifie le moût. Mais comme il n'est jamais complètement éliminé pendant le repos sur les bacs, il en reste dans le moût une quantité

IRIS - LILLIAD - Université Lille

qui englobe les cellules de levure, gêne et retarde la fermentation. De là, avec l'emploi du lichen, des fermentations paresseuses ou la nécessité de forcer la dose de levain. Un moût bien fabriqué n'a pas besoin de clarifiant.

Tanin. — Le tanin s'emploie en poudre, à la dose de 3 grammes environ par hectolitre, que l'on fait dissoudre dans 8 à 10 fois son poids d'eau, dans un vase en grès et qu'on ajoute immédiatement au moût en ébullition, au début de la cuisson. Il agit en précipitant les matières azotées et donne, sur le bac, un dépôt abondant, épais et consistant. Il ne peut pas remplacer le houblon et donne généralement des bières plus âpres, dures.

Pieds de veau. — Nous ne citons ce procédé de clarification, très employé autrefois et abandonné aujourd'hui, que pour en signaler les inconvénients. Il introduit dans le moût des matières facilement putréfiables et ne peut apporter que des éléments d'altération de la bière. On l'employait à la dose de 1 pied par 100 kilogrammes de malt ou de 5 hectolitres de moût. Les pieds découpés et enfermés dans un sac, étaient suspendus dans le moût bouillant.

Colorants. — On colore assez souvent le moût avec du caramel. La coloration en chaudière, par le caramel, a l'inconvénient de ne pas tenir entièrement et il faut toujours forcer la dose. Elle se détruit en partie pendant la fermentation ; la levure, de son côté, en entraîne, se colore elle-même et prend une mauvaise apparence.

Il est préférable d'employer du malt brun, qui donne une nuance plus stable, ne salit pas la levure, en même temps qu'il apporte un arome particulier, agréable et donne aux bières un goût plus plein et plus moelleux.

Produits aromatiques. — L'emploi des produits aromatiques était commun autrefois ; c'étaient la coriandre, le gingembre, l'anis étoilé. Peu de brasseurs y ont recours aujourd'hui. Ces produits n'ajoutent rien à la qualité de la bière et lui donnent un goût pharmaceutique auquel le consommateur n'est plus habitué. Rien ne peut remplacer le houblon.

Autres produits. — **Gypse**. — Le gypse en poudre s'emploie à la dose de 50 à 100 grammes par hectolitre. Il s'ajoute en chaudière et aussi en cuve-matière. En cuve, au moment du brassage, il augmente un peu la proportion des corps difficilement fermentescibles. En chaudière, il donne un tranché plus abondant et plus gros, des moûts plus clairs. Il aide à la clarification et à la conservation de la bière. Son usage ne peut être recommandé que si l'eau de brassage manque de sulfate de chaux.

Chlorure de sodium. — Se met en chaudière, à la dose de 50 grammes par hectolitre. D'après Moritz et Morris, il aiderait à la précipitation des matières azotées et formerait avec certaines dextrines, du type malto-dextrines inférieures, des combinaisons stables qui contribueraient à donner aux bières une saveur plus douce et plus de moelleux.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

En résumé, avec un bon malt, du bon houblon et un travail normal, tous ces moyens empiriques ne sont pas utiles.

REFROIDISSEMENT DU MOUT

PRÉLIMINAIRES

Après sa cuisson, le moût est refroidi, soit sur les bacs refroidissoirs, soit sur des appareils spéciaux, appelés réfrigérants.

Avant d'être refroidi, le moût est débarrassé de son houblon. Pour cela, on lui fait traverser le filtre à houblon, qui est tantôt un panier en toile métallique, ou en tôle perforée, tantôt une caisse en métal, divisée en deux compartiments inégaux et séparés par une tôle perforée, dont l'un retient les cônes du houblon, et l'autre laisse échapper le moût. D'autres fois, le houblon est retenu dans la chaudière dont le tuyau d'évacuation est garni à l'intérieur d'une crépine. Dans ce cas, on laisse quelque temps le moût reposer en chaudière après l'extinction des feux, pour que le houblon puisse se déposer et le moût se filtrer à travers.

Quelques brasseurs se servent de la cuve-matière pour filtrer le moût, ce qui n'a d'autre inconvénient que d'obliger à deux nettoyages de la cuve.

Il n'y aurait pas d'inconvénient non plus, à laisser venir le houblon sur le bac. Seulement le refroidissement serait plus long et on risquerait de communiquer à la bière un goût plus amer et moins agréable.

Pendant le repos sur le bac, non seulement le moût se refroidira, mais encore il se débarrassera des matières qu'il tient en suspension, flocons d'albumine, substances inorganiques du houblon, qui ne sont pas retenues dans le filtre et qui souilleraient la levure. En outre il réabsorbera de l'oxygène de l'air dont il a été privé par l'ébullition et sans lequel la fermentation ne pourrait s'accomplir d'une façon normale.

Ainsi, refroidissement, séparation des matières en suspension et oxygénation, tels sont les trois phénomènes qui vont s'accomplir et qui doivent retenir notre attention.

REFROIDISSEMENT

Les bacs sont des vaisseaux plats, très grands et peu profonds, offrant à l'air une très grande surface, de façon à hâter le refroidissement.

Aussi longtemps que la différence de température du moût et de l'air est très grande, le refroidissement marche vite. Mais à mesure que la température du moût se rapproche de celle de l'air, il va de plus en plus lentement et si, de plus, il y a de l'humidité dans l'air, des brouillards, absence de courants, le refroidissement devient d'une lenteur excessive. Comme, pendant cette opération, le moût se trouve exposé sur une grande surface au contact de l'air ; que des organismes de fermentation peuvent s'y déposer et s'y développer d'autant plus que le moût reste plus longtemps à des températures ni assez élevées, ni assez basses pour s'y opposer, le refroidissement constitue

IRIS - LILLIAD - Université Lille

une des opérations les plus délicates et les plus dangereuses de la brasserie.

Nous verrons plus loin comment on peut éviter en partie ces dangers par l'emploi des réfrigérants et des bacs fermés.

DÉPOT DES LIES

Le dépôt doit se faire rapidement et dès qu'il est effectué, le moût doit apparaître clair, transparent, avec un aspect noir caractéristique de sa limpidité.

Ce dépôt se fait en quelques instants.

Quand il se fait mal, que le moût présente un aspect roux, fauve, rougeâtre et comme une apparence grasse, c'est un signe de mauvaise fabrication d'un tranché incomplet et souvent de la mauvaise qualité du malt.

En refroidissant, le moût se troublera de nouveau, parce que certaines matières azotées solubles à chaud, deviennent insolubles à froid.

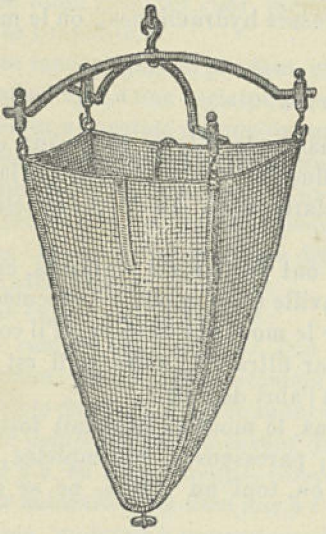


Fig. 125. — Trübsac suspendu.

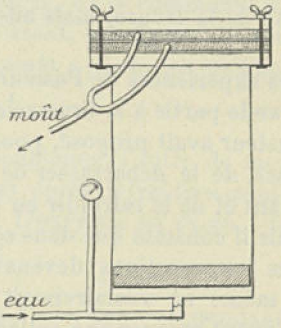


Fig. 126. — Presse à trouble. Système Diehl.

Les lies forment au fond du bac une masse grise, visqueuse, constituant un dépôt assez adhérent pour ne pas être entraînées pendant l'écoulement du moût.

Ce dépôt contient environ 14 à 15 p. 100 de substance sèche, composée pour un tiers de matières solubles dans l'eau : sucre, dextrine, etc., et pour deux tiers de matières insolubles : résines, matières azotées, cellulose, cendres.

En voici une analyse :

Solubles dans l'eau.	Sucre	16.37	38,25
	Dextrine	20,73	
	Autres substances	1,15	
Insolubles dans l'eau.	Résines	16,62	61,75
	Matières azotées	34,63	
	Cellulose	6,30	
	Cendres	4,20	

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Son poids est ordinairement de 2 p. 100 du poids du moût. Il est moins abondant quand on garde le houblon en chaudière et qu'on attend que le dépôt s'y fasse, parce qu'il se dépose sur la surface du houblon et le moût coule plus pur. Son abondance dépend aussi du malt employé, des méthodes de brassage et de la quantité de houblon.

Trübsacs. — Il est important que ce dépôt ne soit pas entraîné dans les cuves de fermentation. Aussi le retient-on en entourant de crépines les tuyaux d'évacuation des bacs. Mais comme il contient encore 85 p. 100 de moût, environ, on a l'habitude de le filtrer dans des chausses en toile, appelées des *trübsacs*, soutenus par des crochets à deux barres perpendiculaires (fig. 125) ou bien, dans les brasseries importantes, de le presser dans des appareils spéciaux (presses à troubles (fig. 126), presses hydrauliques), où le moût est filtré à travers des toiles.

OXYGÉNATION

C'est à Pasteur que l'on doit de connaître le rôle de l'oxygène dans le moût, ses relations avec la levure, son influence, non seulement sur la reproduction de la levure, mais aussi sur la clarification des moûts et celle de la bière.

Les expériences de Pasteur à ce sujet ont surtout été pratiques, car c'est en grande partie à la brasserie de Tantonville qu'elles ont été exécutées.

Pasteur avait proposé, pour préserver le moût des dangers qu'il court sur les bacs, de le débarrasser de ses lies par filtration, alors qu'il est encore bouillant et de le refroidir en vase clos, à l'abri de l'air.

Mais il constata que dans ces conditions, le moût se troublait fortement; que les fermentations devenaient lentes, paresseuses, incomplètes; que la bière même ne s'éclaircissait pas bien, ou, tout au moins, ne se clarifiait qu'en ayant recours aux collages.

Il observa alors qu'il se passait deux phénomènes sur les bacs :

1° Une clarification du moût qui en éloigne certaines substances nuisibles ;

2° Une oxygénation du moût qui favorise la fermentation.

Mais les deux phénomènes sont solidaires et résultent tous deux de l'absorption de l'oxygène pendant le refroidissement.

En effet, Pasteur constata que durant le séjour sur les bacs :

1° Le moût fixe chimiquement de l'oxygène et en absorbe mécaniquement. Fixe chimiquement, c'est-à-dire qu'il se produit une oxydation des sucres, avec production d'acide carbonique, des huiles empyreumatiques du houblon, de ses résines et des albuminoïdes du moût; absorbe mécaniquement, c'est-à-dire que le moût, en sortant des bacs, contient une certaine quantité d'oxygène libre. D'après Pasteur, c'est au-dessous de 60° que l'oxygène se fixe chimiquement; c'est aux températures inférieures que l'oxygène est absorbé mécaniquement;

2° L'oxygène ainsi fixé ou absorbé a une influence sur la séparation des matières en suspension qui troublent le liquide, principalement sur les corps

IRIS - LILLIAD - Université Lille

qui proviennent du houblon et les corps azotés du moût. D'où résulte une clarification du moût.

L'oxygène se combine avec les résines du houblon, qui se mettent en boules et se déposent rapidement. Il se combine également avec certaines matières azotées peu connues, d'une nature encore indéterminée et qu'on appelle les corps glutineux. Il provoque ainsi un précipité partiel dans le moût, précipité qui agit comme un collage et entraîne les parties insolubles qui sont dans un état de division telle, qu'elles ne pourraient aller d'elles-mêmes au fond. La bière ne s'en éclaircira que mieux.

La clarification n'est que partielle, car le moût ne devient jamais très clair et se retrouble en refroidissant. Néanmoins, si l'oxydation était poussée à fond, le moût resterait clair, même après refroidissement. Un moût turbiné garde sa limpidité.

Il ne faudrait pas, cependant, exagérer l'oxydation à chaud du moût et la pousser au delà d'une certaine mesure.

Pasteur a constaté qu'une oxygénation poussée à son extrême limite pouvait nuire à la qualité de la bière, particulièrement, dit-il, à ce qu'on est convenu d'appeler *la bouche*, L'oxygène en excès, en se combinant avec les principes que le houblon a introduits dans le moût, en affaiblit la saveur et l'arome [1] ; l'amertume se trouve détruite et le moût « n'est plus qu'une tisane sucrée sans parfum. »

Une expérience le prouve :

On remplit deux ballons, l'un de moût houblonné, l'autre de moût non houblonné ; on les aère fortement à chaud, et après refroidissement, il est impossible de reconnaître le moût houblonné. L'oxygène en excès a fait disparaître complètement la saveur du houblon ;

3° Il y a, en même temps, coloration.

Cette coloration est bien due à l'oxygène, car elle disparaît pendant la fermentation, au fur et à mesure que la levure s'assimile l'oxygène combiné.

Il y aurait donc, dans le moût, des substances très avides d'oxygène. En combinaison avec ce gaz, les unes deviennent insolubles et sont précipitées ; les autres, restent insolubles, mais donnent naissance à des matières colorées.

Ces substances sont mal connues ;

4° L'oxygène fixé ou absorbé a une influence heureuse sur la fermentation qui se trouve surtout activée. Dans les moûts aérés, la fermentation alcoolique commence aussitôt la levure introduite, et ne laisse pas le temps, aux ferments étrangers qui peuvent se trouver dans le moût, de se développer.

Tandis qu'en opérant des fermentations à l'abri de l'air, au contact de l'acide carbonique et avec des moûts non aérés, Pasteur observait que malgré l'emploi de levures vigoureuses, jeunes, en pleine voie d'activité, la fermentation traînait, commençait tard, avait lieu lentement, durait de quinze

[1] Une fois l'oxygène introduit dans le moût, l'oxydation ne s'arrête pas et finit par détruire les résines et autres produits aromatiques du houblon.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

à vingt-cinq jours, alors qu'elle aurait dû être achevée en huit à douze jours; la clarification était lente, difficile et le plus souvent nulle.

La levure récoltée était vieillie et ne donnait plus qu'un levain médiocre. Il en concluait que la vie de la levure était plus limitée quand elle n'avait pas subi l'action de l'oxygène.

Voici comment Pasteur s'exprime (*Études sur la bière*, 336) :

« L'influence de l'air sur la fermentation est considérable. Dans les procédés ordinaires de la brasserie, les fermentations seraient impossibles et dans tous les cas des plus défectueuses si le moût n'arrivait pas aéré dans les cuves par son passage sur les bacs refroidissoirs, où l'aération est en proportion de la faible épaisseur du liquide : comme les moûts sont impurs, associés à des germes de ferments étrangers, ceux-ci auraient le temps de germer dans les cuves, pendant le retard que le défaut d'aération apporterait dans le développement de la levure. Je sais que divers inventeurs ont proposé de supprimer les bacs refroidissoirs. Je suis convaincu qu'ils se seront bientôt aperçu de la mauvaise marche de la fermentation. »

Ainsi, l'oxygène se trouve dans le moût sous deux états : à l'état libre, à l'état combiné.

La levure s'assimile plus difficilement l'oxygène combiné; elle a besoin pour commencer sa vie végétative d'oxygène libre et c'est celui-ci surtout qui favorise son développement immédiat.

Une expérience le confirme (Calmette).

Si on met en levain un moût de bière saturé d'oxygène libre et que d'heure en heure on dose l'oxygène, on le voit diminuer peu à peu et au bout de douze heures, il a complètement disparu. Si on double la quantité de levure, la disparition totale se fait en six heures. On observe, d'autre part, un développement très actif de la levure, dont les cellules sont jeunes, vigoureuses, et un dégagement très abondant d'acide carbonique.

Ce n'est que quand la levure a absorbé la totalité de l'oxygène libre, qu'elle s'assimile l'oxygène combiné. La fermentation devient moins tumultueuse, plus lente, mais elle n'en continue pas moins normalement.

Pasteur était donc partisan de l'emploi du bac refroidissoir; il estimait que dans le travail ordinaire de la brasserie, par le fait seul du passage du moût sur le bac, sur les réfrigérants et dans les tuyaux à large section qui le descendent dans les cuves, le moût est suffisamment aéré.

Il a trouvé, dans ses expériences de Tantonville, que dans les conditions habituelles de refroidissement, le moût absorbe 9,5 cm^3 d'oxygène par litre et en dissout les trois quarts de sa saturation, quantités largement suffisantes pour les besoins de la levure et pour la clarification.

Il recommandait d'éparpiller le moût en l'amenant sur les bacs, afin d'activer l'absorption.

L'agitation et l'air insufflé sont très favorables à l'oxygénation. 88°-90° paraît la température optima et au-dessous de 85° il n'y a guère d'oxygène absorbé. Cependant même à 10° il y a encore absorption d'oxygène.

Bleisch a, en dosant l'oxygène par la méthode de Schützemberger, vu que

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ce gaz altère le moût en deux minutes, que la quantité absorbée est plus faible avec les moûts étendus qu'avec les autres et qu'enfin la quantité d'oxygène libre, contenue dans un litre à 5°, soit 5 cm³, est double de celle contenue à 62° (2,2 c.).

Dans certaines brasseries, on remue le moût avec des rateaux pendant une demi-heure ou trois quarts d'heure, ou bien on installe au-dessus du bac des ventilateurs consistant en palettes tournant avec une grande vitesse et établissant un vif courant d'air.

Pasteur n'en a pas moins condamné les procédés habituels de refroidissement consistant à laisser le moût trop longtemps exposé sur les bacs à toutes les infections qui peuvent provenir de l'air et déterminer déjà des fermentations par les germes qu'il charrie. Il blâme le refroidissement complet sur les bacs. D'ailleurs le moût acide tend à redissoudre la glutine.

Aussi, depuis ses travaux, les brasseurs ont-ils abandonné l'ancienne coutume qui consistait à laisser le moût une nuit entière sur le bac. Il n'y reste que le temps d'absorber de l'oxygène et de faire son dépôt, et dès que la température est tombée à 50-60°, on achève rapidement son refroidissement au moyen des réfrigérants, dont l'usage s'est rapidement généralisé.

Appareils de refroidissement. — ***Bacs***. — Les bacs (fig. 127) se font en fer ou en cuivre étamé. En fonte, l'épaisseur est trop grande et le poids trop considérable ; en zinc, le métal est attaqué par le moût. Les bacs en bois sont complètement abandonnés.

Le cuivre est meilleur conducteur de la chaleur et donne un refroidissement plus rapide. Le fer a l'inconvénient de rouiller quand on ne s'en sert pas pendant quelque temps et de colorer le premier moût qu'on y verse ensuite, par suite de la combinaison de l'oxyde de fer avec le tanin du houblon.

Les bacs se font en feuilles séparées, d'environ 2 mètres carrés, et reliées entre elles, par-dessous, au moyen de bandes en fer sur lesquelles les feuilles sont rivées à tête plate. Il est important que les feuilles soient bien d'équerre et joignent d'une façon parfaite, afin qu'il n'y ait aucune fissure, aucun joint, où pourraient se loger et stationner, du moût et des eaux de lavage.

L'épaisseur du métal est de 3 à 4 millimètres, et le bac repose sur des fers à T hauts de 158 millimètres environ, et espacés de 2 mètres, de façon que l'air puisse circuler par-dessous.

Ils sont carrés ou rectangulaires. Pour faciliter le nettoyage, les coins sont arrondis, ainsi que les parties qui relient les bords au fond. On leur donne une légère pente pour l'écoulement du moût et, à l'endroit le plus profond, se trouvent deux trous de décharge, l'un pour le moût, l'autre, plus large pour les eaux de lavage (fig. 128). Ils sont fermés chacun par une soupape mue de haut en bas au moyen d'une vis passant à travers un étrier scellé sur le bac. Le trou de décharge du moût forme cuvette et est entouré d'une toile métallique destinée à retenir le dépôt.

Avec le temps, il se forme sur les parois intérieures du bac, une espèce de croûte brune, mince, assez brillante et qui adhère si fortement au métal, que

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ni les lavages, ni même les grattages ne peuvent l'enlever. Cette croûte est composée de sels calcaires et de matières organiques que le moût dépose

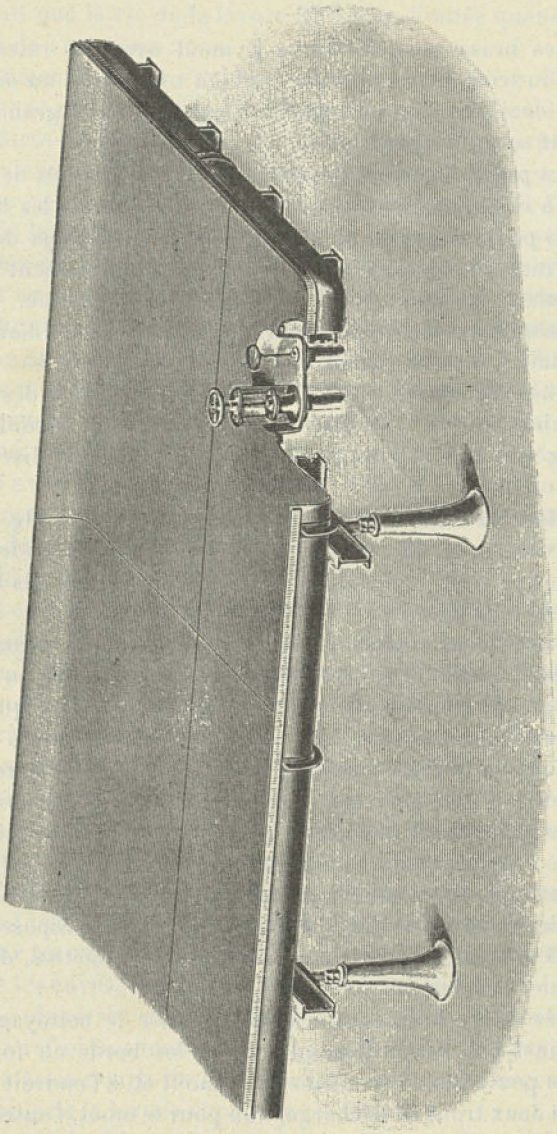


Fig. 127. — Bac refroidissoir.

peu à peu et qui prend une consistance de fer. Elle est d'ailleurs sans influence.

Pour préserver les bacs de la rouille, on les recouvre souvent, intérieurement, d'un vernis spécial adhérent au fer.

La grandeur du bac est, naturellement, proportionnée au volume du moût

IRIS - LILLIAD - Université Lille

fabriqué, mais il faut que le moût ait une faible épaisseur, parce que l'aération se fait surtout à la surface et très peu en profondeur.

On calcule qu'il faut 1 mètre carré de bac pour 75 litres de moût. L'hiver, on peut donner un peu plus de hauteur au moût, mais sans dépasser une

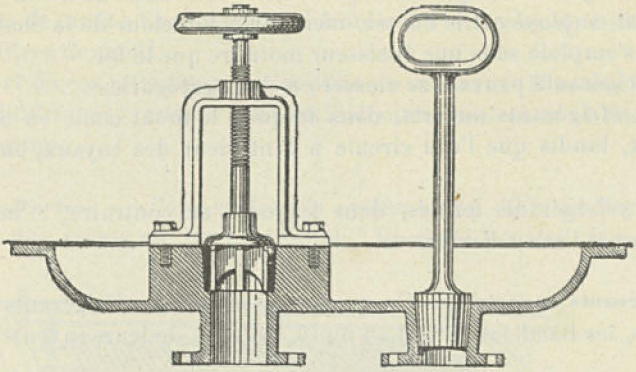


Fig. 128. — Valves de vidange pour bac refroidissoir.

épaisseur de 10 à 12 centimètres. Pour de très grandes quantités, on emploie plusieurs bacs, car on donne rarement à un bac des dimensions supérieures à 60 ou 80 mètres carrés.

Installation des bacs. — Les bacs doivent être isolés de tous côtés, afin que rien ne gêne le courant d'air. On les place d'ordinaire au point le plus élevé des bâtiments de la brasserie, à moins qu'on ait adopté le système à cascade. Leur exposition doit être telle, que la plus grande largeur soit exposée au vent dominant de la contrée.

Il faut les placer au-dessus des caves de fermentation afin d'éviter un long trajet du moût refroidi dans des tuyaux. Mais ils ne doivent être ni à proximité de la malterie et des greniers à orge ou à malt, à cause des poussières qui s'en échappent, ni dans la salle même de brassage à cause des vapeurs qui s'en dégagent et se condensent sur les murs ou des poussières de farine et de drêches qui peuvent s'y déposer. Il faut les éloigner des poussières de la rue, du voisinage de matières putrescibles, des cours de ferme, des pigeonniers ; ne pas les mettre à proximité d'industries diverses, telles que sucreries, abattoirs, fabriques de noir, etc.

On les entoure, sur les quatre côtés, s'il est possible, de persiennes qu'on peut ouvrir et fermer à volonté, de façon à donner accès au courant d'air et on évite les constructions en bois que les vapeurs altèrent et couvrent de moisissures.

Le mieux serait de les enfermer dans des greniers protégés contre les vents régnants et les courants infectieux venant d'écuries, tas de fumier, fleurs d'arbres, etc., mais aérés par des prises d'air filtré (dix fois le volume du moût) et ventilés par une cheminée supérieure.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Réfrigérants. — Les réfrigérants sont des appareils qui prennent le moût bouillant, ou très chaud, et le refroidissent rapidement. L'eau est employée au refroidissement et le principe est de rapprocher, à travers une mince séparation de métal, le moût chaud et l'eau aussi froide que possible, de façon qu'il y ait échange de température et refroidissement du moût.

Le métal employé est le cuivre, meilleur conducteur de la chaleur que le fer et qui s'emploie sous une épaisseur moindre que le fer.

Les réfrigérants peuvent se classer en deux catégories :

1° Les réfrigérants ouverts, dans lesquels le moût coule en cascade sur des tuyaux, tandis que l'eau circule à l'intérieur des tuyaux, en sens contraire ;

2° Les réfrigérants fermés, dans lesquels, au contraire, le moût circule à l'intérieur et l'eau à l'extérieur.

Réfrigérants ouverts. — On peut rapporter les réfrigérants ouverts à deux types, les Baudelot et les Lawrence, du nom de leurs inventeurs.

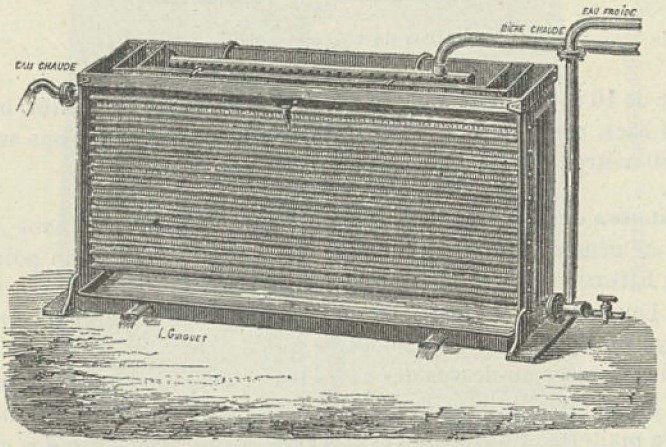


Fig. 129. — Réfrigérant Baudelot.

Type Baudelot. — Les réfrigérants (fig. 129) type Baudelot sont constitués par des tubes placés au-dessus les uns des autres, d'une longueur de 1 m. 25 à 4 mètres, et communiquant entre eux alternativement par chacune de leurs extrémités. Les tuyaux sont supportés par un bâti en fer. L'entrée de l'eau se trouve placée au premier tuyau du bas, la sortie au dernier tuyau, en haut. Une nochère, située au-dessus des tuyaux et percée de trous, reçoit le moût du bac qui s'écoule alors le long des tuyaux en suivant leur contour et en rencontrant de l'eau de plus en plus froide. Une autre nochère, placée dans le bas, recueille le moût refroidi et le conduit dans les tuyaux qui le mènent dans les cuves de fermentation.

Tous les réfrigérants de ce type ne diffèrent entre eux que par la forme des tuyaux. Dans le véritable Baudelot, la section des tuyaux est elliptique et

IRIS - LILLIAD - Université Lille

de 35 millimètres dans sa plus grande largeur; une entretoise dans les tuyaux maintient leur rigidité, et chacun de ceux-ci est muni par-dessous d'une lame de cuivre, terminée en dents de scie, qui répartit le moût en gouttelettes sur le tuyau suivant, augmentant par là son refroidissement et son aération. La surface du cadre[1], lorsqu'on doit refroidir à 15° doit être de 1 mètre carré par 10 hectolitres de moût à l'heure; pour refroidir à 2° elle sera de 1 mètre carré par 6 hectolitres de moût.

La plupart de ces réfrigérants sont plats et verticaux. D'autres sont verticaux et cylindriques (système Schmidt); d'autres sont plats et horizontaux (système Morton).

Système Morton. — Dans ce dernier système (fig. 130), les tuyaux sont placés dans une caisse en fer horizontale. Le moût pénètre dans la caisse

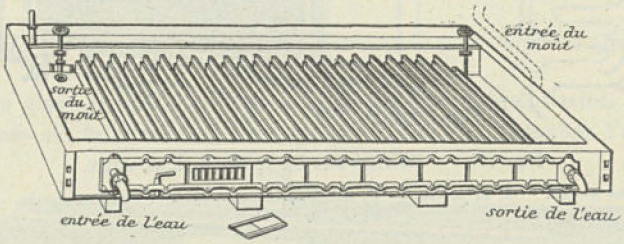


Fig. 130. — Réfrigérant horizontal Morton.

par une extrémité et sort par l'autre. Les tuyaux de deux en deux sont soudés au plancher, tandis que des chicanes placées sur les tuyaux non reliés à ce plancher, obligent le moût à passer en dessous de ces tuyaux non soudés au fond et à contourner les tuyaux avec une lenteur calculée. L'eau entre également dans les tuyaux en sens contraire du moût.

Type Lawrence (fig. 131). — Ces réfrigérants sont formés de deux lames de cuivre, parallèles et ondulées. L'eau entre par le bas et ressort par le haut; le moût, reçu par une nochère, s'écoule le long des lames, en suivant les ondulations du métal. Ces réfrigérants sont plats et verticaux. En général, ils ne peuvent pas supporter de fortes pressions d'eau.

Réfrigérants à deux eaux. — En fermentation basse, où il faut refroidir les moûts à 4°, on ne peut se contenter d'un seul réfrigérant à eau ordinaire. On emploie quelquefois deux réfrigérants superposés; l'un, le supérieur, refroidi à l'eau ordinaire, l'autre, l'inférieur, refroidi à l'eau glacée.

Le plus souvent, on fait usage d'un seul réfrigérant à deux eaux. Il est divisé en deux parties, quant à la circulation de l'eau. La partie supérieure reçoit de l'eau ordinaire, la partie inférieure de l'eau glacée. Le moût, sans

[1] Cela fait une surface de réfrigération près de quatre fois supérieure.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

interrompre son ruissellement, est refroidi d'abord à 12 ou 14°, sur une partie du réfrigérant et achève de se refroidir en coulant sur les tuyaux inférieurs.

Ces réfrigérants existent aussi bien dans les types Lawrence (fig. 131) que dans les types Baudelot[1].

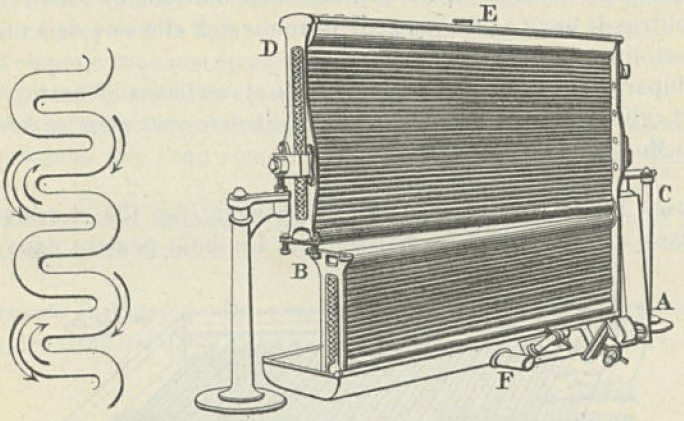


Fig. 131. — Réfrigérant Lawrence à deux eaux.

A, entrée de l'eau glacée. — B, sa sortie. — C, entrée de l'eau ordinaire. — D, sa sortie. — E, entrée du moût. — F, sa sortie.

Réservoirs à eau glacée. — Dans le cas où l'on refroidit à l'eau glacée, on a un réservoir spécial (fig. 132) constitué par une caisse rectangulaire divisée

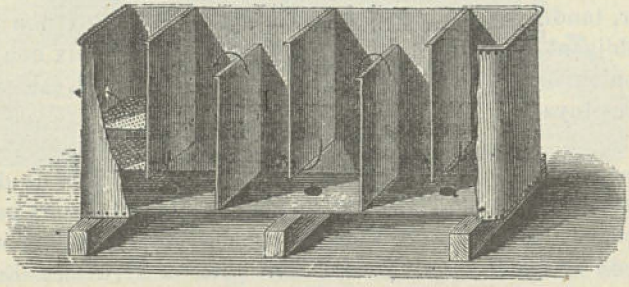


Fig. 132. — Bache à eau glacée.

en 6 compartiments, par des cloisons en chicanes, et dans lesquels on place des blocs de glace. L'eau entre dans le premier compartiment, circule d'une façon continue dans les cinq autres, se refroidit et sort à une température

[1] Un réfrigérant type Lawrence, à une seule eau, exige pour refroidir à 15° un hectolitre-heure de moût pris à la chaudière une surface de cadre d'environ 0,4 m²-0,5 m² et un hectolitre-heure de moût pris à 40° une surface de 0,20 m²-0,25 m².

Un réfrigérant type Lawrence, à deux eaux, exige pour refroidir à 4° un hectolitre-heure de moût pris à la chaudière, une surface d'environ 0,60 m²-0,80 m² et un hectolitre pris à 40°, une surface d'environ 0,30 m²-0,40 m².

IRIS - LILLIAD - Université Lille

de 1°, pour gagner les tuyaux du réfrigérant. Dans le dernier compartiment, une toile métallique retient les impuretés qui pourraient provenir de la

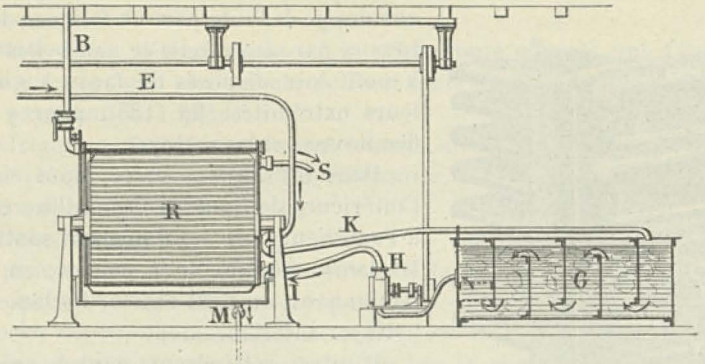


Fig. 133. — Installation du réfrigérant et du réservoir à eau glacée.

fonte de la glace et obstrueraient le réfringérant. L'installation du réservoir à eau glacée est faite comme l'indique la figure 133. E amène l'eau du réser-

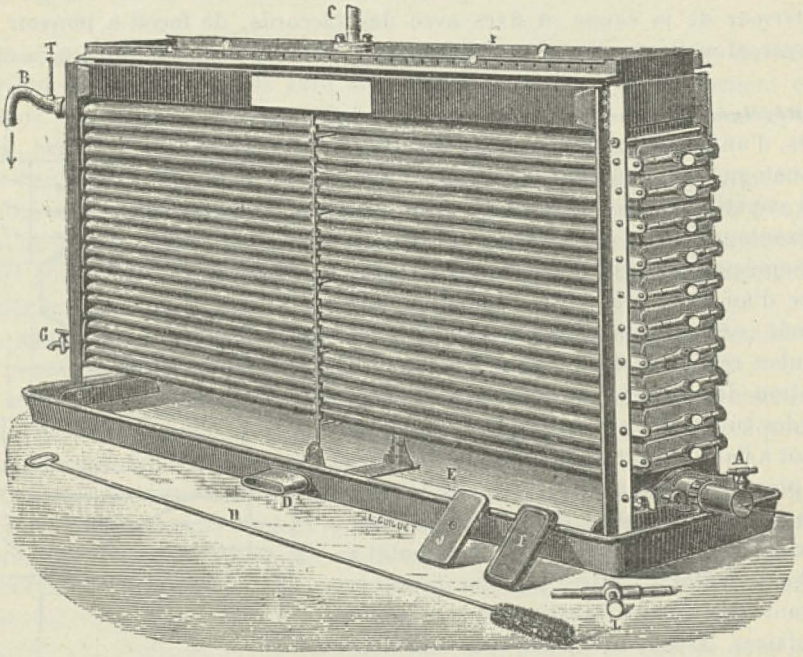


Fig. 134. — Réfrigérant fermé de Baudelot.

voir, une partie entre dans le réfrigérant, une autre est dérivée sur G réservoir à glace. Cette partie reprise par la pompe H se rend par HI dans le bas du réfrigérant.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Réfrigérants fermés. — Les réfrigérants fermés peuvent être du type Baudelot, ou du type Lawrence.

Dans les Baudelot (fig. 134), l'eau circule à l'intérieur des tuyaux, mais enveloppe de toute part un faisceau de petits tuyaux par où s'écoule le moût. Les tuyaux à moût sont disposés de façon à s'ouvrir à leurs extrémités (fig. 135), pour y passer des brosses et les nettoyer.

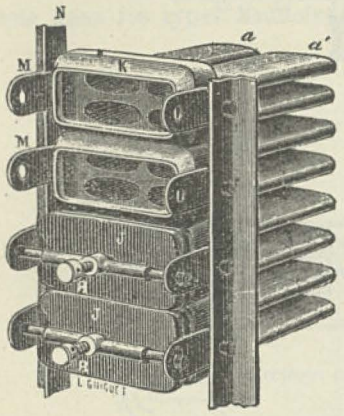


Fig. 135. — Réfrigérant fermé de Baudelot. Détail des tubes.

Dans les Lawrence, le moût circule à l'intérieur, de haut en bas et l'eau ruisselle à l'extérieur. Les montants qui soutiennent les lames sont en deux parties; en les déboulonnant, on peut écarter les lames et les nettoyer intérieurement.

D'autres réfrigérants sont horizontaux. Les tuyaux qui reçoivent le moût sont disposés en serpentins dans une caisse rectangulaire que l'on remplit de glace ou d'eau glacée. Les coudes des tuyaux sont placés à l'extérieur de la caisse et fixés avec des raccords, de façon à pouvoir les enlever et nettoyer l'intérieur des tuyaux.

Réfrigérants tubulaires. — Ces réfrigérants, d'une très grande puissance (fig. 136), et analogues aux réfrigérants de distillerie sont constitués par une série de tubulaires horizontaux.

Superposés et reliés entre eux à la manière d'un jeu d'orgue, ces tubulaires sont formés ordinairement d'un faisceau de 15 tubes reliés par des plaques. La communication des tubulaires entre eux est faite par des tubulures placées tantôt à un bout, tantôt à l'autre, partant de la face intérieure des plaques tubulaires. Au contraire la communication des tubes d'un faisceau avec ceux d'un faisceau voisin est faite tantôt à un bout, tantôt à l'autre, par une tubulure partant des faces externes des plaques tubulaires. L'eau circule de bas en haut en passant successivement à l'extérieur de tous les faisceaux tubulaires; tandis que le moût descend de haut en bas en suivant successivement l'ensemble des tubes de tous les faisceaux.

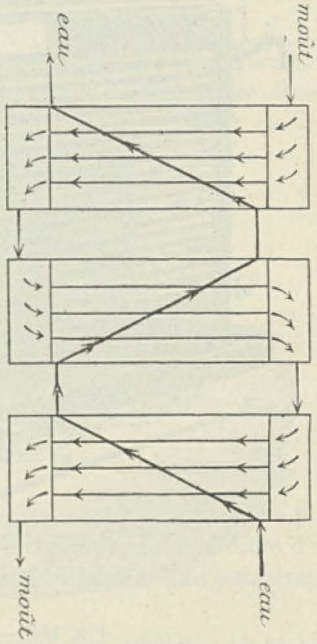


Fig. 136. — Réfrigérant tubulaire.

L'eau, au contraire, envahit le compartiment central, enveloppe les

IRIS - LILLIAD - Université Lille

15 tuyaux, et refroidit le moût. Chaque tuyau à large section forme une batterie; le moût et l'eau parcourent les batteries en sens contraires et le moût qui entre à une extrémité, sort refroidi à l'autre.

Installation des réfrigérants. — Les réfrigérants ouverts ont l'inconvénient d'exposer le moût aux germes de l'air, mais ils ont l'avantage de favoriser son oxygénation à froid.

Les réfrigérants fermés soustraient le moût au danger d'une infection par l'air, mais ils le privent de l'aération nécessaire. Ils ont, en outre, l'inconvénient d'être d'un nettoyage difficile.

Les réfrigérants ouverts sont préférés.

Pour prévenir les dangers qu'ils offrent, il faut qu'ils soient installés dans une salle spéciale, tenue très proprement. Une cheminée d'appel entraînera au dehors les vapeurs qui se dégagent et pendant tout le temps du refroidissement, des ventilateurs enverront de l'air sur le moût. Mais il faudra que cet air soit pur et il devra traverser des filtres à coton avant de pénétrer dans la salle. Cette injection d'air, non seulement favorisera l'aération du moût, mais encore hâtera le refroidissement et économisera l'eau nécessaire.

Bacs fermés. — Pasteur avait proposé, pour éviter les dangers du bac, l'aération des moûts chauds avec de l'air filtré et leur refroidissement en vase clos. C'est l'origine des bacs fermés, dont les premiers ont été créés par Velten, brasseur à Marseille et par Jacobsen, brasseur à Copenhague.

Le bac fermé se compose d'une cuve en métal, rectangulaire, à coins arrondis et dont le couvercle mobile s'enclave dans un rebord rempli d'eau. Avant de s'en servir, l'appareil est stérilisé en y faisant passer un courant de vapeur pendant au moins trente minutes. La rentrée de l'air a lieu à travers un filtre à coton.

Le moût, filtré à travers le houblon, est amené bouillant de la chaudière dans la cuve, où il est aéré et refroidi.

L'aération s'obtient en injectant dans le moût de l'air pulvérisé et stérilisé par son passage à travers des filtres à coton. Un agitateur qui tient le liquide en mouvement, facilite l'aération de toutes ses parties.

Le refroidissement a lieu, soit par une circulation d'eau froide dans des serpentins placés dans le fond de la cuve, soit par un ruissellement d'eau dans une double enveloppe. En ce cas, les parois de la cuve sont en métal ondulé. On peut encore appeler le liquide dans un réfrigérant clos à l'aide d'une pompe qui le refoule dans le bac.

Après refroidissement, on laisse le dépôt s'opérer et on soutire dans les cuves de fermentation en prenant le liquide au-dessus des lies. Certains bacs ont un faux fond qui les retient.

Dans d'autres systèmes, le refroidissement a lieu à part, après aération et repos, le moût clair est refroidi dans des réfrigérants fermés.

Les systèmes sont très nombreux. Nous nous contenterons de signaler

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'appareil Leugering, qui paraît réaliser, mieux que tout autre, les conditions d'aération et de refroidissement recommandés par Pasteur.

Système Leugering. — La cuve est (fig. 137) à fermeture hydraulique. Le moût, avant d'arriver dans la cuve, passe dans un réfrigérant analogue aux réfrigérants Liebig et calculé de façon à refroidir le moût à 60°. A son entrée dans la cuve, le moût tombe sur une plaque de métal qui l'éparpille

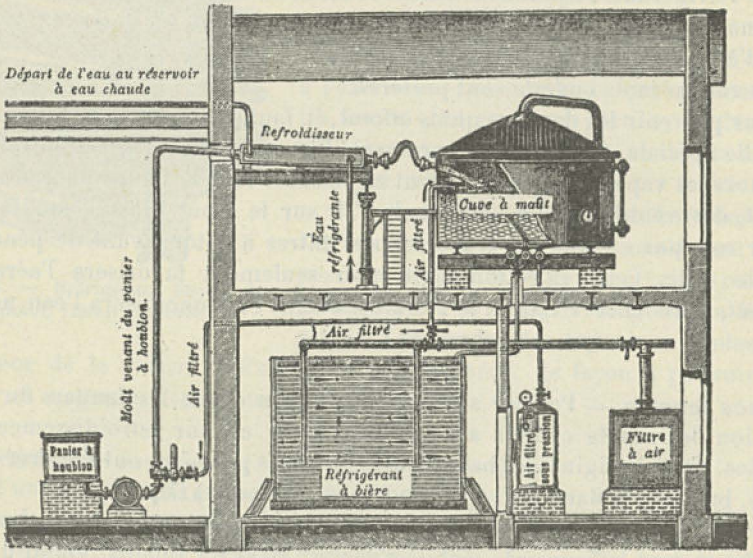


Fig. 137. — Refroidisseur en vase clos.

en nappe. Sous la plaque se trouve l'injecteur d'air filtré, qui fonctionne d'une façon continue pendant l'opération. Le moût se trouve aéré pendant sa chute. Le refroidissement n'a pas lieu dans la cuve et le dépôt effectué, le moût est coulé sur un réfrigérant. Le soutirage a lieu au moyen d'un tube flottant, dont la partie inférieure est articulée et la partie supérieure porte un flotteur en pomme d'arrosoir. Le moût s'écoule donc par les couches supérieures et au fur et à mesure qu'il coule, il est aéré sur la surface.

Le refroidissement a lieu par ruissellement sur un réfrigérant ouvert très puissant, Baudelot ou Lawrence, mais enfermé dans une caisse en métal. On stérilise le réfrigérant et la caisse avant son emploi, on refroidit en faisant circuler de l'eau dans le réfrigérant et pendant tout le temps du ruissellement du moût, des injecteurs envoient de l'air filtré sur les deux faces de l'appareil.

Les bacs fermés ne se sont pas propagés ; on leur a reconnu certains inconvénients, dont le principal est la difficulté de régler l'aération et de mesurer la quantité d'air absorbée aux besoins du moût. De là, la plupart du temps, trop d'oxygène combiné, une coloration plus sombre des moûts, la perte

IRIS - LILLIAD - Université Lille

d'une partie de l'arome du houblon, des bières à goût plus dur, plus âpre.

L'appareil Leugering évite une partie de ces inconvénients en n'aérant le moût qu'au-dessous de la température de 60° et en n'injectant pas d'air à travers le liquide. Le moût aéré seulement en surface, se trouve dans les mêmes conditions que sur le bac refroidissoir; l'aération à froid n'a aucun des désavantages de l'aération à chaud.

On a essayé l'emploi des turbines aérant et clarifiant en même temps. Les essais n'ont pas été favorables.

Marche des opérations avec les différents appareils. — Le moût filtré sur le panier à houblon est ou bien :

a) Envoyé au bac, il se décante, il se refroidit (30′ — une heure) à 60-65° puis va au réfrigérant.

Le dépôt passe au filtre-presse ou aux sacs à trouble; sacs de toile montés sur une garniture qui les tient ouverts au-dessus de cuves et de rigoles; le filtre-presse est à 2-3-4 chambres ; il fonctionne par simple charge du liquide ou par la pompe qui sert à mettre les fûts sous pression. On lave les tourteaux.

b) Envoyé à l'oxygénateur où il se refroidit complètement (quelquefois il y a un réfrigérant clos); il va à la cuve guilloire, il se dépose et on passe le dépôt au sac à trouble.

c) Envoyé au bac fermé où il se refroidit à 90° et va au réfrigérant; le trouble est traité comme plus haut.

Il y a des filtres-presses rectangulaires et circulaires.

Conclusions. — 1° Les réfrigérants fermés sont peu commodes, les réfrigérants ouverts doivent être dans un local spécial aéré par de l'air filtré ;

2° La combinaison d'un bac ouvert et d'un réfrigérant donne un fort refroidissement au début, dans le bac, et en hiver. Si l'air est suffisamment pur, en hiver le liquide peut rester une nuit sans se contaminer et perdre très complètement la glutine. Tandis qu'en été les infections sont à craindre si on prolonge le dépôt au bac plus de trente minutes. De sorte que ce liquide prend à peu près la température de 60°, et se clarifie mal; d'où l'idée proposée et généralement peu suivie de décanter les levains après cinq à dix heures en fermentation haute, quinze à vingt heures en fermentation basse.

Il est recommandé de faire arriver le moût en pluie, ou en couches minces sur les bacs pour favoriser l'oxydation qui se fait d'autant moins que le refroidissement du début est plus rapide;

3° Les bacs fermés et les réfrigérants ouverts, avec un bac bien stérilisé, seraient le meilleur procédé. Comme on craint sous ce rapport un mauvais hasard la durée du séjour est raccourcie de sorte que le moût se trouble quelquefois au réfrigérant, d'où la nécessité de décanter les levains admise par quelques auteurs.

La meilleure organisation serait ce système pour l'été et l'autre pour l'hiver;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

4° Les oxygénateurs peuvent suffire si on a en été de l'eau glacée ; leur inconvénient est dans la modération de l'aération et dans la difficulté de la stérilisation ;

5° Dans les grandes brasseries on doit séparer les troubles des bacs par les filtres fermés plutôt que par les sacs à trouble. Ceux des réfrigérants peuvent être retenus de même ; le turbinage pourrait être appliqué à ces dépôts.

CUVES GUILLOIRES

En général, le brassin de fermentation haute, préalablement refroidi est envoyé dans une ou deux cuves guilloires où l'on fait la mise en levain et d'où il est réparti presqu'immédiatement dans les tonneaux de fermentation.

En fermentation basse, les cuves guilloires sont inutiles, puisqu'on peut mettre en levain à même les cuves de fermentation[1].

CONTRÔLE DU BRASSAGE

Calcul du Rendement. — Le moût refroidi est recueilli dans une cuve spéciale, appelée cuve guilloire, où il est mis en levain.

Quand tout le moût est rassemblé, on fait le calcul du rendement.

Le rendement est la quantité de matières solubles cédées par le malt et rapportée à 100 parties de malt.

1° Pour calculer le rendement il faut avoir le volume exact de la cuve ; le mieux est de le déterminer par jaugage avec des volumes d'eau connus, au moins dans les fonds de formes géométriques irrégulières.

Pour les grands appareils on peut employer la méthode suivante : on a par exemple un hectolitre d'eau acidulée à 100 grammes par litre, on le met dans le vase, qu'on achève de remplir d'eau ; on prend alors le titre ; on trouve a grammes par litre. Si V est le volume en litres on a évidemment 100×100 grammes $= V \times a$ d'où $V = \frac{10\,000}{a}$ comme a peut facilement être de 0,1 gr. cela peut donner un volume de 1000 hectolitres.

2° Puis on prend la densité du moût et on cherche dans la table de Balling l'extrait correspondant à cette densité.

L'extrait trouvé, multiplié par le volume du moût, puis par la densité, puis par 100, et divisé par le poids du malt, donne le rendement de 100 parties de malt.

Prenons un exemple :

Poids du malt employé 250 kilogrammes.

Volume du moût (à 17°,5) 12,5 hect.

Densité du moût 1,053.

[1] Dans quelques brasseries de fermentation basse, on abandonne le moût dans des cuves guilloires pendant une journée, puis on décante dans les cuves de fermentation. Cette pratique éliminerait les impuretés légères et aérerait la masse par suite de l'agitation. Dans ce cas, il faut que le local contenant les cuves-guilloires soit à la température des caves, résultat obtenu en les mettant dans un sous-sol spécial, ou en les refroidissant artificiellement.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Extrait correspondant à la densité, 13°.

Le poids du moût est de $1{,}250 \times 1{,}053$ kilogr.

Le poids d'extrait est donc de $1{,}250 \times 1{,}053 \times 0{,}13^{\circ} = 171{,}1$ kg.

Ce que l'on peut écrire $12{,}5 \times 1{,}053 \times 13 = 171{,}1$ kg.

Il provient de 250 kilogrammes de malt, ce qui correspond à $\frac{171{,}1}{250} \times 100 = 68{,}44$ p. 100.

Remarque : dans un pareil calcul on est amené à faire le produit du Balling par la densité ce qui représente l'extrait pour le volume 100.

Il vaut mieux faire usage d'une table donnant le calcul tout effectué.

Table donnant le Balling, la densité et le produit du Balling par la densité.

BALLING	DENSITÉ A 17°,5	PRODUIT	BALLING	DENSITÉ A 17°,5	PRODUIT
1	1,000	1,000	11	1,0446	11,496
2	1,008	2,016	12	1,0488	12,5856
3	1,012	3,036	13	1,053	13,689
4	1,016	4,064	14	1,0572	14,8008
5	1,020	5,100	15	1,0614	15,9210
6	1,024	6,124	16	1,0657	17,0512
7	1,0281	7,1967	17	1,07	18,19
8	1,0322	8,2576	18	1,0743	19,3374
9	1,0363	9,3267	19	1,0786	20,4934
10	1,0404	10,404	20	1,0829	21,658

Une pareille table n'est guère utilisable en France, car la Régie exige la mesure des volumes à 15°.

Il y a donc lieu de fabriquer un Balling et une table pour cette température, ou de construire une nouvelle table comportant la dilatation du volume de 15° à 17°,5 et l'emploi du Balling à 17°,5.

Table donnant le produit du Balling par la densité à 17°,5 et par le binôme de dilatation de 15 à 17°,5 $\left(1 + \frac{0{,}00045}{d}\right)$.

BALLING	PRODUIT	BALLING	PRODUIT
1	1,00045	11	11,50095
2	2,01690	12	12,59100
3	3,03735	13	13,69435
4	4,06580	14	14,80710
5	5,10225	15	15,92775
6	6,12670	16	17,05840
7	7,19985	17	18,19705
8	8,26120	18	19,34550
9	9,33075	19	20,50195
10	10,40850	20	21,66700

Usage de cette table. — L'usage de cette table est bien simple. On mesure le volume à 15° en hectolitre, on fait le Balling à 17°,5 et on multiplie le volume par le coefficient de la table correspondant au Balling lu. On a la quantité d'extrait exprimée en kilogrammes.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

C'est de cette table qu'il sera fait usage dans tous les exemples qui vont suivre.

1er Exemple. — Reprenons d'abord l'exemple précédent :

Le volume du moût mesuré à 15° est de 12 hectolitres, 49. Comme il marque 13°, cela fait un poids d'extrait = 12,49 × 13,69435 = 171,09.

De sorte que le rendement pour 100 de malt est de $\frac{171,09 \times 100}{250}$ = 68,436 p. 100[1].

On peut, naturellement, de cette relation tirer telle ou telle donnée en fonction des autres.

Par exemple le Balling, étant donnés le poids du malt, le rendement et le volume.

2e Exemple. — DEUX BRASSINS FAITS AVEC LA MÊME DRÈCHE. — Le cas peut se présenter où on fait un brassin de bière forte et un brassin de petite bière.

En voici un exemple :

Malt employé = 250 kilogrammes.	
Brassin de bière forte : Densité à 17°,5 = 1,06 = 14° B, 666	
Volume du moût mesuré à 15°	= 680 litres.
Brassin de petite bière : Densité = 1,03 = 7° B, 463.	
Volume du moût	= 670 —
1er brassin, extrait correspondant = 15,55 :	
15,55 × 6,80 = 105,77 kg. d'extrait ci	105,77
2e brassin, extrait correspondant = 7,69 :	
7,69 × 6,70 = 51,52 kg. d'extrait, ci	51,52
Total.	157,29

représentant en kilogrammes l'extrait total des deux brassins.

[1] Le brasseur est obligé de déclarer à l'avance le nombre de degrés-hectolitres qu'il fabriquera, et la loi lui accorde, pour les erreurs possibles, une tolérance de 10 p. 100 en plus.

Le brasseur doit donc prévoir les degrés-hectolitres.

Pour un malt dont le rendement industriel est connu par les brassins précédents, la chose ne présente aucune difficulté, le brasseur ne changeant guère ses méthodes de brassage.

Pour un malt dont le seul rendement au laboratoire est connu, le brasseur doit connaître quelles sont les pertes qu'il éprouve ordinairement au brassage.

Prenons un exemple.

Le malt au laboratoire donne 70,50 p. 100 environ de rendement.

Notre perte habituelle dans les drèches est de 6 p. 100 environ. Le malt donnera en chaudière, un rendement de 70,5 — 6 = 64,5 p. 100.

1° de densité correspond à 2,6 d'extrait; 64,5 kg. d'extrait, ou 100 kilogrammes de malt, donneront $\frac{64,5}{2,6}$ = 24,80 hl. de 1° de densité, ou 24,80 degrés-hectolitres ; et, en utilisant la faculté de faire 1/10e en plus, on aura légalement $\frac{24,8 \times 10}{11}$ = 22,54 degrés-hectolitres. Il suffit de multiplier ce chiffre par la quantité de malt en quintaux, pour avoir la totalité des degrés-hectolitres en chaudière.

Soit 250 kilogrammes de malt; 2,50 × 22,54 = 56,35 degrés-hectolitres. On déclare un peu plus pour être sûr de ne pas dépasser la tolérance et être imposé au double droit.

Si le rendement du malt n'est connu, ni d'une façon, ni d'une autre, on se base sur un rendement moyen de 25 degrés-hectolitres pour 100 kilogrammes de malt.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

Ces 157,29 kg. d'extrait ont été fournis par 250 kilogrammes de malt ; 100 kilogrammes ont donné $\frac{157{,}29 \times 100}{250} = 63{,}02$.

Le rendement du malt a été de 63,02 p. 100.

Le rendement peut se calculer en cuve-matière, sur le moût de première trempe, en chaudière et sur le bac. Bien que les calculs soient moins exacts qu'en cuve-guilloire, ils peuvent néanmoins fournir au brasseur des indications utiles.

Rendement en cuve matière. — Le rendement en cuve-matière renseignera le brasseur sur la quantité de substances du malt qui n'ont pas été saccharifiées, en le comparant au rendement au laboratoire. Le calcul se base sur le poids total de la trempe et non sur son volume, parce qu'on ne peut pas déterminer le volume exact de la drêche, et il est nécessaire de connaître les volumes très précis d'eau qui servent à la jetée des trempes. Il faut que la bâche à eau chaude soit très exactement jaugée.

Nous donnons un exemple du calcul.

Poids du malt	= 250	kilogrammes.
Rendement au laboratoire	= 74,96	p. 100.
Humidité pour 100 du malt.	= 3,82	—

Nous avons introduit dans notre cuve-matière :

Pour la salade, 300 litres d'eau à 62°	= 294,60 l. à 15°.
Pour la trempe, 500 — 98°	= 480 —
Eau provenant du malt. . . . . $\frac{3{,}82 \times 250}{100}$	= 9,55 l.
Kilogrammes d'extrait provenant du malt $\frac{74{,}96 \times 250}{100}$	= 187,30 kg.
Poids total de la trempe. . . .	971,45 kg.

187,30 kilogrammes d'extrait dans 971,45 kg. de trempe nous donnent $\frac{187{,}30 \times 100}{971{,}45} = 19{,}27$ kg. d'extrait pour 100, correspondant, d'après la table de Balling, à une densité à 17°,5 de 1,0797.

Si notre saccharification est complète, notre moût au soutirage devra avoir une densité de 1,079 (1,08).

Dans le brassin que nous citons en exemple, la densité a été de 1,079, correspondant à un extrait de 19, 13 p. 100. Notre perte a donc été de :

$$187{,}30 \text{ kg.} - \frac{19{,}13 \times 971{,}45}{100} = 1{,}47 \text{ kg.}$$

Soit par 100 kilogrammes de malt :

$$\frac{1{,}47 \times 100}{250} = 0{,}588 \text{ p. } 100.$$

Notre rendement a été de 74,372 au lieu de 74,96 p. 100.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Dans les méthodes par décoction, il faut tenir compte de l'évaporation qui se produit pendant la cuisson des dickmaisches. Il est facile de l'évaluer si la cuve-matière est jaugée et si l'on prend le volume avant et après.

Ce calcul permet d'apprécier soit la qualité du malt, soit la valeur des appareils ou des méthodes de brassage employés.

Mais, il faut bien observer que cela ne permet pas d'attirer l'attention sur la filtration, car le calcul a lieu avant le lavage.

On juge de celle-ci :

1° En comparant les dernières eaux de lavage issues de tous les robinets, on ne doit pas trouver entre elles de différences supérieures à 0°,1 ;

2° En comparant les dernières eaux de lavage avec le moût exprimé de la drêche ; celui-ci doit être équivalent.

Il faut remarquer que le rendement au brassage diffère forcément du rendement au laboratoire pour les raisons suivantes :

1° Différence d'états des farines ;

2° Au laboratoire, on opère toujours par infusion ; à l'usine on opère souvent par décoction ; la différence produite ainsi est plus grande pour les mauvais malts que pour les autres ;

3° Le moût de l'usine est houblonné : or, le houblon ajoute de l'extrait et fait des précipitations. Windisch a trouvé une différence de 0,5 p. 100 dans le rendement, mais en employant des doses trop fortes de houblon ;

4° L'eau de brassage au laboratoire est de l'eau distillée ; à l'usine une eau à 100 grammes d'extrait par litre marque 0°,2 au saccharomètre. D'ailleurs l'effet produit sur les malts dépend de la nature de ceux-ci.

Rendement en chaudière. — Le rendement en chaudière s'effectue comme en cuve-guilloire, mais en faisant la réduction relative à la température.

Malt employé	=	250	kilogrammes.
Volume du moût	=	15	hectolitres.
Réduction de 4 p. 100	=	14,40	—
Balling (17°,5)	=	11°,5	
Densité	=	1,046	
Coefficient	=	12,04	
Extrait pour 100 de malt $\frac{12,04 \times 1440}{250}$	=	69,3	p. 100.

Nous avons pris le chiffre de 4 p. 100 pour la réduction, chiffre donné par la régie. Il est notoirement trop faible. Les Allemands diminuent 5 p. 100 et ils déduisent en outre les 2/15 du poids du malt pour le volume occupé par le houblon et les lies. Mais ces chiffres, à leur tour, sont trop élevés ; aucune expérience précise ne les a établis jusqu'à ce jour.

En Allemagne on admet souvent que 1 kilogramme de houblon occupe 0,7 lit. et retient 3 litres de moût. Il est évident que cela dépend d'ailleurs de la nature du houblon.

Enfin il faut aussi faire attention que souvent le houblon est lavé et que ce qu'il retient est un moût dilué à 2-3° Balling par exemple à *e* d'extrait.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

De sorte que si le moût est à E ce qu'il faut retrancher n'est pas 3 litres mais

$$\frac{3 \times e}{E}.$$

Enfin il faut faire attention que l'on ne tient pas compte dans les mesures de la dilatation de la chaudière qui a été jaugée à 15°

Rendement sur le bac. — Le rendement sur le bac se calcule de même que dans la chaudière et en faisant une réduction du volume proportionnée à la température au moment de la détermination. Il est encore moins précis que le rendement en chaudière, parce que la grande surface du moût et son peu de profondeur rendent la justesse du volume plus douteuse.

Cas des grains crus. — ***Calcul des rendements.*** — Les différents rendements étudiés dans le cas du malt pur peuvent s'évaluer pour les grains crus en tenant compte des rendements propres au malt.

On a employé par exemple :

200 kilogrammes de malt dont le rendement pratique habituel est de 64 p. 100 et qui, par conséquent, fournissent $64 \times 2 = 128$ kilogrammes d'extrait; plus 50 kilogrammes de maïs.

On a obtenu 12 hectolitres de moût à 13,50 d'extrait, soit, en totalité :

$13{,}50 \times 12 = 162$ kilogrammes d'extrait.

Sur cette quantité, le malt a fourni 128 kilogrammes et le maïs $162 - 128 = 34$ kilogrammes.

Le rendement du maïs a été : $34 \times 2 = 68$ p. 100.

Conclusion. — *Récapitulation des pertes.* — Les pertes de rendement proviennent du moût qui est retenu par les drêches et le houblon. Les calculs qui précèdent permettent d'attribuer à chacun la part qui lui revient.

Récapitulons les chiffres que nous avons cités :

Rendement au laboratoire	= 74,96 p. 100.
— en chaudière	= 69,30 —
Perte dans les drêches	= 5,66 p. 100.
Rendement en chaudière	= 69,30 p. 100.
— en cuve-guilloire	= 68,44 —
Perte dans les houblons	= 0,86 p. 100.

Notre perte totale a été de $5{,}66 + 0{,}86 = 6{,}52$ p. 100.

La perte varie ordinairement de 6 à 10 p. 100. Rarement elle est inférieure à 6 p. 100 ; souvent, avec un travail défectueux, elle peut s'élever à plus de 10 p. 100.

Différentes causes peuvent faire varier le rendement.

Causes qui font varier le rendement. — ***Qualité du malt.*** — Un malt mal germé, mal désagrégé et peu soluble, donnera moins de rendement dans la

IRIS - LILLIAD - Université Lille

pratique. Il contiendra des parties dures qui ne se saccharifieront pas, d'autant plus qu'on ne peut pas moudre le grain aussi finement qu'au laboratoire. Le calcul que nous avons donné du rendement en cuve-matière, fournira à ce sujet, au brasseur, un renseignement précieux.

Mouture du malt. — Plus le malt est grossièrement moulu et moins il donne de rendement. Si le malt est bien désagrégé, la mouture pourra être plus grossière sans grand dommage; mais avec un malt médiocre, la perte sera considérable. Nous avons signalé les inconvénients d'une mouture trop fine. Il faudra donc s'efforcer d'obtenir une mouture ni trop fine, ni trop grosse et surtout qui laisse la paille intacte.

Brassage. — Un brassage défectueux diminue le rendement : lorsqu'on donne les trempes trop chaudes, que l'on cuit trop rapidement les dickmaisches, que l'on affaiblit la diastase, au point qu'elle ne peut plus saccharifier tout l'amidon. Des trempes trop froides peuvent également diminuer le rendement; de même des trempes trop peu diluées qui dissolvent moins de diastase et des trempes de lavage trop peu abondantes. Nous avons dit que la température des eaux de lavage avait une influence : le rendement augmente avec les températures.

Appareils. — Un cuve défectueuse, trop profonde; un agitateur dont les bras ne passent pas partout, qui va trop lentement et qui n'effectue pas l'échange rapide des températures, occasionnent une perte de rendement.

Le faux fond a une importance capitale. Lorsque le faux fond est trop éloigné du fond, il se dépose dans l'intervalle une quantité plus ou moins grande de farine qui n'est pas toujours entraînée complètement quand on dégorge, qui ne se saccharifie pas et qui est perdue.

Si les trous ne sont pas en quantité suffisante et assez rapprochés, les eaux de lavage ne traversent pas toutes les parties de la drêche ; l'eau prend de préférence la direction des trous et la drêche qui repose sur les parties pleines est lavée incomplètement.

Il convient ici, pour compléter les méthodes d'analyse, de dire un mot de l'atténuation.

FERMENTATIONS

Avant d'étudier les fermentations; nous donnerons la définition et l'usage de ce que l'on appelle atténuation.

ATTÉNUATION

Définition. — On appelle atténuation la quantité d'extrait qui disparaît pendant la fermentation. On rapporte cette quantité à 100 parties de l'extrait originel du moût.

On distingue deux atténuations, l'atténuation apparente et l'atténuation réelle.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

L'atténuation apparente est calculée sur la bière non privée d'alcool.

L'atténuation réelle est calculée sur la bière débarrassée de son alcool.

Il en résulte que la première est basée sur l'extrait apparent de la bière, la seconde sur l'extrait réel.

Pour déterminer l'atténuation apparente, on se contente de chasser l'acide carbonique en agitant fortement la bière, ou en la chauffant doucement à température basse et on en prend la densité quand elle ne produit plus de mousse.

Pour chercher l'atténuation réelle, on évapore aux deux tiers un volume déterminé de bière, pour en chasser l'alcool, et on prend la densité après avoir rétabli le volume primitif avec de l'eau distillée.

Si on représente par p l'extrait originel d'un moût; par m, l'extrait apparent et par n, l'extrait réel, les deux atténuations seront données par les formules :

$$\text{Atténuation apparente} = \frac{p-m}{p} \times 100$$

$$\text{Atténuation réelle} = \frac{p-n}{p} \times 100,$$

n est toujours plus grand que m et l'atténuation apparente est toujours supérieure à l'atténuation réelle d'environ 1/5e.

Dans le langage ordinaire de la brasserie, on emploie plus volontiers l'atténuation apparente, plus facile à calculer.

Si l'extrait était proportionnel à la densité, les atténuations pourraient se calculer à l'aide des densités.

Mais les extraits n'étant pas absolument proportionnels, cette manière d'opérer n'est qu'approximative. Toutefois, étant donnée la petite erreur qui en résulte et la facilité du calcul dans la pratique, on a l'habitude de calculer les atténuations par les densités.

Soit un moût d'une densité originelle de 5°,6 ayant donné après fermentation une bière d'une densité apparente de 1°,9.

Les extraits correspondants sont, d'après la table de Balling, 13,714 et 4,750 et par conséquent l'atténuation est $\frac{13{,}714 - 4{,}75}{13{,}714} \times 100 = 65{,}44$ p. 100.

En calculant à l'aide des densités, on trouve $\frac{5{,}6 - 1{,}9}{5{,}6} = 66$ p. 100.

On peut opérer de même pour l'atténuation réelle.

Importance de l'atténuation. — Les bières trop peu atténuées sont exposées à refermenter après le soutirage, par suite d'une activité renaissante des levures qui trouvent encore des matières facilement fermentescibles et se développent sous l'influence de l'aération et de l'élévation de température. Les bières se troublent et peuvent s'altérer, s'il se rencontre en même temps des levures sauvages et des bactéries.

Les bières trop atténuées sont plates, manquent de bouche, d'acide carbonique, n'ont pas de mousse ou ne la tiennent pas.

Il y a donc des limites extrêmes d'atténuation au delà desquelles la bière peut perdre sa stabilité ou ses qualités.

En général, on considère que l'atténuation est trop faible quand elle reste

IRIS - LILLIAD - Université Lille

au-dessous de 60 p. 100 ; elle est trop forte quand elle dépasse 75 p. 100 (atténuations apparentes).

Le genre de bière et sa destination interviennent ici.

On atténue moins les bières jeunes que les bières de garde. On atténue davantage les bières destinées à l'exportation et plus exposées à refermenter pendant le transport. On atténue plus fortement aussi les bières qui doivent être mises en bouteilles.

Il convient, cependant, de faire une distinction pour ces dernières. Si la bière doit être mise en bouteilles sous pression d'acide carbonique, il faut atténuer très fortement pour éviter tout trouble ultérieur par refermentation. Si la bière doit mousser naturellement, il faut une atténuation moyenne; trop atténuée, elle ne prend pas la mousse; trop peu, elle mousse trop rapidement, avec production très abondante de levure qui trouble le liquide et forme un dépôt considérable.

Il convient d'envisager l'atténuation en deux phases qui sont étroitement liées l'une à l'autre : l'atténuation à la fermentation principale, rapide et poussée à un degré élevé, et l'atténuation à la fermentation secondaire, lente et se prolongeant presque indéfiniment. C'est sur la première que doit se baser le brasseur pour apprécier le moment opportun où il doit soutirer ses cuves et entonner dans ses foudres de garde.

Les bières jeunes, qui doivent être consommées plus rapidement, sont moins atténuées à la fermentation principale, afin d'activer la fermentation secondaire et de les faire arriver plus vite à la limite qu'elles doivent atteindre; on les entonne plus *vertes*. Les bières de garde, au contraire, doivent être plus atténuées au moment de leur entonnement, pour ralentir la fermentation en foudres.

De même pour les bières d'exportation et de bouteilles, l'atténuation doit être plus poussée en cuves.

Les bières légères doivent être moins atténuées afin de laisser suffisamment de matières fermentescibles pour entretenir la fermentation secondaire.

L'atténuation est enfin réglée par le genre de bière.

Les limites d'atténuation (apparente) pour les bières de Munich, Vienne et Pilsen, sont les suivantes :

	Après la fermentation principale.	Après la fermentation secondaire.
Munich	50 à 52 p. 100.	55 à 60 p. 100.
Vienne	55 à 57 —	62 à 68 —
Pilsen	65 à 68 —	70 à 75 —

Les bières brunes sont moins atténuées que les bières pâles. D'une façon générale, il faut mieux atténuer plus que moins, la bière y gagne en stabilité et en limpidité. D'ailleurs, le moelleux de la bière ne dépend pas tant de l'atténuation que de la composition de l'extrait infermentescible et une bière peut être fortement atténuée sans rien perdre de la bouche, si elle est d'une composition normale.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Facteurs qui influent sur l'atténuation. — Deux facteurs influent surtout sur l'atténuation : la levure et la composition hydrocarbonée du moût.

Nous avons vu que les levures pures se distinguent entre elles par les atténuations différentes qu'elles donnent et que les différences qu'elles manifestent sont constantes. D'après cela, on a pu les diviser en trois catégories :

1° Les levures à atténuation faible, à clarification rapide, donnant des bières mousseuses, mais sujettes à refermenter et d'une faible conservation (Saaz, Saaz-Frohberg) ;

2° Les levures à atténuation moyenne, à clarification rapide, donnant aux bières une conservation moyenne (Frohberg) ;

3° Les levures à atténuation forte, à clarification lente, appropriées à la fabrication des bières de garde (Frohberg, Burton, Logos).

On appelle atténuation limite, l'atténuation maximum que peut donner une levure.

Les levures industrielles sont des mélanges de levures de races différentes où tel ou tel type peut prédominer. Ce sont les levures à atténuation faible ou moyenne qui accomplissent la fermentation principale ; ce sont les types à atténuation forte, et probablement les levures sauvages, toujours présentes dans les levains commerciaux, qui agissent dans la fermentation secondaire.

On comprend que l'atténuation limite puisse être entravée par la composition du moût, sinon pour les levures à faible atténuation, du moins pour les levures à atténuation forte qui n'y rencontrent pas les hydrates de carbone (malto-dextrines de type inférieur, amyloïnes, isomaltose), leur permettant de pousser la fermentation à un degré plus ou moins avancé.

Le mécanisme de la fermentation secondaire est peu connu.

D'après M. Duclaux, il y aurait, à côté de la maltose, toute une série de dextrines, différentes par leur mode de groupement moléculaire, mais qui présenteraient des résistances inégales aux diastases sécrétées particulièrement par les levures de forte atténuation. Les limites d'atténuation peuvent donc varier avec la résistance des dextrines, et comme ces dextrines sont formées pendant la fabrication, les levures ne sont pas les seules causes. Il intervient des conditions de fabrication que nous allons exposer.

Procédés de fabrication qui influent sur la composition hydrocarbonée du moût[1]. — **Germination**. — Les malts germés longs et froids, donnent des moûts qui atténuent davantage que les moûts provenant de malts germés courts et chauds.

Lintner en donne l'exemple suivant :

62 hectolitres d'orge ont été trempés et mis au germoir. Après six jours de germination, la moitié a été portée sur la touraille ; l'autre moitié a été laissée trois jours de plus sur le germoir, puis touraillée dans les mêmes conditions que la précédente. Avec les malts obtenus, des brassins ont été faits aux mêmes températures et mis en fermentation avec la même levure.

[1] On ne connaît pas l'influence de l'eau sur l'atténuation. Cependant, d'après Windisch, le sulfate de chaux diminue l'atténuation.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

L'atténuation a été, pour sept essais comparatifs :

Malt de 6 jours.	Malt de 9 jours.	Différences.
66,13	67,13	1
67,09	67,39	0,30
67,11	69,50	2,39
73,54	75,75	1,96
65,97	66,66	0,69
65,97	67,36	1,39
68,89	69,19	0,50

La différence, dans certains cas, peut être assez sensible. Cela s'explique par ce fait que dans une germination courte, on a moins de diastase et une désagrégation moins complète ; il en résulte au brassage moins de maltose fermentescible.

Touraillage. — Après les levures, c'est le touraillage qui a l'influence la plus considérable ; un malt coloré, ou touraillé encore humide à haute température, donnera toujours une atténuation plus faible qu'un malt touraillé lentement, pâle et torréfié sec.

Nous empruntons encore à Lintner les résultats d'expériences faites à Weihenstephan.

Deux portions de malt vert ont été séchées, l'une, lentement, à basse température, l'autre, brusquement, à température relativement élevée. Les deux malts ont été ensuite torréfiés à 70, 75 et 80°.

Le premier malt, très friable, avait une cassure blanche et donnait un moût coloré ; le second, très peu friable, avait la cassure brune et a fourni un moût brun. Les moûts mis en fermentation avec la même levure, ont donné, dans quatre essais, une atténuation de :

Malt pâle.	Malt brun.	Différence.
68,49	64,95	3,54 p. 100.
66,70	61,31	5,39 —
68,81	58,98	9,83 —
66,73	49,16	17,57 —

Les différences sont très sensibles. Cela n'a rien qui doive surprendre. Par un fort touraillage, on affaiblit considérablement la diastase et il y a une formation importante de dextrine, en même temps que de produits infermentescibles. Nous en avons un autre exemple dans les différences d'atténuation des bières de Munich et de Pilsen.

Conservation du malt. — Le malt jeune donne des bières peu atténuées ; plus le malt s'éloigne du moment où il a été touraillé, plus les moûts s'atténuent. En été, les moûts s'atténuent plus qu'en hiver, parce que le malt est moins frais. Sans doute à cause de la lente oxydation qui se produit pendant la conservation du malt et d'une fixation d'eau qui rend le malt plus friable et les produits plus solubles.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Saccharification. — Les moûts riches en maltose s'atténuent plus que les moûts riches en dextrines. C'est pourquoi les méthodes par infusion donnent généralement des bières plus atténuées que les méthodes par décoction.

Dans les procédés par infusion, on peut néanmoins faire varier l'atténuation suivant qu'on donne la trempe principale au-dessous de 65° (plus de maltose), ou au-dessus de 70° (plus de dextrine). Si l'on fait bouillir les moûts dès leur rentrée en chaudière, on diminue l'atténuation ; on l'augmente si on attend la rentrée totale des trempes, en maintenant les moûts à 75°, parce que la diastase agit sur les dextrines et les transforme en partie en maltose.

D'une façon générale, si on opère rapidement le travail du brassage, on diminue l'atténuation. Un long vaguage, un repos prolongé l'augmentent ; des lavages très dilués, ce qui suppose une trempe plus concentrée, la diminuent, parce que les trempes de lavage abaissent le rapport du sucre au non-sucre.

Les trempes préparatoires à température basse donnent une atténuation plus faible, à moins qu'on ne les prolonge très longtemps.

Dans les procédés par décoction, les températures des trempes, la cuisson des dickmaisches, paraissent n'avoir qu'une influence assez faible. Cependant, si on prolonge le repos de la troisième trempe à 63-65°, on obtient plus de maltose et plus d'atténuation. Une longue cuisson des dickmaisches, pendant laquelle le reste des trempes séjourne en cuve-matière aux températures de relais de 55 et 65°, en augmentant la production de la maltose, élève l'atténuation. Mais les dickmaisches abondantes, qui détruisent plus de diastase, font l'atténuation un peu plus faible.

Cuisson et houblonnage. — La cuisson et le houblonnage ne paraissent pas avoir une influence sensible. Cependant une cuisson très prolongée provoque une chute de l'atténuation.

Refroidissement. — Le mode de refroidissement n'a aucune influence, mais l'oxygénation du moût en a une, suivant qu'elle a lieu à chaud ou à froid.

L'oxygénation à chaud élève le degré d'atténuation. M. Duclaux cite ce fait d'une brasserie de Copenhague, où un moût turbiné ou centrifugé a donné une atténuation de 64 p. 100, alors que le même moût non turbiné ne donnait que 46 p. 100, soit une différence de 18 p. 100.

L'oxygénation à froid diminue l'atténuation, parce qu'aussi longtemps que la levure trouve dans le moût de l'oxgène libre, elle se multiplie sans fermenter le sucre. On peut donc abaisser l'atténuation en aérant le moût en fermentation, au début, jusqu'à la formation des basses Krœusen.

Concentration du moût. — La concentration du moût n'a aucune influence pour des moûts de 10 à 18 p. 100 d'extrait. Mais les petites bières, d'une concentration inférieure à 10 p. 100 atténuent plus que les bières fortes.

Fermentation — La quantité de levain employée est sans influence sur

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'atténuation limite, mais une levure abondante élève un peu l'atténuation à la fermentation principale.

La manière de donner le levain n'influe pas sensiblement, cependant l'usage du pied de levain augmente un peu l'atténuation.

La levure conservée plusieurs jours a un pouvoir fermentatif plus élevé que la même levure prise à l'état frais. Les lavages n'ont pas d'influence, à moins qu'ils ne soient trop répétés ; en ce cas, ils affaiblissent la levure.

L'emploi prolongé d'un même levain élève en général l'atténuation.

La température de fermentation n'a qu'une faible influence. Cependant, dans certains cas, l'atténuation peut-être plus forte avec une élévation de température.

Ainsi, en fermentation basse, si on laisse monter lentement la température jusqu'à la période des hautes krœusen ; si, à ce moment, on maintient la température pendant plusieurs jours et si on ne refroidit qu'après, l'atténuation augmente. Si, au contraire, dès la température extrême atteinte, on refroidit, on diminue l'atténuation. La levure se dépose plus rapidement et la chute d'atténuation est plus faible.

Il en est de même en fermentation haute, en cuves, si on refroidit au moment de la fermentation de la levure. Dans la fermentation haute en tonneaux, l'atténuation est toujours plus faible qu'en cuves; on la diminue encore si on fait de fréquents remplissages qui aèrent la levure et le moût.

On obtient une plus grande atténuation dans les cuves neuves, ou fraîchement vernies, ou nouvellement rabotées, ou laissées quelque temps sans emploi. Le fait est démontré expérimentalement, mais n'est pas expliqué.

Addition de certaines substances. — ***Farine de malt.*** — De la farine de malt ajoutée au pied de levain ou au moût refroidi augmente très notablement l'atténuation. La diastase, que le malt introduit dans le moût, transforme, même à froid, une partie des dextrines en maltose fermentescible.

On emploie de 10 à 20 grammes de farine tamisée par hectolitre de moût, qu'on mélange soit au levain, soit au moût. Ou bien on fait infuser quelques heures la farine dans de l'eau à température ordinaire, on filtre et on ajoute cet extrait de malt.

L'atténuation peut être plus forte de 8 à 13 p. 100 et la clarification de la bière est plus rapide, mais ce procédé a l'inconvénient de salir la levure et d'introduire dans le moût et le levain, des ferments étrangers ou des bactéries.

On diminue ce danger en tamisant la farine pour éloigner la pellicule, ou en faisant infuser le malt et en jetant la première eau. En ce cas, il en faut un peu plus.

Houblon sec. — Il résulte des travaux de Brown et Morris que le houblon contient une diastase analogue à celle du malt, capable de saccharifier les dextrines.

Une addition de houblon sec à la bière agit donc comme la farine de malt,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

mais moins profondément, parce que la diastase est moins abondante et que les résines et le tanin qu'il apporte avec lui entravent son action.

On ajoute le houblon sec après la fermentation principale et pour pousser l'atténuation secondaire.

En résumé, la levure reste encore le principal agent de l'atténuation, et tous les procédés de fabrication qui peuvent influer n'ont d'autre but que d'offrir un milieu plus ou moins favorable à son activité et à son énergie fermentative.

En outre, toutes ces influences agissent surtout sur les levures à atténuation forte et très peu sur les levures à atténuation faible; il faut que les premières se trouvent en quantité suffisante pour que ces influences aient tout leur effet.

FERMENTATION DES BIÈRES

AMORCE DE LA LEVURE

L'on doit se préoccuper d'abord de savoir où l'on peut se procurer la première levure dont on part.

1° On peut l'acheter à une brasserie voisine. Mais à une condition, c'est qu'il y ait, autant que possible, analogie entre les matières premières et la bière fabriquée par cette usine, et les malts, houblons et bières de la brasserie à mettre en route;

2° On peut acheter dans le commerce une amorce de levure pure, vendue en bidon : un kilogramme suffit. Cette amorce est ordinairement développée par pied de levain;

3° On peut opérer par des méthodes continues de propagation de levure pure. Les appareils donnent périodiquement, par exemple tous les huit jours, la valeur de 4 ou 5 litres de levure, suffisante pour faire un levain de 8 hectolitres environ, que l'on propage dans un deuxième levain, si les cuves sont grandes, et à même les cuves si celles-ci sont petites. Lorsque le départ est produit dans le travail d'une brasserie, on peut le perpétuer soit en coupant les cuves, soit en récoltant de la levure.

MISE EN LEVAIN

CARACTÈRES D'UNE BONNE LEVURE

On appelle levain, ou levure, la quantité de levure nécessaire pour ensemencer un volume déterminé de moût et le faire fermenter.

La levure forme une masse épaisse, ayant la consistance d'une pâte blanche, jaunâtre, ou jaune d'ocre et quelquefois brune.

Les caractères physiques qui distinguent une bonne levure sont les suivants :

1° Elle est ferme, épaisse et tombe rapidement au fond de l'eau en formant un dépôt consistant qui s'attache à l'écumoir dont on se sert pour l'en retirer, et s'en sépare difficilement. Si on trace avec le doigt un sillon à sa

IRIS - LILLIAD - Université Lille

surface, le sillon reste ouvert et ne se referme que lentement ; les brasseurs disent qu'elle est à *couper au couteau*. Elle tient aux doigts et si on en presse entre le pouce et l'index, en les écartant elle doit se séparer brusquement, sans *filer*. Une levure qui *file*, qui reste liquide ou semi-liquide, qui se dépose mal dans l'eau ou qui vient avec celle-ci quand on penche le vase, est une levure mauvaise et à rejeter ;

2° Elle doit avoir un goût amer très franc, une odeur *sui generis* agréable et caractéristique ; pas de goût ni d'odeur acides.

On préfère généralement une levure blanche ou de couleur claire. Mais une levure brune n'est pas par cela même mauvaise ; les moûts colorés donnent des levures brunes et les lavages répétés rendent la levure claire.

DÉGÉNÉRESCENCE DES LEVAINS

Pour mettre un moût de bière en levain, on se sert de la levure provenant d'un brassin précédent et on agit ainsi de brassin en brassin, chaque nouvel ensemencement constituant une génération de la même levure.

Mais il arrive qu'après un certain nombre de générations, la levure ne donne plus les mêmes résultats ; elle paraît comme épuisée ; les fermentations deviennent lentes, paresseuses, la bière s'éclaircit mal, s'atténue plus ou moins, son goût se modifie. On dit que la levure dégénère et le brasseur est obligé de changer de levain ; il l'emprunte ou l'achète à un confrère.

La dégénérescence est très variable ; dans certaines brasseries, la levure est épuisée après quelques générations ; dans d'autres elle dure plus longtemps. En fermentation haute, les levains dégénèrent plus vite qu'en fermentation basse.

Les causes en sont peu connues. On peut cependant en citer trois qui paraissent avoir une influence réelle. Ce sont : une nourriture trop exclusive, une mauvaise fermentation et les impuretés de la levure.

Nourriture trop exclusive. — Dans un moût bien constitué, les éléments se trouvent proportionnés aux besoins de la levure. Trop de matières azotées solubles, par exemple, produiront la dégénérescence par pléthore, pour ainsi dire. Dans un moût trop azoté, la même quantité de levure prend le double de ce qu'elle prendrait dans un moût moins riche en éléments azotés solubles (Duclaux). Les cellules paraissent distendues, gonflées, sans vacuoles et leurs fonctions diminuent.

Le manque d'éléments azotés solubles et de sels minéraux, comme lorsqu'on remplace le malt par des succédanés, riz, sucres, etc., produit également la dégénérescence par inanition. Les cellules se rapetissent, deviennent granuleuses et se remplissent de vacuoles. L'enveloppe s'amincit, devient sans consistance ; la levure cesse d'être ferme, devient liquide et file.

On pourrait combattre cette dégénérescence en ajoutant au moût un peu d'acide phosphorique ou des sels phosphatés, ou, ce qui serait préférable, un peu de cendres de levure.

D'après Hayduck, les vieux levains donnent une plus forte atténuation et

IRIS - LILLIAD - Université Lille

laissent dans la bière une plus grande quantité de matières azotées ; il explique ce phénomène par ce fait qu'à chaque génération la teneur en azote de la levure augmente et qu'elle en emprunte de moins en moins au moût en fermentation. Ainsi, dans un essai, de la levure fraîche a pris 27 p 100 des matières azotées dissoutes dans le moût ; après plusieurs générations, elle n'en a plus pris que 15,5 p. 100. Hayduck a constaté aussi qu'en fermentant à température relativement élevée et en aérant la levure, le contenu de celle-ci en azote diminue. D'après lui, la plupart des levains rejetés comme épuisés, dégénérés, étaient des levains ayant trop d'azote et il conseille, pour régénérer la levure, de faire fermenter plus chaud et d'aérer fortement.

Mauvaise fermentation. — Quand la fermentation est trop chaude ou trop froide, la levure dégénère. Dans le premier cas, l'atténuation diminue de brassin en brassin et la fermentation principale se termine trop tôt ; dans le second cas, au contraire, l'atténuation augmente de génération en génération, la fermentation traîne en longueur et la levure s'affaiblit peu à peu.

Impuretés de la levure. — Quand la levure est impure, mélangée de bactéries, le levain est envahi, de génération en génération, par un plus grand nombre de ferments étrangers, et devient de moins en moins utilisable.

M. Duclaux pense que, même avec une levure pure, exempte de bactéries, la dégénérescence peut se produire et il l'explique par ce fait, que dans un mélange de levures pures, certaines races, ou variétés, peu nombreuses au début et sans influence, peuvent dominer à la suite de quelques brassins. Il croit même qu'avec une levure pure, provenant d'une cellule unique, la dégénérescence peut arriver parce que toutes les cellules ne se ressemblent pas individuellement, que la famille peut se disloquer et l'origine commune aller en s'effaçant de plus en plus.

Quoi qu'il en soit, un changement de levain est toujours pour le brasseur un aléa désagréable, c'est pour lui l'inconnu, parce que le premier brassin fait avec le nouveau levain présente toujours des différences quelquefois assez sensibles ; il faut que la levure s'accoutume au nouveau milieu.

CONSERVATION DES LEVAINS

Lavages de la levure. — Il est préférable d'employer la levure fraîche, mais il arrive souvent qu'on doit la conserver plusieurs jours avant de l'utiliser, on la garde alors sous l'eau et c'est ce qu'on appelle *laver la levure*.

On se sert, pour cela, de baquets coniques, étroits, tenus très proprement, vernis à l'intérieur, et qui portent des trous étagés fermés au moyen de chevilles en bois.

La levure fraîchement récoltée est battue avec un petit balai, dans autant d'eau fraîche et filtrée, qu'il est nécessaire pour en faire un liquide assez fluide, puis passée dans un double tamis, en fil de laiton, dont le tamis supérieur est à mailles de 1 millimètre et le tamis inférieur à mailles aussi serrées que possible.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La levure tamisée est recueillie dans le baquet à levure, battue encore une fois avec de l'eau, puis laissée quelques heures en repos. On écoule alors l'eau en ouvrant successivement les trous jusqu'à ce qu'on trouve la levure qui s'est déposée, puis on renouvelle l'eau en mélangeant chaque fois la levure, jusqu'à ce que l'eau reste claire et laisse voir le dépôt de levure au fond du vase[1]. On vide une dernière fois, on ajoute encore de l'eau de façon que la levure soit couverte de quelques centimètres et on laisse en repos jusqu'au moment de s'en servir. On peut employer au lavage une cuve hémisphérique montée à tourillon. Il suffit de l'incliner pour décanter. Ordinairement, deux lavages suffisent. Quand on dispose de glace, on place dans les baquets à levure de petits nageurs contenant des morceaux de glace qui entretiennent la fraîcheur de l'eau. Autant que possible, l'eau qui sert à cet usage doit être filtrée et le filtre Chamberland est celui qui convient le mieux.

Les lavages n'épuisent pas la levure, à moins qu'il ne soient trop répétés, ou que la levure n'attende trop longtemps. Faits modérément, au contraire, ils empêchent sa dégénérescence et ne donnent pas lieu à des renouvellements de levain aussi fréquents. La perte en azote augmente avec la température de l'eau. Wahl et Nelson ont montré qu'en quatre jours la levure perd 8-9 p. 100 de son azote.

Assez souvent, on ajoute à la dernière eau un peu d'acide tartrique, ou bien une petite quantité de carbonate d'ammoniaque et de phosphate de potasse, 2 grammes par litre de levure.

Un autre moyen de conserver le levain, consiste à laisser la levure au fond des cuves de fermentation, recouverte de quelques centimètres de bière. La veille de son emploi, on la sort et on la lave de la façon que nous venons d'indiquer. On peut la garder ainsi de huit à dix jours.

Levure pressée. — Pour la conserver plus longtemps, il faut la presser. On l'introduit dans des sacs en forte toile, on la laisse égoutter et on la soumet à une forte pression, jusqu'à ce qu'elle ait pris la consistance d'une pâte aussi sèche que possible.

La presse à levure est un simple pressoir où la levure est comprimée entre deux plateaux en bois, ou bien, quelquefois, une presse hydraulique ou des filtres-presses. Ces derniers appareils sont plutôt employés en distillerie. On peut aussi turbiner en présence d'eau glacée.

La levure pressée, enfermée dans des boîtes de fer-blanc et soumise à la congélation dans le bain glacé d'une machine frigorifique peut se conserver plusieurs mois.

M. Duclaux propose de la mélanger avec du houblon effeuillé, de la presser après égouttage et d'en faire des boulettes qui, séchées ensuite au soleil, peuvent se conserver un an.

[1] Dans ce cas il faut sacrifier la couche superficielle de dépôt. Il est mieux de décanter l'eau un peu trouble.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

EXPÉDITION DE LA LEVURE

Pour expédier un levain, on presse la levure, comme nous venons de l'indiquer, dans des sacs propres et stérilisés au préalable. Le sac est enfermé dans une caisse en fer-blanc soudée hermétiquement et la caisse est placée elle même dans un fût goudronné, au milieu de sciure de bois et de blocs de glace.

Poids de la levure. — Le poids de la levure est variable, suivant qu'elle est plus ou moins égouttée, qu'elle contient encore plus ou moins de moût.

Un litre de levure fraîche, sortant de la cuve, pèse de 750 à 800 grammes. Un peu plus vieille, déjà déposée, elle peut peser de 900 à 920 grammes. Après deux jours de repos dans l'eau, un litre pèse près d'un kilogramme.

Un litre de levure fraîche, mais suffisamment épaisse et égouttée, peut donner environ 600 grammes de levure pressée. Par conséquent, 1 kilogramme de levure pressée correspond à 1,66 lit. de levure liquide.

MULTIPLICATION DE LA LEVURE

Après fermentation, on recueille une quantité de levure bien supérieure à celle employée pour la mise en levain. Cette quantité est variable et dépend de la qualité de la levure et de la nature des aliments qu'elle a rencontrés dans le moût. Les moûts forts, les moûts fortement aérés, ceux qui atténuent plus, donnent plus de levure.

La température a peu d'influence. On en récolte plus quand on a employé plus de levain, mais pas en proportion ; on en a proportionnellement moins quand on a mis une plus grande quantité de levure.

La levure haute, plus en contact avec l'air, plus oxygénée, en donne plus que la levure basse.

Ordinairement, pour un poids égal, la levure basse donne de trois à quatre fois le poids du levain ; la levure haute de six à sept fois.

MISE EN LEVAIN

La mise en levain a lieu de deux façons : soit par addition simple du levain au moût, soit par pied de levain.

Mise en levain simple. — La quantité déterminée de levure est délayée dans un volume suffisant de moût et battue avec un petit balai jusqu'à ce que les grumeaux de levure aient disparu. Elle est ensuite mélangée au moût refroidi.

Pied de levain. — On a soutiré de la chaudière ou du bac, 2 hectolitres à 2, 1/2 hect. de moût que l'on refroidit à 20 ou 25° pour la fermentation haute, à 15° pour la fermentation basse et que l'on recueille ensuite dans une petite cuve spéciale. On ajoute le levain, délayé de la manière précédente, et on abandonne à la fermentation. Il se produit une fermentation très vive,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

très intense et quand le brassin est refroidi, on y ajoute tout le contenu de la petite cuve.

Ce procédé, qui économise la levure, parce qu'on en met un peu moins, convient dans tous les cas, mais surtout pour réveiller l'activité d'une levure un peu vieille ou qui a voyagé.

Dans le cas où l'on manque d'une quantité suffisante de levure, on peut obtenir le pied de levain de la manière suivante, qui a l'avantage pour les premières portions de liquide d'augmenter l'aération. On fait une première culture dans un vase préparatoire n° 1 (8 à 10 hectolitres) où la première couche de liquide a une épaisseur bien plus grande que dans un vase plus grand.

On installe 1 hectolitre de moût, puis le lendemain on met un deuxième hectolitre et ainsi de suite, jusqu'à ce que la cuve soit pleine à moitié.

On amorce alors avec le contenu de celle-ci une cuve de 16-20 hectolitres qu'on achève de remplir progressivement jusqu'à la moitié.

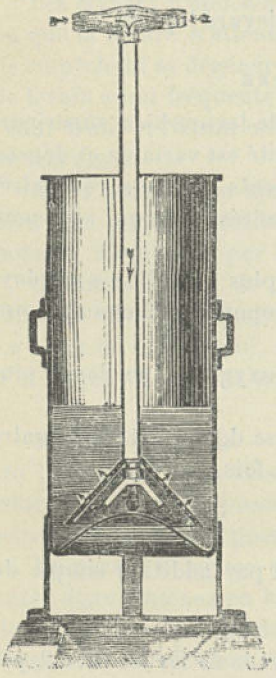


Fig. 138. — Appareil d'aération de la levure.

Vers le sixième jour on peut faire le véritable pied de levain dans une cuve ordinaire de 20 à 30 hectolitres.

Si l'on opère en fermentation haute, on commence à 25° et on redescend progressivement à 16°. Si l'on opère par fermentation basse, on commence à 12-13°, puis on descend progressivement à la température voulue. La propagation demande huit jours environ.

Aération de la levure. — Quel que soit le mode employé, la levure doit être fortement aérée avant d'être introduite dans le moût. Ordinairement on procède ainsi :

La levure est délayée dans du moût, dans un seau. Le contenu du seau est versé dans un autre seau, en le faisant tomber de haut, puis de nouveau versé dans le premier, et ainsi de suite jusqu'à ce que le volume du levain ait augmenté jusqu'à remplir les deux seaux. C'est ce qu'on appelle monter le levain. On lui donne de l'oxygène libre. Un bon levain monte facilement et rapidement.

Il existe des appareils qui font le travail. En voici un :

C'est un cylindre (fig. 138) en cuivre, étamé intérieurement, et dans lequel peut se mouvoir un entonnoir renversé percé de trous. La tige qui fait mouvoir l'entonnoir et la poignée qui sert à la manœuvre sont creuses et en communication avec l'air extérieur. A l'intersection de la tige et de l'entonnoir, se trouve une soupape qui s'ouvre de haut en bas. Quand on soulève la tige, la

IRIS - LILLIAD - Université Lille

soupape s'ouvre et l'air pénètre dans la levure, sous l'entonnoir. Quand on la baisse, la soupape se ferme, l'air comprimé se mélange à la levure, en même temps que celle-ci, passant par les trous de l'entonnoir se divise et entre en contact plus intime avec l'air. La levure peut augmenter ainsi de quatre fois son volume.

Dans des brasseries, on se contente d'insuffler de l'air dans le levain avec un simple soufflet; mais on interpose entre le bec du soufflet et tube qui plonge dans le levain, un filtre à coton.

FERMENTATION HAUTE

GÉNÉRALITÉS

La fermentation haute se fait de deux façons, en cuves ou en tonneaux.

La fermentation en cuves est le meilleur procédé, non seulement à cause des qualités qu'il donne à la bière, mais surtout parce qu'il permet au brasseur de mieux suivre jour par jour les phénomènes de la fermentation et de les diriger à son gré. Il peut prendre les températures, observer plus facilement l'atténuation, et en plaçant dans les cuves des serpentins ou des réfrigérants modérer la fermentation suivant les circonstances.

En tonneaux, c'est impossible et la fermentation est un peu livrée au hasard. En outre, l'écoulement de la levure le long des parois extérieures du fût, son exposition à l'air dans les baquets, les remplissages incessants des tonneaux, l'exposent continuellement à une infection par les germes de l'air.

QUANTITÉ DE LEVAIN

D'une façon générale, il faut de 2 à 4 litres de levure fraîche et épaisse pour 10 hectolitres de moût, soit environ de 200 à 300 grammes par hectolitre.

Différentes circonstances influent sur la quantité.

Il en faut moins quand la température du moût et de la cave est élevée, en été qu'en hiver; il en faut plus avec une température basse, avec un moût très riche en extrait, avec un moût fortement houblonné, avec un moût peu aéré, peu oxygéné.

Règle générale, il vaut mieux mettre un peu trop de levure que pas assez. Toutes circonstances égales, un excès de levure ne peut avoir d'autre influence que d'activer la fermentation. Au contraire, la clarification de la bière sera plus prompte et même sa conservation sera mieux assurée. En effet, une bière se conserve d'autant mieux qu'elle contient moins de matières azotées solubles. En mettant plus de levure, il y a plus de matières azotées consommées, en même temps du reste, que la levure recueillie en a proportionnellement moins.

Avec trop peu de levure, la fermentation traîne en longueur et les ferments de maladie ont le temps de se développer.

Il ne faut rien exagérer, cependant. Un trop grand excès de levure donnerait à la bière un goût amer désagréable, le goût de levure.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

TEMPÉRATURE DE MISE EN LEVAIN

On met au levain à 14 ou 16°, pas plus haut, quelquefois plus bas.

Pendant la fermentation, la température s'élèvera de 6 à 7° et atteindra 20 à 21°. C'est une température qu'on ne doit pas dépasser. Si on entonne à 18°, la température ne tarde pas à monter à 25 ou 28°, températures absolument contraires au cachet de la bière, à sa conservation, et favorables au développement des bactéries.

Il s'évapore aussi plus d'acide carbonique, et même un peu d'alcool et d'arome du houblon ; les bières sont plus plates, sans parfum et se conservent moins. Nous ne saurions trop insister là-dessus.

On met en levain dès qu'il se trouve dans la cuve guilloire quelques hectolitres de moût, sans attendre que tout le brassin soit réuni. Il importe que la fermentation alcoolique se déclare le plus promptement possible et que les ferments étrangers ramassés sur le bac et le réfrigérant n'envahissent pas le liquide à une température qui est essentiellement favorable à leur développement.

FERMENTATION HAUTE EN CUVES

On peut distinguer dans la fermentation haute quatre phases distinctes et successives qui s'observent beaucoup mieux quand l'opération a lieu en cuves.

1re *phase*. — Environ six ou huit heures, quelquefois dix heures par les températures basses, après la mise en levain, la fermentation, latente jusqu'alors, se manifeste. Le moût se couvre d'une écume fine et blanche qui, peu à peu s'épaissit, monte et devient plus boursouflée. Elle se crève par place et des impuretés flottantes dans le moût apparaissent à la surface; on les enlève avec précaution ;

2e *phase*. — Les mousses ne tardent pas à prendre un aspect frisé tout à fait particulier, se tournent en coquilles d'une belle blancheur et qu'on appelle les Kraeusen, ou les mousses blanches. Ces mousses sont consistantes et sont formées par les résines du houblon qui se séparent en partie du moût. Mises dans un verre, elles se résolvent en un liquide extrêmement amer. Les brasseurs disent que la bière *pousse son houblon* ;

3e *phase*. — Les mousses blanches tombent et disparaissent. Elles font place à une écume boursouflée, trouble, visqueuse et jaunâtre.

C'est la levure qui fait son apparition. On dit que la bière *pousse sa levure*.

La température augmente. La fermentation est à son plus haut degré d'intensité, qui se traduit non seulement par l'élévation de température, mais par un dégagement très abondant d'acide carbonique et une forte atténuation.

La levure monte et ne tarde pas à former une couche épaisse, on l'écume de temps en temps, mais en ayant soin d'en laisser toujours une couche sur la surface du moût.

C'est à ce moment que l'on introduit dans les cuves les réfrigérants et que

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'on modère la température en faisant circuler de l'eau froide ; elle doit être de 20 à 21° ;

4e phase. — L'intensité de la fermentation se calme peu à peu, la température redescend, la couche de levure s'abaisse ou n'augmente plus. La surface de la levure devient plus unie, moins boursouflée et forme sur le moût une sorte de couverture qui le cache entièrement. La température revient à son point de départ, ou à celle de la cave qui ne doit pas être supérieure à 12 ou 14°.

La fermentation principale est terminée. Elle a duré de quarante-huit à soixante heures, dans les conditions les plus ordinaires ; quatre-vingt à quatre-vingt-six heures si on a eu le soin d'entonner bas et de refroidir pendant la fermentation.

La bière, examinée dans un verre d'épreuve, apparaît déjà transparente à travers de fines particules de levure qui flottent et déposent assez promptement.

Voici un exemple d'une fermentation en cuve, avec refroidissement, et indiquant la marche de la température et la chute de densité.

Mise en cuve le jeudi soir à six heures, à 14° C.

Densité du moût 1,055.

Vendredi matin	15°	1,051	Mousses blanches.
— soir	17°	1,041	
Samedi matin	19°	1,03	Levure.
— soir	18°	1,025	
Dimanche matin	15°	1,023	Levure.
— soir	14°	1,022	
Lundi matin	12°	1,022	Soutirage.

Le moût est refroidi à partir du samedi à midi.

Récolte de la levure. — Dans les petites fabriques on écume les cuves à l'écumoire de cuivre. Dans les fabriques plus importantes, elle peut également se faire comme dans les fabriques de levure pressée.

1° On accumule la levure avec une raclette en bois dans un coin de la cuve, on la ramasse avec une écumoire et on la verse dans une rigolle en bois qui l'entraîne ;

2° La cuve porte à quelques centimètres au-dessus du niveau un déversoir aboutissant à une rigolle ; avec la raclette, on pousse la levure vers le déversoir qu'elle franchit ;

3° La cuve porte une sorte d'entonnoir intérieur dont le bord est de quelques centimètres au-dessous du niveau du liquide, la douille de l'entonnoir sort par le fond de la cuve et aboutit par un robinet à une cuvelle.

La cuve contient un agitateur dont les bras battent la surface de manière à produire un remou qui permet à la levure de passer dans l'entonnoir.

Fermentation secondaire. — Aussitôt la fermentation principale terminée, on enlève la levure avec une écumoire et on la met de côté pour la faire servir à un brassin suivant. Puis on soutire la bière jeune, soit dans les

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tonneaux mêmes d'expédition, où elle achèvera de mûrir en rejetant son reste de levure, soit dans des petits foudres de garde de 3 à 4 hectolitres de contenance.

On trouve au fond de la cuve une certaine quantité de levure de fond qui s'y est déposée. On soutire au-dessus de ce dépôt en ayant soin de ne pas l'entraîner avec la bière. Cette levure, composée d'impuretés, de cellules mortes, souvent de ferments de maladie est à rejeter et ne doit pas être mélangée avec la levure de surface, mais comme ce dépôt contient de la bière, dans certaines brasseries on le filtre dans des espèces de sacs à troubles (*trübsacs*). On y trouve souvent des cellules de levure basse, en plus ou moins grande quantité.

Les tonneaux, dans lesquels va s'accomplir la fermentation secondaire sont placés, découverts, sur des chantiers. La levure qui reste ne tarde pas à sortir et former sur le trou de bonde un chapeau plus ou moins abondant : *la bière fait son bouquet*. On enlève ce chapeau de mousse de temps en temps et on remplit les tonneaux avec de la bière faite et claire, ou avec de l'eau fraîche, jusqu'à ce que, à la mousse brune de la levure, succède une mousse blanche qui brunit à l'air, et que le chapeau se fasse moins abondant. A ce moment, la bière doit être claire. On bondonne et on laisse en repos jusqu'au moment de la livraison.

FERMENTATIONS MIXTES

On désigne sous ce nom une fermentation en cuves et foudres faite à une température plus basse que la précédente.

On effectue en cuves très faciles à refroidir par de l'eau froide ou de la glace, une fermentation mise en levain à 11-12° et qu'on refroidit constamment.

On écume fréquemment et lorsqu'il ne se forme plus de levure on refroidit à 10°.

On met alors en foudre, dans une cave qui a ordinairement 10-12°.

Après trois ou quatre jours, les résines et la levure étant rejetées, on fait un remplissage soit avec de la bière soit avec du moût fermentant (1 à 5 p. 100) on ferme les foudres et on laisse, suivant que la cave est plus ou moins froide, pendant huit à trente jours.

La bière est collée par le bas dans les foudres, ou filtrée, ou collée dans les fûts.

FERMENTATION HAUTE EN TONNEAUX

Généralités. — Que la fermentation se fasse en petits foudres de 5 à 6 hectolitres, ou plus, ou qu'elle ait lieu dans les futailles mêmes d'expédition, la marche est la même et les phénomènes sont identiques.

La fermentation en petits foudres convient, comme la fermentation en cuves, aux bières plus fortes, à cause du soutirage après fermentation. Elle a l'avantage de donner des bières mieux dépouillées et mieux séparées de la levure. La fermentation en fûts d'expédition convient aux bières légères,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

mais elle a l'inconvénient de laisser dans la bière les levures de fond qui l'exposent davantage aux refermentations.

On met en levain dans la cuve guilloire, avec les mêmes quantités de levure et aux mêmes températures. Assez souvent, on laisse la fermentation se mettre en train dans la cuve et on entonne quand elle est déclarée.

Les tonneaux sont remplis exactement et placés sur des chantiers, la bonde de côté, deux à deux, de façon que la mousse et la levure puissent couler le long des tonneaux; on place sous les chantiers des cuvelles de forme ronde ou ovale, qui reçoivent chacune la mousse et la levure de deux tonneaux.

Marche de la fermentation. — 1re *phase*. — La fermentation ne tarde pas à s'annoncer par un dégagement d'acide carbonique qui augmente le volume et chasse en dehors du tonneau une certaine quantité de moût.

2e *phase*. — Cet écoulement de liquide s'arrête et on voit apparaître au trou de bonde un léger chapeau de mousse. Le dégagement s'accroît, la mousse devient plus épaisse, plus dense et s'écoule lentement et sans discontinuer le long du tonneau. C'est la période des mousses blanches.

Ici les Kraeusen se forment dans les baquets où s'écoule la mousse et avec les mêmes caractères que dans la fermentation en cuves. Elles ne tardent pas à s'y résoudre en un liquide très amer, dite *bière de houblon*, que l'on recueille à part, dans une petite cuve spéciale, et qui sert pour les remplissages, après l'avoir laissé s'éclaircir.

3e *phase*. — Peu à peu, la production des mousses blanches, bouclées, diminue. Elles sont remplacées par une écume visqueuse, jaune, bouillonnante ; c'est la levure qui s'écoule à son tour, boueuse, le long des tonneaux.

Généralement, entre la production des mousses blanches et celle de la levure, il y a un ralentissement assez sensible, un temps d'arrêt même, provenant du vide fait dans les tonneaux et qui prévient le brasseur que la levure va faire son apparition. A ce moment, on vide les baquets, on les nettoie avec soin et on remplit les tonneaux avec la *bière de houblon*, pour faciliter le rejet de la levure. La levure s'échappe d'une façon continue et on tient les tonneaux toujours remplis.

4e *phase*. — Peu à peu, la levure diminue, cesse presque de sortir. La fermentation principale est terminée. On redresse alors les tonneaux, on lave les parois, on nettoie avec soin, non seulement le bord extérieur du trou de bonde, mais encore le bord intérieur avec une petite brosse coudée, bien propre et on laisse en repos. La bière fait son bouquet et on la traite comme nous avons dit plus haut.

Remplissages. — Les remplissages se font avec la bière de houblon; on utilise aussi la bière qui se sépare de la levure dans les baquets, ce qu'on appelle les *épurures*. Il faut éviter, autant que possible de ramener la levure dans les tonneaux. Voici comment on doit procéder.

Le baquet qui reçoit la levure porte un trou fermé par une cheville en bois à quelques centimètres du fond. Il se forme dans le baquet trois couches : au

IRIS - LILLIAD - Université Lille

fond, la levure, à la surface, des mousses et entre les deux, du liquide qui doit apparaître, si les conditions sont normales, noir, transparent, laissant voir la levure déposée au fond. C'est ce liquide clair, qui, soutiré avec soin, sert aux derniers remplissages. Si c'est insuffisant, on complète avec de la bière finie et claire. On estime la quantité de bière chassée du tonneau à 10 ou 20 p. 100.

Remplissages automatiques. — Il y a un certain nombre de systèmes de remplissage automatique. En général ils comportent une sorte de grand entonnoir, métallique ou en bois dont la tubulure fait trop-plein au-dessus du fond. De sorte que la levure amenée par un tube partant de la bonde reste accumulée dans le fond, tandis que la bière entraînée, se place par-dessus et est ramenée dans le fût par la tubulure partant de l'entonnoir à une certaine hauteur. Il faut au début placer dans l'entonnoir assez de moût pour suffire au remplissage et pour éviter que l'appareil cesse de fonctionner.

On a souvent un pareil système servant à toute une rangée de fûts.

Signes d'une fermentation anormale. — La fermentation doit aller lentement, régulièrement et sans interruption. Un arrêt indique toujours une mauvaise fermentation.

Il peut arriver que la mousse sorte violemment par soubresauts, pour retomber par instants dans le tonneau, sans s'écouler régulièrement le long des parois. Elle forme alors à sa surface de grosses bulles, appelées *yeux de crapaud,* qui crèvent brusquement. On dit que la fermentation est *sauvage* ou tumultueuse. Dans la fermentation en cuves, le même phénomène se produit, sous la forme aussi de grosses bulles qui viennent crever à la surface.

C'est un signe, souvent, d'une levure épuisée, paresseuse, impure, ou bien l'indice d'un moût mal constitué, mal fabriqué. Une température trop élevée, peut aussi donner lieu à une fermentation tumultueuse. Il est rare alors que la levure se produise en abondance, que la bière se dépouille bien et s'éclaircisse.

Nous avons dit qu'entre la production des mousses blanches et celle de la levure, il y avait un temps d'arrêt. Souvent, cet arrêt se prolonge, même après le remplissage et la levure sort péniblement, comme à regret. C'est qu'il y a trop peu de levure, ou que la levure est faible, qu'elle n'a pas été suffisamment aérée, ou encore, que la température est trop basse. L'accident peut encore se produire quand on a attendu trop longtemps avant de mettre le levain et que des ferments étrangers ont pu se développer. Il faut remplir avec des épurures très aérées et agiter le moût ou le tonneau, pour faire activer la fermentation.

Quand la bière ne fait pas son bouquet, c'est que l'atténuation a été poussée trop loin. La bière a peu d'acide carbonique, on y remédie en ajoutant dans chaque tonneau quelques litres de moût en pleine fermentation, à la période des mousses blanches (Kræusen) et en bondonnant plus tôt.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

COMPARAISON DES BIÈRES HAUTES EN CUVES ET EN TONNNEAUX

La fermentation haute en tonneaux donne des bières moins atténuées que la fermentation haute en cuves. La différence d'atténuation peut être de 8 à 10 p. 100. Cela tient à ce que les remplissages en aérant davantage la levure, favorisent son développement aux dépens de ses fonctions fermentatives. En cuves, la couche d'acide carbonique qui s'étend sur la surface de la levure, empêche son contact immédiat avec l'air.

CAVES DE FERMENTATION HAUTE

Ces caves sont pour ainsi dire quelconques. Elles doivent être fraîches faciles à nettoyer, suffisamment spacieuses pour la quantité de bière à y travailler[1]. Au point de vue du nettoyage, le pavage doit avoir les mêmes qualités que dans les caves de fermentation basse (voir p. 519), il en est de même du système d'évacuation des eaux sales.

QUALITÉS D'UNE BIÈRE HAUTE

Une bière haute doit rester claire, brillante et mousseuse malgré que l'on tire directement la bière des tonneaux.

Elle doit donc ne plus contenir d'azote assimilable, mais encore des substances fermentescibles qui tendent pourtant à disparaître en même temps que l'azote. C'est ce qui explique l'addition de sucre ou d'inverti. Cette addition se fait soit pendant les remplissages des tonneaux soit après fermentation.

L'atténuation à la livraison peut être dans ce cas poussée à 2-3 p. 100 de la limite.

Lorsqu'on ne met pas de sucre, ou l'on manquera de mousse en éliminant l'azote, ou, en laissant une marge de 8-10 p. 100 sur l'atténuation limite, on aura de la mousse, mais en gardant une certaine quantité d'azote dangereux.

L'atténuation principale d'une bière haute dépend naturellement de la composition du moût au point de vue de la maltose et de la résistance des maltodextrines, de sorte qu'elle augmente par une addition de farine de malt; elle dépend aussi de la température qui l'augmente en croissant. Cette augmentation de température dépend de la quantité de levain lorsqu'on manque de réfrigérants.

L'agitation qui répartit mieux les cellules dans la masse augmente l'atténuation principale surtout au moins du levurage c'est-à-dire au moment où la levure est multipliée et active. Le remplissage, l'aération sont des moyens d'agitation qui devraient augmenter l'atténuation, mais il ne faut oublier l'action de l'air au point de vue de la multiplication des cellules laquelle tend à donner des atténuations bien moins grandes que lorsqu'il se forme de l'alcool.

[1] En fermentation basse, on ménage la place à cause de la nécessité de refroidir.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Enfin la ventilation des caves et la récolte de la levure activent l'atténuation, en ce sens que l'accumulation de gaz carbonique retarde les fermentations.

Collage de la bière. — Pour éclaircir les bières troubles ou d'une clarification difficile, on emploie le collage. Une bière bien fabriquée et avec de bonnes marchandises ne devrait pas avoir besoin d'une clarification artificielle ; le collage enlève toujours à la bière un peu de ses qualités. Mais les bières de fermentation haute, qui ne restent jamais assez longtemps en caves pour s'éclaircir naturellement, demandent souvent qu'on hâte leur éclaircissement.

Nous parlerons après la fermentation basse de l'emploi des copeaux et de la filtration qui d'ailleurs peuvent être utilisés en fermentation haute.

On fait usage pour la clarification artificielle des colles de poisson et de la gélatine. Tous les produits utilisés sous des noms divers en brasserie proviennent de ces substances. Ils agissent surtout en devenant insolubles (à froid) et dans un milieu peu aéré. Peut-être le tanin coagule-t-il un peu de gélatine.

Il faut que la colle soit assez diluée pour se mêler à la bière d'une manière homogène (roulage des tonneaux ; injection d'air).

Il faut que la température ne soit pas trop élevée, ni la bière trop acide. Pour compenser les nouveaux effets de la température ou de l'acidité on ajoute 1 à 2 grammes de tanin par hectolitre.

Il y a deux sortes de collage :

Le collage par le haut dans lequel la colle est rejetée par la bonde.

Le collage par le bas où elle est précipitée.

Colles de poisson. — Ichthyocolle. — L'ichthyocolle provient de la vessie natatoire de l'esturgeon (Acipenser). La vessie lavée est laissée vingt-quatre heures dans l'eau glacée, puis fendue et desséchée au soleil. On enlève ensuite la membrane interne qui, soumise à la pression, constitue la colle de poisson. Selon sa provenance, elle est en feuilles, en lyre, en cœur, etc. La meilleure, la colle de Russie[1] (Saliansky), qui se prépare sur les bords de la mer Caspienne, est en feuilles.

Elle est blanche, ou légèrement teintée de jaune, sans odeur, transparente et nacrée. Elle est sonore.

Les colles de mauvaise qualité et qui, souvent, contiennent les intestins et les nageoires macérés, sont grises, opaques, avec des taches, ou sont blanchies avec de l'acide sulfurique.

Une bonne colle doit se dissoudre rapidement et entièrement dans l'eau chaude, en formant une gelée épaisse.

Préparation. — On coupe la colle en petits morceaux, ou bien on la martèle sur une enclume, et on la met tremper douze heures dans de l'eau froide

[1] Droits de douane : 40 francs au tarif minimum et 50 francs au tarif maximum par 100 kil. de poids brut.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

qu'on renouvelle une ou deux fois. Quand elle est ramollie, on la malaxe entre les mains jusqu'à ce qu'on en ait formé une pâte très homogène qu'on remet dans l'eau avec un demi-gramme d'acide tartrique par gramme de colle, on laisse dissoudre; elle se prend en une masse gélatineuse qu'on bat vivement avec un petit balai pour la dissoudre; on la passe au tamis pour retenir les fibres qui ne se sont pas dissoutes et on l'amène, par addition d'eau ou de bière, à un volume proportionné au nombre d'hectolitres qu'on doit coller.

On répartit la colle dans les fûts et on agite avec un bâton plat percé de trous pour la bien mélanger, vingt-quatre heures après, la bière doit être claire.

Il faut de 2 à 4 grammes de colle par hectolitre, suivant le degré de trouble. Avec une bière déjà un peu éclaircie, un gramme peut suffire.

Elle agit par le bas. Le tanin de la bière la coagule et elle forme un réseau très serré qui, en tombant au fond du tonneau, entraîne et retient les matières en suspension.

Elle ne s'emploie qu'après la fermentation secondaire et au moment de livrer le fût. Plus tôt, et quand il y a encore un fort dégagement d'acide carbonique, elle serait chassée par la bonde et n'agirait plus avec autant d'énergie.

On peut la préparer plus rapidement, en la mettant fondre tout de suite dans l'eau avec l'acide tartrique, sans le lavage préalable et sans la malaxer.

Mais, outre qu'elle peut donner un mauvais goût à la bière, certaines parties ne se dissolvent pas et restent flottantes en particules connues sous le nom de *voltigeurs*.

Ces particules peuvent encore se produire dans une bière pauvre en tanin, qui n'en contient pas assez pour la coaguler entièrement.

Certains brasseurs remplacent l'acide tartrique par de l'acide acétique, du vinaigre ou de la vieille bière acidulée. Nous n'avons pas besoin de dire que ces pratiques sont nuisibles à la bière.

La colle préparée est très altérable. Il ne faut donc la faire qu'au moment des besoins. On la conserve en y ajoutant de l'alcool dans des bouteilles cachetées.

Peaux de raies. — La peau de raies, connue aussi sous le nom de *secret des moines*, provient de la raie bouclée (Raja clavata).

On la fait tremper au moins douze heures dans de l'eau fraîche, mais il est essentiel de renouveler l'eau très souvent pour lui enlever le goût de marée très prononcé qu'elle possède. On ne peut pas la malaxer à cause des piquants. Mais quand elle est bien ramollie et que l'eau n'a plus d'odeur, on la porte dans une autre eau et on ajoute de l'acide tartrique. On procède ensuite comme pour l'ichthyocolle.

Il faut de 8 à 10 grammes de colle par hectolitre.

Elle agit par le haut, c'est-à-dire en remontant de bas en haut et en chassant les impuretés de la bière par le trou de bonde, qu'on nettoie au fur et à mesure avec de l'eau fraîche.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il en résulte qu'elle doit s'employer plus tôt que l'ichthyocolle, aussitôt la fermentation principale terminée, quand on redresse les tonneaux et qu'il se dégage encore assez d'acide carbonique pour la soulever et la chasser par la bonde. Plus tard elle n'agirait plus, ou mal, tomberait au fond et clarifierait imparfaitement.

Elle convient surtout pour les bières jeunes destinées à être bues rapidement et fermentées directement en fûts d'expédition. Elle éloigne en partie les levures de fond.

Isinglass. — L'isinglass est une colle qui vient d'Amérique. Elle colle par le bas et se présente en paillettes très blanches et transparentes.

Il y a deux façons de l'employer. On la fait tremper douze à quinze heures dans de l'eau froide. On la délaie ensuite dans de l'eau tiède, avec 1/2 gramme d'acide tartrique par gramme de colle; on la refroidit et on la verse dans les fûts.

Le second procédé consiste à la faire dissoudre avec l'acide dans de l'eau très chaude, 84° environ. On la bat avec un petit balai et on l'emploie après refroidissement.

Il en faut de 6 à 9 grammes par hectolitre.

Gélatine. — On emploie 10 grammes de gélatine par hectolitre de bière, que l'on fait dissoudre d'abord dans de l'eau à 40°. On ajoute, soit à la solution, soit, de préférence, à la bière 10 à 12 grammes de tanin en poudre.

La gélatine contracte avec le tanin une combinaison insoluble, floconneuse, qui en se précipitant, entraîne les matières en suspension.

L'effet est plus long qu'avec les colles de poisson et la bière ne s'éclaircit guère qu'au bout de quarante-huit heures.

La gélatine a un inconvénient, c'est d'introduire dans la bière des matières azotées qui peuvent favoriser le développement des bactéries.

Elle convient cependant très bien pour les bières qui doivent être mises en bouteilles et mousser naturellement. Ces bières forment toujours un dépôt abondant. Mais comme elles ont gardé un peu de gélatine en dissolution, celle-ci achève son collage dans les bouteilles, entraîne le dépôt et le fixe sur les parois des bouteilles couchées, assez fortement pour qu'il ne remonte pas au moment où on les débouche.

FERMENTATION BASSE

TEMPÉRATURES

La fermentation basse se fait toujours en cuves et dans des limites de température comprises entre 4° et 10°; 4° est la température de mise en levain. On ne laisse pas ensuite la température s'élever au delà de 8 à 10° en refroidissant le moût au moyen de réfrigérants. La température des caves est maintenue rigoureusement à 4 ou 5°.

Il convient, cependant, de distinguer entre les bières jeunes et les bières de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

garde. Pour les bières jeunes, on met en levain à 6 ou 7° et on laisse la température s'élever un peu plus haut que 10°. Pour les bières de garde, on se tient dans les limites indiquées plus haut.

Une fermentation trop chaude a une influence sur le bouquet de la bière et sur sa finesse, mais donne des bières plutôt terminées et d'une clarification plus rapide. Une fermentation froide dure plus longtemps et donne des bières plus longues à s'éclaircir.

QUANTITÉ DE LEVAIN

La quantité de levure à ajouter est plus forte que pour la fermentation haute. Elle est environ du double et on n'emploie jamais moins de 400 grammes de levure épaisse par hectolitre (50 centilitres, environ). La quantité dépend des mêmes circonstances que nous avons énumérées à propos de la fermentation haute.

La manière de donner le levain est la même, mais on ne se sert pas généralement de cuve-guilloire; le moût passe directement du réfrigérant dans les cuves et chaque cuve est mise en levain séparément. Les cuves, d'une contenance de 30 à 40 hectolitres, sont remplies au 3/4.

Un procédé, quand on brasse à intervalles rapprochés, consiste à ne remplir les cuves qu'à moitié de leur contenance effective; on met en levain avec la quantité moindre que celle calculée d'après la contenance de la cuve et on achève de remplir avec le brassin suivant. Ce procédé a l'avantage d'économiser la levure et, en amenant dans le premier moût en pleine fermentation un second moût aéré et oxygéné, d'imprimer à la fermentation une activité très favorable. On a soin de bien mélanger les deux moûts.

MARCHE DE LA FERMENTATION

De même que dans la fermentation haute, on peut distinguer quatre phases principales, mais qui se succèdent avec beaucoup plus de lenteur. On ne compte plus par heures, mais par jours. Le temps que la fermentation met à parcourir ces phases ; l'aspect du moût et des mousses aux différentes périodes, sont autant d'indications que le brasseur doit noter et qui lui indiquent si la fermentation suit un cours normal.

1re *phase*. — Au début, et après un temps variable de douze, seize ou vingt heures, suivant la température de mise en levain, apparaissent les premières mousses qui, d'abord, se produisent le long des parois de la cuve, formant couronne, l'envahissent peu à peu et finissent par le couvrir dans l'espace de dix-huit, vingt-quatre, à trente heures.

Si des impuretés se montrent par places, on les enlève avec précaution.

2e *phase*. — L'écume devient consistante, s'élève plus haut et se contourne en coquilles blanches; ce sont les kraeusen et c'est la période des *basses kraeusen* ou des kraeusen blanches. Il y a élévation très sensible de température et un dégagement très abondant d'acide carbonique qui se révèle par une odeur vive et pénétrante.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ordinairement les kraeusen sont d'autant plus belles et plus blanches, qu'on a employé plus de houblon et de meilleure qualité.

3e *phase*. — Les jours suivants, à cause du dégagement de plus en plus intense de l'acide carbonique, les kraeusen montent graduellement, se bouclent davantage, se boursouflent et s'élèvent très haut. L'écume qui était blanche devient brune, d'un jaune sale. C'est la période des *hautes kraeusen*.

Les mousses doivent monter très haut, au point de déborder au-dessus des cuves. C'est un signe que la levure est bonne et que la fermentation marche bien.

Elles forment des monticules à pic; si au lieu de cela, elles restent basses et forment des masses arrondies, moutonnantes, la fermentation est tumultueuse, la levure est moins bonne ou la température est trop chaude.

C'est le moment où il convient de surveiller la température. Nous sommes au point culminant de la fermentation. Si la fraîcheur de la cave a été entretenue, si les réfrigérants qui plongent dans les cuves ont bien fonctionné, la température n'a pas dû s'élever de plus de 2 à 3°, et, avec une température initiale de 4°, le moût ne doit pas avoir plus de 7 à 8°.

Les hautes kraeusen arrivent d'ordinaire au bout de quatre à six jours : quelquefois un peu plus ; cela dépend de la température initiale et beaucoup de la nature de la levure. Certaines levures donnent une fermentation plus rapide que d'autres.

L'atténuation augmente à cette période. Tandis que pendant les basses kraeusen le saccharimètre descend de 1/4 à 1/2 degré par jour, il descend, pendant les hautes kraeusen, de 1°, 1° 1/2 et même 2° par jour.

4e *phase*. — Les kraeusen se colorent, brunissent fortement et tombent graduellement. C'est la période des *kraeusen brunes*. La température baisse également peu à peu, revient à son point de départ et quand les kraeusen sont tombées, le moût reste caché par un couvercle d'écumes plus ou moins épaisses, plus ou moins brunes, unies, qui restent immobiles sur la surface et à qui des parties plus brunes donnent un aspect tigré caractéristique. On dit que le moût est couvert. La fermentation principale est terminée. Elle a duré de douze à dix-huit jours, quelquefois plus.

A aucun moment la levure n'est apparue à la surface comme dans la fermentation haute. Elle reste dans les profondeurs du liquide. Au moment de la chute des kraeusen elle commence à se déposer et achève de tomber quand le couvercle est formé.

Le couvercle est composé, en très grande partie, par les résines de houblon. On y trouve aussi une grande quantité de cellules de levure, des matières azotées et différentes substances inorganiques.

SIGNES D'UNE FERMENTATION ANORMALE

Plaques chauves. — Il arrive quelquefois que les mousses, au lieu de couvrir toute la surface du moût, ne le couvrent que par places, laissant des espaces vides où le moût apparaît. On appelle ces espaces vides des plaques chauves (on dit aussi plaques froides).

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les plaques chauves ne sont pas particulièrement dangereuses et la bière qui résultera ne sera pas fatalement condamnée. Elles n'en prouvent pas moins une levure faible et peu active. Elles ne tardent pas à disparaître avec les kraeusen. Si elles persistent, la fermentation est compromise. Il faut aérer le moût, par exemple en le transvasant d'une cuve dans une autre.

Aspect des kraeusen. — Les hautes kraeusen disions-nous, doivent s'élever très haut et tomber graduellement. C'est un mauvais signe quand elles restent basses et tombent trop tôt.

La constitution de la levure, la qualité du houblon, la force du moût et sa composition, la température ont une influence sur la formation des kraeusen et leur durée. Avec une levure forte et trouvant dans le moût les aliments qui lui conviennent, les kraeusen *se posent bien* et restent. Lorsqu'on emploie les succédanés du malt, des orges de mauvaise qualité, des malts mal germés, les kraeusen se posent difficilement et tombent rapidement.

Chute du couvercle. — Le couvercle doit être épais, consistant et rester sur la surface du moût. Il peut arriver qu'il soit mince et qu'il tombe au fond, laissant le moût à découvert. Le goût de la bière peut en souffrir et il faut se hâter de l'entonner. Les houblons de mauvaise qualité, surannés, légers, peu riches en substances, les malts trop jeunes, donnent en général de mauvais couvercles et qui se séparent rapidement.

Repousse. — Quand le couvercle est formé, on voit parfois apparaître tout autour de la cuve, contre les parois, une couronne d'écume blanche, qu'on appelle une *repousse*. C'est une refermentation qui se produit et bien que les causes n'en soient pas très connues, on peut assez certainement l'attribuer à une infection de la levure ou du moût par des ferments étrangers, qui, étouffés au début de la fermentation alcoolique, reprennent de l'activité quand la levure est déposée. Un manque de propreté, des tuyaux mal stérilisés, l'emploi de cuves vieilles et mal entretenues, ou dont le bois subit un commencement de pourriture, peuvent amener cet accident.

Il faut entonner de suite la bière, la placer dans des caves très froides et la livrer plus tôt à la consommation.

Fermentation bulleuse. — On appelle ainsi une sorte de refermentation qui se produit également après la fermentation principale et qui se traduit par des bulles qui traversent le couvercle et viennent crever à sa surface.

Le phénomène n'est pas toujours dangereux, mais il se présente souvent avec des caractères très différents et qui augmentent ou diminuent son importance. Ou bien c'est une cuve seule, dans un brassin, qui a des bulles ; ou bien c'est un seul brassin, qui montre la fermentation bulleuse ; ou bien ce sont tous les brassins d'une cave qui en sont atteints.

Souvent l'accident apparaît et disparaît sans qu'on sache pourquoi.

Les causes en sont à peu près inconnues. On en a donné de très nom-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

breuses explications dont quelques-unes seulement semblent probables ; le phénomène doit avoir des causes très diverses et très variables.

On a accusé la qualité du houblon, en raison de ce que le couvercle est formé en très grande partie de résines et de ce qu'on a observé que la fermentation bulleuse se produit plus volontiers quand on emploie des houblons vieux ou mal conservés. D'autres observations l'ont fait attribuer à la mauvaise ventilation des caves ; au malt touraillé trop chaud, trop jeune ou mal germé ; à des saccharifications incomplètes ; à des levures impures et à des négligences de propreté.

Toutes ces raisons n'expliquent pas que la fermentation bulleuse puisse prendre un caractère isolé.

On a donné une autre explication. On a remarqué que les fermentations bulleuses se manifestaient surtout quand le moût était descendu chaud sur les réfrigérants, avant qu'il n'ait effectué complètement son dépôt, et qu'il entraînait avec lui une partie plus ou moins considérable de ses lies. On explique ainsi que certains brassins ou certaines cuves, montrent une fermentation bulleuse à l'exclusion des autres, mais on ne donne pas les raisons pour lesquelles les lies entraînées la produisent.

Quoi qu'il en soit, la fermentation bulleuse ne met pas précisément la bière en danger, mais on a remarqué, néanmoins, qu'elle est plus plate, qu'elle garde moins sa mousse, est moins crémeuse et qu'elle s'éclaircit plus lentement.

Elle prouve, en tout cas, que dans la fermentation basse, un malt irréprochable, un houblon de première qualité, une levure active et saine, une propreté méticuleuse, une aération large des caves sont indispensables.

MATURITÉ DE LA BIÈRE

Quand la bière a fait son couvercle, on la laisse encore quelques jours en cuves pour que la levure se dépose et que la bière ait le temps de *mûrir*. Aussi longtemps que la bière contient de la levure en suspension, qu'elle n'est pas bien claire, on dit qu'elle est *verte*.

Si la bière est entonnée verte, la fermentation secondaire, toutes conditions de température égales, sera plus vive et s'achèvera dans un temps plus court. La bière s'atténuera davantage et vieillira plus vite.

Il en résulte que plus la bière doit séjourner dans les caves de garde, plus elle doit être entonnée claire ou mûre. La fermentation secondaire marchera plus lentement. C'est là le secret de la fabrication des bières de garde.

Caractère de la maturité. — On reconnaît que la bière est *mûre* et bonne à entonner, au degré d'atténuation et à certains signes extérieurs qui sont l'*aspect du moût*, la *cassure* ; l'*odeur*, le *goût* de la bière.

Aspect du moût. — Si on écarte le couvercle, la bière doit apparaître noire et transparente. Si elle a un aspect fauve, rougeâtre, la bière n'est pas bonne à mettre en foudre. Si cet aspect fauve persiste les jours suivants,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

c'est un signe de mauvaise fermentation ou de mauvais levain ; la bière devra être mise en observation.

Cassure. — Si on examine la bière dans un verre d'épreuve, elle doit apparaître claire, à travers des particules de levure qui flottent dans le liquide et ne tardent pas à se déposer. Ces particules peuvent être plus ou moins abondantes, plus ou moins épaisses et affecter la forme de véritables flocons, ou paquets de levure. C'est ce qu'on appelle la *cassure*. Voici ce qui la produit.

Toutes les cellules de levure sécrètent une espèce de mucus qui forme un réseau dans lequel les cellules s'accumulent et se réunissent en petites masses. Ce réseau a été observé par Hansen. C'est donc une sorte d'agglutination des cellules de levure, analogue à la formation zoogléenne dans les bactéries et qui serait favorisée par ce fait que le liquide devenant moins dense, après fermentation, les attractions moléculaires seraient modifiées (Duclaux).

Ce phénomène est particulier à la levure basse. La levure haute ne produit généralement pas de cassure. Nous avons eu cependant occasion d'observer des levures hautes qui formaient une cassure, mais très fine et jamais aussi prononcée que les levures basses.

Plus il y a de cellules emprisonnées, plus les paquets sont volumineux et plus la cassure est grosse. Et comme le réseau englobe non seulement des cellules, mais d'autres matières en suspension dans la bière, celle-ci paraît plus limpide et s'éclaircit plus vite, parce que les flocons sont plus lourds.

La fermentation secondaire sera plus lente, parce que les cellules ainsi isolées du liquide n'agiront plus sur le sucre non décomposé.

Toutes les levures ne donnent pas la même cassure et celle-ci dépend aussi de la composition du moût.

Il y a des levures qui donnent une forte cassure, très régulière ; d'autres une faible cassure, irrégulière; quelques-unes n'en donnent pas.

D'autre part, une levure qui, dans une brasserie, fournit une bonne cassure, en donne une mauvaise lorsqu'elle est transportée dans une autre brasserie et dans un autre moût. Il peut arriver que dans un brassin quelques cuves seulement présentent une bonne cassure, d'autres pas. Les causes n'en sont pas connues.

On préfère généralement une bonne cassure, mais une faible cassure ne prouve pas fatalement que la levure soit mauvaise ou la fermentation douteuse.

Odeur et goût de la bière. — La bière, au moment de l'entonnement, doit avoir une odeur agréable de houblon et un goût franc de bière jeune, très amer, mais d'une amertume de houblon. Ni l'odeur, ni le goût de la levure ne doivent dominer.

Durée de la fermentation. — La durée de la fermentation, y compris le repos en cuve après la formation du couvercle, est variable.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Elle dépend de la concentration du moût ; les moûts forts fermentent plus longtemps. Elle peut être influencée aussi par la quantité de levure employée, par les qualités ou les propriétés du levain, mais surtout par les températures de fermentation et les genres de bière.

Voici à Munich, Vienne et Pilsen, les durées de fermentation, avec les quantités de levure employées et les températures.

Bière de Munich. — La mise en levain a lieu à 4° R. (5°,C.) avec 60 à 65 centilitres de levure épaisse par hectolitre de moût. La température maximum de fermentation au moment des hautes kraeusen est de 8°,5 R. (10°,5 C.), et la durée est de huit à dix jours. C'est la fermentation la plus courte. La bière est entonnée verte, avec une atténuation apparente de 50 à 52 p. 100, et conservée en caves de garde, la bière jeune de six à neuf semaines, la bière de garde de deux à deux mois et demi.

Bière de Vienne. — On met en levain à 3°-3°,5 R. (3,75 à 4° C), avec 50 centilitres de levure épaisse par hectolitre. La température maximum ne dépasse pas 6° R (7°,5 C.) et la fermentation dure de quinze à dix-huit jours. La bière est entonnée mûre, avec une atténuation de 55-57 p. 100. Le temps de garde est de quatre à cinq mois.

Bière de Pilsen. — Température de mise en levain 3° R (3°,75 C.). Levure employée 50 centigrammes par hectolitre. Dès les basses kraeusen, on refroidit le moût à 2-2° 1/2 R (2°,5-3° C) et on ne laisse pas la température s'élever à plus de 6° R. On entonne mûr avec une atténuation de 55-60 p. 100. La fermentation dure de dix-huit à vingt-deux jours, quelquefois jusqu'à trente jours. C'est la fermentation la plus longue. La durée de garde est de trois à quatre mois.

ENTONNEMENT DE LA BIÈRE

La cuve porte deux trous. L'un, placé dans le fond sert à la récolte de la levure, l'autre, situé sur le côté, un peu au-dessus de la couche de levure, sert au soutirage. A ce dernier, on adapte un robinet et après avoir enlevé le couvercle avec une écumoire, on laisse couler la bière dans un petit reverdoir portatif, d'où elle est pompée dans les foudres. On se sert de pompes rotatives, qui font moins de mousse et les tuyaux qui transportent la bière sont, ou des tuyaux en caoutchouc vulcanisé, ou des tuyaux en cuivre, montés sur roues et dont les bouts sont reliés entre eux par des coudes en caoutchouc. A l'extrémité plongeant dans le foudre, on visse une lance en cuivre, assez longue pour en atteindre le fond. On évite ainsi qu'il se produise trop de mousse.

Pour vider entièrement la cuve, on la penche légèrement, en la soulevant avec un cric ou bien on ouvre le trou du dessous. Comme ce fond entraîne toujours avec lui un peu de levure, on le répartit sur tous les foudres. Si on

IRIS - LILLIAD - Université Lille

le mettait dans le même foudre, il y aurait dans celui-ci une fermentation secondaire trop active.

RÉCOLTE DE LA LEVURE

Quand le soutirage est terminé, on trouve, au fond de la cuve, la levure qui s'est déposée. Dans une fermentation normale et avec un bon levain, la levure est ferme et compacte; la bière a glissé dessus sans l'entamer. Quand elle est liquide et se soulève pendant l'écoulement, elle ne vaut rien.

Avec un rateau en bois, on fait tomber, par le trou du fond, la couche supérieure, qui est mise à part; puis, on recueille dans une cuvelle bien propre, la couche du milieu; c'est elle qui, mise de côté, servira de levain pour un autre brassin. La couche inférieure, en contact avec le fond, est réunie à la première et rejetée.

Voici, en effet, ce qui s'est passé.

Au début de la fermentation, les cellules mortes ou épuisées du levain se séparent et tombent au fond, où elles forment une première couche à laquelle viennent bientôt se réunir les cellules-mères qui, après avoir créé plusieurs générations, meurent à leur tour et tombent.

A la fin de la fermentation, au moment de la chute des hautes kraeusen, ce sont les cellules jeunes, vigoureuses qui se déposent à leur tour et constituent la couche du milieu.

Un peu plus tard, quand le couvercle est fait et que se produit la cassure, une nouvelle couche se forme, composée des flocons de la cassure, de cellules légères, souvent de levures sauvages et même de bactéries, le tout mélangé de résines de houblon, et de matières glutineuses qui se détachent du couvercle.

La pratique en apprenant aux brasseurs à ne prendre que la couche intermédiaire, leur a fait faire, à leur insu, une *sélection naturelle de levure*.

La levure recueillie est immédiatement mise sous l'eau et placée en réserve dans une salle spéciale, tenue très proprement et refroidie, appelée *chambre à levure*, en attendant son emploi.

REFROIDISSEMENT DES MOUTS EN FERMENTATION

On refroidit les moûts en fermentation au moyen, soit de nageurs à glace, soit de réfrigérants à eau glacée, appelés vulgairement *drapeaux*, à cause de leur forme plate.

Nageurs. — Les nageurs (fig. 139) sont des vases en cuivre ou en tôle étamée, qui plongent dans le moût jusqu'à une certaine hauteur et dans lesquels on place des blocs de glace. On les fait cylindriques ou coniques, à paroi unie ou ondulée, et on leur donne une capacité de 1 hectolitre et demi à 2 hectolitres et demi suivant la grandeur des cuves.

On met les nageurs, tantôt au début de la fermentation, avec une petite quantité de glace que l'on augmente selon les besoins, tantôt seulement au

IRIS - LILLIAD - Université Lille

moment des hautes kraeusen, quand la température s'élève. Cela dépend de la température de mise en levain et de celle de la cave. On les retire après la formation du couvercle si la cave est suffisamment froide.

Quand la glace est fondue, on siphonne l'eau de fonte et on remet de la glace.

Les nageurs ont des inconvénients. Ils consomment énormément de

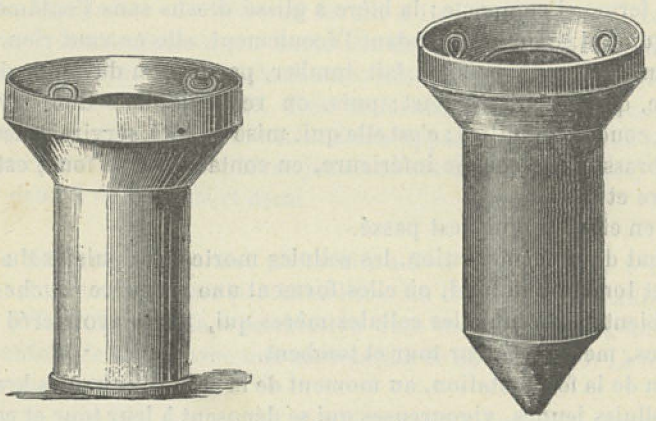


Fig. 139. — Nageurs à glace.

glace ; leur remplissage est difficile, pénible et coûteux à cause des ouvriers qu'il exige. Ils règlent mal la température, parce qu'on a des abaissements brusques quand on met la glace et des élévations quand elle fond. On préfère les réfrigérants.

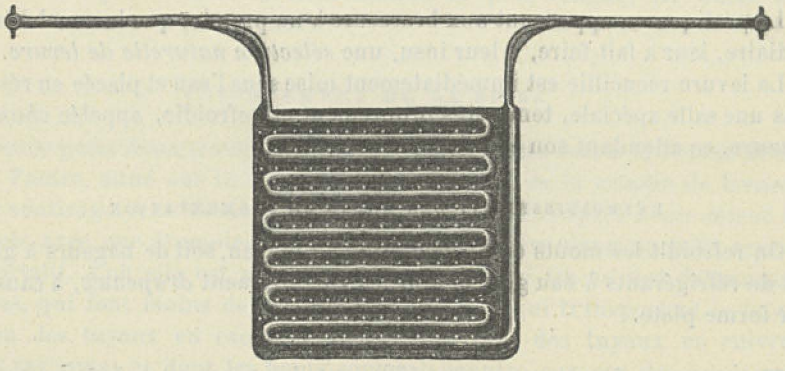


Fig. 140. — Réfrigérant pour cuves de fermentation.

Réfrigérants. — Le réfrigérant le plus ordinaire consiste en une caisse métallique plate (fig. 140), dans lequel se trouve enfermé un serpentin. L'eau glacée entre par le bas et sort par le haut. Les tuyaux d'arrivée et de sortie, coudés et reliés par une entretoise, servent à suspendre au bord de la cuve le réfrigérant qui plonge entièrement dans le moût. A la voûte de la

IRIS - LILLIAD - Université Lille

cave, on place deux tuyaux, l'un amenant l'eau glacée, sous pression, l'autre servant à la sortie ; des raccords permettent de relier les tuyaux aux réfrigérants par des tubes en caoutchouc. Des robinets règlent l'arrivée d'eau dans chacun des réfrigérants.

Dans certains réfrigérants, le serpentin est remplacé par des cloisons verticales ou horizontales, formant chicanes et modérant la circulation de l'eau, D'autres systèmes sont de simples serpentins non enfermés, et contournés en cor de chasse.

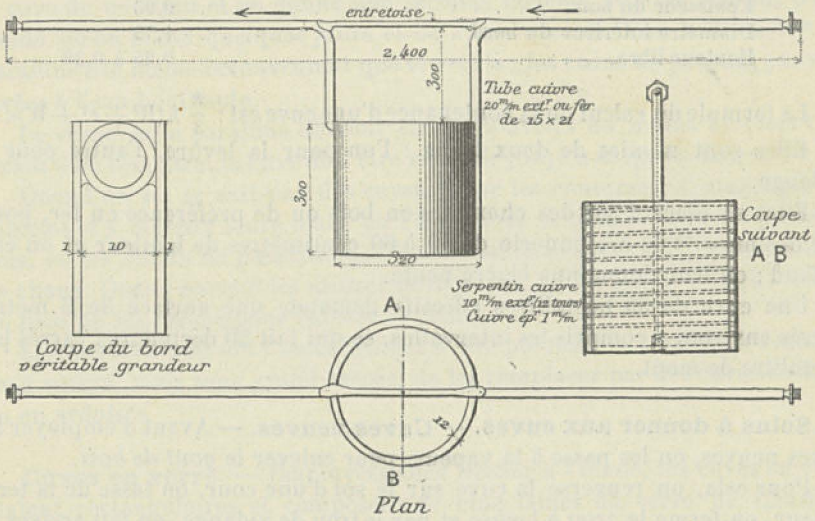


Fig. 141. — Réfrigérant pour cuves de fermentation.

Le réfrigérant des fils Meunier, à Nancy, consiste (fig. 141) en deux tambours concentriques enfermant une cloison en spirale contre laquelle circule l'eau.

CUVES DE FERMENTATION

Cuves en bois. — Les cuves à fermentation se font plus généralement en bois. On emploie le chêne, qui est plus résistant, et on ne l'utilise que quand il est bien sec, après deux ou trois ans de conservation. Les douves sont assemblées très exactement et l'intérieur est raboté de façon que la surface soit aussi unie que possible. Il ne doit y avoir ni joints écartés, ni crevasses, ni nœuds.

On fait les cuves en bois légèrement coniques, la partie plus étroite en haut pour pouvoir serrer les cercles.

On leur donne une contenance de 25 à 40 hectolitres, et comme il faut tenir compte de 15 à 20 p. 100 de la contenance pour l'élévation des mousses, elles n'ont qu'une contenance effective de 20 à 35 hectolitres ; de préférence 25 à 30.

On ne les fait ni trop grandes, ni trop petites. Trop petites, il en faut

IRIS - LILLIAD - Université Lille

davantage et cela exige plus d'emplacement; trop grandes, elles sont plus difficiles à refroidir.

Elles se font rondes, carrées ou ovales, mais plutôt rondes.

La proportion entre la largeur, diamètre du fond et la hauteur est de 1 à 0,75. Voici les dimensions d'une cuve ronde de 36 hectolitres, 30 effectifs, d'après Thausing :

Hauteur intérieure	1,40
Diamètre intérieur du fond	1,90
Epaisseur du bois	0,05
Diamètre intérieur du bord	1,75
Hauteur libre	0,25 à 0,30

La formule du calcul de la contenance d'une cuve est : $\frac{\pi}{3} h (R^2 + r^2 + R \times r)$.

Elles sont munies de deux trous : l'un pour la levure, l'autre pour la vidange.

Elles se placent sur des chantiers en bois ou de préférence en fer, posés sur des massifs de maçonnerie de 50 à 60 centimètres de hauteur et on cale le fond ; on leur donne une légère pente.

Une cuve de 30 hectolitres effectifs demande une surface de 6 mètres carrés environ, y compris les intervalles, ce qui fait 20 décimètres carrés par hectolitre de moût.

Soins à donner aux cuves. — ***Cuves neuves.*** — Avant d'employer les cuves neuves, on les passe à la vapeur, pour enlever le *goût de bois*.

Pour cela, on renverse la cuve sur le sol d'une cour, on tasse de la terre autour, on ferme le trou à levure et par le trou de vidange, on fait arriver de la vapeur, jusqu'à ce que la cuve commence à être chaude à l'extérieur.

Si on ne dispose pas de vapeur, on remplit avec de l'eau bouillante qu'on renouvelle plusieurs fois, en y ajoutant des baies de genièvre.

Traitement des cuves. — Les cuves sont rarement goudronnées [1] ; on les laisse souvent telles quelles, mais parfois aussi, on les enduit intérieurement de vernis ou de paraffine.

Vernissage des cuves. — Le vernis employé est de la gomme-laque en dissolution dans un peu plus de son poids d'alcool absolu [2]. La cuve est séchée en la tenant renversée au-dessus d'un feu de bois. Quand elle est bien sèche, on étend le vernis avec un pinceau. L'alcool s'évapore et la laque forme sur les parois de la cuve une couche solide, jaune, transparente, sur laquelle les impuretés se voient mieux. Pour augmenter l'adhésion et l'isolement du bois, on passe sur la laque sèche une lampe d'émailleur. Le vernis entre en fusion

[1] Il faut injecter la poix à 180°-190°, cela protège le bois et stérilise la cuve. On a reproché souvent à la poix de donner des levures liquides et à trop forte atténuation, ce qui paraît dû au peu d'attraction de CO^2 pour la paroi ; celui-ci se dégage constamment, d'où agitation.

[2] L'alcool contenant des huiles ne sèche pas.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

et pénètre dans les pores du bois. Après refroidissement, on donne une seconde couche.

Malgré cela, le vernis ne tient jamais très bien. Il s'écaille facilement et ne résiste à un lavage à l'eau bouillante. Quand il est écaillé, il présente un danger, parce que les ferments se logent dans les fissures.

Emploi de la paraffine [1]. — La paraffine donne des résultats plus durables. La cuve est, de même, fortement chauffée et la paraffine, chauffée à 100°, est étendue au pinceau sur les parois chaudes. Après refroidissement, on chauffe la cuve de nouveau et on donne une seconde couche, puis on remplit d'eau froide qu'on laisse quelques jours et on rince avec de l'eau à 50 ou 60°. La paraffine a le même inconvénient que le vernis : les cuves ne peuvent pas être lavées à l'eau bouillante.

Le vernis et la paraffine doivent être renouvelés au moins une fois l'an. Avant d'en remettre, la cuve doit être rabottée jusqu'à ce que le bois soit à nu.

Quand on ne se sert pas des cuves, pour les conserver et empêcher les insectes d'y déposer leurs œufs, ou l'acidité de se mettre dans les pores du bois, on les enduit de paraffine que l'on étend chaude, ou bien on les enduit de chaux. Quand on veut les utiliser de nouveau, on les brosse à l'eau chaude, ou bien on les rabote pour enlever la chaux.

Les cuves en bois ont l'inconvénient d'être poreuses et d'une durée limitée. On a essayé, mais sans grand succès, de les remplacer par des cuves en verre ou en ardoises.

Cuves en verre. — Employées chez Dreher à Vienne, les cuves en verre étaient rectangulaires et composées de cinq lames de verre de Charleroi épaisses de 15 millimètres. La lame formant le fond reposait sur une feuille de fonte et portait des rainures dans lesquelles venaient s'emboîter les quatre côtés. Les joints étaient rendus hermétiques au moyen de gutta-percha et les lames étaient rattachées ensemble par des crampons en fer. Le tout était enfermé dans un massif de maçonnerie de 50 centimètres d'épaisseur. Elles ont donné d'excellents résultats, surtout au point de vue de la conservation de la levure, mais leur prix d'achat est très élevé.

Cuves en ardoise. — Elles sont également rectangulaires et composées de 5 feuilles d'ardoise de 4 à 6 centimètres d'épaisseur. La feuille du fond porte quatre rainures où viennent s'enclaver les quatre côtés, et les joints sont faits avec un ciment spécial.

Employées pour la première fois par Jacobsen à Copenhague, elles se sont répandues en Angleterre. Elles sont d'un entretien facile ; l'ardoise, mauvaise conductrice de la chaleur, conserve bien les basses températures ; mais elles sont d'un prix élevé et leur poids exige pour les soutenir, des ouvrages en fer et en ciment très solides.

[1] Droits de douane : 30 francs au tarif minimum ; 35 francs au tarif maximum par 100 kil.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

INSTALLATION DES CAVES DE FERMENTATION

Dimensions. — Les dimensions d'une cave de fermentation dépendront de la production journalière.

Prenons un exemple.

Supposons une chaudière produisant 90 hectolitres. Nous admettons une production journalière de 90 hectolitres, parce qu'à certaines époques il nous faudra brasser tous les jours.

Il nous faudra, en ce cas, pour chaque brassin, 3 cuves de 30 hectolitres; et comme la fermentation dure en moyenne quinze jours :

$3 \times 15 = 45$ cuves. Soit un espace de $45 \times 6 = 270$ mètres carrés.

On plaçait autrefois les caves de fermentation entièrement sous terre, pour mieux conserver la fraîcheur, et on leur adjoignait, soit dessus, soit à côté, des glacières qui entretenaient le froid.

L'emploi des machines frigorifiques a modifié ces installations, on les enfonce moins profondément et même on les dispose au-dessus du sol, à condition de les entourer de doubles murailles, dans l'intervalle desquelles on fait circuler de l'air refroidi.

Mais que la cave soit au-dessus du sol, ou enfoncé plus ou moins profondément, le double mur est indispensable; sous terre, il la protège contre l'humidité du sol.

Deux conditions sont indispensables ; que la cave puisse se refroidir facilement, qu'on puisse l'aérer convenablement.

La ventilation s'obtient au moyen de conduites, partant les unes de la voûte et les autres du bas des pieds-droits et aboutissant à l'air extérieur. Des ventilateurs, que l'on actionne une ou deux fois par jour renouvellent l'air rapidement par les conduites supérieures; l'acide carbonique filant par celles du bas.

On fait les plafonds en voûtelettes surbaissées, qui laissent plus de place et on leur donne une hauteur de 4 mètres au moins.

Nous avons, en effet :

Hauteur des piliers	0,60
— des cuves	1,90
— au-dessus des cuves	1,50
	4,00

Les murs et la voûte sont crépis et recouverts d'un enduit de chaux que l'on renouvelle aussi souvent qu'il convient. Il faut éviter surtout les moisissures. Ou bien, on revêt les murs et la voûte d'un vernis-émail, plus facile à entretenir propre. Le bas des murs, plus exposé à être sali par les eaux de lavage et les éclaboussures est garni, sur une hauteur de 1 mètre environ, de dalles ou de ciment, ou encore de plaques de porcelaine et quelquefois de goudron.

Il faut aussi protéger avec soin les murs et les voûtes contre toutes les infiltrations venant du dehors.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le sol se fait en dalles posées sur ciment. Mais la bière et la levure corrodent

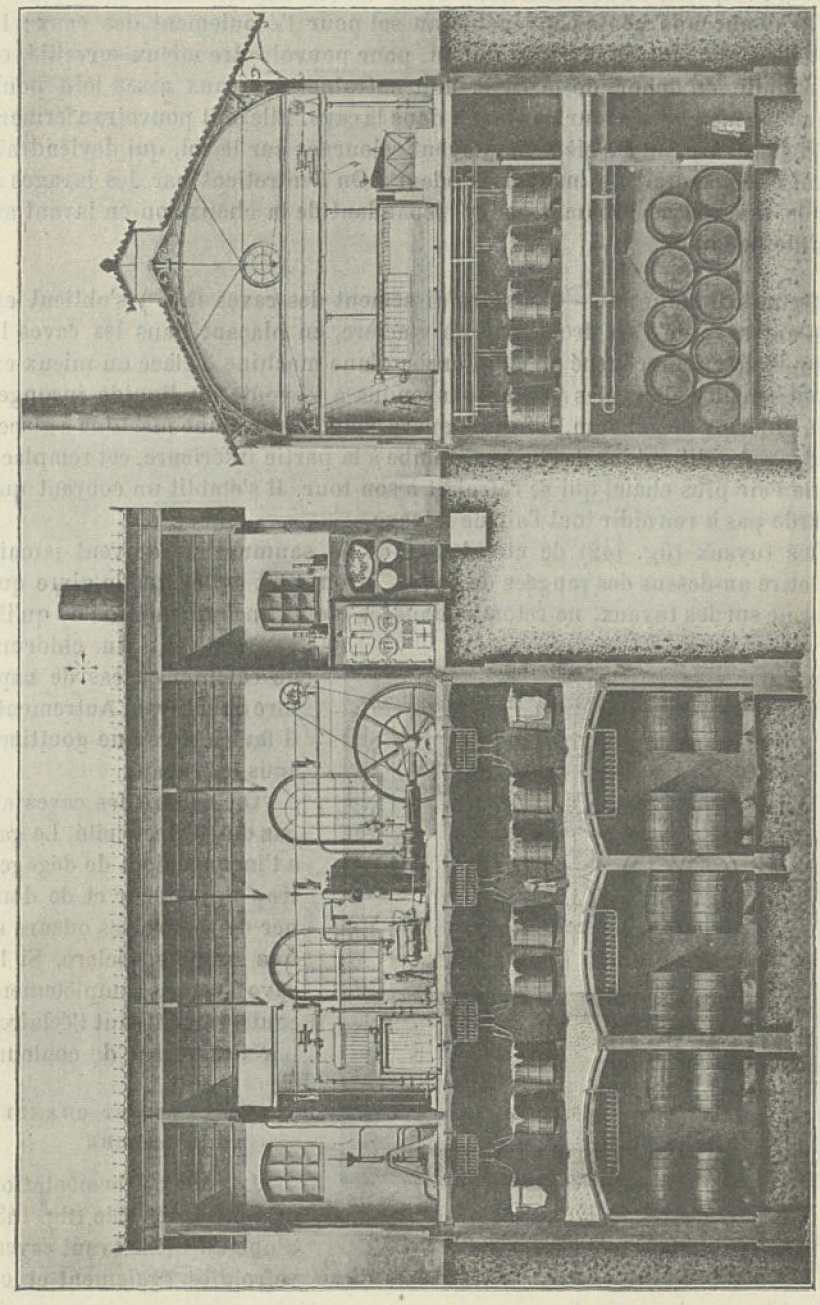


Fig. 142. — Installation des tuyaux frigorifères dans une cave.

rapidement la pierre et produisent des fentes ou des trous où séjournent des

IRIS - LILLIAD - Université Lille

flaques. L'asphalte est meilleure. Elle résiste à l'action corrosive de la bière et le froid l'empêche de se fendiller.

On donne une pente convenable au sol pour l'écoulement des eaux; le canal d'écoulement se place au milieu, pour pouvoir être mieux surveillé, et la conduite, en dehors de la cave, doit entraîner les eaux assez loin pour qu'aucune mauvaise odeur ne vienne dans la cave. Elle doit pouvoir se fermer.

Ni la levure, ni la bière ne doivent séjourner sur le sol, qui deviendrait gluant et dégagerait de mauvaises odeurs. On l'entretient par des lavages à grande eau, en le brossant, en y répandant de la chaux, ou en lavant au bisulfite de chaux.

Refroidissement. — Le refroidissement des caves (à 5°) s'obtient en ventilant avec de l'air froid, par un glacière, en plaçant dans les caves le tuyau de détente recourbé en jeu d'orgue d'une machine à glace ou mieux en faisant circuler dans des tuyaux suspendus à la voûte du liquide incongelable, chlorure de calcium, refroidi dans le congélateur d'une machine à glace. L'air se refroidit autour des tuyaux, tombe à la partie inférieure, est remplacé par de l'air plus chaud qui se refroidit à son tour. Il s'établit un courant qui ne tarde pas à refroidir tout l'air de la cave.

Les tuyaux (fig. 142) de circulation de la saumure ne doivent jamais se mettre au-dessus des rangées de cuves, si on veut éviter que le givre qui se forme sur les tuyaux, ne retombe dans les moûts en fermentation ou qu'ils ne reçoivent du chlorure de calcium en cas de rupture d'un tuyau. Autrement, il faut mettre une gouttière sous les tuyaux.

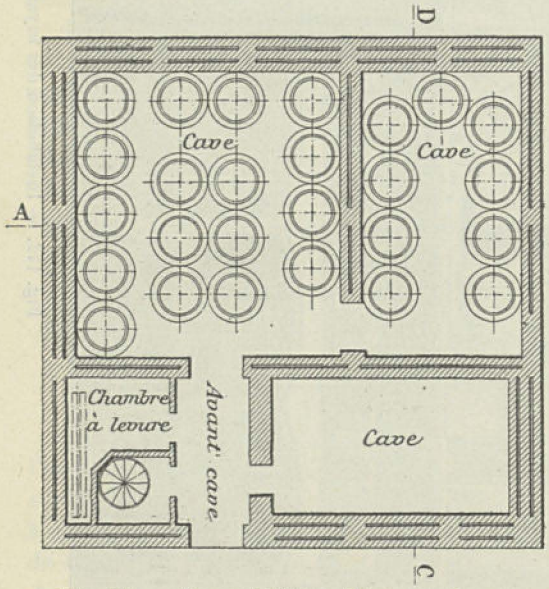


Fig. 143. — Caves de fermentation, avant-cave et chambre à levure.

On éclaire les caves au gaz ou à l'électricité. Le gaz a l'inconvénient de dégager trop de chaleur et de donner de mauvaises odeurs si une fuite se déclare. Si la cave n'est pas complètement souterraine il faut l'éclairer par des verres de couleur.

AVANT-CAVES ET CHAMBRE A LEVURE

La cave de fermentation doit être précédée (fig. 143) d'une ou deux avant-caves, refroidies également et où se font les services. On les met un peu en contrebas, pour que les eaux de lavage ne pénètrent pas dans la cave de fermentation. Non seulement ces

IRIS - LILLIAD - Université Lille

avant-caves sont utiles à la propreté, en évitant de faire certains ouvrages malpropres dans la cave même, mais elles protègent celle-ci contre l'influence de l'air extérieur en ne la mettant pas directement en communication avec les escaliers et les portes de sortie.

Soit dans une des avant-caves, soit dans la cave même, on ménage une salle spéciale où la levure est manipulée et conservée à l'abri de toute infection. Nous n'avons pas besoin de dire que la chambre à levure est refroidie et tenue très proprement.

TRAITEMENT DE LA BIÈRE EN CAVES DE GARDE

Après la fermentation principale, la bière est logée dans des foudres placés dans des caves spéciales appelées caves de garde.

C'est dans les caves de garde que la bière accomplit sa fermentation secondaire et qu'elle prend ses qualités de goût, de limpidité et de mousseux.

Régularité de goût. — Pour obtenir la régularité de goût qu'il serait difficile d'avoir à chaque brassin, on a l'habitude de ne pas remplir chaque foudre en particulier, mais de répartir chaque brassin dans un certain nombre de foudres, de sorte que chaque foudre contient en égale quantité, ou à peu près, la bière d'un certain nombre de brassins.

Cependant, pour les bières jeunes, destinées à être bues rapidement, on répartit dans un moins grand nombre de foudres, de façon à hâter leur maturité. La répartition n'a pas seulement pour effet de donner des bières plus uniformes, elle prolonge la fermentation secondaire.

Il est bon alors que les caves de garde soient divisées en un certain nombre de caves séparées, ne contenant qu'un nombre restreint de foudres qu'on peut remplir simultanément, et chacune correspondant à une bière spéciale.

On ne remplit pas les foudres complètement à cause de la mousse et on achève de le faire à la main. Il faut éviter de répandre de la bière sur le sol dans des caves où le nettoyage est très difficile, à cause de l'encombrement et de la difficulté de déplacer les foudres.

Quelques jours après le remplissage, il se forme au trou de bonde un chapeau de mousse blanche qui brunit au contact de l'air. Une fois ou deux, on l'enlève et on remplit le foudre. C'est la fermentation secondaire qui s'accomplit. Quand le bouquet ne se fait pas, c'est que la bière est trop atténuée et que l'entonnement a eu lieu trop tard.

Quand la fermentation secondaire se ralentit, on remplit une dernière fois, on met la bonde à volonté, on abaisse la température de la cave et on abandonne la bière qui, à ce moment, doit déjà être claire.

Mise sur copeaux. — Pour aider à la clarification des bières de garde et augmenter leur limpidité, on se sert de copeaux.

Ce sont des copeaux de hêtre ou de noisetier, de 40 à 45 centimètres de long sur 4 à 5 centimètres de largeur et 1 à 2 millimètres d'épaisseur. On les

IRIS - LILLIAD - Université Lille

choisit très unis, non fendillés et avant leur emploi, on les nettoie soit à l'eau bouillante, soit à la vapeur.

A l'eau bouillante, on les fait bouillir, dans une bassine, cinq ou six fois en renouvelant l'eau jusqu'à ce qu'elle n'ait plus aucune coloration ; ordinairement une heure dans la première eau, à laquelle on ajoute 1 kilogramme de soude par hectolitre d'eau, et une demi-heure dans les autres.

A la vapeur (fig. 144), on se sert d'un appareil. Il se compose d'un cylindre horizontal en tôle ondulée et percée de trous. L'axe du cylindre est un tube également percé de trous et communiquant par une de ses extrémités avec un

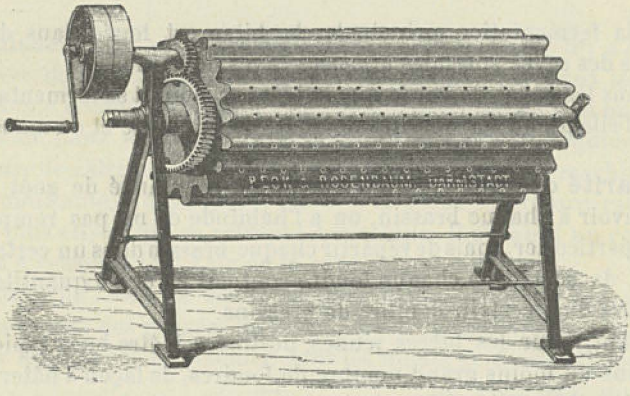


Fig. 144. — Machine à laver les copeaux.

double tuyau permettant l'entrée soit de la vapeur, soit de l'eau froide. Les copeaux sont introduits par une porte ménagée à la surface du cylindre ; la vapeur passe dans le tuyau central et, par les trous de ce dernier, dans le cylindre, où elle est mise en contact avec les copeaux par le mouvement de rotation de l'appareil. L'eau sale, de condensation, s'échappe par les trous du tambour. On les rince ensuite à l'eau froide.

Les copeaux sont introduits dans le foudre par le trou de bonde, après qu'on a siphonné une quantité de bière suffisante pour faire du vide. Ils se mettent vers la fin de la fermentation secondaire. Pour les bières jeunes, on les place dans le foudre, par le trou d'homme, avant le remplissage.

On les met secs, ou humides. Secs, ils flottent un peu plus longtemps dans le liquide, mais comme on les fait sécher à l'air, on risque d'introduire des bactéries ou des poussières. On préfère les employer humides, la quantité d'eau introduite étant insignifiante.

Il faut, par hectolitre de bière, environ 1 kilogramme de copeaux humides, ou 1/2 kilogramme de copeaux secs. Ils peuvent resservir quatre ou cinq fois. Quand le foudre est vide, on les retire, on les brosse à l'eau chaude, on les trie, en écartant tous ceux qui sont fendillés ou noircis, et on les recuit à la vapeur.

Les copeaux agissent en retenant à leur surface les particules qui troublent

IRIS - LILLIAD - Université Lille

le liquide. Voici ce qui se passe. Il y a un dégagement incessant d'acide carbonique. Les particules formant le dépôt se chargent de bulles et remontent à la surface du liquide ; elles retombent quand les bulles crèvent et ce va-et-vient continuel empêche la bière de s'éclaircir. Quand les copeaux sont introduits, les particules s'attachent à eux au fur et à mesure qu'elles les rencontrent ; elles ne peuvent plus remonter ni descendre et peu à peu, la bière se dépouille et prend une limpidité de plus en plus grande.

C'est le meilleur collage qu'on puisse employer. Il n'introduit aucune substance nuisible et n'affaiblit aucune des qualités de la bière.

La bière sur copeaux avance plus vite et peut être soutirée plus tôt.

On emploie aussi, aujourd'hui, les copeaux d'aluminium, qui sont plus coûteux, mais qui ont sur les autres l'avantage de durer beaucoup plus longtemps, et d'être d'un nettoyage plus facile. Leur effet est un peu plus lent. On n'a observé aucune influence sur le goût de la bière, mais on a constaté qu'il se dissolvait une petite quantité de métal, 0,0016 à 0,0027 gr. par litre.

Augmentation de l'acide carbonique et du mousseux. — Pour augmenter la quantité d'acide carbonique contenu dans la bière et la rendre plus mousseuse, on fait deux opérations, on ajoute des kraeusen et on bondonne les foudres quelques semaines avant de la livrer à la consommation.

Kraeusen. — Ce qu'on appelle des kraeusen, c'est du moût en fermentation à la période des basses kraeusen ou des mousses blanches.

On retire de chaque foudre, en siphonnant, une certaine quantité de bière et on la remplace par une même quantité de moût en fermentation.

La quantité varie de 1/2 litre à 5 ou 6 litres par hectolitre et dépend de l'âge de la bière, du degré de mousseux qu'on veut obtenir, de la composition de la bière, de son atténuation et surtout de la température de la cave ; dans les caves chaudes, la bière *s'évente* plus vite et perd plus d'acide carbonique que dans les caves très froides.

Il se déclare une fermentation plus ou moins vive et une production d'acide carbonique qui reste dissoute dans la bière, d'autant plus que l'on bondonne les foudres.

L'addition des kraeusen donne plus de montant aux bières. Elle augmente aussi leur résistauce, parce que l'acide carbonique s'oppose au développement des ferments de maladie.

On a proposé de remplacer les kraeusen par de la levure pure. Le résultat est le même, mais il y a une difficulté pratique à doser la quantité de levure.

Bondonnement. — Aussitôt les kraensen ajoutés, on bondonne les foudres. Mais, même lorsqu'on ne juge pas à propos de mettre des kraeusen, il est nécessaire de bondonner les foudres quelque temps avant de soutirer la bière.

La durée du bondonnement varie pour les mêmes raisons qui font varier les quantités de kraeusen. Certaines bières n'exigent qu'un bondonnement

IRIS - LILLIAD - Université Lille

de huit jours pour être suffisamment mousseuses, d'autres demandent à rester quinze jours et même un mois sous pression.

Cela dépend surtout de la température de la cave. Un liquide froid dissout ou retient plus d'acide carbonique qu'un liquide chaud, et dans une cave refroidie à près de 0°, la bière sera toujours mousseuse, même si elle n'est pas bondonnée, ou très peu.

Nous empruntons à Langer et Schultze le résultat d'expériences faites à Vienne sur les quantités d'acide carbonique retenues suivant les températures.

L'extrait primitif du moût était de 10 p. 100.

L'atténuation a été de 57 p. 100. La bière conservée à différentes températures contenait :

A 0°,4 C. . . .	3,32	gr. ou	1 718	centimètres cubes de CO^2	par litre.
A 1°,6 C. . . .	3,20	—	1 656	—	—
A 2°,8 C. . . .	3,11	—	1 609	—	—
A 4° C. . . .	2,97	—	1 537	—	—
A 4°,7 C. . . .	2,85	—	1 475	—	—

Entre les températures extrêmes, la quantité d'acide carbonique a diminué de 243 centimètres cubes, soit le quart du volume de la bière.

Le même auteur donne l'effet du bondonnement sur le contenu en acide carbonique.

En représentant par 100 la quantité de CO^2 contenue dans une bière bondonnée normalement, la quantité devient, la température demeurant égale :

89	dans une bière	bondonnée tard ;
79	—	non bondonnée ;
69	—	bondonnée seulement après soutirage ;
68	—	non bondonnée ;
60	—	en vidange ;
56	—	en vidange et devenue plate ;
29	—	agitée.

Réglage de la pression dans les foudres. — Les opérations précédentes ont pour résultat d'augmenter la pression dans les foudres qui peuvent éclater

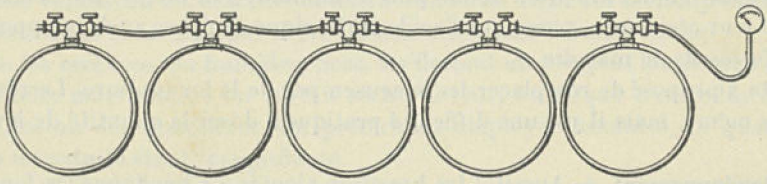


Fig. 145. — Réglage de la pression dans les foudres.

si cette pression devient trop forte. Pour régler la pression on emploie des bondes de sûreté, ou bien, pour mieux égaliser la pression, chaque foudre (fig. 145) porte une bonde munie d'un tube en T à robinets (fig. 146). On

IRIS - LILLIAD - Université Lille

réunit les robinets par des tubes en caoutchouc et le robinet du dernier foudre communique avec un manomètre. Si la pression devient trop forte, il suffit d'ouvrir le robinet du premier foudre pour la faire baisser. On peut même rendre automatique cette ouverture par le jeu d'une soupape de sûreté réglée pour la pression voulue.

On maintient, ordinairement, une surpression de 0,3 à 0,5 d'atmosphère.

Enfin, il peut être utile au moment des soutirages, de faire une pression dans les foudres ; pour ce faire on introduit de l'acide carbonique par les bondes précédentes.

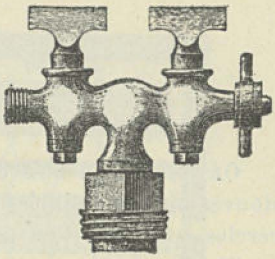


Fig. 146. — Robinet à raccords pour bonde Kromer pour réglage de la pression.

Température des caves de garde. — La température des caves de garde doit être maintenue entre 1° et 3°. 3° au moment de l'entonnement : 1° lorsque la bière a fini de *pousser*, c'est-à-dire lorsque la fermentation secondaire est à sa fin. Il est dangereux de refroidir tout de suite, quand la bière sort de la cave de fermentation où la température est plus élevée ; la fermentation secondaire se fait mal et il y a production de petites cellules de levure qui se déposent difficilement.

Pour les bières jeunes, entonnées vertes, on peut tenir la température un peu plus élevée, de 3° à 4°. Pour les bières de garde, entonnées mûres et qui doivent séjourner plusieurs mois, on abaisse la température à 1°, au plus. Une basse température est une garantie de bonne conservation et des qualités de la bière.

Durée de garde. — La durée de garde est variable avec le genre de bière. Nous avons vu que des bières de Munich, fermentées plus chaud et entonnées vertes, ne sont conservées que de deux à trois mois ; tandis que les bières de Vienne et de Pilsen restent en caves de trois à cinq mois. Il est rare qu'une bière de fermentation basse ait toutes ses qualités avant deux mois à deux mois et demi de conservation.

Pendant la fermentation secondaire, l'atténuation augmente. Elle peut être de 5 à 10 p. 100. On prend soin qu'elle ne soit ni trop basse, ni trop élevée.

Une atténuation finale de 60 p. 100 serait insuffisante, une atténuation de 75 p. 100 serait trop forte, on se tient entre ces limites. Pour les bières d'exportation ou pour les bières destinées à être mises en bouteilles, on cherche une atténuation plus forte.

Foudres. — Les foudres sont ordinairement gerbés, si la hauteur des caves le permet. Les foudres sur chantier ont une contenance de 50 à 60 et même 75 hectolitres ; les foudres gerbés, une contenance de 30 à 40 ou 45 hectolitres.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Voici, d'après Thausing, les dimensions des foudres suivant leurs contenances.

Contenances.	Longueur.	Diamètre.
20 à 25	1,75	1,65
30 à 35	1,90	1,80
40 à 45	2,05	1,95
50 à 60	2,20	2,15
65	2,35	2,30
75	2,50	2,40

On les fait en bois de chêne, bien sec, épais de plusieurs centimètres, à douves bien assemblées et très unies, à jables profonds[1], et reliés par des cercles épais que l'on passe au minium tous les ans pour les empêcher de rouiller.

Tous les ans, aussi, on goudronne les foudres à l'intérieur.

Ils portent un trou d'homme qui sert à les nettoyer. Quand un foudre est vide, on retire le dépôt et les copeaux ; on brosse l'intérieur et on le referme. S'il ne doit par servir, on le souffre, mais jamais il ne faut mettre d'eau qui pourrait se corrompre.

Le dépôt, souvent très abondant, filtré ou clarifié à la colle de poisson, sert au remplissage des fûts de bière ordinaire ou comme boisson des ouvriers.

Les foudres sont posés sur des chantiers bas, en fer, portés par des piliers en maçonnerie.

On calcule que dans une cave bien aménagée, sans place perdue, en foudres de 60 et 40 hectolitres, il faut 1 mètre carré pour 13 à 14 hectolitres de bière.

Dans les grands foudres, la bière s'éclaircit un peu plus lentement que dans les petits foudres.

INSTALLATION DES CAVES DE GARDE

Nous ne pouvons que répéter ici ce que nous avons dit plus haut des caves de fermentation.

Une bonne cave de garde doit être froide et sèche ; l'air doit y être aussi pur que possible (fig. 147).

Froide, c'est-à-dire qu'elle doit pouvoir se refroidir facilement et au degré voulu ; sèche, c'est-à-dire qu'on doit la prémunir contre les infiltrations. On les fait sous terre. Les voûtes et le sol sont faits aussi étanches que possible ; des doubles murs doivent l'isoler de la terre, la garantir de l'humidité et conserver le froid ; la voûte est protégée contre les infiltrations par un sol en asphalte qui éloigne les eaux de pluie ou par des bâtiments.

Des canalisations d'air et des ventilateurs doivent assurer la ventilation quand elle est nécessaire.

Les voûtes se font en plein cintre et en briques creuses qui sont plus isolantes.

[1] Jable, rainure des douves pour fixer les fonds.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le sol peut être en asphalte, comme pour les caves de fermentation ; mais on se contente plus souvent d'une aire battue sur laquelle on répand du sable ou du gravier.

Les murs sont blanchis à la chaux ou recouvert de vernis-émail.

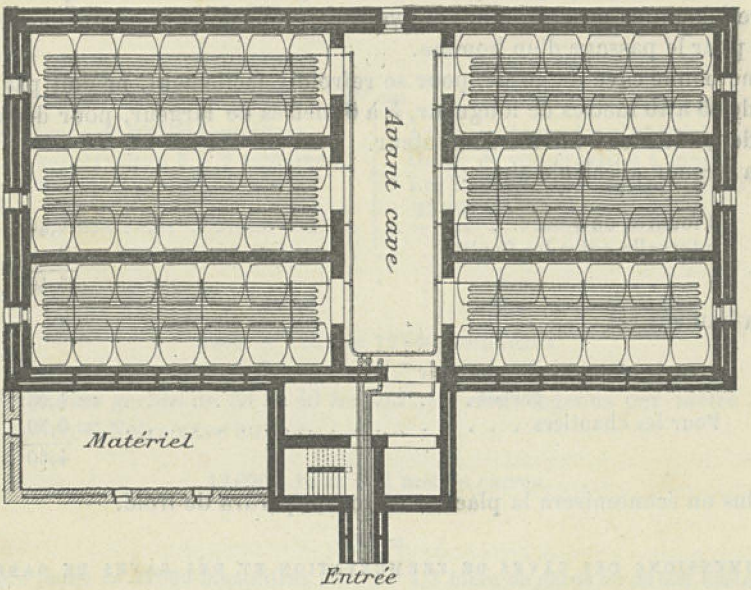


Fig. 147. — Caves de garde.

Les caves sont divisées en compartiments plus faciles à refroidir séparément et qui permettent de loger les bières distinctement, suivant leurs qualités.

Elles sont précédées d'une avant-cave formant puits et par où, au moyen de plateaux et de treuils, les foudres peuvent être amenés au dehors pour les réparations et le goudronnage, et où se placent ordinairement les appareils à soutirage.

Le refroidissement avait lieu, autrefois, au moyen de glacières situées soit au-dessus, soit par côtés, et qu'on remplissait de glace pendant l'hiver. Des volets, s'ouvrant sur les caves, permettaient d'y entretenir la fraîcheur.

Aujourd'hui, on refroidit les caves de garde comme les caves de fermentation, par circulation de liquide incongelable dans des tuyaux suspendus aux voûtes.

Les tuyaux ont ordinairement 0,05 m. de diamètre, et 1 mètre de longueur ils représentent 0,16 m. de surface. En supposant, ce qui est le cas le plus ordinaire, que l'eau salée entre à — 6° et ressorte à — 4°, ce qui fait une moyenne de — 5°, et que la cave soit maintenue à + 1°, c'est une différence de 6° qu'il faut conserver entre l'eau salée et l'air de la cave. Il faut, en ce cas, 2 mètres de tuyaux par mètre carré de cave. Si la cave a 4 mètres de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

large, il faudra 8 tuyaux à côté les uns des autres, et deux tuyaux par mètre de largeur en plus.

Nous supposons, bien entendu, une cave bien aménagée et dont les doubles murs empêcheront la déperdition du froid.

Dès qu'une cave est remplie de bière qui n'en doit sortir que trois ou quatre mois plus tard, on mure l'ouverture, en ne laissant qu'une porte suffisante pour le passage d'un homme.

Une bonne cave de garde, pour se refroidir facilement, ne doit pas avoir plus de 35 à 40 mètres de longueur, 5 à 6 mètres de largeur, pour deux rangées de foudres et 5 mètres de hauteur.

La largeur se calcule ainsi :

2 foudres de 2,20	= 4,40
Intervalle entre les foudres	= 1
	5,40

La hauteur est :

Pour les foudres sur chantier	= 2,15
— gerbés	= 1,95
Pour les chantiers	= 0,50
	4,60

Plus on économisera la place et moins on perdra de froid.

DIMENSIONS DES CAVES DE FERMENTATION ET DES CAVES DE GARDE

Caves de fermentation. — Nous prendrons un exemple et nous supposerons une fabrication annuelle de 50 000 hectolitres de bière.

La perte à la fermentation étant de 9 à 10 p. 100, il nous faudra fabriquer 55 000 hectolitres de moût, soit, en admettant trois cents jours de travail par an, ou 300 brassins, une production, par jour de 180 hectolitres en chiffres ronds.

Il faudra, par brassin, 6 cuves de 30 hectolitres.

La durée de fermentation est de quinze jours et le nombre de cuves nécessaire sera de $15 \times 6 = 90$.

Chaque cuve prend un espace de 6 mètres carrés, y compris les intervalles.

La surface de notre cave de fermentation sera : $90 \times 6 = 540$ mètres carrés.

Nous ferons notre cave rectangulaire. Elle aura 32 mètres de long sur 17 de large. Sur la longueur nous placerons 15 cuves de 2 mètres de diamètre ; nous aurons sur la largeur six rangs de cuves dont quatre seront adossés deux par deux et deux adossés aux murs. Il y aura, de la sorte, trois intervalles entre les rangs de cuves, de 1,50 m. chaque, suffisants pour les services.

On peut prendre toute autre disposition pour le placement des cuves ; mais, en général, il faut faire les caves de fermentation aussi carrées que possible ; on embrasse mieux l'ensemble et la surveillance est plus facile.

D'ailleurs il y a aussi lieu de tenir compte du minimum de construction

IRIS - LILLIAD - Université Lille

qui dépend surtout du minimum de la périphérie de la cave lequel correspond à une surface se rapprochant du carré.

Caves de garde. — Nous prenons la même production, mais nous supposerons deux cas : 1° la fabrication de moitié bière jeune et moitié bière de garde ; 2° fabrication des 2/3 de la production en bière jeune, le reste en bière de garde.

1er *cas.*

1/2 bière jeune = 27 500 hectolitres.
Durée de conservation 5 à 6 semaines.
Les foudres seront remplis 9 fois.
$\frac{27\,500}{9} = 3\,000$ hectolitres (chiffre rond).

1/2 bière de garde = 27 500 hectolitres.
Durée de conservation 4 mois.
Les foudres seront remplis 3 fois.
$\frac{27\,500}{3} = 9\,000$ hectolitres.

Nous aurons toujours en cave :

$$3\,000 + 9\,000 = 12\,000 \text{ hectolitres.}$$

En foudres gerbés de 50 et 40 hectolitres, nous logeons par mètre carré 14 hectolitres. Notre cave aura :

$$12\,000 : 14 = 857 \text{ mètres carrés.}$$

2e *cas.*

2/3 bière jeune = 35 000 hectolitres.
Les foudres seront remplis 9 fois.
35 000 : 9 = 4 000.

1/3 bière de garde = 20 000 hectolitres.
Les foudres seront remplis 3 fois.
20 000 : 3 = 6 000.

en chiffres ronds :

$$4\,000 + 6\,000 = 10\,000 \text{ hectolitres en caves.}$$
$$10\,000 : 14 = 714{,}2 \text{ mètres carrés.}$$

Nombre des foudres. — Nous prenons le dernier cas et nous avons à loger 10 000 hectolitres, en foudres de 40 et 50 hectolitres, gerbés. 2 foudres = 90 hectolitres. $\frac{10\,000 \times 2}{90} = 222$ foudres.

Nous aurons 3 divisions ou 3 caves.

Chaque cave contiendra 222 : 3 = 74 foudres.

Les foudres seront placés sur deux rangs et chaque rang aura 37 foudres dont :

19 en bas de 50 hectolitres . . . . . = 950 hectolitres.
18 en haut de 40 — . . . . . = 720 —
1 670 hectolitres de bière.

Il y aura :

Par cave : $1\,670 \times 2 = 3\,340$ hectolitres. Dans les trois caves : $3\,340 \times 3 = 10\,020$ hectolitres.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Chaque cave aura 43 mètres de longueur sur 5,5 m. de large. La surface totale sera :

$$43 \times 5{,}5 \times 3 = 709{,}50 \text{ m}^2.$$

Nous avions trouvé, précédemment, 714,2 par évaluation directe.

FABRICATIONS PARTICULIÈRES DE BIÈRES BASSES

Fermentations en vase clos. — Les fermentations en vase clos, ont pour but de pousser très loin la fermentation principale et de réduire le plus possible la fermentation secondaire.

Les vases contiennent des agitateurs (vagueur, injecteur d'air); quant à la fermentation secondaire, elle est faite soit en foudre, soit en vase clos, avec injection de gaz carbonique.

Système Hansena. — Le système *Hansena* de Nathan comprend un cylindre dont le fond est à double paroi, pour les refroidissements à l'eau ou à la glace. Ce cylindre est bien émaillé à l'intérieur, et contient un axe à ailettes hélicoïdales mobile par un engrenage. L'axe est creux et peut à volonté introduire de l'eau ou de la vapeur.

A la partie inférieure une tubulure d'évacuation, qui reçoit d'ailleurs le tube d'injection d'air.

L'appareil comporte encore une tubulure reliée à une pompe aspirante et une tubulure d'ensemencement.

On stérilise l'appareil, on le refroidit par la double paroi, on envoie le moût ; on aère en aspirant par la pompe l'air qui entre par le bas; on fait marcher le vagueur.

Quand la température est convenable, on met en levain (culture de levure pure dans un moût stérilisé, placée dans un bidon où l'on peut comprimer de l'air filtré).

On fait marcher tantôt l'air, tantôt le vagueur.

Le gaz carbonique est aspiré par la pompe, lavé au permanganate et insufflé à la place d'air.

En huit, dix jours, on a une atténuation voisine de l'atténuation limite.

On laisse déposer la bière trente-six heures, et par une pression d'acide carbonique on transvase dans un deuxième cylindre stérilisé et maintenu à 1° ; on sature de gaz carbonique, on filtre et on soutire en fûts.

Le système supprime la cave de garde, la réfrigération de la deuxième cave, laquelle est très réduite. Il comporte peu de main-d'œuvre, le moût est stérilisé.

Mais la bière n'a pas de bouquet et la mousse d'acide injecté n'a pas les propriétés de la mousse naturelle.

Enfin l'appareil a le défaut de tous ceux de ce genre, ils peuvent être très dangereux s'ils sont mal stérilisés.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Fermentations abrégées. — Lorsque les caves sont trop petites on a intérêt à abréger les opérations. On peut gagner de trois à cinq jours sur la durée de la fermentation en élevant la température du levain. Mais on ne doit pas dépasser 10°. La bière a alors un goût spécial et est très sensible au froid surtout lorsque la cave de garde n'est pas très froide. Cette sensibilité au froid est due à la plus grande diffusion des matières azotées. La cave de garde doit être à 1°; les matières azotées se déposent, il faut filtrer et par suite saturer de gaz carbonique; en agitant le levain maintenu à 8°, on peut encore gagner deux jours.

Fermentation Jacquemin. — Un procédé employé dans une ou deux brasseries est le procédé Jacquemin. Celui-ci a acclimaté, à l'aide de doses croissantes d'acide tartrique, des levures basses au travail à 15-20°, sans modifier le caractère de la bière. On opère par des procédés en vase clos.

Atténuations des bières basses. — Dans la fabrication d'une bière basse, pendant la fermentation principale, il se produit une atténuation qui porte sur les sucres libres, la maltose des maltodextrines, mais qui dépend:

De la levure qui attaque plus ou moins cette maltose des maltodextrines du moût; pour une faible dose de sucres libres, pour une faible dose d'azotés assimilables, il y a augmentation de l'atténuation avec la croissance des doses.

L'atténuation au contraire ne dépend pas de la quantité de levure.

De l'agitation du moût (mécanique ou produite par une injection d'air) qui ramènent au sein du liquide les levures du tranché et les font agir surtout sur les maltodextrines riches en maltose;

De la présence de résidus qui produisent la répartition des levures dans la masse;

De la température élevée et de la durée de celle-ci lesquelles tendent à augmenter légèrement l'atténuation en augmentant elles-mêmes;

De la ventilation des caves qui en augmente l'atténuation.

L'atténuation secondaire varie avec la température et la durée de garde. Les caves chaudes produisent plus vite l'atténuation secondaire. Elle dépend de la quantité de maltose combinée, laquelle est le résidu de celle qui a disparu à l'atténuation principale. Mais si la matière azotée manque au moment de la mise en foudre, la peptase dissout la zymase et l'atténuation secondaire s'arrête.

Celle-ci augmente par le mouvement dû au remplissage.

La présence des copeaux augmente l'atténuation en répartissant les cellules et au contraire les collages.

L'atténuation limite, limite naturellement l'atténuation secondaire; pour qu'une bière soit stable, il faut que l'atténuation limite soit atteinte et qu'il n'y ait plus d'azotés assimilables.

Cependant ceci est bien plus nécessaire pour les bières en cannettes filtrées qui contiennent encore des levures et qui se réchauffent fortement, que

IRIS - LILLIAD - Université Lille

pour les bières en fûts qui peuvent être à 8 p. 100 de l'atténuation limite.

D'ailleurs dans les bières brunes, l'atténuation limite n'est jamais atteinte, et l'azote n'est jamais épuisé, de sorte qu'elles refermentent dès qu'elles se réchauffent.

L'expérience montre les points suivants :

Bière pâle, en cannettes, atténuation à la livraison.	72-73 p. 100.	
— — atténuation limite. . . .	74-75	—
— en fûts, atténuation à la livraison. . .	62	—
— — atténuation limite.	66-68	— pour une garde de 2 mois en cave très froide.

La question pratique est de régler l'atténuation à la livraison entre l'atténuation principale et l'atténuation limite, en tenant compte de la fermentation secondaire après livraison.

Avec des caves très froides on compte 1 p. 100 d'atténuation secondaire par semaine de garde.

Donc si on doit garder n semaines (2 à 8 par exemple) l'atténuation secondaire sera de n p. 100, et par suite on devra conduire l'atténuation principale à 72-73 moins n.

Avec des caves chaudes on compte que par degré de température en sus de 2, il y a une atténuation de 0,5 p. 100, et par semaine de garde il y a une atténuation de 1 p. 100, de sorte que dans une cave à 5° pour une garde de quinze jours, il se produira $1,5 + 2 = 3,5$ p. 100 d'atténuation.

Pour les bières brunes, l'atténuation à la livraison est de 50-55 p. 100, l'atténuation limite atteignant 65 p. 100, les caves doivent être inférieures à 1°.

Bières spéciales. — *Bières françaises.* — **Bières du Nord.** — En France, les anciennes bières brassées par infusion et fermentées par le haut, ont presque partout cédé le pas aux bières de fermentation basse, plus recherchées par les consommateurs. Aujourd'hui, l'installation de brasseries de genre allemand, et la qualité des produits ont fait reculer l'invasion des bières venues de Strasbourg ou d'Allemagne.

Seul, le Nord a conservé les anciennes méthodes de fabrication. Les bières du Nord sont toutes fermentées par le haut. On emploie pour leur fabrication du malt d'escourgeon et un peu de malt d'Afrique dont la paille facilite la filtration ; dans le même but, on y mêle parfois des menues pailles. On augmente quelquefois leur richesse saccharine par une addition de glucose.

Les bières du Nord sont de deux sortes, les bières brunes et la bière blanche.

Bières brunes du Nord. — Les bières brunes se brassent soit par la méthode par infusion, ascendante, avec deux trempes consécutives, soit par la méthode à moût trouble, suivant le procédé lillois que nous avons décrit.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Elles sont fabriquées avec du malt pâle, ou peu touraillé et colorées avec du caramel et une longue ébullition. La cuisson dure de huit à douze heures et on y met de 300 à 500 grammes de houblon, moitié environ houblon du Nord et moitié houblon allemand.

Après refroidissement sur les bacs et les réfrigérants, on les entonne à température assez élevée, 18 à 22° et la fermentation a lieu dans les tonneaux mêmes d'expédition. Elle dure de deux à trois jours. Aussitôt la fermentation principale terminée, on les colle par le haut, avec la peau de raie, de façon à laisser le moins de dépôt possible dans le fût. Dès que la clarification est complète, on bondonne et on livre quelques jours après à la consommation.

Suivant la force des bières, elles se divisent en différentes catégories : bière de garde, bière forte, petite bière. Ordinairement, les premières trempes fournissent la bière forte et les trempes supplémentaires la petite bière, qu'on relève avec des glucoses. Certaines bières, vendues très bon marché, sont coupées avec de l'eau froide préalablement bouillie.

Les bières de garde, faites avec une plus grande proportion de grains, 22 à 25 kilogrammes par hectolitre et plus fortement houblonnées, sont généralement traitées à moût trouble, cuites plus longtemps et fermentées un peu plus froid. On les prépare surtout en hiver et au printemps, et on les conserve trois à quatre mois, ou jusqu'à ce qu'elles aient pris un goût dur, vineux et légèrement acide.

Toutes ces bières sont ordinairement peu atténuées.

Bières blanches. — La fabrication de la bière blanche ne semble pas être très régulière. Elle varie avec les localités et même avec les brasseries.

Elle se fait par infusion et fermentation haute, et elle est le produit de la seule première trempe, les autres servant à la fabrication d'un brassin de bière brune.

D'une façon générale, on emploie du malt très pâle, on donne une première trempe comme d'habitude et cette trempe est soutirée claire dans une chaudière de cuisson.

On fait bouillir très peu de temps, une demi-heure ou une heure au plus. Certains brasseurs ne donnent qu'un bouillon, d'autres ne font pas bouillir du tout, se contentant de maintenir le moût à une température voisine de l'ébullition. Le houblon s'ajoute, en plus grande quantité que pour les bières brunes, soit pendant la courte ébullition, soit, de préférence, après, en chaudière ou sur les bacs, de façon qu'il ne soit qu'infusé. On emploie des houblons plus fins.

Le moût, refroidi, est fermenté dans les tonneaux d'expédition que l'on bondonne après fermentation et collage, et que l'on conserve plusieurs semaines dans des caves fraîches.

Les bières, souvent additionnées de sucre ou de sirop, deviennent mousseuses, pétillantes, légèrement acidulées et agréables. Elles sont très atténuées et ont un arome de houblon plus prononcé que les bières brunes.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le type est la bière blanche de Cambrai, dont nous allons décrire un des modes de fabrication[1].

Bière blanche de Cambrai. — On fait toujours et avec la même drêche un brassin de bière blanche et un brassin de bière brune. On emploie du malt aussi pâle que possible et à raison de 25 à 30 kilogrammes à l'hectolitre. On donne une salade froide, rapide, que l'on soutire aussitôt, et dont le but est de laver le malt pour lui enlever encore une certaine partie de ses matières colorantes. Le liquide, mis à part, sert au brassin de bière brune.

On donne ensuite une trempe avec de l'eau à 80° (60-63 en cuve), on brasse environ une heure et on laisse reposer une heure et quart. On soutire clair en chaudière et on fait bouillir une heure, sans houblon.

Le houblon, en proportion de 900 à 1 000 grammes par hectolitre, est éparpillé sur les bacs refroidissoirs et on lâche dessus le moût bouillant. On laisse sur les bacs jusqu'à ce que la température soit tombée à 50° et on achève de refroidir sur les réfrigérants. On met en levain avec 400 à 450 grammes de levure provenant d'un brassin de même bière et après fermentation, on colle et on ajoute un peu de sucre.

Quelques semaines après, la bière, très atténuée, est mise en bouteilles. On ajoute dans chaque bouteille un petit morceau de sucre candi et on ficelle les bouchons. La bière devient en quelques jours extrêmement mousseuse.

Avec les drêches, le houblon infusé et le produit de la salade, on fait un brassin de bière brune, colorée avec du caramel et une longue ébullition.

Certains brasseurs emploient le riz. Il y en a qui parfument les bières blanches avec de la coriandre, de l'anis étoilé ou de l'iris de Florence. Les moûts ont une densité de 3°,5 à 3°,7.

Analyses de quelques bières du Nord envoyées à l'Exposition de 1887.

	BIÈRE BRUNE					BIÈRE
	Lille.	Louvroil.	Saint-Amand.	Bauvois.	Tourcoing.	blanche.
Extrait primitif	13,95	10,71	11,18	11,24	11,74	8,24
Densité de la bière	1,0151	1,0155	1,008	1,012	1,0161	1,0022
Alcool p. 100	5,4	3,8	4,7	4,2	3,7	4,2
Extrait p. 100	5,3	4,63	3,66	4,52	5,82	1,52
Sucre	0,75	0,80	0,55	0,65	0,75	0,175
Dextrine	2,14	2,18	1,59	2,08	3,19	0,341
Acidité SO^3	0,146	0,120	0,120	0,120	0,132	0,244
Matières azotées	0,136	0,195	0,070	0,111	0,065	0,065
Cendres	0,252	0,160	0,212	0,176	0,196	0,288
Atténuation apparente p. 100.	71,5	63,1	81,2	72	64,2	92
— réelle p. 100.	62	56,7	67,2	59,7	50	81,5

[1] Cambrai a, pour ses bières, une réputation très ancienne et qui s'est continuée jusqu'à nos jours. Legrand d'Aussy, *Hist. de la vie privée des Français*, cite un manuscrit du XIIIe siècle, intitulé « Proverbes », qui énumère les choses de ce temps qui avaient le plus de réputation, ou celles qui étaient devenues proverbiales, et parmi lesquelles se trouve nommée la bière de Cambrai. On sait qu'on attribue la fondation de Cambrai au roi Gambrinus.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Bières anglaises. — Les bières anglaises sont de deux sortes : les bières pâles, pale-ale, et les bières noires, stout et porter.

Dans ces deux genres, il y a de nombreuses variétés, dénommées suivant la force des bières : India pale-ale (bière d'exportation), stock-ale (bière de garde) ; mild-ale, sweet-ale, light-ale, table-ale, qui sont des bières de ménage ; light-porter, porter double, porter triple ou stout, double stout.

Ordinairement, les bières fortes sont le produit des premières trempes, les bières légères le produit des trempes supplémentaires et les moûts sont additionnés de sucre ; c'est ainsi que le porter est fabriqué avec les drêches ayant servi à la production du stout.

Toutes ces bières sont faites par infusion et fermentées par le haut.

Nous prendrons comme type le pale ale.

Fabrication du pale-ale. — ***Brassage.*** — La méthode employée est la méthode descendante, divisée en deux parties : un empâtage et un réchauffage rapide, ne durant pas plus de quinze à trente minutes.

La cuve est d'abord échauffée avec de l'eau bouillante, puis, cette eau évacuée, on amène dans la cuve de l'eau à la température d'empâtage, mais en quantité suffisante seulement pour couvrir le faux fond et empêcher la farine de boucher les trous. L'empâtage se fait presque toujours avec un hydrateur, genre Steele.

On emploie, pour cet empâtage, deux barrels à deux barrels et demi d'eau (un barrel = 163,5 l.), par quarter de malt (un quarter = 290 litres, environ 160 kilogrammes), soit 200 à 250 litres pour 100 kilogramme de malt.

L'eau est prise à 71° ou 77°, selon la saison et de façon à obtenir en cuve une température de 60 à 65°.

Aussitôt l'empâtage terminé, et après un court vaguage, on introduit, par le faux fond, 40 à 80 litres d'eau à 80-90°, par quarter de malt, soit de 25 à 50 litres par 100 kilogrammes, et la température du mélange s'élève à 65-68°, suivant le genre de bière que l'on brasse, plus froid pour les pale-ales, plus chaud pour les bières noires.

L'eau totale employée pour la trempe de saccharification est donc de 250 à 300 litres par kilogramme de malt.

On laisse en repos deux heures, en évitant le refroidissement du moût ; on met en perce et tout en soutirant, on commence l'arrosage sur le moût, par la croix écossaise, arrosage qui se continue jusqu'à ce que les chaudières de cuisson soient remplies, avec interruption et repos seulement quand une chaudière est pleine.

La température des eaux de lavage n'est jamais supérieure à 76 à 80°, de façon à n'avoir en cuve pas plus de 70 à 72°.

Cuisson et houblonnage. — Il y a toujours deux ou trois chaudières, que l'on remplit successivement et qui contiennent alors des moûts de concentration différente. Ces moûts sont, ou mélangés à l'entonnement, ou fermentés séparément, et constituent des bières fortes et des petites bières.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

En ce cas, la densité des petites bières est relevée par des additions de sucre.

L'ébullition ne commence que quand la chaudière est pleine. Il en résulte que la saccharification se continue pendant tout le temps du soutirage. Et comme la saccharification s'est faite à température relativement basse, que le repos est très long, que le soutirage se prolonge parce que les appareils en Angleterre sont très grands, on obtient des moûts très chargés de maltose et des bières très atténuées et alcooliques.

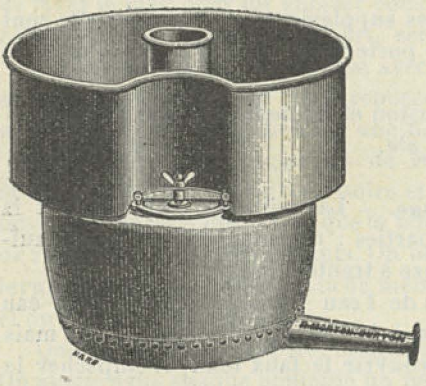


Fig. 148. — Chaudière anglaise.

L'ébullition dure de une heure et demie à deux heures pour les bières pâles, de deux à trois heures pour les bières douces et les bières noires.

Les quantités de houblon employées sont considérables et varient de 1 200 grammes à 3 kilogrammes pour les bières courantes, et de 5 à 6 kilogrammes pour les bières fortes, de garde ou d'exportation, par 100 kilogrammes de malt mis en œuvre.

Il se met en deux ou trois fois et presque entièrement dans la chaudière de bière forte. Puis, comme les chaudières sont remplies successivement et que l'ébullition est assez courte, quand cette chaudière est vidée, on porte le houblon déjà cuit dans la seconde chaudière, puis dans la troisième après vidange de la seconde. Le houblon est ainsi plus complètement épuisé. On ajoute seulement, dans la dernière, un peu de houblon frais, le reste de la quantité employée ordinairement.

Dans certaines brasseries, on n'a qu'une seule chaudière et on attend qu'elle soit vidée de moût de bière forte pour la remplir. Dans d'autres, la chaudière porte un rebord large et profond (fig. 148) dans lequel on loge le moût de petite bière en attendant. Ce moût est chauffé par la chaleur du métal et par la vapeur dégagée du moût en ébullition dans l'intérieur et qui vient y barboter par des tuyaux recourbés partant du couvercle de la chaudière. Une soupape permet d'introduire ce moût dans la chaudière quand celle-ci est vidée.

Refroidissement et mise en levain. — Le moût est refroidi comme à l'ordinaire sur des bacs ou des réfrigérants, puis mis en levain avec des quantités de levure qui varient de 280 grammes à un kilogramme par hectolitre, suivant la concentration du moût et la quantité de houblon employée. La température de mise en levain est de 14 à 16°.

Fermentation. — La fermentation est menée très lentement et aussi froide que possible. Elle dure de trois à quatre jours et on ne laisse pas monter la

IRIS - LILLIAD - Université Lille

température à plus de 18 à 21°, un peu plus pour les bières noires que pour les bières pâles. Elle a lieu en partie en cuves et des réfrigérants à circulation d'eau permettent de la tempérer.

Il y a quatre systèmes de fermentation : le *skimming* ou écumage, le *cleansing* ou épuration, le système des *unions*, le système des *tone squares*.

Skimming ou écumage. — Dans ce système, la fermentation a lieu entièrement dans des cuves munies d'un couvercle mobile en hiver et de réfrigérants l'été. On aère fréquemment pendant les premières heures de la fermentation, quelquefois jusqu'à ce que le moût prenne la levure, et on écume celle-ci au fur et à mesure de sa production. Les cuves sont souvent très grandes et l'écumage se fait au moyen d'un appareil appelé *parachute* (fig. 149).

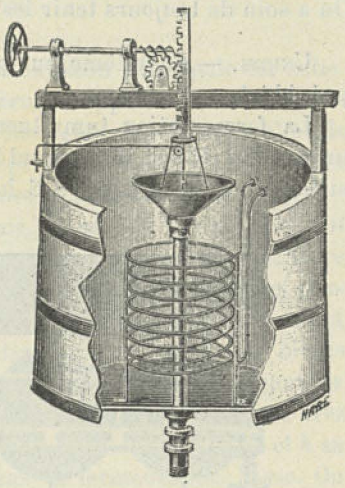


Fig. 149. — Parachute et refroidissoir des cuves. Fermentation anglaise.

Un tuyau vertical traverse la cuve à son centre et vient déboucher au-dessous du fond, au-dessus d'un réservoir destiné à recevoir la levure. A son extrémité supérieure, il se termine par un entonnoir évasé et disposé de façon à pouvoir s'élever ou s'abaisser au niveau de la levure. Une palette horizontale, prenant son point d'appui au milieu de la cuve, sous une barre qui la traverse, et pouvant tourner autour de la cuve au moyen d'un engrenage, ramasse la levure et la pousse dans l'entonnoir, d'où elle s'écoule dans le réservoir. On écume une première fois trente heures après la mise en levain, puis toutes les trois ou quatre heures. On empêche ainsi la levure de retomber au fond de la cuve, mais on a soin de toujours laisser sur le moût une couche de levure qui l'isole du contact de l'air.

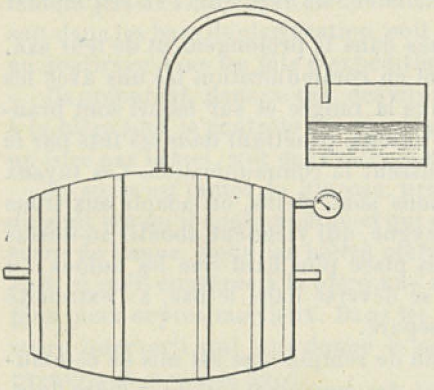


Fig. 150. — Système des Unions.

Cleansing ou épuration. — La fermentation tumultueuse a lieu au début dans des cuves et dans les mêmes conditions d'aération et de refroidissement.

Quand la fermentation est à moitié, c'est-à-dire quand l'atténuation atteint environ 50 p. 100, la bière est entonnée dans des tonneaux de 8 à 20 hectolitres, appelés *pontons*, où la fermentation s'achève. Les pontons sont placés

IRIS - LILLIAD - Université Lille

deux à deux, la bonde de côté, au-dessus d'un canal en bois destiné à recevoir la levure. Cette auge, nommée *stillon*, s'étend sous tous les pontons d'un même rang; elle est inclinée pour permettre au liquide qui se sépare de la levure de s'écouler. Ce liquide, qui constitue les épurures, est recueilli à l'extrémité du stillon et sert aux remplissages des pontons. On remplit environ toutes les deux heures d'abord, puis toutes les quatre à cinq heures et seulement toutes les douze heures quand la production de levure se ralentit. On a soin de toujours tenir les pontons bien pleins.

Unions. — Ce système, surtout employé à Burton, n'est qu'une variante du précédent.

La fermentation tumultueuse s'accomplit en cuve et s'achève dans les unions (fig. 150 et 151) quand la bière est atténuée à moitié. Les unions consistent en tonneaux de 5 à 6 hectolitres, suspendus les uns à côté des autres

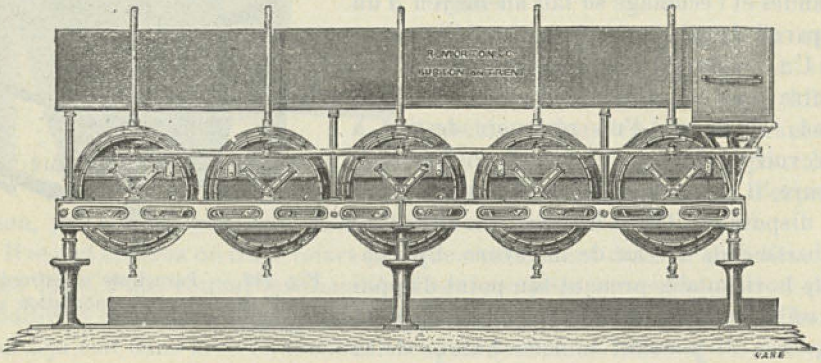


Fig. 151. — Système des Unions.

sur des colonnes, par des tourillons fixés dans le prolongement de leur axe. Tous les tonneaux d'un même rang sont en communication les uns avec les autres par un tuyau horizontal qui longe la rangée et sur lequel sont branchés autant de petits tuyaux qu'il y a d'unions, pénétrant dans les fûts par le haut d'un des fonds. Des robinets établissent la communication. Ces tuyaux servent au remplissage. Quand les unions sont pleins, on adapte aux trous de bonde des tuyaux courbés en col de cygne, qui viennent aboutir au-dessus d'un bac allongé, espèce de stillon, mais placé plus haut que les unions. La levure, qui monte dans le col de cygne se déverse dans le bac, à l'extrémité duquel on recueille le liquide qui s'en sépare.

Pour tenir les unions pleins, le tuyau de remplissage est mis en communication avec un réservoir contenant soit des épurures, soit de la bière finie. Les robinets sont automatiques et les remplissages se font d'eux-mêmes, au fur et à mesure que l'échappement de la levure par le col de cygne fait le vide dans les unions.

Stone squares. — Dans certaines localités du nord de l'Angleterre et de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'Écosse, la fermentation a lieu dans des cuves en pierres cimentées ou en ardoise. Les cuves sont superposées deux à deux et pendant la première période de la fermentation, on pompe le moût de la cuve inférieure dans la cuve supérieure, pour le laisser ensuite couler de nouveau dans la cuve inférieure. On répète l'opération jusqu'à ce que la levure soit prête à se former et on laisse alors la fermentation s'achever dans la cuve du dessous. Ce système, qui aère fortement le moût, prolonge la fermentation, faite d'ailleurs à température très basse.

Fermentation secondaire. — Quand la fermentation principale est achevée, la bière est amenée dans de grands bacs fermés, appelés bacs de clarification, où elle séjourne quelques heures et où elle achève de se dépouiller de la levure et des impuretés qu'elle tient en suspension. De là, elle est logée dans des foudres et conservée dans des caves aussi fraîches que possible.

On ajoute dans les foudres du houblon frais, dans une proportion qui varie, selon le genre et la force de la bière, de un quart de livre à une livre anglaise par barrel, soit de 70 à 280 grammes par hectolitre. On en met plus dans les pale-ales que dans les bières noires. Le houblon, non seulement apporte une amertume et une saveur aromatique particulières aux bières anglaises, mais il apporte encore une diastase qui transforme lentement les dextrines, entretient et prolonge la fermentation secondaire et pousse très loin l'atténuation. En outre, il contribue à la conservation de la bière et à sa clarification en jouant le rôle des copeaux dans la fermentation basse. On emploie de préférence des houblons de Worchester, plus délicats et plus tendres que ceux de Sussex et de Kent.

Addition de sucre. — Les Anglais font aussi usage de sucre. Ils ne se contentent pas de l'employer en chaudière de cuisson, ils en ajoutent à la bière, soit dans les bacs de clarification, soit dans les tonneaux de garde, soit encore au soutirage dans les fûts d'expédition.

Ils préparent, dans ce cas, des sirops d'une densité de 1,15, qu'ils ajoutent à la bière sous le contrôle des employés du fisc, qui autorise une addition de un litre par barrel, soit deux tiers environ de litre par hectolitre.

Le sucre est tantôt du glucose, principalement pour les pale-ales, à cause du goût sec qu'il communique et qui est le caractère de ces bières ; tantôt du sucre de canne, pour les bières noires, parce qu'il ne peut plus être interverti et qu'il conserve à la bière une saveur plus douce, et lui ajoute un goût plus plein et plus moelleux. Dans les bières jeunes, on met de préférence du sucre interverti qui leur donne le montant et le pétillant qu'elles n'ont pu prendre en caves de garde.

Certains brasseurs ajoutent de l'extrait de malt qui provoque une fermentation secondaire très active et pousse l'atténuation presque jusqu'à ses dernières limites.

Les bières anglaises sont très atténuées et très alcooliques. Elles se conservent longtemps et supportent de longs transports sans être pasteurisées.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Certaines bières fortes ne se boivent qu'après deux ou trois ans de conserve.

Fabrication des bières noires. — Les bières pâles se font avec du malt pâle, les bières noires, stout et porter, se fabriquent avec des mélanges de malt pâle et de malt noir, dans la proportion ordinaire de une partie de malt noir pour sept à douze parties de malt pâle. Mais, le plus souvent, les brasseurs mélangent des malts diversement torréfiés. Voici une proportion assez fréquente :

Malt pâle	75 p. 100.
— ambré ou brun	18 —
— noir	7 —

La fabrication ne diffère pas sensiblement de celle des pale-ales. On emploie plus de sucre, on donne les trempes un peu plus chaudes, on fermente à une température un peu plus élevée et on atténue moins.

Comparaison des différentes bières anglaises. — Voici la composition d'une pale-ale et d'un porter, d'après Schwackhöfer :

	Pale-ale.	Porter.
Extrait primitif	15,67	18,87
Densité apparente	1,0106	1,0207
Alcool	5,43	5,72
Extrait	4,81	7,43
Sucre, Dextrine	3,88	6,20
Acidité (en acide lactique)	0,31	0,34
Matières azotées	0,57	0,83
Cendres	0,36	0,40
Atténuation apparente	82,5 p. 100.	71,5 p. 100.
— réelle	69,3 —	60,6 —

Bières belges. — On brasse en Belgique des bières de malt d'orge, faites à la façon ordinaire et fermentées soit par le haut, soit par le bas. Mais on fait aussi des bières spéciales, fromentacées, abandonnées à la fermentation spontanée et connues sous le nom de *lambick, bière de mars et faro*. Ce sont ces bières dont nous donnerons, d'après Van Laer, le mode de fabrication.

Brassage. — On emploie moitié malt d'orge et moitié froment. Le froment est réduit à l'état de farine très fine et pour faciliter la filtration, on ajoute des menues pailles de blé ou d'avoine. Le brassage se fait à moût trouble.

On donne une première trempe (empâtage) épaisse, avec de l'eau à 50° et on soutire aussitôt un moût trouble, qu'on porte dans une chaudière spéciale. On ramène ensuite dans la cuve de l'eau bouillante et on brasse énergiquement jusqu'à ce que la température soit bien répartie dans toute la masse. On soutire de nouveau un moût trouble que l'on réunit au premier et on répète deux ou trois fois la même opération jusqu'à ce qu'on ait atteint en cuve la

IRIS - LILLIAD - Université Lille

température de 70 à 75°. Les quantités d'eau employées chaque fois sont calculées de façon à arriver progressivement à la température finale, en passant par les températures de relai qui sont environ de 45, 55, 65 et 75°. On laisse reposer la dernière trempe jusqu'à saccharification complète, on la soutire claire et on la met à part dans une chaudière.

Pendant ce temps-là, on a porté les moûts troubles en chaudière à 70° ; on maintient cette température jusqu'à saccharification et on fait bouillir quinze à vingt minutes. On ramène ensuite en cuve-matière, dont les robinets sont ouverts et on fait couler à jet continu, c'est-à-dire en reversant dans la cuve jusqu'à ce que le moût coule clair. A ce moment, on le rentre dans la chaudière à houblonner. Après soutirage, on lave les drèches.

Comme les moûts troubles ne pourraient pas s'écouler à travers les trous du faux fond, on a l'habitude de placer après chaque trempe, dans la cuve, des paniers en osier qu'on enfonce jusqu'au fond, et c'est au milieu des paniers qu'on puise le moût qu'on envoie en chaudière.

Les premières trempes, qui sont très fortes et pèsent de 15 à 16° Balling, servent à la préparation du lambick ; les dernières trempes, qui pèsent 7 à 8°, forment la bière de mars ; le mélange du lambick et de la bière de mars constitue le faro.

Ordinairement, 100 kilogrammes de farine de malt d'orge et de froment donnent 230 litres de lambick et 230 litres de bière de mars.

La cuisson dure douze heures et on ajoute de 7 à 800 grammes de houblon par hectolitre pour le lambick, et 4 à 500 grammes pour la bière de mars.

On refroidit sur les bacs et sur les réfrigérants, et on entonne à 12 ou 14° dans des fûts d'une contenance de deux hectolitres.

Fermentation. — On n'ajoute aucune levure aux moûts et on laisse la fermentation se déclarer spontanément dans les tonneaux. Les fûts sont bondonnés, mais laissés en communication avec l'air par un trou de fausset pratiqué auprès de la bonde. On les abandonne dans un local à température assez élevée. La fermentation se déclare au bout de quelques semaines et s'annonce par un dégagement d'acide carbonique et par une écume noirâtre qui s'échappe par le trou de fausset, mais ne tarde pas à se sécher à l'air et finit par obstruer l'ouverture de dégagement. De temps en temps, les fûts sont débondonnés et remplis.

La fermentation dure de 10 à 20 mois et les bières ne sont livrées à la consommation que vingt ou vingt-quatre mois après leur fabrication. Il en est qui ne sont bues que beaucoup plus tard encore ; le lambick n'arrive à maturité qu'au bout de trois, quatre et même cinq années. Le vieux lambick porte vulgairement le nom de *gueuse-lambick*.

En vieillissant, les bières belges perdent l'arome et, en partie, le goût du houblon ; elles deviennent dures, amères et fortement acides. Avant de les livrer à la consommation, on les prépare, suivant leur état, le goût des consommateurs, les habitudes locales, en y introduisant des sucres ou des sirops, en faisant des mélanges de vieilles et de jeunes bières, ou bien encore

IRIS - LILLIAD - Université Lille

en y ajoutant de 15 à 20 ou 25 p. 100 de bière jeune fermentée avec de la levure. On les colore suivant les besoins.

Van Laer, à qui nous empruntons la plupart de ces détails, n'attribue pas la fermentation des bières belges aux germes que l'air peut apporter dans les moûts ou dans la bière, mais à la porosité du bois des tonneaux, qui contient ces germes. On a constaté que les bières belges ne sont jamais bonnes, ou n'ont pas les qualités qu'on exige d'elles, quand elles ont fermenté dans des fûts neufs. Aussi, avant d'utiliser ceux-ci, les brasseurs ont l'habitude d'y mettre séjourner des lies de lambick et de les laisser pendant six mois au moins s'imprégner de ferments. Au moment de leur emploi, les fûts ne sont jamais stérilisés à fond.

Van Laer a trouvé surtout dans les bières belges des levures de vin, l'Apiculatus et l'Ellipsoïdeus. Il attribue à ces ferments l'odeur et surtout le goût particulier qui caractérisent ces bières. Mais ces saccharomyces ne sont pas seuls à agir, et d'autres ferments interviennent qui contribuent au bouquet spécial du lambick et du faro.

La fermentation alcoolique se déclare en peu de temps et l'alcool atteint assez vite des proportions élevées ; puis succèdent alors des fermentations acides et en particulier le filage de la bière. Toutes les bières belges filent, puis redeviennent fluides, et les brasseurs du pays disent que les meilleurs produits sont ceux qui ont passé par cette maladie. Elles deviennent à ce moment fortement acides, puis l'acidité devient plus faible au fur et à mesure que la bière vieillit.

Suivant Van Laer, cette diminution de l'acidité serait due, soit à des microorganismes qui attaquent les acides pour les ramener à l'état d'anhydride carbonique et d'eau ; soit à une éthérification partielle des acides augmentant avec l'âge ; probablement, aux deux causes à la fois.

Quoi qu'il en soit, les lambicks les plus estimés sont peu acides, mais ont un bouquet, et un parfum caractéristique qu'aucune autre bière ne possède.

Analyses d'un lambick de 1839 et d'un Faro exposés en bouteilles à l'Exposition de Haguenau de 1873 (citées par Lintner).

	Lambick (1839).	Faro.
Densité	1,0115	1,013
Alcool	7,77	4,32
Extrait	5,65	5,15
Sucre	1,06	0,714
Dextrine	2,50	2,9
Acidité (centimètres cubes de NaOH)	12,4	9,9
Coloration	6,7	2,3

Ce qui suppose pour le lambick un extrait originel de 20 p. 100 et une atténuation apparente de 85 p. 100 et une réelle de 69 p. 100 ; et pour le faro, un extrait primitif de 13,45 p. 100 et une atténuation apparente de 75,8 p. 100 et une réelle de 60 p. 100.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ANALYSES DE LAMBICKS DE DIFFÉRENTS AGES (VAN LAER) [1]

N[os]	AGES	QUANTITÉS EN POIDS formées aux dépens de 100 grammes d'extrait primitif.			QUANTITES RÉELLES EN POIDS contenues dans 100 grammes de liquide.				
		Alcool.	Acide acétique.	Acide lactique.	Extrait de bière.	Alcool.	Acide lactique.	Acide acétique.	Extrait du moût.
		p. 100	p. 100						
1	3 mois	29	0,92	3,07	»	»	»	»	»
2	15 —	32,56	0,94	8,56	»	»	»	»	»
3	26 —	33,84	1	6,51	»	»	»	»	»
4	39 —	31,22	2,32	4,40	»	»	»	»	»
5	50 —	32,34	2,27	4,68	»	»	»	»	»
6	63 —	30,20	2,69	4,18	»	»	»	»	»
1	10 mois	33,56	0,305	2,14	5,08	4,84	0,3096	0,044	14,42
2	12 —	36,24	1,080	8,02	3,225	4,067	0,900	0,1212	11,22
3	36 —	32,82	0,57	6,17	6,438	5,59	1,051	0,0984	17,03
4	47 —	39,93	2,56	7,15	3,975	5,24	0,939	0,336	13,12
1	4 jours	—	—	1,71	14,833	—	0,2556	—	14,90
2	11 —	5,42	0,08	2,08	13,381	0,81	0,3096	0,012	14,92
3	1 mois	17,50	0,07	2	10,190	2,68	0,306	0,012	15,30
4	12 —	34,38	0,10	6,21	5,30	5,32	0,9612	0,0168	15,47
5	24 —	40,26	1,28	5,96	3,525	6,192	0,918	0,198	15,38
6	36 —	36,37	0,47	5,52	7,341	5,39	0,9 7	0,169	17.32
7	48 —	32,42	0,12	6,22	5,750	4,90	1,051	0,018	15,11

Bières allemandes. — **Bière blanche de Berlin.** — La plus grande partie des bières allemandes sont à fermentation basse. Il existe, cependant, quelques localités de l'Allemagne du Nord où l'on fait des bières de fermentation haute. Elles sont brassées, néanmoins, par décoction, généralement avec des dickmaisches plus courtes ou moins nombreuses, et souvent additionnés de grains crus, riz ou maïs, ou de malt de froment. Parmi ces bières, nous ne citerons que la bière blanche de Berlin, comme présentant un caractère tout spécial de fabrication.

La bière blanche de Berlin se prépare avec un tiers de malt d'orge et deux tiers de malt de froment.

Maltage du blé. — Le blé est mouillé de vingt à quarante heures, suivant la saison, et la germination est menée à sueur froide, en couches peu épaisses, qu'on ne retourne que toutes les douze heures. Quand les radicelles atteignent la moitié du grain, on laisse la température s'élever à 20° et la couche se feutrer. Le maltage dure de quatre à cinq jours. Le grain est

[1] Van den Hulle et Van Laer. Nouvelles recherches sur les bières bruxelloises à fermentation spontanée (Mémoires couronnés par l'Académie royale de Bruxelles).

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ensuite fané sur un grenier d'aérage, puis touraillé douze heures, en montant en dix heures environ à 60-70° et en terminant à 75°.

Brassage. — On fait un empâtage épais à 48° et on laisse reposer une demi-heure. Pendant ce repos, on fait bouillir le houblon dans la chaudière de cuisson, avec l'eau destinée à la trempe. On emploie de 650 à 750 grammes de houblon par 100 kilogrammes de malt.

On soutire de la cuve-matière une lautermaische que l'on réunit à la décoction de houblon et l'on fait bouillir cinq minutes.

On ramène en cuve une quantité suffisante de liquide bouillant pour élever la température à 60°; on soutire une dickmaische que l'on cuit cinq minutes encore et qui, de retour en cuve, porte la température à 70°; puis une seconde dickmaische qui subit également une cuisson de cinq minutes et qui, reversée en totalité dans la cuve-matière, élève la température de la trempe à 75°.

Après un repos d'une heure, on soutire clair et on porte directement au bac. On fait ensuite un ou plusieurs lavages que l'on réunit au premier moût.

Fermentation. — Le moût, refroidi à 15-16°, est mis en levain avec un demi-litre environ de levure haute épaisse par hectolitre. Le moût pèse 15 à 16° B. pour la bière de mars et 12° pour la bière ordinaire. On obtient de 460 à 520 litres de moût par 100 kilogrammes de malt, suivant le genre de bière.

La fermentation a lieu en cuves. Elle est terminée en trois à quatre jours et la bière est tirée directement en cruchons, dont le bouchon est ficelé et que l'on conserve dans un endroit frais.

La bière jeune est livrée dans la quinzaine à la consommation; la bière de mars est conservée plus longtemps. Ces bières sont extrêmement mousseuses et légèrement acidulées. Quelquefois, pour augmenter la mousse ou activer sa production, on y ajoute au moment de tirer en bouteilles, un peu de moût en fermentation.

Bières de Munich. — ***Bock et Salvator***. — Les bières de Munich sont connues pour des bières brunes, peu atténuées et peu houblonnées, très moelleuses et d'une saveur de malt prononcée. Elles se divisent en bières d'hiver (Winter-bier, Schrank-bier) faites l'hiver et consommées six semaines ou deux mois après leur fabrication, et en bières d'été (Sommer-bier, Lager-bier), brassées l'hiver et débitées l'été. La bière d'exportation (Export-bier) est une bière d'été.

On fait néanmoins aussi à Munich des bières pâles, façon Pilsen, et une bière blanche analogue à celle de Berlin.

Les deux bières réputées et désignées sous les noms de *Bock* et *Salvator*, sont des bières brunes, ayant toutes deux à un plus haut degré, les qualités de bouche et de moelleux qui distinguent les bières de Bavière en général.

Ces deux bières sont fabriquées de la même façon, par les méthodes de décoction employées d'ordinaire à Munich, mais les dickmaisches sont cuites

IRIS - LILLIAD - Université Lille

un quart d'heure de plus. Elles sont entonnées vertes après fermentation principale et conservées en caves de garde pendant quatre à cinq mois.

Elles sont peu atténuées et ne diffèrent l'une de l'autre que par la concentration originelle. Le Bock pèse 15 à 17° B., le Salvator, 18 à 19°. De 100 kilogrammes de malt, on obtient 280 à 300 litres de Bock et seulement 250 à 260 litres de Salvator. La première reçoit 1 kilogramme de houblon et la seconde 1,5 kg. pour 100 kilogrammes de malt.

Le Salvator est plus brun et un peu plus amer que le Bock [1].

Analyses de bières blanches de Berlin et de Munich.

(*Laboratoire de l'École de brasserie de Munich*).

	Bière blanche de Berlin.	Bière blanche de Munich.
Extrait primitif	9,54	13,21
Densité de la bière	1,0124	1,0120
Alcool	2,659	4,29
Extrait	4,3	4,94
Sucre	1,457	1,731
Dextrine	2,149	»
Acidité	0,2043	0,244
Coloration	0,42	1,24
Atténuation apparente	67,5	77,29
— réelle	54,9	62,68

Analyses de Bock et de Salvator.

	BOCK (Schwackhöfer 1875).	SALVATOR (Schwackhöfer 1875).	SALVATOR de la brasserie Zacherl. (Dr Wein).
Extrait primitif	15,50	18,48	18,83
Densité	1,0206	1,0324	1,0390
Alcool	4,20	4,35	4,10
Extrait	7,10	9,78	11,18
Sucre et dextrine	6,30	8,83	4,23
Acidité	0,18	»	0,153
Matières azotées	0,56	0,68	0,70
Cendres	0,24	0,27	0,28
Atténuation apparente	66,7	58	50,50
— réelle	54	47	40,63

[1] ***Bock.*** — On ne connaît pas l'origine de cette bière. Elle est en tout cas très ancienne. Certains auteurs croient qu'elle a été brassée autrefois à Eimbeck (Hanovre) et que de son lieu d'origine on a fait, par contraction et avec l'accent fort des bavarois, *ein bock*. Sa fabrication a été, jusqu'en 1832, le monopole de la brasserie royale à Munich (Hofbrau), on la buvait à partir du 1er mai. Bock veut dire bouc, et les établissements qui la débitent ont comme enseigne un bouc qui, dressé, appuie ses pattes de devant sur le bord d'un verre gigantesque dont l'écume déborde.

Salvator. — Le Salvator a été brassé pour la première fois en 1670, par des moines français, des franciscains de l'ordre des Minimes, que le duc Maximilien avait appelés à Munich et installés dans un faubourg de la ville. Cette bière portait à l'origine le nom de Sanc-Vater bier et se buvait à la fête de Saint-François de Paule (avril). Sa fabrication est devenue plus tard le monopole de la brasserie Zacherl. Encore aujourd'hui, le Salvator se boit à partir du mois d'avril, et l'ouverture du Salvator-Quelle est une occasion de réjouissances populaires.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Bières américaines. — En Amérique, la fermentation basse, imposée par les émigrants allemands, a remplacé partout la fermentation haute des bières genre anglais, mais les brasseurs américains ont conservé les méthodes par infusion, plus rapides que celles par décoction. Les bières sont fermentées entre 4 et 8°, puis conservées de un à quatre mois dans des vaisseaux très grands appelés cuves de repos. Elles passent ensuite dans des foudres où elles sont mises sur copeaux, additionnées de kraeusen et bondonnées. Au soutirage, elles sont filtrées et imprégnées d'une grande quantité d'acide carbonique. Les Américains aiment les bières très mousseuses. Les bières ont donc de deux à cinq mois de garde.

Fermentation dans le vide. — Aujourd'hui, on abrège la durée de la fermentation secondaire par le procédé de fermentation Pfaudler, appelé aussi *Fast fermentation, fermentation rapide* ou *vacuum fermentation*, fermentation dans le vide.

Le procédé est basé sur ce principe, déjà démontré par Boussingault, que dans la fermentation ordinaire, l'acide carbonique produit gêne le développement de la levure et atténue son pouvoir fermentatif. La fermentation, en effet, tumultueuse et active au début, se ralentit peu à peu et la fermentation secondaire se poursuit avec une extrême lenteur. Si on aspire l'acide carbonique au fur et à mesure de sa formation, la levure conserve son pouvoir fermentatif très actif pendant toute la durée de la fermentation, qui se trouve accélérée et la bière arrive plus vite à maturité. Si, d'autre part, ainsi que l'a prouvé Hansen, on maintient la levure en suspension, elle se multiplie en plus grande quantité et fermente d'autant plus profondément, que les cellules sont en plus grand nombre et qu'elles ne peuvent se déposer.

La fermentation a lieu dans des cuves (fig. 152) cylindriques de 2,50 m. de diamètre et qui sont constituées par des anneaux en acier rivés les uns au-dessus des autres, ce qui permet de les agrandir par une simple augmentation des anneaux. Leur contenance peut être de 85 jusqu'à 160 hectolitres. Ils sont vernis intérieurement et montés sur des pieds munis de vis de rappel pour les tenir verticaux.

Chaque cylindre porte des robinets de remplissage et de vidange ; un trou d'homme pour retirer la levure et nettoyer l'intérieur ; une prise d'échantillon, un manomètre, des thermomètres, des robinets à vide et à air.

Le couvercle, en forme de dôme est en communication avec une pompe, aspirante à mouvement très lent et réglée de façon à produire au-dessus du liquide une dépression de 0,35 m. à 0,40 m. de mercure.

Le fond, convexe, est en communication, d'autre part, avec une pompe refoulant dans le cylindre de l'air stérilisé. Le robinet d'air est relié intérieurement avec un serpentin percé de trous en forme de crible, par où l'air est injecté dans le moût. Cet air traverse d'abord une lanterne d'attente où la pression est réglée et un filtre à coton.

Toutes les pompes travaillent automatiquement et régularisent elles-mêmes la dépression nécessaire.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Dans l'intérieur du cylindre, se trouve un serpentin à eau glacée pour le refroidissement.

Enfin, l'acide carbonique aspiré pendant le cours de la fermentation est refoulé à travers des laveurs, dans un cylindre où il est liquéfié sous pression. Il servira plus tard à la gazéification de la bière.

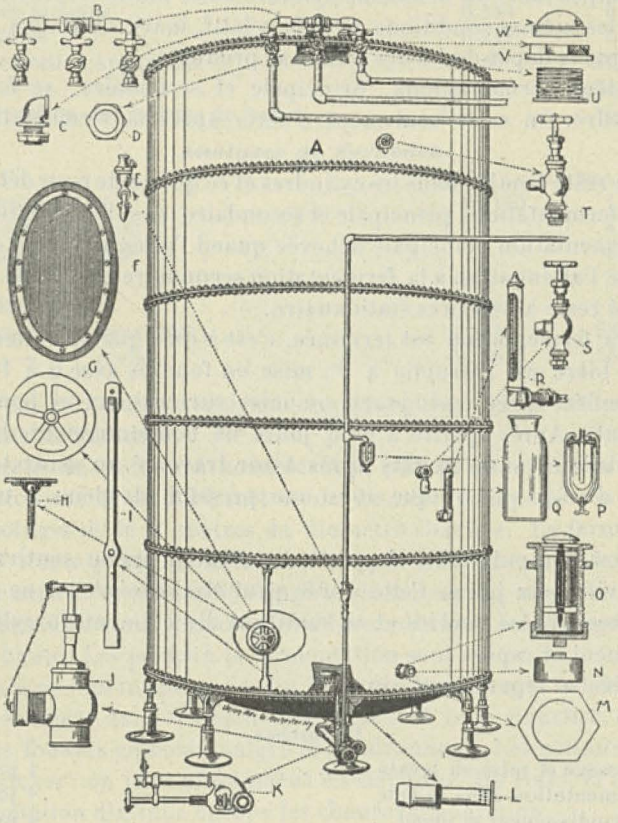


Fig. 152. — Système Pfaudler.

A, cylindre formé de cinq anneaux. — B, robinet à trois voies pour le vide et l'air. — C, robinet à trois voies en rapport avec le foudre. — E, robinet d'arrêt d'air. — F, trou d'homme. — G, H, I, organes de fermeture du trou d'homme. — J, soutirage. — K, soupape à levure. — O, soupape de soutirage à ressort. — P, regard pour air filtré. — Q, verre d'épreuve. — R, thermomètre. — T, robinet indicateur de remplissage.

La fermentation peut s'opérer de trois façons :

1° La bière est fermentée comme à l'ordinaire, dans des cuves en bois, jusqu'à ce qu'elle soit atténuée à 58 p. 100. Elle est mise ensuite dans le cylindre, où la fermentation s'achève en maintenant au-dessus du liquide le vide relatif ;

2° Le moût est refroidi en bacs fermés et aérés et mis en levain avec une quantité de levure trois fois moindre que celle employée d'ordinaire, à la température de 6°,25. Il est ensuite coulé dans le cylindre et pendant la durée

IRIS - LILLIAD - Université Lille

de la fermentation, dont la température ne dépasse pas 10°, on maintient la dépression de 0,40 m. de mercure. En même temps, on injecte par-dessous de l'air qui, en raison du vide partiel qui se produit au-dessus du liquide, le traverse dans toutes les parties, produit une agitation et maintient la levure en suspension. Sept jours après, la fermentation principale est terminée ; la bière est pompée dans un deuxième cylindre où se fait la fermentation secondaire, dans les mêmes conditions de vide relatif, mais, cette fois, sans aération, pour que le dépôt de levure puisse se produire;

3° Les deux fermentations, principale et secondaire, se font dans le même cylindre. On cesse seulement d'aérer après la fermentation principale.

La bière reste trouble dans les cylindres et ce qui guide pour déterminer les limites des fermentations principale et secondaire, c'est l'atténuation. On considère la fermentation principale achevée quand l'atténuation est de 58 p. 100 et on pousse l'atténuation à la fermentation secondaire jusqu'à 68 à 72 p. 100, point où elle reste à peu près stationnaire.

Quand la fermentation est terminée, c'est-à-dire quand l'atténuation est atteinte, la bière est refroidie à 0°, mise en foudres avec 6 à 10 p. 100 de krauesen, collée après trois jours, ou mise sur copeaux et bondonnée les jours suivants. Après quatre à cinq jours de bondonnement, la bière est soutirée, filtrée et mise en fûts après avoir traversé un saturateur où elle est saturée d'acide carbonique sous une pression de deux à trois atmosphères.

Toutes les manipulations, depuis le brassage jusqu'au soutirage, durent de vingt à vingt-six jours. Cette durée peut être abrégée en ne faisant pas passer la bière par les foudres et en soutirant directement du cylindre après refroidissement et repos.

Les durées se répartissent ainsi :

1er *système.*

Brassage et mise en levain	1 jour.
Fermentation dans le vide	7 jours.
Refroidissement et dépôt	1 jour.
Traitement en foudres	14 jours.
Total	23 jours.

2e *système.*

Brassage et mise en levain	1 jour.
Fermentation	7 jours.
Dépôt	1 jour.
Refroidissement et filtration	1 —
Gazéification et soutirage	1 —
Total	11 jours.

En sortant des foudres ou des cylindres, la bière est mûre et a toutes les qualités d'une bière qui aurait plusieurs mois de garde, ainsi que le démontrent les analyses comparatives que nous donnons ci-après :

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Analyses de bières fermentées dans le vide. — ***Analyses de Wahl et Hénius.***

	Bière de 3 mois.	Bière de 20 jours.
Extrait Balling	4	3,80
Alcool	3,92	4
Extrait réel	5,85	5,60
Maltose	1,99	1,78
Matières azotées	0,726	0,777
Acide lactique	0,180	0,183
Cendres	0,220	0,229
Atténuation apparente	70,20	71,20
— réelle	56,44	58
Proportion des cellules de levure	100	46

Analyses de Fernbach.

	Bière de 3 mois.	Bière de 20 jours.
Densité à 17°5	1,0140	1,0143
Alcool en volume	4,5	4,17
Extrait apparent	3,6	3,34
— réel	5,2	5,1
Maltose brute	1,79	1,77
Atténuation apparente	71,61	68,56
— réelle	58,06	56,67

Il n'est pas nécessaire d'insister longuement sur les avantages que présente le système Pfaudler.

L'économie de place est considérable, puisqu'un cylindre de cent cinquante hectolitres et de 2,50 mètres de diamètre remplace cinq cuves de trente hectolitres et de 2 mètres de diamètre chacune. La fermentation ne durant que trente jours, on n'a plus la quantité énorme de foudres nécessaires pour conserver la bière de longs mois. Le capital engagé et immobilisé est moins grand et nous rentrons dans les conditions économiques de la fermentation haute. Les pertes à la fermentation sont moindres.

Une autre considération qui a son importance c'est que la bière est moins exposée à s'altérer dans les cylindres, s'ils sont bien étanches, que dans les cuves ou les foudres en bois, malgré le goudronnage. Les cylindres sont plus faciles à nettoyer; on peut absolument les stériliser. Du reste, la courte durée de la fermentation diminue encore les chances d'altération.

TONNELLERIE

Futaille. — La futaille constitue pour la brasserie un matériel coûteux, non seulement à cause de son prix d'achat assez élevé, mais aussi en raison des soins et de l'entretien qu'elle réclame.

Elle a une influence sur la qualité et la conservation de la bière qui doit y séjourner un temps plus ou moins long. Aussi, demande-t-elle une attention particulière et des soins tout spéciaux.

La futaille comprend les fûts d'expédition et les foudres de garde que nous allons décrire en indiquant les manutentions qu'ils comportent.

Fûts d'expédition. — On divise les fûts d'expédition en trois caté-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

gories : les fûts ordinaires, les fûts à pression et les fûts à demi-pression.

Les fûts ordinaires ont de 2 à 3 centimètres d'épaisseur de douve ; les fûts à pression ont 6 centimètres et plus, ceux à demi-pression ont de 4 à 5 centimètres.

Les contenances varient de 20 à 160 litres, rarement au-dessus. Les fûts à pression ont une contenance moindre.

D'une façon générale, les bières de fermentation haute se logent en fûts ordinaires ; les bières de fermentation basse en fûts à pression ou à demi-pression.

On les fait en bois de chêne, bien sec, et on y met de quatre à six cercles en fer.

Les fûts à pression qui ont toujours au moins 6 cercles, sont essayés à une pression de trois à quatre atmosphères.

Ils portent sur les fonds la marque de la brasserie, un numéro d'ordre et le litrage, on indique ordinairement comme litrage un litre ou deux en moins, suivant la grandeur du fût, parce que lorsque le fût aura été goudronné ou qu'il aura fait quelques voyages et qu'on aura resserré les cercles, la contenance sera diminuée d'autant.

Dans certaines régions, on a conservé l'habitude de livrer la bière dans des fûts d'une contenance fixe et d'après d'anciennes mesures ; ainsi dans quelques départements du Centre, par *quarts* (60 à 75 litres, suivant les localités) ; dans le Nord, par *rondelles* (160 à 170 litres) et *demi-rondelles*. Ces coutumes tendent à disparaître [1].

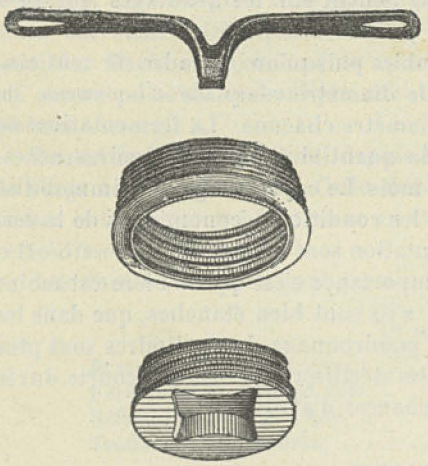


Fig. 153. — Bonde Kromer avec son anneau et sa clef.

Bondes. — En fermentation haute, on ferme les fûts avec des bondes en bois de sapin, souple, qui cède à la pression du marteau et s'enclavent dans le trou sans en abîmer les bords, ni la douve de bonde. Le bois, poreux, laisse échapper l'excès d'acide carbonique et empêche les fûts, qui sont généralement peu épais, d'éclater sous une trop forte pression.

En fermentation basse, on emploie tantôt des bondes en chêne, fortement serrées et coupées au ras du trou et, dans ce cas, le trou de bonde porte une armature en fer ; tantôt la bonde métallique dite bonde Kromer (fig. 153). L'armature en fer du trou de bonde est garnie d'un pas de vis dans lequel vient se visser la bonde proprement dite. Celle-ci ne peut se visser ou se dévisser qu'au moyen d'une clé à levier, spéciale à la bonde employée.

[1] La contenance des fûts est déterminée par jaugeage.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les foudres se bondonnent également, de préférence, avec des bondes Kromer.

Soins ordinaires. — Quand un fût rentre à la brasserie, on le vérifie d'abord extérieurement, pour s'assurer que les douves et les cercles sont intacts, puis intérieurement. Pour cela, on introduit par le trou de bonde une chandelle allumée au bout d'un fil de fer et on explore les parois par le trou du bouchon[1]. On sent si aucune odeur de moisi ne s'en dégage. Les fûts gâtés sont mis de côté et sont l'objet de soins spéciaux que nous décrirons tout à l'heure. Les fûts reconnus sains sont remplis au tiers ou à moitié d'eau bouillante, fermés et laissés en repos, tantôt sur un fond, tantôt sur l'autre.

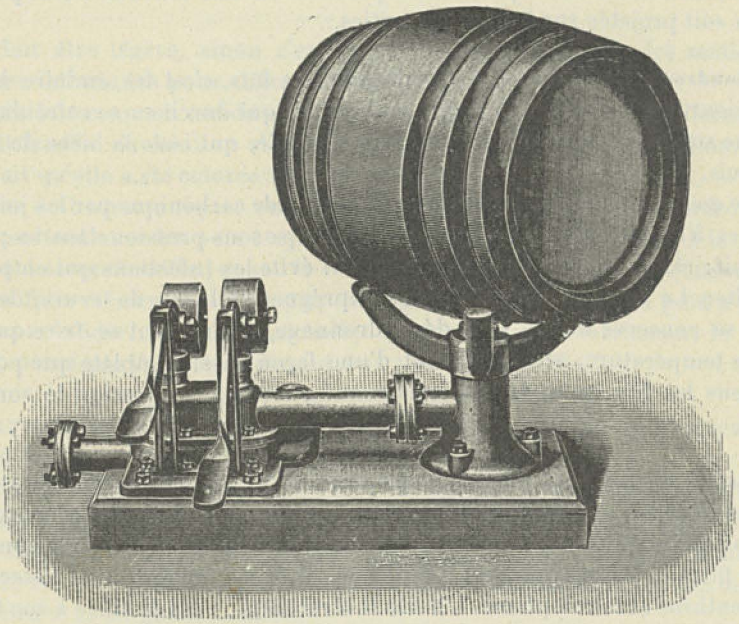


Fig. 154. — Appareil à rincer les fûts.

Quand la crasse a été ramollie par ce premier traitement, on introduit dans le fût, par le trou de bonde, une chaîne en fer, à mailles carrées, et, en balançant le fût dans tous les sens, on promène la chaîne sur les parois et les fonds. Le dépôt se détache, on rince ensuite à l'eau froide. Des appareils spéciaux opèrent le mouvement du fût avec la chaîne. L'emploi de cailloux est également recommandable.

Après rinçage, on sent et on vérifie encore une fois l'intérieur du fût.

Ce traitement est insuffisant la plupart du temps et ne désinfecte jamais un fût complètement. Les pores du bois gardent des traces de dépôt, des levures,

[1] Quand on a l'électricité, on se sert d'une ampoule électrique.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

des bactéries, qui ont ensuite une influence néfaste sur le goût et la conservation de la bière.

Pour obtenir une stérilisation complète et sûre ; il faut employer la vapeur, et la laisser assez longtemps en contact avec les parois ; de la vapeur humide, parce que la vapeur sèche brûle le bois et use les fûts.

A cet effet, on se sert d'appareils (fig. 154) qui sont constitués par un bec en bronze percé de trous ou de fentes et placé entre des griffes sur lesquelles on pose le fût, le bec pénétrant dans l'intérieur par le trou de bonde. Le bec communique, par un robinet à trois voies, avec des prises d'eau chaude, de vapeur et d'eau froide. On donne d'abord de l'eau chaude et de la vapeur, puis quand l'eau qui sort du fût coule bien claire, on rince à l'eau froide. Les griffes sont mobiles et pendant l'opération on fait tourner le fût pour que l'eau soit projetée sur toutes les parties.

Goudronnage des fûts. — Goudronner les fûts, c'est les enduire à chaud intérieurement d'une poix spéciale, liquide, qui durcit en se refroidissant et forme sur les parois une couche épaisse, solide, qui isole la bière du contact du bois.

Le goudronnage s'oppose à la perte de l'acide carbonique par les joints des douves, à la fuite de la bière quand elle est mise sous pression dans les pompes à débit ; et, en isolant la bière du bois, il évite les infections qui en peuvent résulter. Le bois, qui ne peut plus s'imprégner de bière, de levure, de bactéries, se conserve mieux et le dégoudronnage, qui ne peut se faire qu'à très haute température, stérilise le fût d'une façon aussi complète que possible.

Tous les fûts peuvent être goudronnés, les fûts à pression le sont toujours.

Poix [1]. — La poix employée provient de la résine des conifères, pins, sapins, mélèzes, etc. On recueille celle-ci en juin et juillet, sur les arbres dont la croissance est terminée ; on la fait fondre et on la purifie en l'écumant et en la filtrant. Cette résine est distillée et on en sépare l'huile et l'essence de térébenthine et la colophane. L'huile de térébenthine est distillée à son tour et on en recueille une huile lourde, claire, que l'on purifie ensuite avec de la chaux hydratée et une nouvelle distillation.

La poix de brasserie est constituée par la colophane, à laquelle on mélange cette huile lourde, dans la proportion de 10 à 12 p. 100.

Caractères d'une bonne poix. — Ce qui fait la qualité de la poix, c'est la pureté de la colophane et de l'huile, en même temps que les justes proportions de l'une et de l'autre. Si la poix contient trop d'huile, elle communique à la bière un goût de poix plus ou moins prononcé et qui peut être désagréable ; si la poix n'en a pas assez, elle devient craquelante, sèche et se fendille en se refroidissant.

[1] Les droits de douane de la poix sont de 10 francs au tarif maximum et 6 francs au tarif minimum.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La bonne poix a une couleur jaune sombre ou brun clair; les poix blanches ont une odeur plus forte et plus aromatique.

Elle ne doit pas contenir d'eau ; on s'en aperçoit à ce qu'elle fait de l'écume en fondant.

Elle ne doit avoir ni saveur, ni odeur, si ce n'est une saveur et une odeur légèrement résineuse. Elle ne doit avoir aucun goût de goudron ou de graisse. Quand elle fond, elle répand une odeur faiblement résineuse, mais douce et agréable, qui va en diminuant par le refroidissement. Quand un fût goudronné est refroidi, l'odeur doit être nulle ou très faible.

Elle ne doit être ni trop dure, ni trop souple. Mise dans l'eau à 30°, ou simplement tenue quelques instants dans le creux de la main, elle devient malléable et peut s'étirer comme de la cire. Son point de fusion doit être bas.

Elle doit être légère, sinon c'est qu'elle a été mélangée à des matières étrangères introduites pour augmenter son poids.

Elle ne laisse aucun résidu dans l'alcool à 95°, ni dans les chaudières où on la fait fondre. Sa solution alcoolique ne doit avoir aucune coloration, qui prouverait qu'elle a été colorée frauduleusement.

Elle ne doit communiquer aucun goût à la bière. Le *goût de goudron* se produit surtout avec les poix trop riches en huiles volatiles; quand la poix n'a pas été assez chauffée ; quand la fusion a eu lieu en chaudières couvertes; quand le fût a été rempli tôt trop après le goudronnage et que la poix n'était pas assez refroidie. Les bières alcooliques prennent plus facilement le goût de poix, parce que l'alcool en dissout une petite quantité.

Analyse de la poix. — On détermine l'humidité, l'odeur et la saveur, le point de fusion, la solubilité dans l'alcool à 4 p. 100 et à 95°.

Humidité. — La poix pulvérisée est mélangée avec un poids égal de sable de rivière très sec et on sèche à l'étuve à 100°, dans une capsule plate.

Odeurs. — On fait infuser quelques grammes de poix pulvérisée dans une bouteille remplie de bière qu'on expose pendant quelques jours à une température douce et on goûte la bière.

Brand recommande de chauffer 15 grammes de poix à 300° et d'en enduire ensuite les parois d'une cruche en bois munie d'un couvercle et chauffée préalablement à 100°; on sent l'odeur, on remplit ensuite avec de l'eau distillée, on ferme et on goûte un ou deux jours après. On observe en même temps si la poix s'est bien répartie, si elle est solide, s'il n'y a aucune craquelure, si des corps étrangers ne sont pas mélangés. Une bonne poix a un goût et une odeur faiblement aromatiques.

Dans les brasseries, on remplit de bière un petit tonneau fraîchement goudronné, avant que la poix ne soit entièrement refroidie. On goûte la bière quelques jours après. L'essai se fait surtout avant de goudronner les foudres où la bière doit séjourner plusieurs mois.

Point de fusion. — Dans un tube à essai étroit, on met de la poix très finement pulvérisée et un thermomètre qui plonge dans la poix. On ferme

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'ouverture et on porte au bain-marie; on chauffe très lentement et on note la température intérieure du tube quand la poudre de poix, qui était opaque, devient transparente. Le point de fusion doit être compris entre 40 et 50°. La poix est d'autant meilleure que ce point est plus bas.

Solubilité dans l'alcool. — On essaie d'abord avec de l'alcool à 4 p. 100, dans lequel on fait digérer pendant quelques jours de la poix pulvérisée, en agitant de temps en temps. On filtre et on évapore l'alcool dans une capsule tarée. La poix ne doit rien céder à l'alcool à 4 p. 100, qui représente à peu près le degré alcoolique de la bière. On goûte la solution alcoolique qui ne doit avoir qu'une saveur très faiblement aromatique.

On détermine ensuite sa solubilité dans l'alcool à 95°; 10 grammes de poix finement pulvérisée sont introduits dans 50 centimètres cubes d'alcool à 95°, on agite jusqu'à dissolution complète. On filtre sur un filtre sec et taré; on lave plusieurs fois le résidu sur le filtre avec de l'alcool. On sèche le filtre et on pèse. Une bonne poix ne doit pas donner plus de 0,5 p. 100 de résidu insoluble. Au delà, la poix est falsifiée et contient des impuretés organiques ou des matières colorantes minérales.

Certaines poix, cependant, laissent un résidu insoluble plus élevé sans être falsifiées. Ce sont des poix surchauffées ou mélangées avec des poix provenant du dégoudronnage. En ce cas, le résidu est soluble dans l'éther et le pétrole.

Une addition de graisses ou d'huiles végétales (noix, olives), donne une solution trouble dans l'alcool froid, claire dans l'alcool chaud.

Une poix de bonne qualité donne une solution neutre.

Nouvelle poix. — On vend depuis quelque temps dans le commerce un produit connu sous le nom de *nouvelle poix* qui serait de la poix soumise à une distillation et à un lavage enlevant des acides.

Elle serait facilement fusible (180-200°) et ne donnerait pas de mauvais goût à la bière.

La cassure est normale, la dureté faible. La saveur de la poix surchauffée est plus faible que celle des autres poix, ce qui est un avantage pour les bières de conserve, et particulièrement pour le goudronnage des fûts destinés à être expédiés dans des pays chauds. Cette qualité permet également de remplir plus tôt les fûts fraîchement goudronnés. On ne constate pas non plus l'odeur forte de poix qu'on observe avec les poix les plus répandues, après le lavage des fûts à l'eau froide et à l'eau chaude.

Lorsqu'on pratique le goudronnage avec les poix ordinaires, on est obligé de s'interrompre chaque fois qu'on ajoute de la poix fraîche dans la chaudière, pour donner le temps aux produits volatils de s'éliminer; il arrive encore, malgré cette interruption, que certains fûts ont un goût prononcé de poix. C'est un inconvénient qu'on évite avec la poix surchauffée.

Cette poix a encore l'avantage de ne pas être inflammable ; du moins, elle ne s'enflamme qu'à 30° au-dessus de la température à laquelle on l'emploie

IRIS - LILLIAD - Université Lille

(185-200°), tandis que les poix ordinaires s'enflamment au-dessous de cette température.

Pratique du goudronnage des fûts. — Lorsqu'un fût rentre à la brasserie, il doit souvent être dégoudronné, puis goudronné de nouveau. Ces deux opérations se font sans interruption.

Si le fût a séjourné vide dans une cave, s'il a subi de longs transports, des chocs, a été exposé au soleil, il est rare que l'ancienne poix ne soit pas fendillée et son remplacement est indispensable.

Cependant, si le fût ne fait que de courtes sorties, s'il ne subit pas de longs transports, s'il ne sèche pas, le regoudronnage n'est pas nécessaire avant chaque nouveau remplissage et on ne le fait que quand l'examen de l'intérieur en démontre l'utilité. On se contente, en ce cas, de le laver à l'eau bouillante.

Le goudronnage se fait à la flamme ou à la machine.

Goudronnage a la flamme. — On enlève le fond qui porte le bouchon, on le nettoie à la brosse et on sèche l'intérieur du fût en le tenant renversé au-dessus d'un feu de paille ou de copeaux. Il est nécessaire qu'aucune trace de dépôt ne se mêle à la poix.

Quand il est bien sec, on y verse, avec une cuillère, la quantité voulue par la grandeur du fût, de poix liquide bouillante et on y met le feu. La flamme qui lèche les parois, fait fondre l'ancienne poix. On a soin de tenir au-dessus de la flamme le fond enlevé, au moyen d'une tige en bois fixée dans le trou du bouchon, pour que la poix du fond se fonde également. Quand tout est fondu, on éteint en appuyant le fond sur l'ouverture. Il ne faut pas laisser brûler trop longtemps, parce qu'il s'évaporerait trop d'huile et que la poix deviendrait craquelante une fois refroidie. Aussitôt éteint, on remet le fond rapidement, on ferme les trous de bonde et de bouchon et on promène le fût dans tous les sens pour étendre la poix sur les parois. On enlève la bonde et on verse l'excédent de poix dans un récipient spécial, puis on roule le fût jusqu'à ce que la poix soit prise et ne fasse plus de bavures.

Ce procédé est long, dangereux, et le mélange de vieille poix et de poix nouvelle qui se produit, ne donne pas un goudronnage parfait.

Goudronnage a la machine. — Pour détacher la poix du fût, on y injecte de l'air chaud et de la vapeur sèche et surchauffée.

Appareil Galland. — L'appareil (fig. 155) consiste en un fourneau à coke A, de 68 centimètres de haut sur 35 centimètres de large et pouvant contenir, jusqu'au deux tiers de sa hauteur, environ, 15 kilogrammes de coke. Il est fermé par un couvercle bombé, dont les bords à rabattement, viennent s'enclaver, au sommet du fourneau, dans une rainure que l'on garni de sable.

Appliquée contre le fourneau, se trouve une boite B à vapeur; un tuyau C, qui traverse la boite à vapeur, débouche, d'une part dans le fourneau, au-dessus de la couche de coke; d'autre part, dans un tuyau D, horizontal, ter-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

miné, à son extrémité, par un bec en bronze E, percé de trous. Le bec E porte à sa base des griffes en fer sur lesquelles vient appuyer le fût F à dégoudronner. Un tuyau G, partant de la boîte à vapeur, vient aboutir au tuyau D et se termine en I, par un injecteur de 1 millimètre et demi de diamètre pour les fûts et de 2 millimètres et demi pour les foudres.

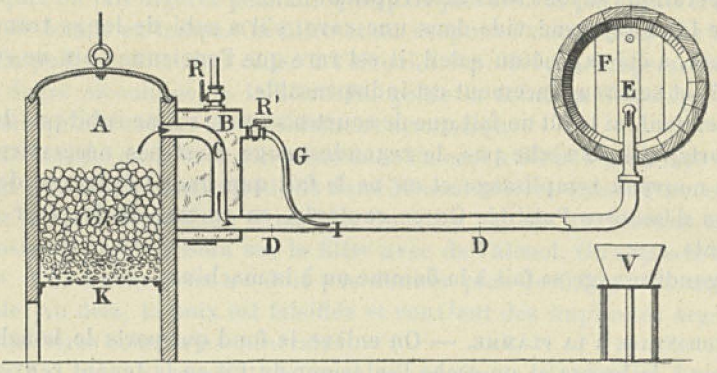


Fig. 153. — Schéma de l'appareil Galland pour le dégoudronnage des fûts.

Lorsqu'on veut dégoudronner des fûts, on remplit le fourneau de coke et on laisse prendre toute la masse; il est essentiel que tout le coke soit embrasé. On pose le fût sur les griffes, de façon que le bec en bronze E pénètre dans l'intérieur par le trou de bonde. On ouvre le robinet R amenant la vapeur dans la boîte R ; puis le robinet R′ de l'injecteur. La vapeur, qui pénètre dans le tuyau B, fait un appel d'air. L'air qui entre dans le fourneau par la grille K, traverse le coke en ignition et arrive dans le fût par les tuyaux C et B, en même temps que la vapeur qui s'est séchée et surchauffée au contact du tuyau C, avec une vitesse de 20 à 30 mètres par seconde et une température de 400° La poix fond aussitôt et s'écoule par la bonde, on la recueille dans un récipient V.

Pendant ce temps, on a fait fondre la poix fraîche dans une chaudière spéciale et on l'a portée à une température qui ne doit pas être inférieure à 150° ni supérieure à 250.

Dès que la poix cesse de couler, on enlève le fût, et avec un entonnoir et une cuillère, on y verse la quantité de poix nécessaire; on ferme le fût, on le promène dans tous les sens pour étendre la poix, on fait sauter la bonde, on recueille à part l'excédent de poix qui ne s'est pas attachée aux parois, puis on roule le fût jusqu'à ce que la poix soit assez prise. On le remplit ensuite d'eau froide, non seulement pour solidifier la poix, mais aussi pour enlever le goût de goudron.

Ordinairement, l'appareil porte trois tuyaux D, deux servant pour les fûts, le troisième réservé pour les foudres. Ce dernier est coudé dans une petite fosse creusée dans le sol, de façon que le bec en bronze seul dépasse la fosse. Cette disposition permet d'y amener les foudres. Avec un seul bec, on peut

IRIS - LILLIAD - Université Lille

goudronner 50 à 60 tonneaux à l'heure, en brûlant 5 à 6 kilogrammes de coke. Avec deux becs, on peut doubler, sans augmenter beaucoup la consommation du coke. Il faut un quart d'heure pour goudronner un foudre et la dépense est de 10 kilogrammes de coke à l'heure.

Les injecteurs consomment de 7 à 15 kilogrammes de vapeur à l'heure, suivant les dimensions des fûts.

La quantité de poix employée varie avec la grandeur des fûts et il en faut proportionnellement plus pour les petits fûts que pour les foudres. Elle dépend aussi de la qualité de la poix, de la température à laquelle elle est portée : plus elle est liquide, moins il en faut. On estime qu'il faut, par hectolitre :

De 300 à 700 grammes pour les foudres.
De 500 à 1 000 — pour les fûts.

La dépense totale est évaluée à 5 ou 8 centimes par hectolitre.

La poix provenant du dégoudronnage est parfois réemployée pour les fûts. On la mélange alors avec de la poix fraîche et on y ajoute un peu d'huile végétale. C'est à une condition, cependant, c'est que le fût ait été bien nettoyé avant le dégoudronnage et qu'il n'y ait plus aucun dépôt qui puisse s'y mélanger.

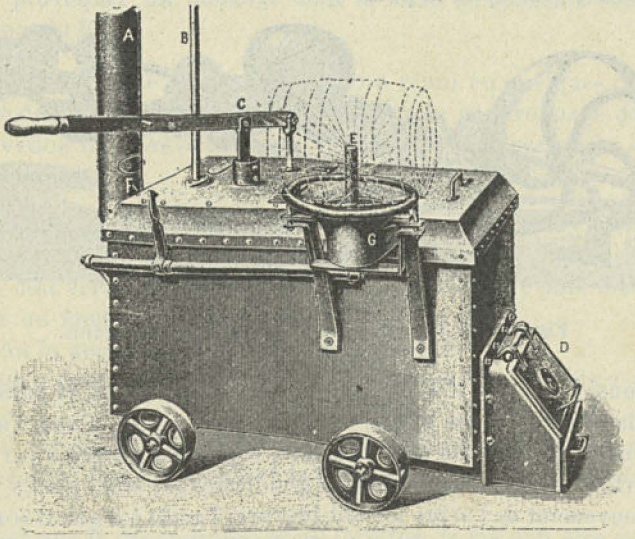


Fig. 156. — Appareil à dégoudronner et à goudronner.

Autre appareil. — Il existe aujourd'hui des appareils qui font en même temps le dégoudronnage et le goudronnage, en injectant dans le tonneau de la poix liquide brûlante.

Par exemple, dans le système représenté par la figure 156, le couvercle plat de la chaudière enfermée dans un massif de maçonnerie, porte quatre injecteurs percés de trous, sur chacun desquels on place un fût, bonde ren-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

versée. Les injecteurs peuvent se soulever. Abaissés, ils sont au repos ; soulevés et enfoncés dans le fût par le trou de bonde, ils tournent et projettent la poix liquide sur les parois du fût. Au contact de la poix brûlante, l'ancienne poix fond. La poix fondue et l'excès de poix projetée s'écoulent par le trou de bonde et par un dispositif spécial, reviennent dans la chaudière après avoir traversé un tamis qui retient les impuretés. Un thermomètre à régulateur qui plonge dans la chaudière tient la température toujours égale.

Les avantages de l'appareil sont une économie de temps, de main-d'œuvre et de combustible. Les vapeurs qui se dégagent de la poix en fusion sont dirigées dans le foyer et sont brûlées. La poix est étendue dans le fût en couche mince qui se solidifie presque instantanément, ce qui supprime le roulage des fûts et constitue en outre une économie de poix.

L'inconvénient, c'est que la poix fraîche est constamment mélangée avec de la vieille poix. Pour obvier au défaut que présente ce mélange, une pompe à huile mêle automatiquement une certaine quantité d'huile de lin ou d'huile de résine purifiée à la poix, ce qui la rend plus fluide et moins cassante après le refroidissement.

Machines à rouler. — Il existe des machines à rouler les tonneaux pendant le refroidissement de la poix.

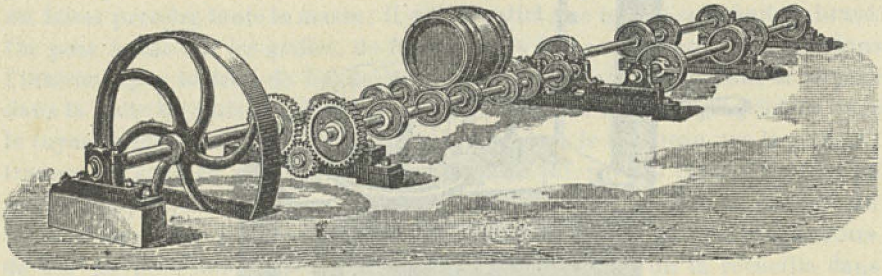


Fig. 157. — Machine à rouler les fûts et les foudres.

Elles consistent (fig. 157) en deux arbres horizontaux et parallèles, portant, de place en place des galets. Un des arbres reçoit, d'une transmission, un mouvement de rotation sur lui-même, lequel est transmis par engrenage à l'autre arbre. Les fûts, aussitôt leur goudronnage, sont placés sur les galets. Le mouvement de l'arbre les fait tourner. Tantôt les galets sont inégaux, tantôt ils sont excentriques, de sorte que les fûts non seulement tournent sur eux-mêmes, mais sont animés d'un balancement dans le sens de leur longueur.

Foudres. — Les foudres sont goudronnés une fois par an. Le goudronnage se fait dans les mêmes conditions et avec les mêmes appareils employés pour les fûts d'expédition.

Dangers du goudronnage. — Le goudronnage des fûts présente des dangers.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

1° Un danger d'incendie par suite de la très grande inflammabilité de la poix. Aussi, le travail doit-il se faire toujours dans un bâtiment entièrement séparé de la brasserie, et doit-on veiller à ce que la chaudière où fond la poix ne déborde pas et que les feux soient bien éteints aussitôt que le goudronnage est terminé;

2° Un danger d'explosion. La poix, surtout lorsqu'elle est surchauffée, dégage des gaz, hydrogène, oxyde de carbone, hydrogène protocarboné, dont le contact avec l'air forme des mélanges explosifs.

Le Dr Bunte, en Allemagne, a étudié les transformations que la poix subit par suite de son chauffage ; il a déterminé les causes principales des explosions et indiqué les moyens de les prévenir.

D'après lui, les explosions sont naturellement dues à un mélange des vapeurs de la poix en fusion et de l'air atmosphérique. Mais deux conditions sont nécessaires pour que l'explosion se produise : 1° que la température du mélange soit supérieure à 500°; 2° que le mélange d'air et de gaz ait lieu dans des proportions déterminées. Ainsi aucune explosion n'est à craindre tant que dans le mélange, la proportion d'air reste inférieure à 5 p. 100 et la proportion du gaz supérieure à 30 p. 100. Mais dans la pratique du goudronnage, la moindre imprudence peut ou élever subitement la température à plus de 500°, ou provoquer un mélange dont la force d'expansion considérable brise les parois du fût.

Préceptes du Dr Bunte. — Le Dr Bunte a réuni en quelques courts préceptes les règles qui doivent être suivies dans le goudronnage des fûts et dont l'observation doit prévenir les accidents. Ce sont ces règles que nous donnons ci-dessous.

1° Goudronnage à flamme ouverte. — 1. La poix, avant d'être introduite dans le tonneau, ne doit pas être surchauffée (environ 250° C.).

2. On ne doit verser à la fois qu'une petite quantité de poix (environ 3 à 4 litres pour un foudre de 30 à 40 hectolitres).

3. Aussitôt la poix versée, elle doit être enflammée.

4. Les fûts doivent être parfaitement secs au moment où ils viennent au goudronnage.

5. Si la flamme s'éteint avant que le dégoudronnage ne soit complètement terminé, il ne faut pas rallumer la poix avant que le fût n'ait été refroidi et aéré.

6. Aussitôt que le dégoudronnage est terminé, le feu doit être éteint dans le tonneau et toutes les ouvertures hermétiquement fermées.

7. Il ne faut flamber le trou de bonde que quand le fût a été refroidi et très profondément aéré [1].

(Les règles 4, 6 et 7 s'appliquent également au paragraphe suivant.)

[1] La poix s'introduit, pendant le goudronnage, dans le pas de vis des bondes métalliques et empêche ensuite la fermeture. On enlève cette poix en introduisant dans le trou de bonde une bonde en fer chauffée au rouge. On se sert aussi d'une bonde hérissée de dents que l'on fait tourner et qui use la poix.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

2° Goudronnage à la machine. — 1. Le fourneau à coke ne doit être fermé que quand toute la masse du coke est en combustion et que la flamme sort par l'ouverture.

2. La masse en combustion doit avoir au moins 0,50 m. de haut; il ne faut pas qu'aucune partie s'éteigne pendant le travail.

3. Si on flambe la poix dans le tonneau à dégoudronner, il ne faut le faire que si le bec de bronze est assez chaud pour enflammer les gaz et les brûler à leur sortie.

4. Si on arrête la ventilation, il faut ouvrir le fourneau, soit en enlevant le couvercle, soit en ouvrant une ouverture disposée à cet effet dans le haut du poêle. On referme dès qu'on remet la ventilation en marche.

5. On ne doit apporter le tonneau sur le bec que quand le fourneau est régulièrement en train.

6. Il ne faut pas mettre de poix chaude dans le fût avant le dégoudronnage.

7. Il ne faut pas retirer le tonneau du bec avant que le dégoudronnage ne soit terminé.

8. Si un tonneau est imparfaitement dégoudronné, il ne faut le remettre sur le bec que lorsqu'il a été refroidi et aéré.

9. Un tonneau que l'on a séché sur un bec ne doit être dégoudronné que quand il a été refroidi et aéré.

10. Dans le goudronnage sans flamme, il faut éviter que la poix ne prenne feu et jamais aucune flamme ne doit paraître au bec.

11. Les foudres ne doivent être dégoudronnés qu'à la flamme ou à la vapeur surchauffée.

Conservation des fûts. — Les fûts sont conservés dans des endroits bien secs. Les fûts goudronnés sont laissés tels quels; on ne les dégoudronne et regoudronne qu'au moment de s'en servir. La poix empêche le bois de se gâter.

Les fûts non goudronnés sont soufrés après avoir été entièrement séchés. On les soufre en brûlant dans l'intérieur une mèche soufrée. On les ferme ensuite hermétiquement.

Traitement des fûts neufs. — Quand un fût neuf doit être goudronné, il n'y a aucun traitement préalable à lui faire subir, sinon le sécher complètement.

S'il ne doit pas être goudronné, il faut le remplir d'eau chaude que l'on renouvelle plusieurs jours de suite, pour enlever le goût de bois. Un autre procédé consiste à y faire fermenter de la petite bière.

Traitement des fûts gâtés. — Quand un fût rentre gâté, on le défonce, on le brosse à l'eau bouillante et on le laisse sécher. On le relie ensuite et on le rince comme à l'habitude. Si le mauvais goût persiste, on y verse 1/4 ou 1/8e de litre de bisulfite de chaux ou de soude pur, suivant la grandeur du fût, qu'on répand dans tout l'intérieur et qu'on laisse séjourner quelques heures.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On rince ensuite. Si ce procédé ne réussit pas, il faut employer un désinfectant plus énergique, le chlorure de chaux, par exemple, en solution de 1/10e dans de l'eau chauffée à 50°. Il faut ensuite laver le fût plusieurs fois à l'eau chaude et à l'eau froide, pour enlever toute trace de chlorure de chaux et toute odeur de chlore et d'acide hypochloreux qui se communiquerait à la bière.

M. Fernbach recommande le procédé suivant très efficace et qui n'a pas les inconvénients du chlorure de chaux.

On lave soigneusement le fût avec une solution à 1 p. 100 de permanganate de potasse, qui oxyde les matières organiques, les brûle et se transforme en oxyde de manganèse. On rince ensuite avec de l'acide sulfurique dilué à 3 ou 4 p. 100, qui dissout l'oxyde de manganèse, puis on lave avec du bisulfite de chaux ou de soude. Si de l'acide sulfurique est resté dans les pores, il se transforme en sulfate de chaux qui ne présente aucun danger.

Tous les procédés empiriques recommandés par certains praticiens, tels que mettre dans le fût du houblon cuit ou de la drêche fraîche, ou encore y faire fermenter de la petite bière, ne valent rien et ne peuvent que contaminer davantage le fût.

Vérification au soutirage. — Quand un fût arrive au soutirage, il doit être vérifié de nouveau. On s'assure qu'il n'a aucune odeur, et, s'il est goudronné, que la poix ne fait pas de boursouflures par places. Quand la poix est boursouflée, elle crève au soutirage, la bière vient en contact avec le bois, les éclats de la poix se répondent dans le liquide et viennent dans le verre du consommateur.

Aussitôt qu'un fût est vide, il doit être rebouché avec soin, pour éviter son infection. C'est une recommandation que les brasseurs ne manquent pas de faire à leurs clients et de porter sur leurs factures, mais qui n'est pas toujours observée.

Comptabilité des fûts. — La valeur des fûts est très élevée et pour qu'ils ne s'égarent pas, ou qu'ils rentrent régulièrement à la brasserie, on est obligé d'en tenir avec le plus grand soin une comptabilité spéciale.

A cet effet, les fûts sont marqués d'un numéro d'ordre inscrit au fer rouge sur les deux fonds.

Il existe plusieurs systèmes de comptabilité de la futaille. Nous en décrirons plusieurs.

1er Système. — On a deux registres A et B. Le registre A porte, dans une colonne à gauche, divisée par cases, les numéros des fûts dans leur ordre numérique. Chaque numéro est inscrit dans une case et on note dans la même case la contenance du fût ayant le même numéro, sa désignation (pression, demi-pression, ordinaire), et sa date de confection et d'achat.

En face de chaque numéro, des cases transversales servent à inscrire les dates de sortie et de rentrée du fût. Des signets numérotés dépassant les pages et placés tous les 100 numéros permettent les recherches rapides.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le registre B est un journal sur lequel on inscrit la sortie des fûts au jour le jour.

Le mouvement des fûts comprend deux opérations : la sortie et la rentrée.

Sortie. — On inscrit, sur le registre B tous les fûts sortis dans la journée avec leurs numéros et leur destination. La journée finie, on reporte les sorties sur le registre A, en ayant soin de barrer au crayon rouge sur le registre B le numéro dont la sortie vient d'être enregistrée.

Rentrée. — On commence par inscrire la rentrée sur le registre A, qui donne en même temps la date de sortie. On se reporte à cette date sur le registre B, et on barre le numéro au crayon bleu, en sens contraire du trait rouge.

Contrôle. — Il suffit alors de feuilleter le registre B et de relever tous les numéros qui ne sont pas barrés d'un double trait rouge et bleu, pour connaître les fûts qui ne sont pas rentrés en temps voulu et les noms des clients qui les détiennent.

2e Système (système Puvrez). — On a dans le bureau, accroché au mur, un triptyque dont le fond et les deux volets sont garnis de petits clous rangés à 2 ou 3 centimètres les uns des autres. Au-dessous de chaque clou est inscrit un numéro d'ordre. Il y a autant de clous qu'il y a de fûts dans la brasserie ; si un tableau est insuffisant, on en a plusieurs. Un tableau de 1 mètre de largeur sur 1,50 m. de hauteur et ses deux volets, peuvent contenir 2 000 numéros.

A chaque sortie de fût, on inscrit au crayon son numéro, sa destination et sa date de sortie sur un petit carton rectangulaire muni d'un œillet et que l'on suspend au clou du même numéro.

A la rentrée du fût, on décroche le petit carton et on efface. Les cartons sont conservés dans une boîte spéciale.

Pour le contrôle, on adopte une couleur de cartons différente pour chaque mois : rouge, par exemple, en janvier, bleue en février, etc. Il suffit alors d'un coup d'œil jeté sur le triptyque pour voir quels sont les fûts des mois précédents qui sont en retard et qu'il importe de faire rentrer.

Pour faciliter le travail de l'employé chargé de la comptabilité des fûts, les charretiers ont des carnets pour les jours pairs et les jours impairs, où ils inscrivent les sorties et les entrées et qu'ils remettent chaque soir au bureau.

3e Système. — Voici un autre système du même genre ; il comporte un registre (voy. p. 563).

Chaque page, dans la hauteur, est divisée en 12 sections correspondant aux 12 mois de l'année. On divise la page, dans la largeur, en colonnes. Au haut de chaque colonne on inscrit en gros chiffres les numéros des fûts, de manière que chaque fût a sa colonne. Au-dessous du numéro du fût on inscrit la contenance de celui-ci : 30, 25, 126 litres.

Dans la colonne on inscrit le nom du client chez qui le fût a été livré et, à côté de son nom, la date du jour où il a reçu le fût.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

	156 30		157 25		158 126		159 30		160 126	
JANVIER	Huberti 6	×	Mme Lalou 12	×	Huart 8	×	Dubois 3	×	Faber 6	×
	Meier 10	×	Bertrand 20		Godart 15		Carpentier 10	×	Delplanque 15	×
	Ve Bastien 20	×					Dubar 18		V. Sardou 25	×
FÉVRIER	Ramez 1								Delfosse 3	

IRIS - LILLIAD - Université Lille

A côté du nom du client il y a un petit carré. Si le fût est encore chez le client, on laisse le carré en blanc. Si le fût est rentré à la brasserie, on y met une croix ×.

Un employé est chargé d'annoter les fûts qui sortent des caves de la brasserie, ainsi que le nom de leurs destinataires. Quand sa besogne est finie, il apporte sa liste au bureau. Ici le comptable inscrit chaque fût donné, d'après son numéro ; il inscrit aussi le nom du client et la date de la sortie du fût ; en même temps, en voyant en haut de sa colonne la capacité vraie du fût, il peut contrôler si on ne s'est pas trompé dans l'indication de la contenance de celui-ci.

Lorsqu'il rentre des fûts vides, on prend note de leurs numéros et on le marque dans le livre. Si, par hasard, on oubliait de marquer la rentrée d'un fût vide, le malheur ne serait pas grand, car en voyant dans la suite ce fût sortir de nouveau, ce serait un signe qu'il est rentré.

On doit tenir ce livre soigneusement, et bien entretenir les numéros sur les fûts.

Ce système est d'une extrême simplicité. Il suffit de jeter un regard sur ce livre pour connaître toute l'histoire de chaque tonneau en particulier; on voit qui l'a eu en dernier lieu; à quelle date il est sorti de la brasserie, etc. Avec ce système, il est donc impossible que des fûts se perdent.

Ce livre n'est pas dans le commerce; il faudrait le faire imprimer chez un fabricant de registres en lui montrant le modèle ci-après.

Soutirage de la bière. — Le soutirage de la bière peut se faire en tirant directement du foudre dans les fûts d'expédition. Dans ce cas, on adapte au robinet du foudre un boyau en toile qui plonge au fond du fût, pour éviter la mousse et on coule doucement. Mais avec les bières sous pression, bondonnées et ayant reçu des krœusen, la mousse serait trop abondante, le soutirage deviendrait impossible et on aurait une trop grande perte de bière et d'acide carbonique. On se sert alors d'appareils spéciaux de soutirage, dits appareils isobarométriques ou à contre-pression.

Robinets de soutirage. — Les robinets de soutirage sont en bronze, de grandeur et de forme appropriées à la contenance des foudres et du mode de soutirage.

En fermentation haute, le robinet est à bec recourbé auquel on attache un boyau en toile qui descend jusqu'au fond du fût à remplir.

En fermentation basse, et en se servant des appareils isobarométriques, le robinet porte un raccord pour tuyau en caoutchouc.

Il y a quelques robinets spéciaux. Nous citerons :

Robinet a boite. — Le robinet à boîte (fig. 158) est formé de deux parties : 1° une boîte en laiton A qui se fixe par un taraudage au trou du bouchon et dans laquelle peut se mouvoir par un pas de vis, une seconde boîte B, munie d'un fond plein, mais percé d'un canal longitudinal, et latéralement et en

IRIS - LILLIAD - Université Lille

arrière de deux trous rectangulaires C. Elle porte à l'avant une série d'encoches *d*; 2° un robinet proprement dit que l'on peut visser dans la boîte A et muni à l'arrière de tenons *t* qui viennent épouser les encoches *d* au moment où le robinet est suffisamment enfoncé. En continuant à visser celui-ci, la boîte intérieure entraînée par l'engrenage constitué par les encoches et les

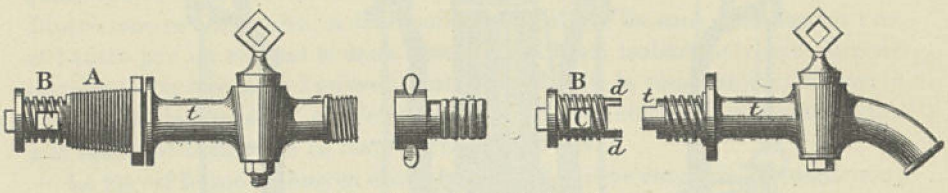


Fig. 158. — Robinets à boîte.

A gauche, avec raccord pour tuyau ; à droite, détail de la boîte d'un robinet recourbé.

tenons, se met à tourner en reculant. Les ouvertures C se dégagent peu à peu de la boîte A et la bière peut alors arriver jusqu'au robinet. Lorsque l'on enlève celui-ci, on ramène d'abord la boîte B en avant, on aveugle les ouvertures C et la boîte A se trouve obturée par le fond de la boîte B. De sorte que lorsque le robinet sera complètement détaché, il n'y aura aucune sortie de bière. Au moment de la pose du robinet, on évite également la perte et l'agitation de la bière.

Robinet de fond. — Le robinet de fond (fig. 159) est un robinet ordinaire prolongé à l'arrière par une tubulure longue et courbe. Place-t-on la

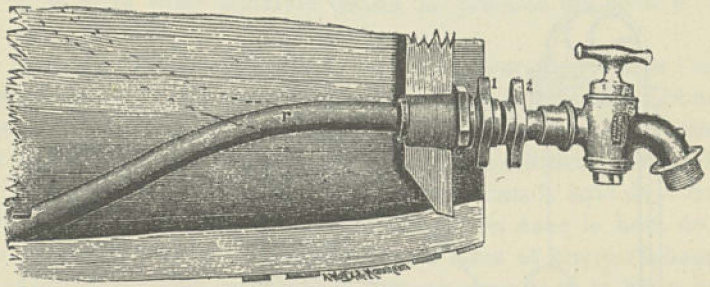


Fig. 159. — Robinet de soutirage pour vider les foudres à fond.

convexité vers le haut, on ne peut soutirer les lies ; place-t-on au contraire la convexité vers le bas, on peut alors les extraire.

Appareils isobarométriques. — Le principe de ces appareils est d'établir dans le fût de soutirage (fig. 160) hermétiquement fermé, une pression d'air, égale à celle du foudre, de façon que la bière, en coulant, rencontre une pression suffisante pour que l'acide carbonique ne se dégage pas et que la mousse ne se produise pas.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ils se composent (fig. 161) essentiellement d'une lanterne en verre, cylin-

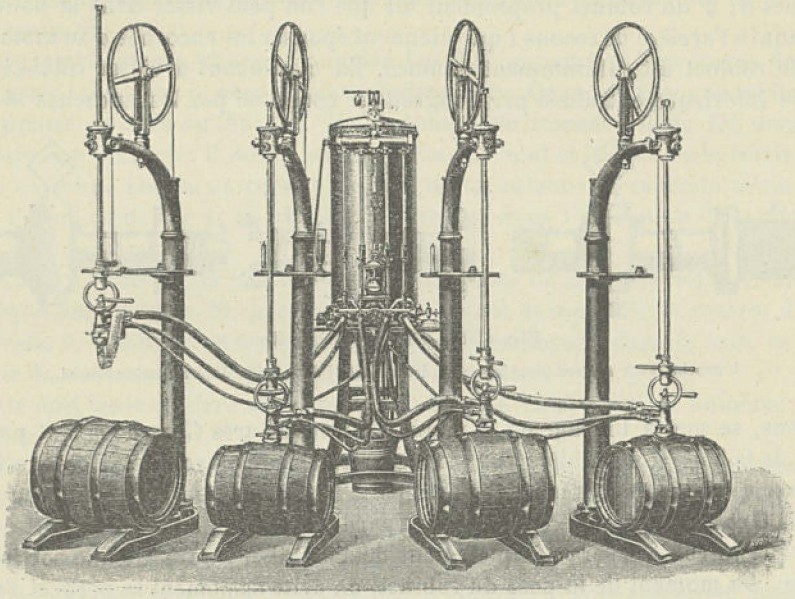


Fig. 160. — Appareil isobarométrique à soutirer.

drique, qui s'interpose entre le foudre et le fût et par où la bière doit passer avant de se rendre dans ce dernier.

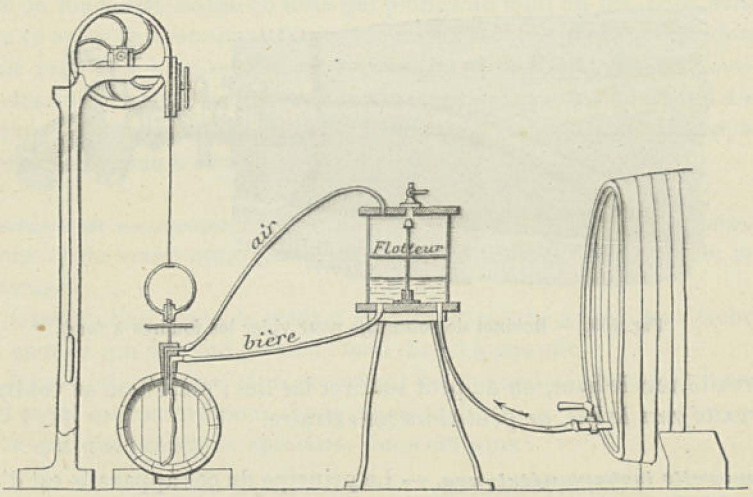


Fig. 161. — Schéma du soutirage isobarométrique.

La lanterne est fermée par deux disques en bronze. Celui du haut est percé de deux trous; l'un central s'ouvre et se ferme automatiquement pendant

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'opération, de la façon que nous dirons tout à l'heure ; l'autre, destiné au passage de l'air comprimé, communique par un tube avec l'intérieur du fût de soutirage. Le disque du bas porte également deux trous ; l'un, placé au milieu, est mis en communication avec le robinet du foudre ; l'autre, sur le côté, conduit la bière dans le fût par un tube. Les deux tuyaux qui vont au soutirage se rencontrent en un point de leurs parcours et se relient l'un à l'autre sans se confondre. A leur point de jonction, ils sont commandés l'un et l'autre par un robinet à deux voies, dit robinet isobarométrique, disposé de telle façon que si on l'ouvre à moitié, on établit la communication avec le haut de la lanterne ; si on l'ouvre tout à fait, on établit la communication à la fois avec le haut de la lanterne et avec le bas.

Le fût est fermé au moyen d'une bonde métallique entourée de caoutchouc qu'une vis de pression assujettit au trou de bonde. La bonde est percée de part en part et laisse passer les deux tuyaux dont nous venons de parler et qui sont enserrés dans la bonde ; l'un, celui qui vient de la partie supérieure de la lanterne, débouche au niveau inférieur de la bonde ; l'autre, celui qui vient de la partie inférieure de la lanterne, un peu plus long, est muni d'un boyau en toile et plongeant au fond du fût.

Dans l'intérieur de la lanterne se trouve un flotteur traversé par une tige métallique de la hauteur de la lanterne et dont les extrémités coniques viennent fermer tantôt le trou supérieur, tantôt le trou inférieur, suivant que le flotteur monte ou descend.

Tout étant prêt, nos robinets fermés, si nous ouvrons celui du foudre, la bière passe dans la lanterne et soulève le flotteur, qui ferme le trou central supérieur. L'air et l'acide carbonique ne pouvant plus s'échapper se compriment et la bière cesse d'arriver quand la pression est égale à celle du foudre.

A ce moment, ouvrons à moitié le robinet isobarométrique et l'air comprimé passe dans le fût. La bière monte dans la lanterne et s'arrête de nouveau quand la pression dans le fût et dans le haut de la lanterne est égale à la pression du foudre. On ouvre alors complètement le robinet isobarométrique ; la bière coule dans le fût et l'air refoulé repasse dans le haut de la lanterne, par le haut. Quand la pression devient trop forte dans le haut de la lanterne, le flotteur s'abaisse, ferme l'arrivée de bière et ouvre l'échappement d'air ; l'excès de pression disparaît, le flotteur remonte et la bière continue à couler. Comme elle rencontre dans le fût, toujours, une pression suffisante, il ne se produit aucune mousse et aucune déperdition d'acide carbonique.

Quand le fût est plein, ce dont on est prévenu par un niveau en verre qui se remplit, on desserre la bonde et on bondonne rapidement le fût.

Les appareils sont disposés de façon à permettre le soutirage simultané de plusieurs fûts.

Pendant le soutirage, la pression baisse dans le foudre au fur et à mesure. On la maintient en mettant le haut du foudre en communication, par le robinet à deux branches dont nous avons parlé, avec un réservoir à air com-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

primé alimenté par une pompe[1]. Il en résulte que pouvant régler la pression à volonté, il n'est plus nécessaire de faire le soutirage en contre-bas, ni même à proximité du foudre. La bière peut être conduite dans une salle spéciale où sont installés les appareils, soit dans une avant-cave, soit même au-dessus des caves.

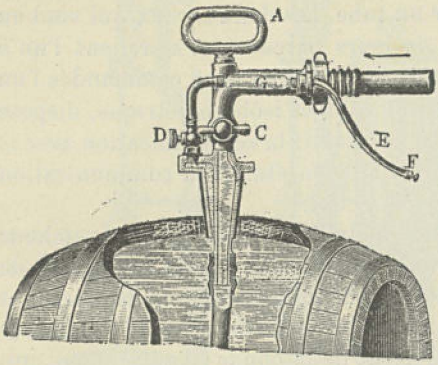


Fig. 162. — Appareil isobarométrique.

C, arrivée de la bière. — D, sortie de l'air du fût. G, E, F, conduit d'évacuation. — G, tube en verre.

Il existe de nombreux systèmes isobarométriques.

Le petit appareil (fig. 162) peut servir pour les bières qui ne sont pas trop mousseuses et en particulier pour le soutirage des bières de fermentation haute. Il évite la perte d'acide carbonique.

Filtration de la bière. — Les consommateurs exigeant aujourd'hui des bières d'une limpidité irréprochable, on a pris l'habitude de les filtrer au soutirage.

On se servait autrefois de papier à filtrer, mais son usage a presque entièrement disparu aujourd'hui, et la masse filtrante plus généralement employée est la pâte de papier ou la pâte de bois. On en fait aussi en amiante ou en coton.

On emploie deux appareils : le filtre Enzinger et le filtre Stockheim, du nom de leurs premiers constructeurs.

Filtre Enzinger. — Le filtre Enzinger (fig. 163), le plus ancien, est un filtre-presse. Il était autrefois à papier, il est maintenant à pâte. Il se compose de cadres et de grilles ou châssis en étain, alternés et serrés par une vis entre deux sommiers creux. Les cadres et les grilles sont en losanges et se disposent sur leurs supports, de façon que la diagonale soit verticale. Les angles des losanges, en haut et en bas, portent deux trous ; de sorte que quand les losanges sont placés les uns à côté des autres, les trous forment quatre couloirs traversant l'appareil. Deux couloirs, un en haut et un en bas communiquent avec la chambre du sommier d'arrivée de la bière ; les deux autres communiquent avec la chambre du sommier opposé, de sortie. L'intérieur des grilles impaires est mis en communication simultanément par le haut et par le bas avec les couloirs d'arrivée de la bière par de petits trous verticaux creusés dans le plein qui entoure les trous formant couloirs ; les châssis pairs communiquent par le bas avec le canal de sortie. Les sommiers

[1] Les réservoirs à air comprimé ne donnent pas une pression constante. On se sert de *régulateurs de pression*, comprenant un réservoir à air comprimé se remplissant automatiquement et actionnant deux pompes aspirant la bière et la refoulant dans le filtre et l'appareil isobarométrique.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

sont surmontés de lanternes en verre qui n'ont pas seulement pour but de comparer la limpidité de la bière à son entrée et à sa sortie, mais aussi d'établir une contre-pression qui empêche la formation de la mousse.

Les cadres sont garnis de pâte filtrante prise entre deux tamis et chacun d'eux est placé entre deux grilles. Le filtre étant serré, on ouvre le robinet d'arrivée; la bière pénètre dans le sommier, monte dans la lanterne où s'établit une contre-pression et pénètre dans les deux couloirs d'arrivée. Ces

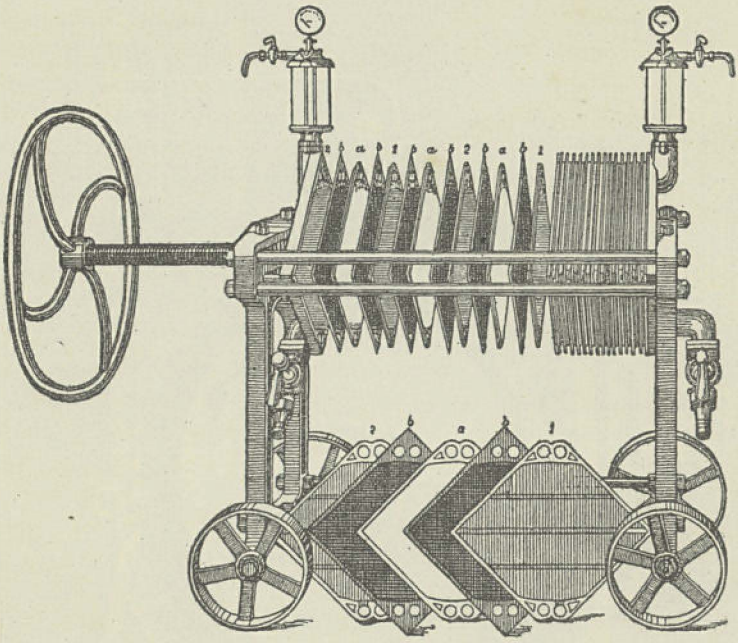


Fig. 163. — Filtre à pâte de papier.

1, châssis n° 1. — *b*, tamis. — *a*, cadre à pâte. — 2, châssis n° 2, etc.

couloirs étant bloqués à leurs extrémités, la bière, pour gagner les couloirs de sortie, passe par les petits trous et pénètre dans l'intérieur, soit en montant, soit en descendant ; mais comme les petits trous sont placés de deux en deux grilles, la bière ne trouvant pas d'issue au côté opposé par où elle arrive, est forcée de traverser la masse filtrante; c'est-à-dire que la bière arrivant dans la grille n° 1 ressort par la grille n° 2 après avoir traversé la pâte ; à cause des deux arrivées de bière, il s'établit deux courants, sur la moitié de chaque masse filtrante, l'un montant, l'autre descendant.

La bière filtrée pénètre dans la chambre du sommier de sortie, monte dans la lanterne et, de là est conduite dans l'appareil isobarométrique de remplissage des fûts.

La grandeur des cadres et des grilles et leur nombre sont proportionnés au débit de l'appareil.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Une presse spéciale sert à garnir les cadres et à y comprimer la pâte.

Filtre Stockheim.— Le filtre Stockheim (fig. 164) se compose d'un tambour cylindrique en cuivre massif qui peut se placer horizontalement pour le remplissage et verticalement pour l'emploi. Il est fermé hermétiquement par

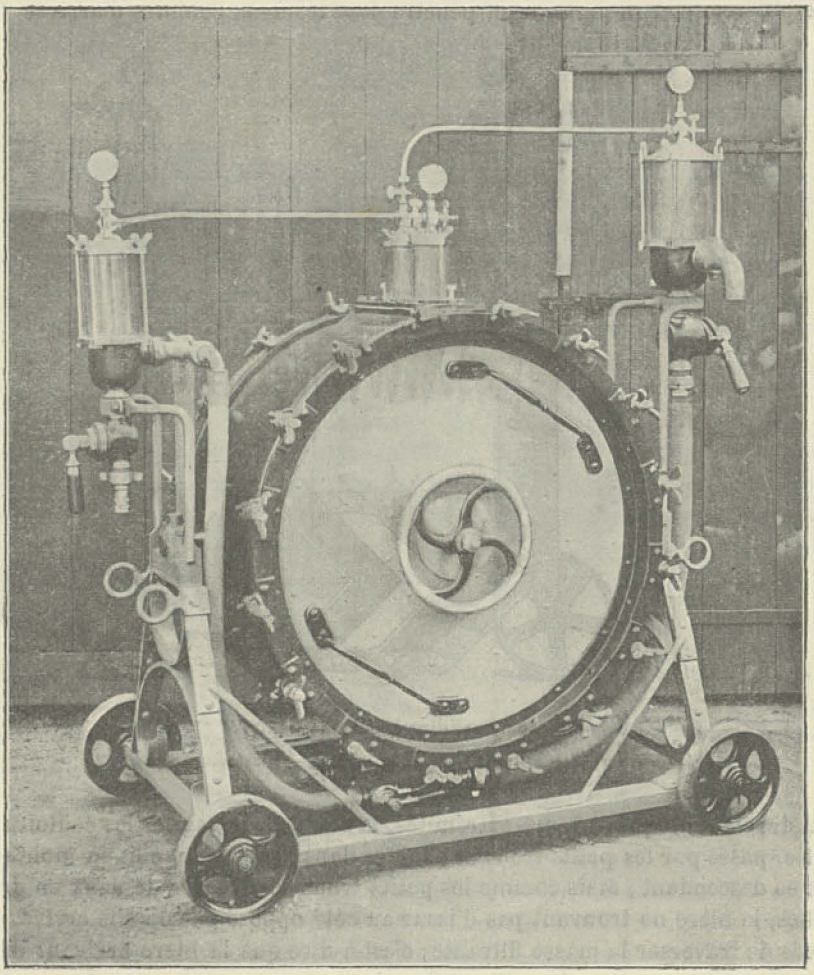


Fig. 164. — Filtre genre Stockheim.

deux couvercles bombés qui s'adaptent au moyen d'écrous et de boulons à rabattement. L'intérieur est divisé en deux sections (fig. 165). Dans chacune d'elles, on place d'abord une tôle perforée, puis un tamis sur lequel on étend une couche de masse filtrante ; on met sur la couche un autre tamis, puis une tôle perforée, puis encore un tamis et une couche de masse filtrante et on

IRIS - LILLIAD - Université Lille

continue ainsi jusqu'à ce que la section soit remplie. Le nombre de couches est proportionné à la puissance de l'appareil. La garniture est complétée par des anneaux en métal d'une certaine hauteur qui sont intercalés entre les deux sections qui font pression quand on met les couvercles et qu'on les boulonne. Des lanternes en verre, de contre-pression, sont placées à l'entrée et à la sortie ; d'autres, au-dessus du milieu vide du filtre. Les couvercles bombés font chambres d'entrée et de sortie. La bière qui entre par un bout,

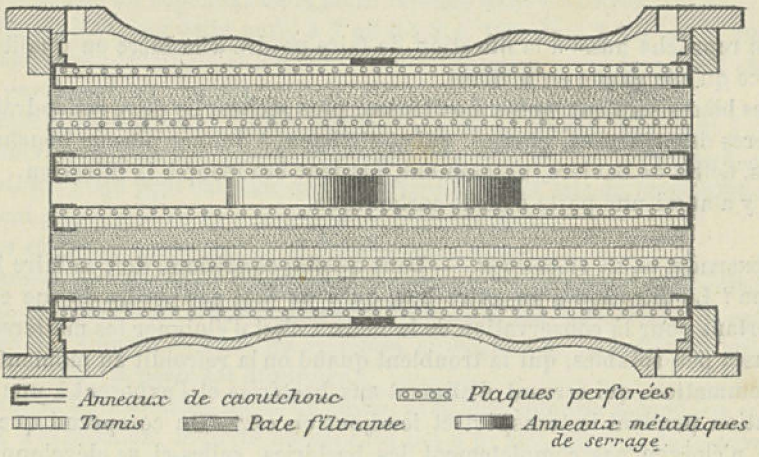


Fig. 165. — Montage du filtre genre Stockheim.

sous pression, sort par l'autre, après avoir traversé les tamis, les plaques et les masses filtrantes.

Masse filtrante. — La masse filtrante forme une espèce de gâteau sec que l'on fait ramollir dans l'eau chaude et qu'on stérilise au moyen de la vapeur dans des appareils spéciaux, dit laveurs de masse filtrante. On en fait ensuite une bouillie épaisse, sans grumeaux, que l'on étend froide dans les appareils avec une cuiller dont la contenance est proportionnée à la grandeur du filtre.

Avant filtration, on fait passer un courant d'air qui chasse l'excès d'eau Il en reste toujours, et le premier fût soutiré doit être mis de côté. Mais il y a compensation parce qu'on peut filtrer les fonds de foudres. Les filtres en papier avaient l'avantage de retenir moins d'eau au début et moins de bière à la fin, mais leur entretien était plus coûteux parce qu'il fallait changer le papier après chaque filtration.

La filtration achevée, on lave le filtre en faisant passer un courant d'eau sous pression, en sens contraire, Mais après quelques soutirages, ordinairement deux, la masse ne filtre plus bien ; on la retire, on la lave d'abord à l'eau froide pour enlever les plus grosses impuretés, puis on la traite de nouveau à la vapeur comme la première fois. La masse peut ainsi servir indéfiniment, sauf les pertes qui résultent des manipulations qu'on lui fait subir.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Inconvénients des filtres. — La filtration donne des bières d'un brillant qu'aucun collage ne peut produire. Mais ils demandent à être très bien entretenus, sans quoi ils deviennent des foyers d'infection pour la bière. Les bactéries qu'ils retiennent sont facilement entraînées par la bière qui succède a une première filtration. D'après des expériences faites à Weihenstephan et que cite Lintner, les filtres ne retiendraient même que les cellules de levure et laisseraient passer les bactéries, plus ténues. Après filtration, on retrouve dans la bière à peu près toutes les bactéries qu'elle contenait auparavant.

On reproche aussi à la filtration de faire perdre à la bière en qualités de goût ce qu'elle gagne en brillant.

Les bières seraient moins moelleuses, plus sèches. Le filtre retiendrait des matières dextrineuses, grasses, qui contribuent à donner plus de bouche aux bières. Celles de Bavière, notamment, perdent beaucoup à la filtration.

Il y a aussi une perte d'acide carbonique.

Conditions de la filtration. — Dans quelles conditions doit se faire la filtration? La filtration a un autre but, qu'il ne faut pas perdre de vue et très important pour la conservation de la bière : c'est d'éloigner les matières glutineuses peu solubles, qui la troublent quand on la refroidit au moment de la consommation, qui servent d'aliment aux bactéries et l'exposent à une détérioration pendant le transport et le séjour en cave. On comprend que si le filtre n'éloigne pas complètement les bactéries, celles-ci se développeront d'autant mieux qu'elles trouveront un terrain plus approprié et des conditions de température plus favorables.

Mais pour éliminer ces matières, il faut les rendre insolubles et on y arrive en refroidissant la bière avant son entrée dans le filtre. Pour cela, on fait passer la bière dans des serpentins qui plongent dans une caisse remplie de glace ; la bière se trouble fortement et le filtre retient les matières insolubles.

La bière sort claire et sa résistance aux causes d'altération est augmentée. Les bières filtrées et non refroidies s'altèrent plus vite que les bières non filtrées.

On filtre surtout les bières de fermentation basse, mais on peut aussi filtrer les bières de fermentation haute. Pour ces dernières, la filtration doit se faire dans les mêmes conditions de refroidissement.

Le refroidissement a un autre avantage, c'est de diminuer les pertes d'acide carbonique qui reste mieux dissous à température basse.

Montage des appareils de soutirage. — L'ensemble des appareils de soutirage comprend :

1° Une pompe à air ;

2° Un réservoir à air comprimé ;

3° Un régulateur de pression pour le débit régulier du foudre ;

4° Un réfrigérant à glace ;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

5° Un filtre ;
6° Un appareil isobarométrique de soutirage.

Pertes en cave. — Nous entendons par là, les pertes à la fermentation et au soutirage.

Les pertes à la fermentation proviennent de la bière retenue par la levure, de la production de gaz carbonique, d'une petite évaporation de liquide, de la bière perdue aux remplissages et aux soutirages, du dépôt au fond des foudres et sur les copeaux, de la bière retenue dans les filtres.

Thausing estime cette perte à 5 ou 6 1/2 p. 100, dont 3 à 4 1/2 p. 100 à la fermentation principale et 2 p. 100 à la fermentation secondaire ; ces chiffres nous paraissent un peu bas.

Habich, Heiss-Leyser, Aubry portent la perte à 7 ou 8 p. 100, dont 5 p. 100 sont affectés à la fermentation principale. Ces chiffres sont plus conformes à la pratique et on peut calculer que 100 litres de moût mis en fermentation ne donnent guère plus de 92 à 93 litres de bière vendable.

Ces chiffres s'entendent de la fermentation basse.

Dans la fermentation haute en tonneaux, la perte n'est jamais inférieure à 10 p. 100, à cause des remplissages fréquents des fûts. Dans le système anglais des Unions et dans les systèmes analogues de remplissage automatique des fûts, la perte est diminuée.

Dans la fermentation haute en cuves, avec fermentation secondaire en tonneaux d'expédition, la perte ne dépasse pas 8 p. 100. Elle est donc sensiblement la même qu'en fermentation basse. Elle est cependant toujours un peu plus élevée à cause des températures plus hautes de fermentation.

Quand la fermentation secondaire s'accomplit en foudres, ce qui nécessite un second soutirage, la perte augmente.

Les pertes varient donc avec les modes de fermentation, mais aussi avec les soins apportés par les ouvriers et les systèmes de soutirage adoptés.

La filtration donne une perte plus grande. Le premier fût doit être mis de côté ; on filtre, il est vrai, le dépôt, mais le filtre garde une quantité de bière en rapport avec sa grandeur. On diminue la perte en filtrant à la fois une plus grande quantité de bière.

Dans certains brasseries, en Angleterre notamment, on passe la levure dans des filtres-presses et le liquide recueilli sert aux remplissages. Cela n'a pas d'inconvénient pour les bières anglaises fortement amères, mais cette façon de procéder ne conviendrait pas pour les bières douces, à cause de l'amertume prononcée que le liquide prend au contact de la levure et qui provient des résines du trouble.

Mise en bouteilles. — La bière se débite aussi en bouteilles. Elle a d'ailleurs été préalablement soutirée.

Autrefois, le client tirait lui-même sa bière dans les bouteilles qu'il laissait quelques jours couchées dans un endroit frais, jusqu'à ce que la bière *prenne la mousse*. Il les relevait ensuite. Mais les bières qui moussent naturellement

IRIS - LILLIAD - Université Lille

par suite de la fermentation qui se déclare dans la bouteille, se troublent fortement ou forment un dépôt abondant qui remonte dans le liquide aussitôt qu'on ouvre la bouteille.

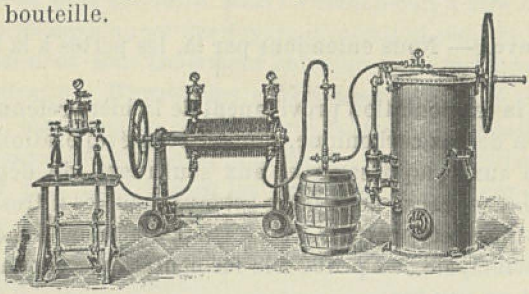


Fig. 166. — Installation avec filtre et pression d'air comprimé. Mise en bouteilles isobarométrique.

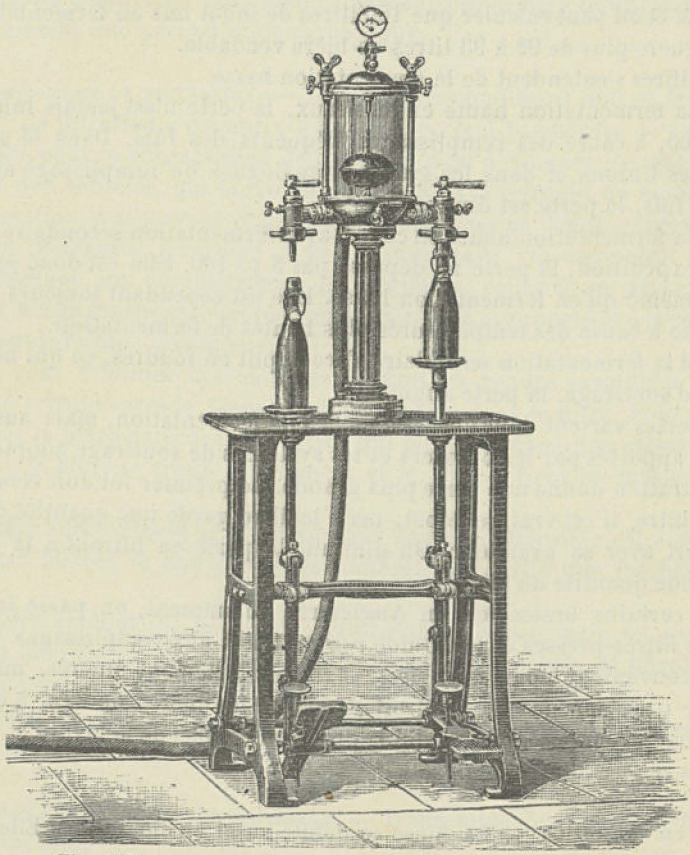


Fig. 167. — Appareil isobarométrique de mise en bouteilles.

Aujourd'hui que le consommateur exige des bières limpides, le brasseur met lui-même sa bière en bouteilles. Elle est filtrée dans des filtres semblables

IRIS - LILLIAD - Université Lille

à ceux que nous avons décrits, mais plus petits; et pour lui donner la mousse, elle est gazéifiée comme les limonades, ou simplement soutirée sous pression d'acide carbonique. On se sert pour cela, soit d'un appareil producteur d'acide carbonique, soit d'acide carbonique liquide.

On produit l'acide carbonique en faisant réagir de l'acide sulfurique sur du bicarbonate de soude. L'appareil se compose de deux vases superposés. Dans le vase inférieur, muni d'un agitateur on met le bicarbonate de soude; dans le vase supérieur en plomb on verse l'acide. La communication est établie de façon que l'acide tombe goutte à goutte dans la partie inférieure. Le gaz qui se dégage traverse un laveur et de là est conduit dans la bière à soutirer.

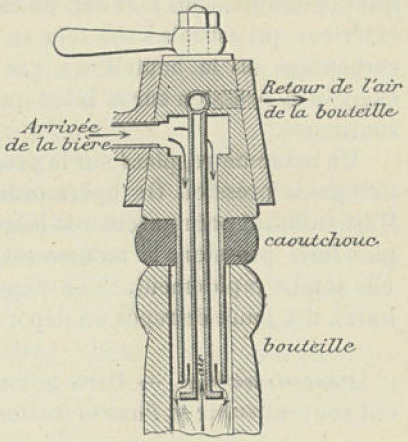


Fig. 168. — Robinet isobarométrique pour la mise en bouteilles.

L'acide carbonique liquide est livré dans des bouteilles en fer forgé éprouvées à une pression de 240 atmosphères, et dans lesquelles le gaz a été liquéfié. En ouvrant la bouteille, l'acide carbonique passe à l'état de gaz; un robinet détendeur sert à régler la quantité de gaz qui doit passer et qui est nécessaire à la mise en bouteilles.

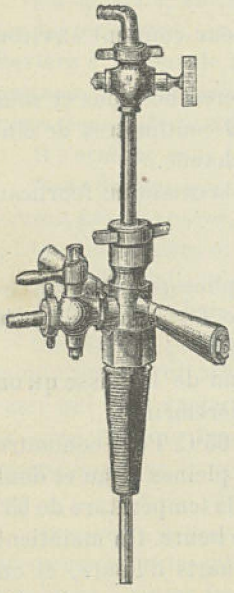


Fig. 169. — Plongeur.

L'appareil à mettre en bouteilles est un appareil isobarométrique (fig. 166), analogue à celui qui sert à remplir les fûts. Comme lui, il est composé d'une lanterne en verre munie d'un flotteur (fig. 167). La bouteille placée sur un plateau, est maintenue par un levier à contrepoids sous le tube de soutirage. Ce tube, qui plonge dans la bouteille, est commandé par un robinet à deux voies (fig. 168) établissant la communication avec le sommet de la lanterne et le robinet d'écoulement de la bière. Quand la bouteille est remplie, le liquide dépasse l'extrémité du tube; l'air ne peut remonter dans la lanterne, se comprime et l'écoulement s'arrête de lui-même. On ferme, on retire la bouteille et on la bouche. Certains appareils bouchent sans qu'on ait besoin de sortir la bouteille.

L'appareil est disposé pour pouvoir soutirer plusieurs bouteilles à la fois.

Le fût à soutirer est placé debout et on y enfonce un *plongeur* (fig. 169). C'est un tube en cuivre qui glisse à frottement dur dans une douille calfatée qu'on fixe dans le trou du bouchon. L'extrémité du plongeur, qui descend

IRIS - LILLIAD - Université Lille

jusqu'au fond du fût, est percée de trous pour le passage de la bière. L'autre extrémité est mise en communication avec la soutireuse par un tube en étain. Dans la douille, sous le calfat, un espace annulaire correspond avec un robinet extérieur qui est mis à son tour en communication avec le producteur d'acide carbonique ou la boutellle à gaz liquide. Le robinet ouvert, le gaz vient exercer sa pression sur la bière qui monte dans le plongeur et passe dans la soutireuse.

Un manomètre, placé sur le producteur ou sur le détendeur de la bouteille indique la pression. On opère ordinairement avec une pression de 0,5 atm. C'est suffisant pour gazéifier la bière et lui donner une mousse compacte. A une plus forte pression, la mousse est plus abondante, mais moins persistante ; elle tombe rapidement. Si on dépasse deux atmosphères, la bière fait après huit à dix jours de repos un dépôt abondant.

Pasteurisation. — Dans le but de conserver la bière en bouteille on lui fait souvent subir la *Pasteurisation*.

Appareil. — L'appareil à pasteuriser se compose d'une caisse en métal, ou même simplement en bois, de un mètre de hauteur, sur un mètre à 1,50 m. de large et d'une longueur proportionnée au nombre de bouteilles que l'on veut y mettre.

Une caisse de 1,20 m. de large et 5,30 m. de longueur contient environ 1 000 bouteilles.

A 10 centimètres du fond, on établit un faux fond percé de trous et sous ce faux fond, un serpentin à vapeur d'environ 10 à 12 centimètres de diamètre, ou des tuyaux percés de trous amenant de l'eau chaude.

Si on ne dispose pas de vapeur, on installe à côté de la caisse un fourneau analogue à ceux qui chauffent l'eau des baignoires.

Marche de l'opération. — Les bouteilles ne sont remplies qu'à 3 ou 4 centimètres du bord, pour que la dilatation du liquide ne fasse pas éclater le verre et les bouchons sont assujettis au moyen d'agrafes.

Les bouteilles sont rangées debout sur le faux fond de la caisse qu'on remplit d'eau froide. Les bouteilles doivent baigner entièrement.

On chauffe alors lentement et graduellement jusqu'à 65°C. Pour connaître la température, on met de place en place des bouteilles pleines d'eau et dont le bouchon est traversé par un thermomètre. On atteint la température de 65° en une demi-heure ou trois quarts d'heure et même une heure. On maintient cette température environ une demi-heure ou trois-quarts d'heure, et on refroidit lentement.

La question de durée dépend du temps de conservation de la bière. Pour les bières locales, une demi-heure suffit ; pour les bières qui doivent voyager ou pour les bières d'exportation, il faut prolonger la durée de pasteurisation.

La température de 65° ne doit pas être dépassée ; une température plus

IRIS - LILLIAD - Université Lille

élevée produirait une coagulation des matières azotées et un dépôt dans les bouteilles.

Pour les bières locales ou celles qui doivent être bues rapidement, on peut se contenter de chauffer à 50° ou 52°.

Les bouteilles étant refroidies, on les met dans un endroit frais, puis on les nettoie et on les pare avant de les expédier, c'est-à-dire qu'on les revêt d'une étiquette et d'une capsule ou d'un casque en étain.

Effets de la pasteurisation. — La pasteurisation tue la plupart des bactéries et affaiblit, en tout cas, les ferments qu'elle épargne, assez pour que la bière ne puisse plus refermenter ni se troubler. Elle peut ainsi se conserver intacte plusieurs années et subir des transports très longs et des changements de température sans s'altérer.

La pasteurisation rend la bière plus colorée. Elle en change plus ou moins le goût et lui donne une saveur douceâtre, particulière, que l'on appelle le goût de pasteurisation.

On n'est pas fixé sur les causes qui provoquent cette altération de la saveur. D'après Lintner, par le chauffage et la pression, l'acide carbonique formerait avec l'extrait certaines combinaisons qui seraient l'origine de ce goût particulier.

On constate, en effet, que le goût de pasteurisation est plus accentué avec les bières jeunes, ou riches en extrait et moins atténuées; avec les bières de Bavière à saveur de malt prononcé ; avec les bières mises en bouteilles sous pression d'acide carbonique. Il est également plus prononcé avec les températures élevées de pasteurisation, avec le refroidissement brusque des bouteilles.

Il s'atténue avec le vieillissement de la bière.

Nous disions que la pasteurisation ne tue pas tous les ferments; elle ne détruit pas les spores, plus résistantes. Fernbach propose pour stériliser complètement la bière et diminuer le goût de pasteurisation, d'employer le procédé de Tyndall; c'est-à-dire de chauffer seulement à 50 ou 55°, puis de répéter une ou deux fois l'opération à vingt quatre heures d'intervalle.

On emploie pour la pasteurisation des bouteilles en verre résistant et on monte lentement à la température finale. On ne peut éviter, cependant, la casse qui peut varier de 2 à 5 p. 100, suivant la qualité des bouteilles, suivant la gradation de l'opération et aussi, selon que les bouteilles sont plus ou moins remplies.

Appareils accessoires de la mise en bouteilles. — Comme appareils accessoires de la mise en bouteilles, nous nous contenterons de noter les machines à rinçer les bouteilles, à les boucher et à les capsuler. Les systèmes sont très nombreux, plus ou moins appropriés à leur objet et leur description ne présenterait qu'un intérêt secondaire.

Prix de revient de la bière en bouteilles. — La mise en bouteilles et la pasteurisation augmentent assez sensiblement le prix de revient de la bière.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Elle est onéreuse, à cause de la main-d'œuvre qu'elle réclame, de la casse, de la perte de bière qu'elle occasionne, de la difficulté de recouvrer les bouteilles, des approvisionnements de matériel qu'elle exige.

Elle augmente le poids mort et les frais de transport. En effet, 1 000 bouteilles de 0,65 litre nécessiteront 20 caisses de 50 bouteilles et pèseront :

Poids du verre (700 grammes chaque)	700	kilogrammes.
— de la bière	655	—
— des caisses, paillons, etc.	100	—
Total	1 455	kilogrammes.

Le poids d'un hectolitre de bière en fûts à pression est de 150 kilogrammes, 650 litres pèseraient 975 kilogrammes.

Voici un exemple du prix de revient de 100 bouteilles de 0,65 pour l'exportation et pour la France :

PRIX DE REVIENT DE 100 BOUTEILLES DE 0,65.

	Exportation. Francs.	France. Francs.
Prix de la bière (30 francs l'hectolitre)	19,50	19,50
Bouteilles (14 francs le 100)	14	14
Bouchons (12 francs le 1 000)	1,20	1,20
Etiquettes (4,25 fr. le 1 000)	0,425	0,425
Agrafes (3 francs le 1 000)	0,30	0,30
Feuilles d'étain (4,75 fr. le 1 000)	0,475	»
Capsules (6,15 fr. le 1 000)	»	0,615
	35,90	36,04
Deux caisses à 1,50 fr.	3	»
Pasteurisation et main-d'œuvre	3	3
Perte 5 p. 100 sur les fournitures	1,80	1,80
Paillons d'emballage	1,35	»
Port, affrètement, transit, etc.	1,50	»
	46,55	40,84
Remboursement des droits de régie sur la bière exportée	0,85	»
Reprise du vide	»	14
Reste	45,70	26,84
Soit, à l'hectolitre	70	41,20

Pasteurisation avant de mettre en fûts. — Si on pouvait pasteuriser en fûts, on éviterait les frais considérables de mise en bouteilles. Mais tous les essais tentés à cet effet n'ont pas réussi. Les fûts ne résistent pas à la pression de l'acide carbonique qui se dégage pendant le chauffage et des fuites se produisent par les douves ; dans ceux qui sont goudronnés, la poix fond.

On pasteurise alors dans des appareils spéciaux et la bière est mise ensuite en fûts, après refroidissement, au moyen d'un appareil isobarométrique. Il existe différents systèmes ; nous citerons seulement l'appareil Kuhn.

Il se compose d'un cylindre horizontal, étroit, que l'on remplit aux 2/3 de bière. Il se ferme hermétiquement et un serpentin qui le traverse peut amener

IRIS - LILLIAD - Université Lille

ou de la vapeur, pour le chauffage, ou de l'eau froide pour le refroidissement. Pour que la température se répartisse bien dans toutes les parties et que l'acide carbonique se redissolve dans toute la masse pendant le refroidissement, l'appareil est monté sur galets et un système d'engrenage le fait osciller de 180° dans chaque sens. La bière est ensuite soutirée sous pression d'acide carbonique.

Ces appareils ne se sont pas propagés et la pratique ne les a pas encore adoptés.

Expédition de la bière. — Les grandes brasseries expédient leurs bières dans des wagons-glacières. Ce sont des wagons à doubles parois, entre lesquelles on met une matière isolante, menues pailles, liège, etc., et peints en blanc afin de moins s'échauffer aux rayons du soleil. Dans l'intérieur, se trouve un double plafond en tôle ondulée et légèrement en pente, sur lequel on met des morceaux de glace ; une gouttière emmène au dehors les eaux de fonte. L'air se refroidit au contact de la tôle glacée et entretient la fraîcheur des fûts entassés sur le plancher du wagon.

Le poids d'un hectolitre de bière étant de 150 kilogrammes en fûts à pression ; 33 hectolitres font un wagon de 5 000 kilogrammes. Certains wagons sont disposés pour transporter 65 à 70 hectolitres de bière, plus 1 000 à 1 200 kilogrammes de glace.

Soins chez le débitant. — La bière, chez le débitant, doit être placée dans une cave spéciale, aussi fraîche que possible, éloignée des autres liquides fermentescibles et des substances alimentaires, capables de fournir des bactéries à l'air.

Elle se débite soit tirée directement au fût, soit, de préférence, conduite dans la salle même de débit au moyen d'une *pompe à pression*.

Pompe à pression. — La pompe à pression comprend les organes suivants (fig. 170) :

1° La pompe elle-même, manœuvrée par un levier ou un volant;

2° Un réservoir métallique où la pompe refoule l'air à une pression de 2 atmosphères à 2 atmosphères et demi ;

3° Un distributeur d'air fixé au mur, tube en cuivre poli ou nickelé, dont une extrémité est mise en communication avec le réservoir au moyen d'un tube en étain de 10 à 12 millimètres de diamètre, muni d'un robinet d'arrêt près du réservoir, et qui porte en outre sur sa longueur des tubes amorces avec robinets, correspondant à autant de fûts à mettre en pression ;

4° D'un plongeur pour chaque fût, semblable à celui que nous avons décrit pour la mise en bouteilles, en communication, d'une part, avec le distributeur d'air au moyen d'un tube en caoutchouc ou en étain, d'autre part, par son extrémité supérieure, avec un tuyau de raccord en étain de 10 à 12 millimètres de diamètre qui traverse la voûte de la cave et aboutit aux robinets de la salle de débit.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les robinets du distributeur étant ouverts, l'air comprimé exerce une pression sur la bière qui monte par le tube du plongeur et le tuyau de raccord jusqu'aux robinets de débit. En ouvrant ceux-ci, la bière coule dans les verres.

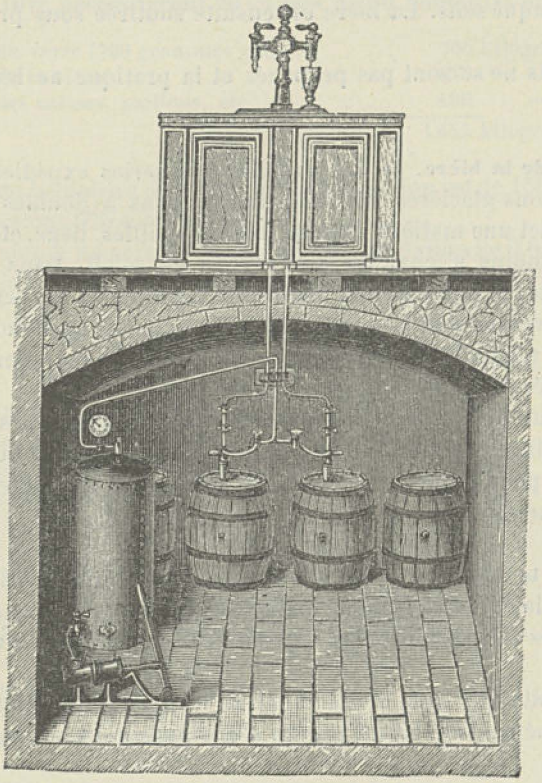


Fig. 170. — Installation pour pompe à air.

Dans certains appareils, dits hydrauliques, la pression est exercée par l'eau de la ville ; elle est amenée dans un réservoir fermé et y comprime l'air, qui, à son tour, vient faire pression sur la bière.

On emploie aussi, et avec avantage, les bouteilles à acide carbonique liquide.

Avantages et inconvénients des pompes a pression. — Les pompes à pression ont l'avantage de donner des bières très *crémeuses*. La bière n'étant pas débondonnée peut rester plus longtemps en vidange et conserver sa mousse et son montant. Le débit est plus facile. En faisant passer les tuyaux de débit dans des caisses remplies de glace, on peut livrer la bière plus fraîche et ayant toutes ses qualités.

Elle a des inconvénients. Il faut des fûts plus épais et les frais de transport sont augmentés.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La bière, circulant dans des tuyaux d'un petit diamètre, y produit rapidement un dépôt formé de deux parties distinctes : l'une, solide, est composée d'oxalate de chaux, l'autre, visqueuse, est formée d'une quantité considérable de ferments, parmi lesquels dominent les bactéries. La bière prend alors un goût particulier, désagréable, appelé *goût de tuyau*. Elle peut devenir malsaine et causer des désordres intestinaux.

Il peut arriver que si on oublie de pomper de l'air, la pression tombe et devient plus forte dans le fût que dans le réservoir à air. La bière passe alors par les tubes à air dans le distributeur et de là dans le réservoir, où se forme un dépôt qui ne tarde pas à se corrompre et à infecter l'air.

Dans des expériences faites à Strasbourg en 1879, on a nettoyé à fond, au moyen de la vapeur, tous les organes d'une pompe à pression. Puis, après vingt-quatre heures de débit, on a repassé de la vapeur que l'on a recueillie à part, que l'on a évaporée à sec et dont on a pesé le résidu. On a trouvé :

Dans le réservoir	18,4 gr.
Dans les tuyaux à air (5 mètres)	28,2 —
Dans les tuyaux à bière (8 mètres)	99,3 —

C'étaient des substances organiques qui se laissaient oxyder par le permanganate de potasse.

Aussi, les règles suivantes doivent être prescrites :

1° L'air ne doit pas être pris dans la cave, mais au dehors, et on doit le stériliser en lui faisant traverser un filtre à coton ou autre, à son entrée et à sa sortie du réservoir ;

2° Les cuirs de la pompe ne doivent pas être graissés ;

3° Le réservoir doit avoir le fond bombé et porter à sa partie la plus basse un robinet qui permet de s'assurer qu'aucun liquide ne s'y est déposé. Il doit pouvoir s'ouvrir pour le nettoyage, et jamais la pression ne doit tomber au-dessous de deux atmosphères ;

4° La douille du plongeur doit porter, à l'entrée du tuyau d'air, une soupape se fermant si la pression dans le fût devient trop forte et empêchant la bière de passer dans le distributeur ;

5° Les tuyaux doivent être entretenus et nettoyés chaque jour.

On les nettoie avec de la soude, de la potasse ou de l'eau bouillante. De temps en temps, ils doivent être démontés et passés à la vapeur.

MALADIES DE LA BIÈRE

Origine des maladies de la bière. — Les maladies de la bière ont pour cause principale les bactéries et les levures sauvages, que l'on désigne plus volontiers sous le nom général de ferments de maladie, et qui sont introduites dans les moûts[1], soit par l'air[2], soit par des levains impurs. Ces ferments

[1] L'emploi de moûts légers, une faible addition de houblon, sont des causes de propagation des bactéries.

[2] Le voisinage de routes carrossables, de champs, de cours, de basses-cours, contri-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

n'évoluent guère pendant la fermentation principale, étouffés qu'ils sont par le développement rapide de la levure, mais ils se multiplient surtout pendant la fermentation secondaire, dès que les levures ont abandonné le terrain et laissé le champ libre. Ils causent alors d'autant plus de désordres qu'ils sont plus nombreux d'abord, et qu'ils trouvent un milieu plus approprié à leur culture.

Mais ils ne sont pas seuls causes des maladies de la bière. Dans des conditions normales, d'ailleurs, et s'ils sont en très petite quantité, leur évolution est très lente et entravée par les éléments mêmes qui composent la bière, alcool, acide carbonique, acides organiques. La maladie ne se développe ni rapidement, ni profondément et reste longtemps à l'état en quelque sorte latent si rien ne vient la faire éclore. Les levains commerciaux ne sont jamais purs, l'air des caves et des entonneries n'est jamais stérile, et des bières ensemencées avec ces levains et conservées dans ces locaux, peuvent s'y conserver assez longtemps pour arriver avec toutes leurs qualités aux lèvres du consommateur.

Mais s'il en est autrement, si des fautes de fabrication sont commises, si les matières premières sont défectueuses, la bière peut devenir malade, soit que ces vices en altèrent directement les qualités, soit qu'ils préparent le terrain à l'évolution immédiate et rapide des ferments de maladie.

Il peut donc y avoir deux origines aux maladies de la bière : une infection par des ferments étrangers et une mauvaise fabrication. On peut, dans une certaine mesure, remédier à une maladie provenant d'une des causes séparées ; si les deux causes sont en jeu, la maladie prendra un caractère de gravité souvent irrémédiable.

Sans revenir ici sur la description des ferments de maladie que nous avons étudiés ailleurs, nous énumérerons dans ce chapitre les différentes altérations que la bière peut subir et nous remonterons aux causes afférentes aux diverses phases de la fabrication qui peuvent les produire.

On peut diviser les maladies de la bière en deux catégories, celles qui affectent son goût, celles qui altèrent sa limpidité.

MALADIES AFFECTANT LE GOUT

Goût de levure. — Le goût de levure s'observe surtout dans les bières jeunes, dans celles qui s'éclaircissent lentement et difficilement, quand on a employé trop de levain. Dans les vieilles bières, il peut être dû à l'emploi de copeaux de clarification mal stérilisés quand ils ont déjà servi.

Il est souvent le résultat d'un commencement d'altération ou de dégénérescence de la levure.

Goût de moisi. — Le goût de moisi vient le plus souvent des tonneaux mal nettoyés et qui n'ont pas été stérilisés. Il peut provenir aussi du malt et

buent beaucoup à l'infection. Le voisinage de la cuve-matière et des bacs refroidissoirs, qui permet l'introduction de farine dans ceux-ci est également une cause d'infection.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

du houblon mal conservés, de la malpropreté des ustensiles et des tuyaux de conduite du moût.

Une cause assez fréquente résulte des infiltrations qui se produisent dans les murs ou dans les voûtes des caves et des entonneries, et qui favorisent leur envahissement par les moisissures. Si on n'a pas soin de gratter énergiquement les murs, de les désinfecter et de les passer souvent à la chaux, après avoir, bien entendu, supprimé les infiltrations, les spores très ténues, sont entraînées par les courants d'air dans les vaisseaux de fermentation, dans les fûts, dans la bière elle-même, qui prend alors ce goût bien connu et fort désagréable.

Il n'existe aucun moyen d'enlever le goût de moisi à une bière qui l'a contracté.

Le voisinage des caves de fermentation et des germoirs peut provoquer le goût de moisi.

Goût de rance. — Le goût de rance, appelé aussi goût d'été, parce qu'il s'observe plus souvent pendant la saison chaude, peut être attribué à la présence d'un excès d'acide lactique ou plutôt d'acide butyrique, qui ont une tendance à se développer pendant les chaleurs.

Des tuyaux de conduite du moût mal entretenus, où le ferment butyrique, essentiellement anaérobie, élit volontiers domicile ; des caves mal aérées ; un trop long séjour sur les bacs à température basse ; une mise en levain tardive ; de l'empois d'amidon dans les moûts ; des températures élevées de fermentation, peuvent être causes du goût de rance, en dehors de l'infection du levain par les ferments lactiques, butyriques et les sarcines.

Nous ne pensons pas que les houblons vieux puissent communiquer le goût de rance. Le rance que l'on observe dans les houblons surannés est donné par des produits volatils qui s'évaporent pendant l'ébullition [1].

Le goût de tuyau, particulier aux bières débitées dans des pompes mal entretenues, est un goût de rance.

Goût amer. — L'amertume désagréable que peut prendre la bière ne vient pas toujours du houblon, bien qu'un houblon de mauvaise qualité puisse la communiquer. Des bières très amères, comme les bières de Pilsen ou les pale-ales anglais sont agréables à boire. L'amertume âcre et insupportable de certaines bières peut provenir d'une trop longue cuisson du houblon, d'un malt trop grillé, d'une levure impure et contenant le Pastorianus en trop grande quantité.

On peut souvent en chercher la cause dans une levure d'un faible pouvoir fermentatif et qui, au début de la fermentation, ne sépare pas suffisamment les résines ; celles-ci restent dans la bière à l'état flottant et affectent désagréablement les papilles de la langue. Elles ne troublent pas fortement la

[1] Cependant l'accident peut se réaliser avec de vieux houblons Neutomischel.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

transparence de la bière, mais celle-ci n'est pas néanmoins d'une limpidité parfaite.

Le même phénomène se passe, dans la fermentation basse, quand le couvercle tombe brusquement ; dans la fermentation haute en cuves, quand on n'a pas retiré les mousses qui précèdent la levure, ou que celle-ci, si elle n'est pas écumée à temps, retombe au fond des cuves. Dans les deux cas, des résines se redissolvent.

On peut corriger l'amertume d'une bière en y ajoutant quelques litres de kræusen.

Goût acide. — L'acidité de la bière provient de son envahissement par les bactéries acidifiantes. Elle suppose une contamination très profonde des moûts ou des levains. Elle ne se développe guère pendant la fermentation principale, mais ne tarde pas à s'accuser à la fermentation secondaire, surtout si la bière est privée d'acide carbonique.

Les moûts contenant de l'empois d'amidon, ceux qui sont restés longtemps sur le bac ou qui ont attendu la mise en levain ; les bières faibles, fermentées trop chaud ; les bières laissées en vidange, au contact de l'air, ont une tendance à devenir promptement acides.

Il n'y a pas de remède. Une addition de bicarbonate de soude peut bien masquer l'acidité, mais donne à la bière un goût fade, peu agréable.

Goût de fumée. — Il est souvent dû à l'éclairage des caves.

Autres mauvais goûts de la bière. — Lorsqu'on emploie les chaudières à feu nu, il arrive fréquemment que les trempes brûlent, particulièrement lorsqu'on en laisse un peu dans la chaudière, parce qu'on a soutiré de la cuve-matière une trempe trop volumineuse. Cet accident occasionne fréquemment le trouble d'empois, ainsi qu'une saveur empyreumatique qui passe dans la bière.

Si le réfrigérant à eau salée ou à détente directe d'ammoniaque n'est pas étanche, la bière peut prendre une saveur étrange.

Il faut de même vérifier l'étanchéité des réfrigérants des cuves de fermentation.

Les colorants qu'on emploie encore fréquemment doivent être soigneusement surveillés, car ils sont souvent envahis par des moisissures et des bactéries, et apportent dans la bière une saveur désagréable ou un danger d'infection. Il faut aussi surveiller la graisse qui sert pour les portières de foudres, car cette graisse est souvent de mauvaise qualité et peut gâter tout le contenu d'une cave.

Toutes les substances qui viennent au contact de la bière dans son passage du foudre au fût d'expédition peuvent en altérer la saveur. Le fait est souvent produit par les tuyaux de caoutchouc, qui doivent toujours être essayés avant de servir au passage de la bière : on les laisse remplis d'eau pendant quelque temps, et on essaye si cette eau n'a pas contracté un mauvais goût.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il arrive souvent que des filtres neufs troublent la bière ; il suffit, pour produire cet effet, que le filtre renferme des plaques d'étain antimonié. Une trace infinitésimale d'étain produit un trouble dans la bière, et 15 milligrammes suffisent pour troubler un foudre de 60 hectolitres.

Les filtres qui présentent des surfaces de fer peuvent communiquer à la bière une saveur d'encre, et le même fait s'observe pour les fûts neufs, dont la garniture de trou de bonde n'est pas recouverte par la poix.

Lorsqu'on emploie de la masse filtrante neuve, il faut l'étudier au point de vue de la saveur, en en laissant séjourner pendant quelque temps dans de l'eau et dans de la bière. Il faut étudier de même les bondes en bois, ainsi que les rondelles de toile pour bondes. Les bouchons peuvent également apporter dans la bière des fûts une saveur désagréable, et il faut se garder d'employer des bouchons qui ont déjà servi une fois, même après les avoir échaudés.

Goût de fer. — La bière peut dissoudre le fer et acquérir une saveur ferrugineuse.

On a fait de divers côtés des essais comparatifs en laissant de la bière pendant deux à quatre semaines dans de petits fûts munis de bondes ordinaires, nues ou vernies, ou de bondes en bois et en étudiant la saveur de la bière ainsi que sa teneur en fer.

Dans tous les cas, la bière qui avait été en contact avec des bondes nues renfermait une proportion élevée de fer, et produisait une mousse jaunâtre, tandis que la bière des fûts à bondes vernies était bien moins défectueuse et que la bière des fûts à bondes en bois était irréprochable.

Ce qui est singulier, c'est que les consommateurs se plaignent plus de la couleur de la mousse que du goût de fer, qu'ils attribuent souvent à la poix, ou à la levure.

Il est vrai que la poix peut dissoudre le fer des ustensiles où elle est chauffée ; ainsi, si l'on admet l'introduction de 150 kilogrammes de poix dans un appareil, on dissoudra 634 grammes de fer au bout d'une opération de goudronnage. Si l'on fait cinquante opérations pendant l'année, on aura diminué le poids de l'appareil de près de 32 kilos (Brand).

Mais on peut conclure des expériences faites à ce sujet, que la présence de fer dans la bière n'est pas attribuable à la poix et qu'il faut la rapporter au contact de la bière avec du fer métallique.

Goût de poix. — Ce désagrément peut provenir de la poix, de l'appareil à goudronner, d'une mauvaise conduite de l'appareil ou d'un traitement défectueux des fûts après le goudronnage.

Beaucoup d'appareils ont une mauvaise installation du foyer. Ainsi, il y a des appareils dont le foyer est chauffé au rouge vers l'avant, peu de temps après qu'on a allumé le feu, de sorte que la poix brûle dans cette région, tandis que sur les côtés et en arrière, il faut beaucoup de temps pour que la poix entre en fusion. Il s'ensuit que la poix brûlée communique un mauvais goût

IRIS - LILLIAD - Université Lille

au reste. Lorsque la chaudière à poix se refroidit, cette poix brûlée tombe au fond et, à l'opération suivante, c'est elle que la pompe injecte tout d'abord dans les fûts.

La pompe doit être installée de manière à prendre la poix au milieu de la chaudière et non au fond.

La poix doit être chauffée lentement et progressivement, sans que sa température dépasse 190° C. Dans beaucoup de brasseries, on chauffe la poix dans une chaudière spéciale, pour l'ajouter ensuite dans l'appareil ; c'est là une pratique très recommandable.

Il serait préférable que la chaudière fût livrée par le fabricant pour être montée dans un foyer en maçonnerie construit sur place.

Dans un grand nombre d'appareils, la poix qui sort des fûts retombe dans la chaudière. Si on veut se rendre compte des inconvénients du système, on n'a qu'à recueillir la poix sortant des fûts dans un tamis; on verra toutes les impuretés qu'elle y laisse.

Lorsque le goudronnage est terminé, on laisse la poix se déposer pendant une demi-heure environ, et on décante la partie supérieure pour l'employer à l'opération suivante.

Lorsque le fût est poissé, on achève de le refroidir dans un courant d'air froid, mais lent. Il arrive, en effet, qu'un fort courant d'air froid condense les vapeurs de poix en une huile odorante, qui communique un mauvais goût à la bière. Le lavage des fûts, même à l'eau chaude, ne peut rien modifier.

Goût dû à l'acide sulfureux. — On sait que le houblon est soufré ; que le malt l'est quelquefois, bien à tort d'ailleurs. Le bisulfite est employé comme désinfectant et l'on soufre les foudres et les fûts.

L'acide sulfureux du houblon et du malt passe dans le moût, or cela tend à augmenter à la fermentation la dose d'hydrogène sulfuré. L'acide sulfureux des tonneaux ne peut se transformer en acide sulfurique avec autant d'intensité que pour la levure parce que les fûts sont vernis. Cependant il y a une certaine dose d'acide sulfurique dans la bière, ce qui doit aussi modifier légèrement le goût.

Bières filantes. — Dans cette maladie, la bière prend la consistance de l'huile et tombe en colonne quand on la verse, sans produire de mousse. Elle a une saveur fade et repoussante.

On sait que cette maladie est occasionnée par des bacilles, étudiés par Van Laer et que nous avons décrits ailleurs. Il y en a de nombreuses espèces, capables toutes de donner le filage, mais on ignore les causes qui provoquent leur éclosion. Comme se sont des ferments de matières azotées, on suppose que l'emploi d'orges très azotées et insuffisamment germées y prédispose les bières. L'usage de houblons de qualité inférieure et pauvres en tanin, le voisinage de certaines industries, sucreries, fabriques de noir, abattoirs, rendent les bières plus susceptibles de devenir filantes.

On observe surtout cette maladie dans les bières à fermentation spontanée.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On guérit le filage en ajoutant à la bière malade un peu de tanin. Souvent, une simple agitation du liquide suffit pour rompre la viscosité. Il faut, aussitôt, remonter la bière en y mêlant des kræusen, la tenir bondonnée et la livrer à la consommation dès qu'elle s'est éclaircie.

Bière plate. — La bière est plate lorsqu'elle manque d'acide carbonique et lorsqu'elle ne mousse pas. Non seulement la bière doit mousser quand on la verse, mais encore elle doit produire une mousse compacte, persistante sur la surface du liquide et s'attachant au verre. Le mousseux vient d'une saturation plus ou moins complète d'acide carbonique, la mousse persistante de combinaisons de l'acide avec des substances peu connues de l'extrait.

On a pensé sous ce rapport aux dextrines et aux protéoses, c'est-à-dire aux premiers échelons de dégradation des albuminoïdes (qui ne sont pas solubles dans l'alcool).

Pour Siebel, ce serait les matières albuminoïdes plus solubles dans l'alcool que dans l'eau qui seraient la cause de la mousse. Il a fait des expériences avec des extraits de ces substances tirées des différents grains et surtout de l'orge (extraction des albumines et protéoses au sel marin, extraction des produits solubles dans l'alcool 70°). Avec l'alcool fort le minimum le plus accentué provient de l'orge; avec l'alcool 4° (comme la bière) c'est le malt qui prend la tête. C'est une question de solubilité des produits (hordéine de l'orge, bynine du malt).

Rôle des substances solubles. — Mohr a étudié, au point de vue de leur viscosité, divers éléments de la bière, alcool, dextrine, glycérine, etc.

En étudiant également à ce point de vue une peptone du commerce, substance qui, on le sait, renferme une proportion plus ou moins élevée d'albumoses, il a reconnu que la solution non filtrée, qui était légèrement trouble, présentait d'une façon très marquée la propriété de tenir la mousse et que, par filtration, on faisait complètement disparaître cette propriété alors que la propriété de produire de la mousse restait intacte.

Des divers côtés, on a signalé le rôle important que les particules solides jouent dans la tenue de la mousse, mais on n'en a pas donné de preuves expérimentales. Le fait qui vient d'être rapporté était tellement frappant qu'il semblait indiqué de faire une contre-expérience : à la solution filtrée et claire, on a ajouté une trace de sulfate de zinc, de manière à produire un commencement de précipitation d'albumose; aussitôt la propriété de tenir la mousse a réapparu et, pour produire cet effet dans une solution de peptone à 1 p. 100, il a suffi de 0,005 p. 100 de sulfate de zinc, dose insuffisante pour modifier sensiblement la viscosité de la solution.

D'autre part, les substances auxquelles la bière doit sa viscosité, dextrine et alcool, n'ont aucunement la propriété de tenir la mousse.

On peut conclure de là que, vraisemblablement, il y a aussi dans la bière des substances solides, qui ne sont pas en solution véritable et qui produisent la tenue de la mousse. D'après Lintner, ce serait outre certaines albuminoïdes,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

certaines dextrines peu saccharifiées et la résine γ. On ne saurait objecter qu'il y a des bières parfaitement brillantes et qui tiennent bien la mousse; car il suffit de la présence de corps excessivement ténus, que l'œil est incapable de percevoir, pour produire ce phénomène, et il est même nécessaire que ces corps ne dépassent pas une certaine dimension à ce point de vue.

L'expérience confirme d'ailleurs cette manière de voir. Si on abandonne au repos une solution de peptone fortement mousseuse, les corpuscules solides se précipitent peu à peu et, à mesure que cette précipitation se produit, la propriété de tenir la mousse s'atténue de plus en plus. De même, une bière qui tient bien la mousse perd cette propriété lorsqu'elle a été troublée par le froid ou lorsqu'elle est électrolysée (110 V — 0,4 A) ce qui dépose à la cathode des flocons. Dans ce trouble produit par le froid, la dimension utile des particules solides a été dépassée; ces particules sont devenues trop grosses pour servir de supports à des pellicules liquides et contribuent au contraire à faire éclater les bulles.

Ces observations sont en rapport étroit avec la question de la filtration de la bière, car elles font voir qu'une filtration trop fine peut avoir pour effet de diminuer le mousseux de la bière.

Rôle de l'acide carbonique. — D'après Hantke, l'acide se trouverait dans la bière sous deux états : à l'état combiné et à l'état libre. Le gaz à l'état combiné serait une hydrate carbonique[1]; à l'état libre, il serait de l'anhydride carbonique. L'hydrate, très instable, se décompose à la pression ordinaire, pendant la fermentation principale, mais, sous pression, pendant la fermentation secondaire, il reste dans la bière et ne s'en dégage qu'au soutirage, à l'état d'anhydride, en produisant la mousse.

Il formerait, sous pression, des combinaisons avec des substances de l'extrait.

1° L'hydrate, si on en croit Prior, agit sur le phosphate neutre de potasse de la bière et donne naissance à des phosphates primaires et à du bicarbonate de potasse ;

2° L'hydrate, d'après Windisch, se combine comme acide avec les corps azotés de la bière, notamment avec les amides qui ont un caractère plus basique.

Quand la pression cesse, au soutirage, les combinaisons se rompent. L'anhydride se sépare des amides et des phosphates acides qui reviennent à l'état de phosphates neutres, et, comme ces ruptures se font lentement, l'anhydride qui se dégage produit une mousse persistante.

On comprend que, dans ces conditions, la composition de la bière et par conséquent la qualité du malt, aient une influence prépondérante sur la formation de la mouse.

Parmi les autres causes qui peuvent influer sur le mousseux de la bière, nous citerons :

[1] Pour certains auteurs, ce serait un effet de la plus grande solubilité de CO^2 dans l'alcool aqueux.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

L'atténuation ; les bières fortement atténuées produisent moins de mousse.

La température des caves et des bières pendant la fermentation secondaire. Les bières conservées dans des caves froides et à température voisine de zéro, dissolvent plus d'acide carbonique.

Une fermentation secondaire trop lente ou trop vive. Dans le premier cas, il y a faible production de CO^2 ; dans le second, l'atténuation est poussée trop loin.

Le bondonnement est ou trop court, ou trop long. S'il est trop court, il y a moins d'acide carbonique combiné ; s'il est trop long, la bière produit une mousse très abondante, mais qui ne persiste pas et s'évapore rapidement. Probablement qu'une trop forte pression empêche les combinaisons de se produire.

Une bière plate a une tendance à devenir rapidement acide.

On peut corriger la platitude de la bière en y ajoutant des krœusen, deux à quatre litres par hectolitre, et en bondonnant les fûts.

D'après Langer une bière à 1°,6, contient par litre 1 656 centimètres cubes de CO^2 mesurés à 0 et 760 ; lorsque la température baisse de 1°, la quantité augmente de 50 centimètres cubes. Le bondonnage donne en cinq jours un excès de 233 centimètres cubes produisant une pression de 1/5 d'atmosphère.

Manque de bouche. — Il est assez difficile de définir ce qu'on appelle la bouche ou le moelleux de la bière. Le moelleux paraît lié à la présence de l'acide carbonique dans la bière, car une bière plate n'a pas de bouche, quelle que soit sa composition. Cependant, une bière très mousseuse peut ne pas donner la sensation de plénitude qui caractérise le moelleux.

La composition de la bière a certainement une influence, mais quelles sont les parties de l'extrait qui concourent à cette sensation ? On n'est pas d'accord et il y a plusieurs théories.

D'après Lintner, le moelleux serait dû à l'isomaltose, non seulement celle qui se produit pendant la saccharification, mais encore et surtout celle qui se forme pendant le touraillage humide et se caramélise aux hautes températures de torréfaction en donnant un fort arome au malt. Il lui attribue le moelleux caractéristique des bières de Bavière.

Moritz et Morris en donnent le rôle aux malto-dextrines de type inférieur qui communiqueraient aux bières un goût plus doux, plus agréable et plus plein.

Windisch croit que la bouche, en même temps que la fixation de la mousse, est due à des corps azotés d'un type moléculaire élevé, aux albumoses, et il recommande d'éviter les températures basses de saccharification, qui détruisent la molécule complexe des matières azotées.

Ehrich, au contraire, conseille, pour avoir des bières moelleuses, de maintenir plus longtemps les températures basses, pour obtenir une plus grande quantité de peptones et d'amides.

Michel, Jalowetz, attribuent le moelleux au sucre non fermenté et aux dextrines, pourvu que le rapport du sucre au non-sucre soit dans une proportion convenable.

Pour Ullik, Lintner, Senior, il serait dû aux substances gommeuses de la pel-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

licule du malt (pectine, pentosanes), qui se dissolvent pendant la cuisson des dickmaisches.

C'est assez confus. Il est probable que toutes les matières constituant l'extrait participent à cette sensation particulière, qui paraîtra encore plus sensible si la bière contient une proportion juste d'acide carbonique combiné.

La composition du moût, la qualité du malt, les procédés de fabrication ont donc une influence, mais dont les conditions précises ne sont pas bien connues.

Les bières très atténuées sont moins moelleuses, toutes conditions égales, d'ailleurs. Le touraillage qui abaisse l'atténuation a donc une action et on peut obtenir une bière ayant de la bouche en mélangeant à du malt pâle, une proportion convenable de malt fortement touraillé.

Nous pensons qu'il y a une autre influence, c'est celle de la levure. Les bières de fermentation basse sont plus moelleuses que les bières de fermentation haute, même à atténuation égale. Les méthodes par décoction donnent des bières plus pleines que les méthodes par infusion, mais une bière fabriquée par décoction et fermentée par le haut aura moins de bouche qu'une bière brassée par infusion et fermentée par le bas. Il peut donc y avoir dans les produits, soit de fermentation, soit de déjection des levures basses, des substances plus ou moins connues, la glycérine par exemple, qui contribuent pour leur part au moelleux.

Rappelons que les levures basses sécrètent une espèce de mucus qui englobe les cellules à la fin de la fermentation principale et produit la cassure, phénomène qui ne se produit pas avec les levures hautes.

TROUBLES DE LA BIÈRE

Trouble de levure. — Le trouble de levure, qui accompagne souvent le goût de levure, peut se produire quand la levure ne trouve pas dans le moût une nourriture suffisante, ou qu'elle ne la rencontre pas dans la forme où elle peut se l'assimiler facilement : dans les moûts faibles, ou fabriqués avec des orges trop peu azotées, ou avec une trop forte proportion de succédanés du malt. Un mauvais malt, un brassage mal conduit, une mauvaise composition du moût peuvent donc en être cause.

Il peut encore résulter d'une fermentation trop froide, d'un refroidissement trop brusque au moment des krœusen, d'une température trop basse de la cave de garde au moment où on y amène la bière des cuves de fermentation, et si l'écart de température est trop grand. Dans tous ces cas, il y a production de petites cellules qui ne peuvent se déposer, restent en suspension et troublent la bière.

Une atténuation trop faible donne le trouble de levure, parce que la bière refermente au soutirage ou au transport, avec une élévation de température.

Le soutirage du dépôt, certaines levures sauvages, le Pastorianus et l'Ellipsoïdeus, provoquent le trouble de levure.

Dans la fermentation haute en tonneaux, les levures de fond peuvent, dans certaines conditions, occasionner le trouble de levure.

Ordinairement, l'emploi des copeaux, le collage, la filtration le font dis-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

paraître. Il suffit souvent de soumettre la bière à une pression de une demi-atmosphère pour que la bière s'éclaircisse.

On reconnaît le trouble de levure à l'examen microscopique de la bière.

Troubles de bactéries. — Le trouble de bactéries est plus dangereux. Il résiste aux collages et même à la filtration. En outre, il altère le goût de la bière.

Ses causes sont trop connues pour que nous y insistions. Il suppose naturellement une infection très profonde du moût et des levains, ou un manque absolu de propreté.

On le reconnaît également à l'examen microscopique de la bière.

Trouble de glutine. — Ce trouble, très improprement appelé, par Habich, trouble de glutine, mais auquel on conserve encore ce nom, est dû à des matières azotées d'une nature indéterminée, qui sont solubles à chaud et insolubles à froid. La bière, claire à température ordinaire, se trouble quand on la refroidit, pour reprendre sa limpidité si on la réchauffe.

Vogel a étudié avec soin le trouble de glutine.

1° Plus une orge est riche en azote, plus il faut pousser loin la désagrégation. Mais il y a un point qu'il ne faut pas dépasser puisqu'il faut que la levure trouve son alimentation et qu'il reste assez de matières pour faire de la mousse ;

2° Donc un bon moyen d'éviter le trouble de glutine est de germer froid en laissant les couches faire prise ; un fort touraillage tend à coaguler les matières glutineuses, mais surtout pour les bières pâles, il faudra bien faner au préalable ;

3° En temps froid, il convient de laisser les trempes froides au repos ; en été ce serait dangereux ;

4° Il est bon de stationner pendant le brassage à la température de 52 à 53°, non pour saccharifier, mais pour digérer les matières azotées dans les malts mal désagrégés. Cela condamne la méthode abrégée pour les mauvais malts ;

5° Éviter d'abaisser la température des drêches au soutirage (prolongation du soutirage). Il ne faut pas craindre les arrosages à l'eau chaude qui, il est vrai, peuvent produire les troubles d'amidon ;

6° La durée de l'ébullition est importante : d'une part il faut obtenir le tranché, d'autre part, il faut craindre les redissolutions. Il faut éviter de renvoyer les eaux de lavage pendant l'ébullition en chaudière, car ces eaux de lavage ne subissent plus aucune ébullition ;

7° L'influence de la quantité de houblon est inconnue. On cite des exemples favorables ;

8° Il vaut mieux opérer en chaudière ouverte, et ne vider la chaudière qu'après dix ou quinze minutes de repos ; il vaut mieux laisser le houblon et le trouble se déposer ;

9° Veiller à un séjour d'au moins une demi-heure dans les bacs ayant au moins 1 mètre carré par hectolitre de moût chaud ; bien aérer le moût au réfrigérant ; cela aidera à la multiplication de la levure et par suite à la disparition de l'azote ; bien aérer les levures et les cuves pour la même raison ;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

10° La nature du levain et la conservation à haute ou basse température de la levure joue un grand rôle ;

11° On ne sait rien de précis sur l'effet de la température au point de vue du retard de la fermentation. Cependant on conseille de fermenter un peu haut et en ajoutant des kræusen ;

12° Certains brasseurs refroidissent la bière à la température des caves et la filtrent avant de l'entonner, sous prétexte de ne pas réchauffer les caves; mais si l'organisation du froid dans la cave est suffisante, cela n'offre pas d'intérêt et si elle est insuffisante, elle coûte aussi cher. Cependant il est des cas où on se trouve bien de cette pratique, ce sont ceux où la bière se trouble par le froid et où celui-ci étant progressif le dépôt se fait mal.

Cette sensibilité de la bière au froid doit être surveillée dans les caves des débitants, surtout lorsque la cave du brasseur est un peu chaude, ce que l'on fait souvent pour conserver du moelleux à la bière ;

13° Le zinc et le plomb donnent avec les matières azotées des dépôts qui ne sont pas de glutine et qu'on évite en éloignant ces métaux des appareils.

Ce point n'est pas admis par tout le monde.

Voici le résumé de quelques expériences de Schœnfeld.

Cas des métaux. — Les métaux tels que le cuivre, le fer, le zinc et le plomb peuvent se trouver dans la bière ; ils proviennent soit des chaudières, soit plutôt des filtres. D'après les expériences faites avec la bière de Berlin, le plomb décolore la bière, le cuivre donne une couleur brun doré et le fer une couleur verdâtre.

Lorsque deux métaux se trouvent réunis, la tendance à la formation d'un courant accélère l'effet des métaux, mais Schœnfeld, contrairement à Sellenscheidt, n'a pas observé la formation d'un trouble.

Schœnfeld, encore en opposition avec Sellenscheidt, croit que l'étain pur peut donner des troubles de matières azotées; il admet, d'ailleurs, que l'effet est exagéré par la présence d'autres métaux (cuivre étamé, fer étamé, etc.).

Dans ce cas spécial, le fer serait le plus actif. Enfin chaque bière a une sensibilité spéciale pour chaque métal.

Trouble d'empois et de dextrine. — Quand on donne les trempes de saccharification trop chaudes, qu'on élève la température trop brusquement, ou qu'on chauffe trop rapidement les dickmaisches, on affaiblit la diastase qui ne peut plus saccharifier entièrement l'amidon. Les moûts contiennent de l'empois d'amidon, ou de l'amidon soluble ou des dextrines supérieures, des erythrodextrines.

Ces dextrines, solubles à chaud, mais peu solubles à froid, sont précipitées par l'alcool pendant la fermentation et forment un voile qui trouble la limpidité de la bière.

Cette maladie peut être prévue si on a soin de soumettre les moûts à l'épreuve de l'iode. On peut la prévenir en ajoutant aux moûts accusant une coloration à l'iode, après refroidissement, un peu d'extrait de malt obtenu en

IRIS - LILLIAD - Université Lille

faisant infuser 10 à 20 grammes de farine de malt dans 200 centimètres cubes d'eau filtrée.

La diastase apportée par l'extrait de malt saccharifie l'amidon ou les dextrines et les fait disparaître. Mais comme elle agit aussi sur les dextrines inférieures, l'atténuation est poussée plus loin.

Outre les causes provenant d'un vice de brassage, le trouble de dextrine peut être provoqué par l'emploi d'un malt peu diastasique ou contenant une trop grande proportion de grains vitrés ; par des arrosages trop chauds ; par un malt caramel mal fabriqué.

Pour reconnaître les troubles d'empois ou de dextrine, on met 5 centimètres cubes de bière dans un tube à essais et on ajoute 25 centimètres cubes d'alcool. On agite fortement et on laisse reposer en tenant le tube incliné. L'alcool précipite l'amidon et les dextrines, qui se déposent en gros flocons blancs et légers avec du malt pâle, jaunes et épais avec du malt brun. Quand le dépôt est formé, on décante avec soin et on laisse évaporer ce qui reste d'alcool. On redissout ensuite les dextrines dans de l'eau distillée et on ajoute goutte à goutte de l'eau iodée. Si on est en présence d'empois d'amidon, on obtient une coloration bleue ou violette, et rouge ou rose si le trouble résulte des erythrodextrines.

Trouble de résines. — Les résines troublent la bière quand elles sont mal séparées pendant les premières phases de la fermentation, en même temps qu'elles lui communiquent une amertume âcre et désagréable.

On les distingue au microscope à leur forme de petits grains jaunes ou bruns, isolés ou réunis en masses plus ou moins sinueuses. Comme ils sont mélangés à des cellules de levures ou des bactéries avec lesquelles on peut les confondre, Will recommande pour les séparer, d'ajouter à la préparation une goutte d'une solution de potasse à 10 p. 100.

On reconnaît aussi le trouble de résines en agitant un échantillon de bière avec de l'éther, qui dissout les résines ; la bière s'éclaircit.

Des houblons peu mûrs, une levure d'un faible pouvoir fermentatif, la chute du couvercle dans la fermentation basse, ou de levure dans la fermentation haute en cuve, peuvent donner le trouble de résines.

Bières à double face. — Van Laer décrit sous ce nom l'aspect que prend une bière, claire quand on la regarde par transparence, et louche quand on l'observe par réflexion. Il attribue cet effet à la présence d'un bacille très ténu et analogue à celui qui produit le filage de la bière. Il a du reste, trouvé, cet aspect dans des bières belges de fermentation spontanée et qui avaient passé par la maladie du filage.

M. Duclaux explique en ces termes ce phénomène de réfraction :

« Il faut rechercher ce double reflet dans la ténuité du bacille agissant comme obstacle physique sur les rayons lumineux qui le traversent, en réfléchissant une partie, empruntée de préférence à la partie violette du spectre, laissant passer les rayons rouges et jaunes qui ne changent pas grand'chose à

IRIS - LILLIAD - Université Lille

la teinte qu'a la bière examinée par transparence, tandis que les rayons violets et bleus lui donnent son double reflet. »

Nous pensons que cet aspect dichroïque de la bière n'est pas particulier au bacille observé par Van Laer, mais qu'il est général à toutes les bières en voie d'altération, quelle qu'en soit la cause, quand cette altération n'est pas encore profonde. Le phénomène est bien connu, du reste, des brasseurs, qui le désignent sous le nom de *teinte verte*. Il est donc l'indice d'une maladie à son début. Le ferment lactique produit fréquemment la teinte verte.

La double face n'est pas, d'ailleurs, spéciale à la bière finie ; on peut l'observer en chaudière sur des moûts fabriqués avec des matières de mauvaise qualité. A l'arrière-saison, quand le brasseur n'a à sa disposition que des malts vieux, les moûts présentent souvent le double reflet, la teinte verte, et le fabricant attentif sait que la bière s'éclaircira plus difficilement et n'aura pas une aussi bonne conservation.

Refermentations. — Il arrive parfois que la bière, soutirée très limpide à la brasserie, se trouble aussitôt qu'elle subit un transport ou qu'elle passe dans une cave plus chaude. Elle s'éclaircit de nouveau quand cette refermentation est terminée, mais elle ne reprend jamais sa limpidité primitive et souvent son goût est sensiblement modifié.

C'est donc une maladie et il faut en rechercher la cause dans une infection du levain, qui contenait, ou des levures sauvages, ou des bactéries, ou même des levures d'atténuation forte. Les ferments, étouffés pendant la fermentation principale ou paralysés par le froid des caves de garde, reprennent de l'activité dès que les circonstances se prêtent à leur développement : élévation de température, aération au soutirage. Ils se multiplieront d'autant plus que le milieu leur sera favorable. La composition de la bière peut donc avoir une influence et c'est ainsi que les bières peu atténuées sont plus exposées aux refermentations.

En fermentation haute, quand on remplit les tonneaux, à la fin de la fermentation, avec des épurures qui ne sont pas bien éclaircies et qui ramènent dans le fût des cellules en trop grand nombre, que l'aération multiplie, on provoque des refermentations.

Les levures de fond les occasionnent souvent.

Pour clarifier les bières troublées par des maladies, on a l'habitude d'employer les méthodes de collage ou de filtration décrites précédemment.

COMPOSITION DE LA BIÈRE

La bière contient de l'eau, de l'alcool éthylique, de l'extrait, de l'acide carbonique et une petite quantité d'acides volatils, notamment de l'acide acétique.

L'extrait se compose :

1° D'hydrates de carbone : dextrine et sucres (principalement de la maltose) ;

2° De substances non azotées : glycérine, acides organiques, dont le plus

IRIS - LILLIAD - Université Lille

important est l'acide lactique; produits de torréfaction du malt et subtances extraites du houblon;

3° De substances azotées : albuminoïdes, peptones, amides, etc. ;

4° De substances minérales, dont l'acide phosphorique et la potasse font la valeur.

Dans l'analyse d'une bière, on détermine la densité, l'alcool, l'extrait et l'acidité totale.

Dans l'extrait, on dose les matières azotées, le sucre, la dextrine, les cendres, la glycérine et l'acidité fixe.

MÉTHODES D'ANALYSE

Densité. — Avant de prendre la densité, on chasse l'acide carbonique en agitant fortement la bière dans un ballon rempli au tiers. On ferme le ballon pour agiter plus facilement et on l'ouvre de temps en temps pour laisser partir le gaz. On agite jusqu'à ce que la bière ne fasse plus de mousse, on la filtre et on détermine la densité par la méthode du flacon ou par la balance de Westphal.

La densité doit être prise jusqu'à la quatrième décimale et calculée à 15°.

Alcool. — ***Méthode directe, par distillation.*** — On mesure exactement 100 centimètres cubes de bière filtrée et privée d'acide carbonique, que l'on neutralise avec une solution de soude ou de baryte et que l'on introduit dans un ballon de 500 centimètres cubes, relié à un refrigérant Liebig. On distille et on recueille, dans un flacon jaugé, de 50 à 60 centimètres cubes de liquide alcoolique.

On refroidit ce liquide à 15° et on complète le volume à 100 centimètres cubes avec de l'eau distillée à 15°. Après avoir agité pour que le mélange d'alcool et d'eau soit homogène, on détermine la densité du liquide alcoolique par la méthode du flacon ou la balance de Westphal. La table des densités à 15° correspondant aux degrés de l'alcoomètre centésimal légal, donne le titre alcoolique de la bière.

On peut se servir d'un alcoomètre; le calcul est moins précis et, dans ce cas, il faut distiller plus de bière, 200 ou 250 centimètres cubes.

Bien que la bière ait été débarrassée d'acide carbonique, elle contient encore de l'acide carbonique combiné qui n'influe pas sensiblement sur la densité de la bière, mais produit, néanmoins, pendant la distillation une mousse abondante qui peut passer par le réfrigérant. Il convient donc de n'employer, pour distiller, que des appareils en verre qui permettent la surveillance de l'opération.

Méthode officielle bavaroise. — On distille 75 centimètres cubes de bière dont on a déterminé la densité et on recueille 50 centimètres cubes du produit de la distillation dans un picnomètre à long col, taré et jaugé à 15°. La pesée du picnomètre à 15° donne le poids et la densité du liquide alcoolique. La table de Holzner donne en grammes, l'alcool a contenu dans

IRIS - LILLIAD - Université Lille

100 grammes ; soit p, le poids du liquide alcoolique ; P, le poids des 75 centimètres cubes de bière distillée, l'alcool A de 100 grammes de bière sera donné, en grammes, par la formule : $A = \frac{p \times a}{P}$.

Méthode indirecte. — Cette méthode est basée sur ce fait, que la différence entre la densité de la bière avec son alcool et la densité de la même bière privée d'alcool, mais ramenée au volume primitif, est sensiblement égale à la différence entre la densité d'un mélange d'eau et d'alcool de même titre alcoolique que la bière et la densité de l'eau.

Soit d, la densité de la bière telle quelle, mais privée d'acide carbonique ; D, la densité de la bière sans alcool et ramenée à son volume primitif avec de l'eau distillée ; x, la densité d'un mélange d'eau et d'alcool du même titre que la bière :

$$D - d = 1 - x,$$

Cela revient d'ailleurs à l'égalité du rapport

$$\frac{d}{D} = \frac{x}{1}$$

d'où :

$$x = 1 + d - D. \quad \text{ou} \quad x = \frac{d}{D}$$

On prend la densité de la bière à 15°, après avoir chassé l'acide carbonique. On évapore, au bain-marie, à un peu plus de moitié, un volume déterminé de bière, pour chasser l'alcool ; on rétablit le volume primitif avec de l'eau distillée et on détermine la densité à 15°. En divisant les deux densités l'une par l'autre, ou en retranchant la seconde de la première augmentée d'une unité, on a la densité du mélange d'eau et d'alcool au même titre que la bière, et la table précitée donne le titre alcoolique correspondant.

Cette méthode, assez précise avec de vieilles bières est moins exacte avec des bières jeunes, parce qu'en chauffant celles-ci, il se sépare, par ébullition, des flocons d'albumines coagulées, qui ne peuvent plus se redissoudre.

Rapport entre l'alcool et l'extrait. — Le rapport alcool à extrait est ordinairement compris entre 0,60 et 0,75 pour les bières de fermentation basse, moins atténuées ; il est plus élevé pour les bières de fermentation haute, plus atténuées, mais dépasse rarement l'unité ; c'est-à-dire que dans une bière normale, le poids de l'alcool est moins élevé que le poids de l'extrait. Quand le rapport est renversé, il y a présomption qu'une partie du malt a été remplacé par des sucres, ou que la bière a été additionnée d'alcool ; on ne pourrait, cependant, baser une certitude sur ce rapport, car certaines bières fortement atténuées peuvent présenter un poids d'alcool supérieur au poids de l'extrait.

Le laboratoire municipal de Paris considère comme petites bières celles qui accusent moins de 3 p. 100 d'alcool en volume et moins de 35 grammes d'extrait par litre.

Extrait. — ***Méthode directe***. — On évapore un poids déterminé de

IRIS - LILLIAD - Université Lille

bière, 5 ou 10 grammes, jusqu'à consistance sirupeuse, puis on sèche dans le vide jusqu'à poids constant. La différence des pesées donne l'extrait, que l'on rapporte à 100.

Méthode indirecte[1]. — On évapore jusqu'à réduction des 2/3, au bain de sable, 100 centimètres cubes de bière. On refroidit à 17,5 et on rétablit le volume primitif avec de l'eau distillée. Après une agitation suffisante pour que le mélange soit parfait, on détermine la densité à 17°5, par le picnomètre ou la balance de Westphal. La table de Balling donne l'extrait correspondant à la densité.

Cette méthode peut donc donner en même temps l'extrait et l'alcool, si on a eu le soin de prendre la densité de la bière.

Il faut éviter également ici qu'il ne se forme une coagulation de matières azotées. Aussi, convient-il de chauffer à une température modérée, surtout si on a affaire à une bière jeune.

Acidité. — ***Acidité totale***. — On chauffe 50 centimètres cubes de bière dans un bain de sable à 40° pour chasser complètement l'acide carbonique avec un réfrigérant ascendant. Quand il ne se produit plus de dégagement, on ajoute quelques gouttes de phtaléine de phénol. On verse, avec une burette graduée, autant de centimètres cubes d'une solution de baryte au 1/10 qu'il en faut pour obtenir une coloration rouge. On décolore ensuite avec une solution décinormale d'acide sulfurique. La quantité d'acide sulfurique employée représente l'excès de baryte ajoutée. La différence entre cet excès et la quantité totale de baryte versée exprime l'acidité de la bière. On évalue le résultat en acide lactique : 76,5 de baryte = 90 d'acide lactique. Une division des burettes correspond à 9 milligrammes d'acide lactique.

Pour les bières brunes, il est bon d'étendre d'eau.

Acidité fixe. — On évapore 100 centimètres cubes de bière à plusieurs reprises jusqu'à consistance sirupeuse. Sur le dernier résidu, redissous dans l'eau, on fait le dosage acidimétrique comme plus haut et on exprime également le résultat en acide lactique.

La différence entre l'acidité totale trouvée précédemment et le résultat du dernier dosage donne l'acidité volatile, qu'on évalue cette fois en acide acétique, c'est-à-dire qu'une division des burettes vaut 6 milligrammes.

Dans les bières de Bavière :

L'acidité totale est comprise entre 0,108 gr., p. 100 et 0,270 gr.

L'acidité volatile est au plus de 0,006 gr.

Pour les autres bières basses, l'acidité totale est comprise entre 1,1 et 3 grammes d'acide lactique par litre.

Et pour les bières hautes, elle est comprise entre 4 et 6 grammes.

Le rapport entre l'acidité volatile, évaluée en acide acétique et l'acide

[1] En France, où la Régie exige que la densité soit prise à 15°, la méthode ne peut s'appliquer qu'avec une table correspondant à cette température. Par exemple celle de Windisch.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

total évalué en acide lactique ne s'élève pas dans une bière normale au-dessus de 1/30,

Une bière dépassant ces limites est acide. Mais il faut excepter le lambick et le faro.

On peut doser l'acide carbonique d'une bière, en la plaçant dans un vase, bouché par un tube retenant l'eau et l'alcool (vase à SO^4H^2 par exemple) et en évaluant la perte de poids due au chauffage.

Cendres. — On évapore 100 centimètres cubes de bière et on incinère le résidu en chauffant très lentement.

Il est utile de faire sur les cendres un dosage d'acide phosphorique, soit par la méthode au phospho-molyldate, soit par celle à l'urane en passant par le phosphate ammoniaco-magnésien. Dans une bière normale, le poids en cendres n'est jamais supérieur à 0,3 p. 100 et la quantité d'acide phosphorique est d'environ 30 p. 100 du poids des cendres. Avec une addition de glucoses, le poids des cendres augmente et la proportion d'acide phosphorique diminue.

On peut doser dans les cendres, après avoir éliminé l'acide phosphorique, la soude, la potasse, la magnésie et la chaux.

Dans une bière française, il y a beaucoup plus de potasse que de soude et plus de magnésie que de chaux.

On dose l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique dans une solution nitrique des cendres.

Les bières françaises n'ont que des traces de chlorures, les bières allemandes contiennent 2-4 de chlore pour cent de cendres ; les anglaises où l'on introduit souvent du sel en contiennent 6-8 p. 100.

L'acide silicique se dose par le résidu insoluble obtenu en calcinant la solution chlorhydrique des cendres.

Dosage des sucres. — On concentre 50 centimètres cubes de bière, on reprend par 3-4 centimètres cubes d'eau, on verse dans 100 centimètres cubes d'alcool à 90°.

On a un précité (A) qu'on recueille sur un filtre pesé qu'on lave à l'alcool ainsi que la capsule.

On prend la liqueur alcoolique, on évapore l'alcool en grande partie puis on ajoute de l'eau et on évapore le reste de l'alcool. On amène à 100 centimètres cubes. On peut doser après défécation, si c'est nécessaire, le sucre réducteur global qu'on évalue en glucose ou le mélange des sucres.

Le précipité A contient la dextrine, les albuminoïdes, des sels. On sèche à 100° dans un flacon taré ; d'où le poids total

Sur une partie pesée rapidement, on dose l'azote ; le poids est multiplié par 6,5 pour avoir les albuminoïdes de la fraction[1].

[1] On peut, si la bière ne contient pas de nitrate, y doser l'azote directement sur 20 centimètres cubes.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Une bière normale contient de 1 à 1,5 p. 100 d'azote (7 à 7,5 de matières azotées). Si la bière a été faite au sucre le taux d'azote tombe au-dessous de 1 p. 100.

Le filtre est incinéré; on déduit du poids des matières azotées celui des cendres et du filtre et l'on a la dextrine.

Glycérine. — Le dosage de la glycérine n'a d'intérêt que pour s'assurer que le brasseur n'a pas ajouté frauduleusement de la glycérine à la bière pour augmenter son moelleux. La bière normale ne contient pas plus de 0,25 p. 100 de glycérine.

On emploie le procédé d'analyse de Skalweit.

On évapore lentement, au bain-marie, jusqu'à consistance sirupeuse, 50 centimètres cubes de bière additionnée de 3 grammes de potasse caustique. On mélange ensuite 10 grammes de marbre grossièrement pulvérisé ou de sable et on achève de sécher dans le vide. Le résidu est introduit dans un appareil à extraction et on l'épuise pendant six à huit heures avec 50 centimètres cubes d'alcool à 95°. On ajoute au liquide de l'extraction 50 centimètres cubes d'éther anhydre et, après repos, on filtre. On lave le filtre avec un mélange d'éther et d'alcool, puis on évapore et on sèche à 105° jusqu'à poids constant.

Le poids du résidu donne le poids de la glycérine contenue dans la bière.

On peut encore procéder ainsi :

L'évaporation, commencée au bain-marie pour les 2/3, est terminée dans le vide sur l'acide sulfurique. Pour ce faire, après addition de sable, on épuise à l'éther de pétrole qui enlève la résine, on ajoute de la baryte, on évapore dans le vide et on épuise par un mélange à volumes égaux d'alcool et d'éther anhydre (pour 500 de bière employer 700 centimètres cubes du mélange).

On évapore, on sèche dans le vide et on pèse après deux-trois jours.

En évaporant l'éther de pétrole on a approximativement le poids de la résine (qui multiplié par 20 représente approximativement le poids de houblon).

Raynaud a proposé, pour éviter la présence de sels alcalins, d'évaporer d'abord la bière au 1/5, d'y ajouter de l'acide hydrofluosilicique et un égal volume d'alcool à 90°. Puis on continue comme plus haut.

Recherche et dosage du fer dans la bière. Méthode Brand. — Le meilleur moyen de rechercher qualitativement le fer est la réaction bien connue du sulfocyanure de potassium. Dans un grand tube à essai, on introduit environ 25 centimètres cubes de bière, quelques gouttes d'acide chlorhydrique et 2 centimètres cubes de sulfocyanure. La coloration rouge, qui se produit en présence de sels ferriques, est assez difficile à saisir dans la bière, surtout si elle est foncée. Pour la mettre en évidence, il suffit d'agiter doucement le contenu du tube avec 5 centimètres cubes d'éther. L'éther dissout le sulfocyanure de fer et se colore en rouge plus ou moins foncé. S'il reste incolore, on peut conclure à l'absence du fer.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Cette réaction est excessivement sensible et permet de déceler un dix-millionième de fer, alors que la présence d'un millionième n'est pas toujours perceptible au goût.

Lorsqu'on opère toujours de la même manière, on peut se faire facilement une idée de la quantité de fer contenue dans la bière. Le plus souvent, il sera inutile d'oxyder les sels de fer au minimum, traitement rendant nécessaire l'élimination par ébullition du corps oxydant, et la coloration de l'éther pouvant s'en trouver influencée.

Pour déterminer quantitativement la proportion du fer contenu dans la bière, on incinère 100 centimètres cubes de bière, et on lave les cendres à l'acide chlorhydrique.

On amène le volume de liquide à 100 centimètres cubes et on détermine le fer colorimétriquement par le sulfocyanure par comparaison avec des types connus.

Masse filtrante. — On peut retrouver dans la bière trace des masses filtrantes et surtout celles qui contiennent de l'asbeste : la présence de cette dernière se laisse facilement constater de la façon suivante : on porte un petit morceau de la masse finement effilochée sous l'objectif du microscope et on y ajoute une goutte d'iode : les filaments d'asbeste apparaîtront alors d'un brun rouge foncé, les parcelles de bois d'un jaune foncé, la cellulose de bois restera sans être colorée, le coton aura une couleur brun clair, le lin *légèrement brun*, et la laine, éventuellement, sera d'un jaune foncé.

Analyse de la bière d'après l'atténuation. Calculs de Balling. — On doit à Balling d'ingénieuses formules permettant de reconstituer l'extrait primitif d'un moût et de déterminer, au moyen de facteurs réunis dans un tableau, l'alcool et l'extrait d'une bière.

Reconstitution de l'extrait primitif. — Soit :

p = l'extrait primitif p. 100 du moût ;

n = l'extrait réel p. 100 de la bière ;

m = l'extrait apparent p. 100 de la bière ;

a = le facteur d'alcool de l'atténuation apparente, $p - m$;

b = le facteur d'alcool de l'atténuation réelle $p - n$;

c = le facteur d'alcool de la différence d'atténuation, $n - m$.

Pour produire 100 parties en poids de bière débarrassée de son acide carbonique, il a fallu un poids P de moût contenant E d'extrait qui, outre 100 parties en poids de bière, a produit de l'alcool A, de l'acide carbonique C et de la levure L. Par conséquent.

$$P = 100 + C + L.$$

D'après Balling, 100 parties en poids de moût donnent :

Alcool	48,391
Acide carbonique	46,286
Levure	5,323

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Il en résulte que l'acide carbonique est à l'alcool dans une proportion $= \frac{46,286}{48.391} = 0,9565$, et la levure dans une proportion $= \frac{5,323}{48,391} = 0,11$, et que :

$$P = 100 + 0,9565\ A + 0,11\ A = 100 + 1,0665\ A.$$

L'extrait primitif p. 100, p, est égal :

$$p = \frac{E \times 100}{P} = \frac{100\ E}{100 + 1,0665\ A}.$$

Mais l'extrait E, du poids P de moût, était primitivement formé :

1° de l'extrait réel n qui reste dans la bière ;

2° de l'extrait transformé par la fermentation et qui a donné naissance à l'alcool, à l'acide carbonique et à la levure.

Par conséquent

$$E = n + A + C + L = n + A + 0,9565\ A + 0,11\ A = n + 2,0665\ A.$$

d'où :

$$p = \frac{100\ (n + 2,0665\ A)}{100 + 1,0665\ A} = \frac{2,0655\ A + n}{1 + 0,010665\ A}.$$

M. Pasteur, ayant trouvé qu'il se produit aussi de la glycérine et de l'acide succinique, trouvait une formule un peu différente :

$$p = \frac{2,0776\ A + n}{1 + 0,010776\ A}.$$

Facteurs d'alcool. — De la formule

$$p = \frac{2,0665\ A + n}{1 + 0,01665\ A},$$

on tire :

$$A = (p - n)\left(\frac{1}{2,0665 - 0,010665\ p}\right) = (p - n)\ b.$$

Le facteur d'alcool b, ne varie pas, quelle que soit la valeur de n, puisque l'alcool augmente proportionnellement à l'atténuation, mais il est fonction de p. Balling a calculé sa valeur pour toutes les valeurs de p, depuis 1, jusqu'à 30.

Il a établi de même le facteur d'alcool a de l'atténuation apparente, $p - m$; le facteur d'alcool c de la différence d'atténuation, $n - m$, et il a donné les trois formules :

$$A = (p - m)\ a \quad (1)$$
$$A = (p - n)\ b \quad (2)$$
$$A = (n - m)\ c \quad (3)$$

et le tableau des différentes valeurs de a, b et c pour chaque valeur de p, de 1 à 30.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les facteurs a et b donnent le même chiffre, le facteur c, un chiffre un peu supérieur.

Dans la pratique, on se sert plus volontiers du facteur a, dont la valeur moyenne est 0,42, parce que l'atténuation apparente est plus facile à déterminer.

Quotient d'atténuation. — Si nous divisons les deux formules 1 et 2 l'une par l'autre, nous obtenons :

$$\frac{A}{A} = \frac{(p - m)\, a}{(p - n)\, b} = 1,$$

ou :

$$\frac{p - m}{p - n} = \frac{b}{a} = q.$$

Le quotient q s'obtient donc en divisant le facteur de l'atténuation réelle par le facteur de l'atténuation apparente et, connaissant p et q, de la formule $\frac{p - m}{p - n} = q$, nous tirons :

$n = p - \frac{p - m}{q}$, soit l'extrait réel de la bière.

Ou bien :

$$\frac{\left(\frac{p - m}{p}\right) 100}{\left(\frac{p - n}{p}\right) 100} = q,$$

d'où :

$$\left(\frac{p - n}{p}\right) 100 = \frac{\left(\frac{p - m}{p}\right) 100}{q}.$$

C'est-à-dire que connaissant l'atténuation apparente p. 100, nous pouvons déterminer l'atténuation réelle p. 100, en divisant la première par q.

De la formule $\frac{p - m}{p - n} = q$, nous pouvons tirer : $p = \frac{m - n}{q - 1} + m$, pour reconstituer l'extrait primitif ; mais q étant fonction de p, est également inconnu. On peut prendre la moyenne de $q = 1{,}2325$, ou bien calculer l'alcool par la formule $(n - m)\, c$, puis déterminer la valeur approximative de p par la formule

$$p = 2A^1 + n = 2c\ (n - m) + n$$

et appliquer la valeur correspondante de q, mais, dans tous les cas, le résultat n'est qu'approché.

Toutes ces formules donnent l'alcool et l'extrait en grammes dans 100 grammes de bière.

[1] 2A pour $\frac{A}{b}$.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

TABLEAU DE BALLING

EXTRAIT primitif du moût p	FACTEUR d'alcool de $(p\text{-}m)$ a	FACTEUR d'alcool de $(p\text{-}n)$ b	FACTEUR d'alcool de $(n\text{-}m)$ c	QUOTIEN d'atténuation $\frac{p\text{-}m}{p\text{-}n} = q.$
5	0,40549	0,49673	2,20768	1,2250
6	0,40732	0,49937	2,20962	1,2260
7	0,40917	0,50205	2,21166	1,2270
8	0,41103	0,50475	2,21381	1,2280
9	0,41292	0,50748	2,21608	1,2290
10	0,41483	0,51024	2,21845	1,2300
11	0,41676	0,51303	2,22093	1,2310
12	0,41872	0,51586	2,22353	1,2320
13	0,42069	0,51871	2,22622	1,2330
14	0,42269	0,52160	2,22905	1,2340
15	0,42471	0,52451	2,23198	1,2350
16	0,42675	0,52746	2,23502	1,2360
17	0,42882	0,53045	2,23818	1,2370
18	0,43091	0,53347	2,24146	1,2380
19	0,43303	0,53652	2,24485	1,2390
20	0,43517	0,53952	2,24836	1,2400

La régie française, se servant pour ses mesures de la densité à 15°, prise au densimètre ou au picnomètre, la méthode de Balling n'est pas applicable. On se sert de la méthode officielle suivante :

Reconstitution de la densité primitive. — Méthode officielle française. — Un arrêté du ministère des finances du 24 janvier 1901 a fixé ainsi la marche à suivre pour rechercher la densité originelle des bières.

A. — Mesurer exactement à la température de 15°, dans une fiole jaugée, 250 centimètres cubes de bière;

Transvaser ces 250 centimètres cubes de bière dans un ballon en verre de 500 centimètres cubes, laver à deux reprises la fiole avec 10 centimètres cubes d'eau distillée et joindre ces eaux de lavage à la bière;

Relier le ballon à un serpentin maintenu dans l'eau froide; chauffer avec lenteur, surtout au début, pour empêcher la mousse de déborder;

Recueillir le liquide qui distille dans la fiole jaugée, arrêter la distillation lorsque le volume atteint 170 à 175 centimètres cubes; compléter le volume de 250 centimètres cubes, à la température de 15°, avec de l'eau distillée;

Agiter, verser le liquide dans une éprouvette en verre de 30 centimètres de hauteur et de 36 millimètres de diamètre, prendre le titre à 15° au moyen de l'alcoomètre divisé en 1/5 de degré.

Noter le degré à cette température et le rapprocher de la table C annexée au présent arrêté : le chiffre correspondant représente la densité ou poids spécifique du moût transformé en alcool.

B. — Verser dans la fiole de 250 centimètres cubes le résidu de la distilla-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tion qui se trouve dans le ballon; laver le ballon deux ou trois fois avec 10 centimètres cubes ou 15 centimètres cubes d'eau distillée et compléter le volume de 250 centimètres cubes à 15°.

Agiter, verser le liquide dans l'éprouvette;

Plonger dans ce liquide à 15° le densimètre et noter le degré à cette température.

C. — Ajouter à la densité trouvée, d'après la table C pour le produit de la distillation, le degré qu'accuse au densimètre le résidu de la distillation; la somme de ces deux chiffres représente la densité originelle ou le poids spécifique originel de la bière essayée.

Table C de la Régie

INDIQUANT LA CORRESPONDANCE ENTRE LA FORCE ALCOOLIQUE DES BIÈRES ET LA DENSITÉ ORIGINELLE DE LA PORTION DES MOUTS PRIMITIFS TRANSFORMÉE EN ALCOOL

(*Annexée à l'arrêté ministériel, 24 janvier* 1901).

DEGRÉS alcooliques des bières.	DEGRÉS (AU-DESSUS DE 100) DE LA DENSITÉ ORIGINELLE du moût transformé.									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0	0,04	0,09	0,14	0,19	0,24	0,28	0,37	0,39	0,44
1	0,50	0,55	0,61	0,66	0,72	0,78	0,84	0,90	0,96	1,02
2	1,09	1,15	1,22	1,28	1,35	1,41	1,48	1,53	1,60	1,66
3	1,72	1,78	1,84	1,91	1,97	2,03	2,10	2,16	2,22	2,29
4	2,34	2,41	2,48	2,54	2,61	2,67	2,74	2,79	2,86	2,92
5	2,98	3,05	3,12	3,18	3,25	3,32	3,39	3,46	3,53	3,60
6	3,67	3,74	3,81	3,88	3,95	4,02	4,08	4,15	4,21	4,27
7	4,34	4,40	4,47	4,52	4,58	4,64	4,70	4,76	4,82	4,88
8	4,95	5,01	5,08	5,15	5,21	5,27	5,34	5,40	5,47	5,53
9	5,59	5,64	5,71	5,77	5,83	5,88	5,94	6	6,07	6,13
10	6,19	6,26	6,39	6,38	6,44	6,51	6,57	6,63	6,7	6,76

Exemple : La distillation a donné 4,3 p. 100 d'alcool, et le résidu de la distillation, amené à 250 centimètres cubes, accuse à 15°, une densité de 1,9 au-dessus de 100. La table C donne une densité de 2,54 correspondant à 4,3 d'alcool : la densité originelle du moût était :

$$2{,}54 + 1{,}9 = 4{,}44.$$

FALSIFICATIONS DE LA BIÈRE

MOUILLAGE

On peut admettre que dans une bière le minimum d'extrait doit être de 35 grammes. Quant à l'alcool il peut être de 3 p. 100, sauf le cas de bière à faibles atténuations mais où l'extrait est supérieur à 35.

La cendre a un minimun de 1,5 gr. par litre.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

L'addition des petites bières (lavage des drêches) produit le même effet que le mouillage.

GLUCOSE

Le rapport $\frac{\text{glucose}}{\text{dextrine}}$ est alors supérieur à 1; de plus, si, en même temps, le rapport $\frac{\text{poids alcool}}{\text{extrait}}$ est lui-même supérieur à 1 au lieu d'être $\frac{1}{2}$ ou $\frac{2}{3}$, on peut assurer la présence de la glucose.

Si la glucose provient de la saccharification sulfurique de l'amidon (sirop de fécule), on trouve dans les cendres plus de sulfates et moins de phosphates.

AMIDON, GLYCÉRINE

L'addition d'amidon ou de fécule diminue les matières azotées, et les phosphates, le poids de l'extrait restant normal. C'est-à-dire qu'on doit avoir moins de 0,5 gr. d'acide phosphorique anhydre et de 2 grammes de matières albuminoïdes par litre.

Une addition de glycérine se reconnaît à ce que la proportion s'exagère, plus de 3 grammes par litre dans une bière à 5-6°.

La saccharine se reconnaît par l'une des méthodes indiquées plus loin.

MÉTAUX TOXIQUES

Les métaux toxiques, plomb, zinc, cuivre, proviennent des appareils ou des tuyaux.

Pour reconnaître le cuivre et le plomb, aciduler à l'acide chlorydrique, faire passer un courant d'hydrogène sulfuré, laver le précipité avec de l'eau contenant de l'hydrogène sulfuré. Dissoudre le précipité dans l'acide nitrique; préciter le plomb par l'acide sulfurique.

Si l'on doit doser le plomb, il faut le doser dans les cendres.

Pour reconnaître le cuivre, on part de la solution précédente après élimination du plomb, on ramène le liquide à une légère acidité, on ajoute quelques cristaux d'hyposulfite, il se précipite du sulfure de cuivre que l'on recueille et que l'on calcine.

Pour le zinc, on acidule la liqueur à l'acide nitrique, on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré; on filtre, on ajoute de l'acétate de soude et on continue à faire passer le courant, le zinc est précipité à l'état de sulfure.

ARSENIC

Des accidents dus à l'arsenic ont été signalés en Angleterre; ils provenaient de glucose fabriquée avec un acide sulfurique impur.

On s'est préoccupé de savoir si le malt fabriqué avec un coke arsénical peut introduire de l'arsenic dans la bière. Mais il semble que l'éloignement du malt et du combustible et que le nettoyage du malt soient suffisants pour

IRIS - LILLIAD - Université Lille

protéger la bière. Peut-être y aurait-il lieu de rejeter la couche inférieure du malt.

Voici les principales méthodes de dosage de l'arsenic dans la bière.

Méthode Kirby. — On ajoute de l'acide sulfureux pour réduire l'arsenic, puis on concentre pour chasser le gaz; on évapore à sec; on redissout dans le minimum d'eau.

On prend 9 centimètres cubes de cette solution et on ajoute 6 centimètres cubes d'eau distillée et 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique (D = 1,16) on partage en trois tubes (1) (2) (3).

D'autre part on prépare de même un extrait, mais sans mettre d'acide sulfureux et on le redissout.

A 6 centimètres cubes on ajoute 4 centimètres cubes d'eau distillée et 3,3 centimètres cubes d'acide chlorhydrique et on prépare deux tubes (4) (5).

On mouille quatre rondelles de papier filtre avec une goutte de sublimé au 1/20 et une rondelle avec du sous-acétate de plomb.

On introduit une baguette de zinc dans chaque tube, on les bouche avec du coton et on les coiffe (1) (2) (4) (5) avec le papier au mercure et (3) avec le papier au plomb.

Si celui-ci noircit c'est qu'il y a encore de l'acide sulfureux, si les autres noircissent en une heure, cela représente la dose d'acide arsénieux de 0,00015 gr. par litre. Si les tubes (4) (5) noircissent seuls alors que (3) a noirci c'est que l'acide sulfureux gène la réaction dans (1) (2).

Pour éviter cet inconvénient de l'acide sulfureux, Estcourt a proposé d'aciduler la bière avant de l'évaporer. Allan oxyde les sulfites par le brome, puis on ajoute une solution chlorhydrique de chlorure cuivreux pour ramener l'arsenic à l'état d'acide arsénieux.

On dépose l'arsenic sur du cuivre.

Méthode Thomson-Edin-Shenton. — On évapore 50 centimètres cubes de bière à consistance sirupeuse, on ajoute 20 centimètres cubes d'acide azotique et 5 centimètres cubes d'acide sulfurique exempt d'arsenic.

On fait bouillir jusqu'à coloration foncée et on ajoute encore 1 à 2 centimètres cubes d'acide nitrique; on répète l'évaporation plusieurs fois jusqu'à ce que l'on ait employé 25 centimètres cubes d'acide nitrique.

On chasse celui-ci par évaporation, on ajoute de l'eau, on dilue à 15 centimètres cubes et on introduit 1, 2, 3 centimètres cubes dans l'appareil Marsh.

Pour retrouver de l'arsenic dans le malt on part de 5 grammes de matières et de 85 centimètres cubes d'acide nitrique.

Méthode Reinsch. — Elle consiste à ramener l'arsenic à l'état d'acide arsénieux et à précipiter par une lame de cuivre.

Elle a été modifiée ainsi par Chapman : il chauffe au bain de sable 300 à 500 centimètres cubes de bière avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique pour chasser l'alcool, il ajoute 1/5 du volume d'acide chlorhydrique pur et

IRIS - LILLIAD - Université Lille

plonge dans le mélange un fragment de toile de cuivre suspendu à un fil de cuivre. Si, après une heure d'ébullition douce, la toile est brillante, on a la certitude que la bière ne renferme pas un millionième d'acide arsénieux. Si la toile de cuivre s'est recouverte d'un dépôt, on la rince rapidement à l'eau, à l'alcool et à l'éther, on la sèche avec précaution et on l'introduit dans un tube étroit fermé à une de ses extrémités. En chauffant ce tube au rouge, on obtient un sublimé d'acide arsénieux facile à caractériser au microscope dans le cas où il y a dans la bière un millionième d'acide arsénieux.

S'il s'agit de rechercher l'arsenic dans du sucre ou des substances analogues on opère sur 50 grammes de matière qu'on dissout dans 200 centimètres cubes d'eau ; on ajoute 50 centimètres cubes d'acide chlorhydrique et on opère comme plus haut.

En employant cette méthode, l'auteur a trouvé de l'arsenic dans des bières brassées avec du malt seul.

ANTISEPTIQUES

Acide borique. — L'addition de l'acide borique est très rare dans les bières. La meilleure méthode pour le retrouver est celle de Villiers.

On évapore 25 centimètres cubes de bière et on calcine. On traite les cendres par 1 centimètre cube d'acide sulfurique, on décante le liquide dans un petit ballon et on lave le vase avec 3 centimètres cubes d'alcool méthylique ajoutés en deux ou trois fois. On verse tous ces liquides dans le ballon que l'on adapte immédiatement à un réfrigérant. On distille jusqu'à l'apparition des vapeurs acides, mais dès qu'il distille un liquide on le recueille et on l'enflamme. On observe la flamme sur un fond noir, elle est colorée en vert par une dose inférieure à 0,004 gr. d'acide borique par litre.

L'aspect de la flamme varie avec la dose d'acide borique d'où il résulte qu'avec une éducation spéciale on peut se faire une idée de cette dose.

Acides sulfureux et sulfites[1]. — On acidule par HCl et on fait passer un courant d'hydrogène, on recueille le gaz dans une solution d'iode ioduré.

[1] D'après Jalowetz, il y a de l'acide sulfureux contenu naturellement dans la bière.

En faisant bouillir le moût avec du houblon soufré pendant une heure, la dose de houblon étant comparable à celle de la pratique, on n'augmente pas la proportion d'acide sulfureux du moût. Le houblon soufré très récemment ne cède que des proportions minimes d'acide sulfureux au moût. L'emploi de sulfite et de malt soufré apporte une proportion notable d'acide sulfureux dans la bière. Lorsqu'on fait fermenter au laboratoire des moûts ou des solutions sucrées, il y a augmentation de l'acide sulfureux pendant la fermentation principale et diminution pendant la fermentation secondaire ; mais il y a des cas où l'augmentation ne s'observe pas. Dans les fermentations industrielles étudiées dans trois brasseries, on n'a pas observé d'augmentation sensible de l'acide sulfureux ; cette différence avec les observations de Pfeifer tient sans doute à la manière dont la fermentation a été conduite et peut-être à d'autres conditions inconnues jusqu'ici.

Du moment qu'on trouve dans toutes les bières de l'acide sulfureux à une dose plus ou moins élevée, il y a lieu de se demander sous quelle forme se trouve ce corps. Est-il libre ou combiné aux éléments de la bière ?

Jalowetz pense qu'il y a une partie de l'acide sulfureux à l'état combiné, représentant environ 30 p. 100 de l'acide sulfureux total.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

En ajoutant quelques gouttes de chlorure de baryum, on a un trouble de sulfate de baryte. En vérifiant qu'il ne se dégage plus de gaz on pourra peser le sulfate et le multipliant par 0,275, on aura l'acide sulfureux.

Une autre méthode consiste à doser l'acide sulfurique dans la bière, avant ou après oxydation à l'eau de brome.

Acide salicylique. — Est un des antiseptiques les plus employés. Pour le caractériser, on emploie la réaction de l'acide salicylique sur le perchlorure de fer *bien neutre* et en très faible quantité, car il contient toujours de l'acide dissocié.

On acidule la bière avec de l'acide chlorhydrique, on reprend par l'éther en agitant doucement pour éviter l'émulsion (ajouter 1 ou 2 gouttes d'alcool).

On décante la couche inférieure et on lave l'appareil avec un peu d'éther. On évapore l'extrait éthéré et on ajoute une goutte de perchlorure.

Pour doser l'acide salicylique, on peut employer les deux méthodes suivantes :

Méthode Girard. — On fait trois traitements éthérés, on les réunit, on lave avec un peu d'eau, on distille une partie de l'éther puis on évapore le reste. On fait digérer le résidu avec autant de benzine qu'il y avait d'éther, on décante après vingt-quatre heures, on lave avec un égal volume de benzine.

On complète à un volume déterminé avec de l'alcool absolu sur une partie aliquote, on dose l'acide avec une solution titrée de soude étendue.

Méthode Elion. — L'extrait éthéré est mêlé avec un peu d'une solution de potasse ; on sépare la solution aqueuse, on l'acidule à l'acide sulfurique et on la traite par l'eau de brome. On ajoute un peu d'iodure et d'empois d'amidon, et on élimine l'excès de brome par une solution de sulfite (jusqu'à décoloration).

On distille à la vapeur et on recueille le tribromophénol, on le reprend par l'éther, on évapore, l'on pèse et l'on multiplie par 0,417.

Recherche de la saccharine. — Travail de Villiers, Magnier de la Source, Rocques et Fayolle[1].

CRITIQUE DES MÉTHODES

a) *Défécation :*

α) Le procédé de défécation par le chlorure de fer et le carbonate de chaux, enlève tous les corps susceptibles de donner les réactions de la saccharine tout en laissant celle-ci.

Le dépôt est trop volumineux, la neutralisation difficile à obtenir ; de plus, la présence de la chaux gêne ensuite pour les traitements ultérieurs par SO^4H^2. Enfin le précipité n'entraîne pas l'acide salicylique.

[1] Les auteurs ont d'abord procédé à une étude critique des différentes méthodes qu'il est bon de résumer.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

β) Le procédé au carbonate de magnésie a les mêmes avantages et les mêmes inconvénients.

γ) La défécation au permanganate acide détruit les tanins et l'acide salicylique sans toucher à la saccharine.

En général, les méthodes n'emploient pas assez de permanganate pour donner une combustion complète.

δ) Défécation au plomb :

Avec le sous-acétate, une partie de la saccharine et de l'acide salicylique restent; une partie est entraînée. Mais avec l'acétate en milieu légèrement acide, on défèque en laissant dans la solution la totalité des deux corps.

b) *Extraction de la saccharine.*

La saccharine est peu soluble dans l'eau, légèrement soluble dans l'éther, plus dans la benzine et très soluble dans l'alcool et l'éther. Au contraire les saccharines alcalines sont solubles dans l'eau et peu solubles dans les autres liquides. Il résulte de cela qu'il est bon de chasser l'alcool.

Les auteurs recommandent de faire 2, 3 épuisements à l'éther représentant 1,5 vol. du liquide aqueux.

On évapore le liquide éthéré, on le redissout dans l'eau et on l'agite avec 20 fois son poids de benzine. On évapore à l'air puis dans une étuve à 80°.

c) *Caractérisation de la saccharine.*

α) Goût sucré ; la saccharine est 500 fois plus sucrée que le sucre de canne ; les sucres étant insolubles dans les dissolvants, le goût est un caractère très sensible; une goutte de solution à 0,1 gr. par litre a encore un goût perceptible (le saccharinate de soude a la même saveur sucrée à dose égale de saccharine).

β) Réactions chimiques.

1° Théoriquement, la fusion de 1 gramme de saccharine avec de la potasse donne 0,754 gr. d'acide salicylique, mais pratiquement, le rendement est moindre.

Les meilleurs résultats sont obtenus avec la soude; les carbonates n'agissent pas. La méthode par fusion directe est inconstante. En chauffant avec des bains métalliques (250-270° pendant trente minutes) le résultat n'est pas quantitatif.

Pour réussir, il faut réaliser les conditions suivantes : être entre 230 à 300° et ne jamais chauffer plus de cinq minutes.

La présence de la glycérine qui, avec la soude, donne des acétates et formiates avec de l'hydrogène, gêne la réaction; le fer entrave complètement la réaction ; les oxydants ne sont pas utiles;

2° La recherche du soufre dans la saccharine manque de sensibilité, car il n'y en a que 1 p. 100 ; de plus il est difficile à caractériser et enfin d'autres corps en contiennent ;

3° Action de la résorcine en présence d'acide sulfurique concentré; il se forme de la fluorescéine. Mais la sensibilité de la réaction n'est pas grande, on ne caractérise à peine que 1 milligramme;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

4° Le réactif de Millon donne une coloration rouge avec l'acide salicylique et la saccharine; même défaut que plus haut;

5° La paradiazo-nitraline en présence de saccharine et de soude se décolore ; on ajoute de l'éther, on décante la couche aqueuse; on ajoute à la solution éthérée 20-30 gouttes de soude à 10 p. 100 ; la couche inférieure aqueuse est brune, la couche éthérée supérieure verte.

Le réactif s'altère facilement et n'est pas sensible;

6° L'action de l'eau oxygénée sur la saccharine tend à donner de l'acide oxy-benzoïque qui en présence du perchlorure de fer donne une teinte violette (il faut quarante-cinq minutes).

Il faut mettre une quantité d'eau oxygénée proportionnelle aux impuretés de sorte que la méthode est délicate ;

7° La saccharine chauffée avec une solution sulfurique de phloroglucine donne une coloration violette.

En réalité la réaction est due à une impureté du réactif : la dirésorcine.

Mais comme il faut chauffer fortement, la masse est toujours colorée.

MODE OPÉRATOIRE DES AUTEURS

1° Les auteurs pour la recherche isolée de la saccharine donnent la préférence à la défécation au permanganate.

On emploie 300 centimètres cubes de bière, on évapore pour chasser l'alcool, on y ajoute 1 centimètre cube d'acide sulfurique au 1/3 et 5 centimètres cubes de permanganate à 5 p. 100. Au bout de deux heures à froid, on agite le liquide avec trois fois 150 centimètres cubes d'éther.

On évapore, on reprend par l'eau, on filtre, on reprend par la benzine ; on évapore à l'air libre puis à 80°, on constate le goût sucré et on fait la fusion avec la soude à 250° pendant cinq minutes. Il vaut mieux employer une lessive de soude (2 centimètres cubes de soude à 3°,6). On opère dans un tube à essai avec thermomètre. On dissout le résidu dans de l'acide sulfurique à 1 p. 100, on agite avec de la benzine, on décante et on agite avec 5 centimètres cubes de sel ferrique à 1 p. 100. On doit avoir une coloration violette;

2° Les auteurs se sont préoccupés de rechercher simultanément l'acide salicylique et la saccharine.

On rejette la défécation au permanganate pour employer l'acétate neutre de plomb qui laisse passer saccharine et acide salicylique.

A cause de l'acide salicylique, on fait l'extraction à la benzine (l'éther dissout des produits qui marquent la coloration violette et de l'acide acétique qui l'empêche).

Le liquide privé d'alcool est déféqué à l'acétate neutre en milieu légèrement acide (1 p. 100 acide acétique cristallisable).

On se débarrasse de l'excès de plomb par SO^4H^2, on filtre, on agite trois fois avec la moitié du volume de benzine.

La solution benzinique à demi distillée, traitée par 5 centimètres cubes d'une solution ferrique à 1/1 000 donne une coloration violette indiquant

IRIS - LILLIAD - Université Lille

l'acide salicylique. On distille le reste de la benzine, en présence du fer, on reprend par 10 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/10, on chauffe au bain-marie et on ajoute peu à peu du permanganate de potasse saturé jusqu'à coloration persistante.

On reprend la liqueur à la benzine comme plus haut; on décante, on filtre, on évapore, on reprend par 2 centimètres cubes d'eau chaude; on égoutte ; le reste est versé dans un tube à essai, on rince la capsule avec 2 centimètres cubes de soude 3°,6; on évapore à sec sans trop chauffer; on ferme le tube en mettant un thermomètre et on porte pendant trois minutes à 270°.

Le résidu est dissous dans de l'acide sulfurique au 1/10e, repris à la benzine comme plus haut et traité par le fer.

Succédanés de la saccharine. — On emploie souvent au lieu de saccharine, son sel ammoniacal, la sucramine qui est très soluble dans l'eau; complètement insoluble dans l'éther, l'acétone, la benzine, peu soluble dans l'alcool.

Pour la reconnaître il suffit s'ajouter un peu d'acide à la bière avant le traitement à l'éther; la saccharine passe alors dans ce liquide.

Succédanés du houblon. — Rarement on introduit dans la bière des succédanés du houblon.

L'acide picrique se retire d'une bière évaporée à sec par un peu d'alcool qu'on évapore; le résidu dissout dans l'eau et bouillant, colore la laine blanche en jaune; le résidu vire au rouge (isopurpurate) par le cyanure de potassium.

Pour rechercher les alcaloïdes ou glucosides ajoutés artificiellement, on doit au préalable éliminer les résines naturelles du houblon.

Il existe des méthodes d'extractions de ces matières, basées sur des extractions successives à l'éther, à la benzine, au chloroforme, etc.

Ce serait trop minutieux à décrire ici. Disons seulement que les deux principales méthodes sont : 1° celle de Dragendorf, Kubick, Jündsill (*Bulletin de la Société de pharmacie de Bruxelles,* 1874); 2° celle de Husson (Précis sur le café, la bière, le tabac.)

On a signalé comme matières ajoutées à la bière, les substances suivantes : baies de genévrier, belladone, jusquiame, colchique, chardon bénit, écorce de garou, gomme gutte, acide picrique, aloès, piment, rumex, rhubarbe, lichens des murailles et d'Islande, noix vomique, coque du Levant, quassia amara, absinthe, coloquinte, ményanthe, gentiane, petite centaurée, buis, salicine.

Nous signalons ces additions supposées sans y ajouter aucune foi. Le brasseur qui veut, économiquement, donner à sa bière de l'amertume, la trouvera suffisamment dans les houblons inférieurs et dans les houblons surannés, vendus très bon marché.

Bière pasteurisée. — On peut reconnaître si une bière a été pasteurisée. Voici la méthode de Bau.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

L'examen attentif de la fermeture des bouteilles permet quelquefois de savoir si elles ont été pasteurisées ; mais il y a des modes de pasteurisation et des genres de fermeture pour lesquels on ne trouve sur la bouteille aucune trace de l'opération.

Le procédé chimique imaginé par M. A. Bau est fondé sur la présence de la sucrase dans toutes les bières, présence qui s'explique par le fait que cette diastase diffuse facilement hors de la cellule de levure, et que la bière est en contact prolongé avec la levure pendant sa production. Cette sucrase résiste à une température plus ou moins élevée.

M. Bau donne des exemples qui montrent qu'on retrouve de la sucrase dans des échantillons de bière pasteurisée à 57° C.; mais, au-dessus de cette température, la sucrase est presque toujours détruite.

On a donc un moyen de savoir si de la bière a été pasteurisée au-dessus de cette température. Si on n'y retrouve pas de sucrase, on peut affirmer que la bière est pasteurisée.

Le procédé d'expérimentation que M. Bau recommande, consiste à employer le polarimètre : on mélange 20 centimètres cubes de bière avec 20 centimètres cubes de saccharose à 20 p. 100 et on fait la même expérience avec 20 centimètres cubes de bière bouillie. Au bout de vingt-quatre heures de séjour, à la température ordinaire, on décolore par 0,5 cm^3 d'acétate de plomb, on amène à 50 centimètres cubes, on filtre et on observe au polarimètre. S'il y a une différence sensible dans la rotation, c'est que la bière n'est pas pasteurisée.

ESSAI BIOLOGIQUE DE LA BIÈRE

L'essai biologique, ou incubation de la bière, consiste à exposer des échantillons de la bière à une température de 28° C et à observer comment elle se comporte.

On se sert de bouteilles en verre blanc et très clair, fermées avec un bouchon en caoutchouc percé d'un trou laissant passer un tube deux fois coudé et dont la partie extérieure est de la hauteur de la bouteille.

L'appareil est stérilisé par les procédés ordinaires, puis la bouteille est rincée avec la bière à essayer et remplie soit à la cuve de fermentation, après la fermentation principale, au moment du soutirage, soit au foudre, peu de temps après son remplissage.

La bouteille, fermée et munie de son tube coudé, est placée soit dans une étuve à température constante, soit, de préférence, dans un bain d'eau chauffé par un bec de gaz portant un régulateur.

La bouteille, qui plonge jusqu'au col, repose sur un faux fond percé de trous pour que la température se répartisse également dans tout le bain, et l'extrémité du tube coudé pénètre de quelques centimètres dans un bain de mercure placé en dehors de la cuve et qui empêche la rentrée d'air dans la bouteille, sans s'opposer au dégagement de l'acide carbonique.

Le bain d'eau peut être disposé pour recevoir plusieurs bouteilles à la fois.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

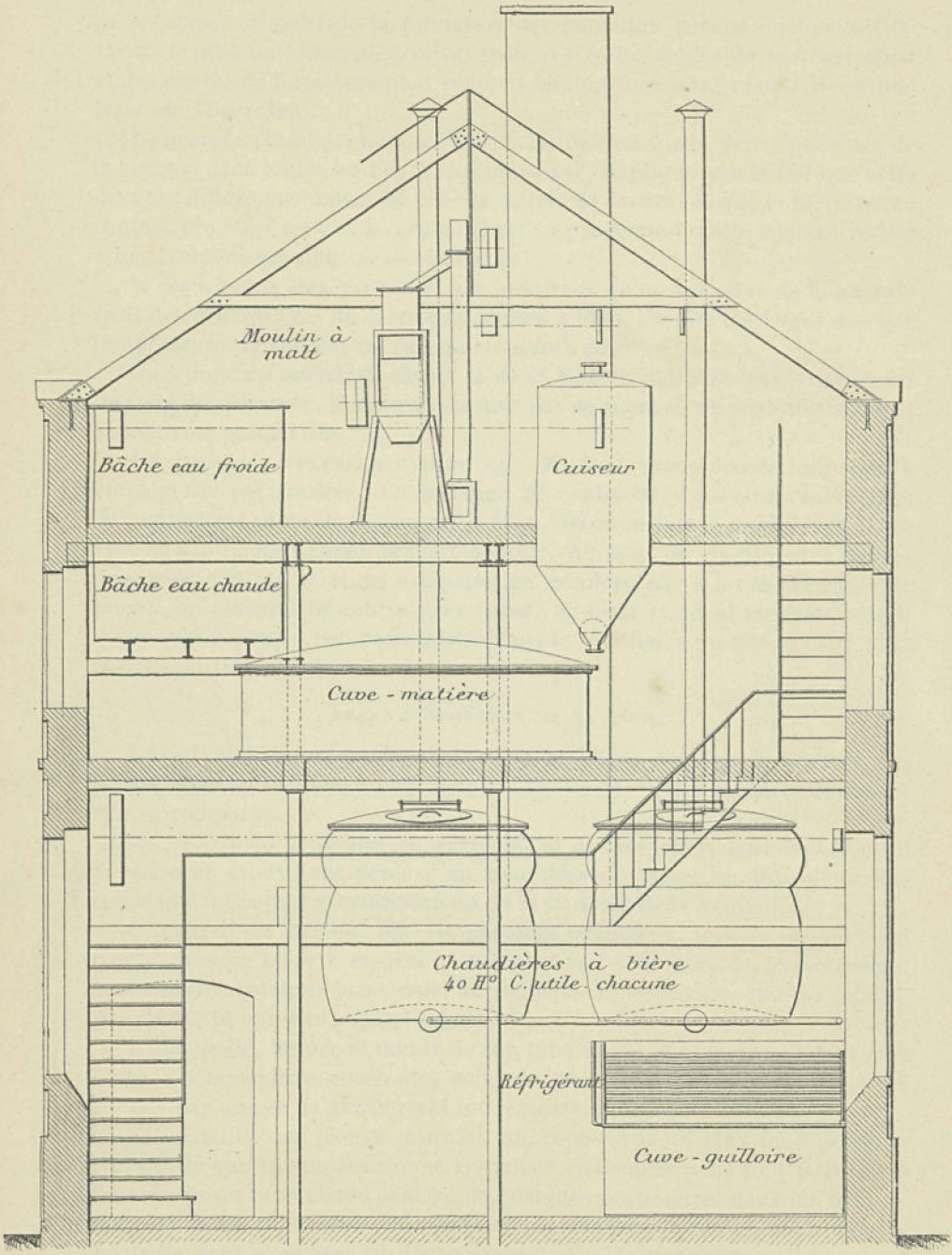


Fig. 171, *a*. — Brasserie de 8 000 hectolitres. Coupe transversale.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On laisse à 28° pendant un temps variable suivant la nature de la bière : trois semaines pour les bières de garde, deux semaines pour les bières jeunes, sept à dix jours pour les bières jeunes de fermentation haute. Pendant ce temps-là, on observe si la bière forme un voile mycodermique, se trouble et fait un dépôt abondant ; si ce dépôt est ferme ou floconneux et ne remonte pas à la moindre agitation.

Après le temps d'incubation, on dépote la bière et l'examen microscopique du dépôt renseigne sur la nature des ferments de la fermentation secondaire, sur leur nombre et leur propagation. Sur la bière décantée, on observe le goût, on calcule l'atténuation limite et l'augmentation de l'acidité. Si la bière est trouble, on recherche la nature de la cause du trouble.

Cet essai ne renseigne pas seulement sur la stabilité probable de la bière, il donne encore un contrôle de la pureté originelle du levain employé et des dangers qu'il peut présenter, suivant que le dépôt est composé en majeure partie de levures pures, de levures sauvages ou de bactéries.

Pour les bières de fermentation haute dont les levains sont plus souvent souillés de bactéries et dont les moûts sont plus facilement contaminés, mais qui se consomment plus rapidement, on peut se contenter de faire l'essai dans un flacon conique, stérilisé et fermé par un tampon d'ouate. Une bière relativement pure, mais suffisamment pour ne pas s'altérer avant qu'elle soit débitée, fera un voile mycodermique en trois à quatre jours et se troublera quelques jours après.

Une bière assez contaminée pour s'altérer rapidement, deviendra trouble en quarante-huit heures.

INSTALLATION GÉNÉRALE D'UNE BRASSERIE

Nous avons donné, au fur et à mesure, la disposition particulière des locaux d'une brasserie et leurs dimensions. Nous n'en parlerons ici qu'au point de vue général.

La brasserie devra être éloignée de la malterie, dont les poussières peuvent être une cause d'altération des moûts, et la malterie, par rapport à la brasserie, devra toujours être placée à l'opposé du vent dominant de la contrée. Pour les mêmes raisons, une brasserie ne devra jamais être installée à proximité d'une industrie dégageant de mauvaises odeurs, ou laissant échapper des poussières, ou dont les eaux résiduelles sont infectées. De même les écuries devront être éloignées de tous les locaux de brassage, de refroidissement et de fermentation.

On cherchera à simplifier le travail en disposant les appareils dans un ordre tel que le service soit facile et économique, sans nuire, cependant, aux conditions d'une bonne fabrication (Voir les dessins 171 et 172, planches I, II, III, IV, V).

La brasserie proprement dite comporte trois bâtiments principaux : celui du brassage, celui du refroidissement et la salle des machines.

Le bâtiment du brassage pourra avoir plusieurs étages. Aux étages supé-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

rieurs, se trouveront : le réservoir à eau dans une salle entièrement fermée et où aucune poussière ne pourra pénétrer; le moulin à malt, également enfermé et dont les poussières ne pourront se répandre au dehors. La farine sera recueillie dans une trémie en communication par un tuyau avec la cuve-matière ou l'hydrateur.

La salle de brassage ne contiendra que le réchauffeur, les cuves-matières, les chaudières et la pompe à moût; une galerie souterraine renfermera les transmissions.

Dans les méthodes par infusion, on pourra adopter le système à cascade complète; en ce cas, la salle de brassage devra être plus élevée pour que le moût puisse couler directement des chaudières sur les bacs et les réfrigérants (fig. 171 *a*, *b*, *c*).

Dans les méthodes par décoction, le système à cascade complète est impossible, mais, néanmoins, les cuves-matières devront être placées au-dessus des chaudières de cuisson, afin que le moût ne soit pompé qu'aux températures d'ébullition et ne passe pas par les organes des pompes aux températures où il est le plus susceptible de s'altérer (fig. 172 *b*, pl. V).

Les salles de brassage devront être largement aérées et ventilées.

Dans le cas de chauffage à feu nu, le chargement des fourneaux se fera en dehors de la salle de brassage, dans une salle attenante qui servira en même temps de soute à charbon.

Le bâtiment qui contiendra les appareils de refroidissement, sera complètement isolé de tous les autres services, c'est une condition indispensable et il n'est rien de plus dangereux que de placer les bacs et les réfrigérants dans la salle même de brassage, où ils sont exposés aux poussières de la farine de malt et aux vapeurs acides de la drêche (fig. 172 *b*).

Dans la fermentation haute, où les appareils sont moins compliqués, le système à cascade est facilement réalisable. En fermentation basse, où il est nécessaire d'avoir des réfrigérants à deux eaux, ou deux réfrigérants superposés et un réservoir à eau glacée, le moût est plus généralement pompé à sa sortie des chaudières.

En ce cas, on placera les bacs ouverts ou fermés à l'étage supérieur et les réfrigérants au-dessous. Les réfrigérants seront disposés dans une salle entièrement fermée, d'une propreté méticuleuse et où l'air n'arrivera que filtré.

Une excellente disposition consiste à enfermer les réfrigérants dans une salle étroite, vitrée, et aérée avec de l'air pur, en dehors de laquelle on peut régler la descente du moût et l'arrivée d'eau, ainsi que la température du moût au moyen d'un thermomètre à cadran.

La salle des machines se place à portée à la fois de la salle de brassage et du bâtiment de refroidissement. La même salle peut contenir les moteurs et les machines à glace. Les générateurs se mettent en dehors.

La cave de fermentation s'installe sous le bâtiment de refroidissement, afin que le moût ait le moins de chemin possible à parcourir. On ne la place jamais sous la salle de brassage, où on répand beaucoup d'eau et où des infiltrations pourraient se produire dans les voûtes.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

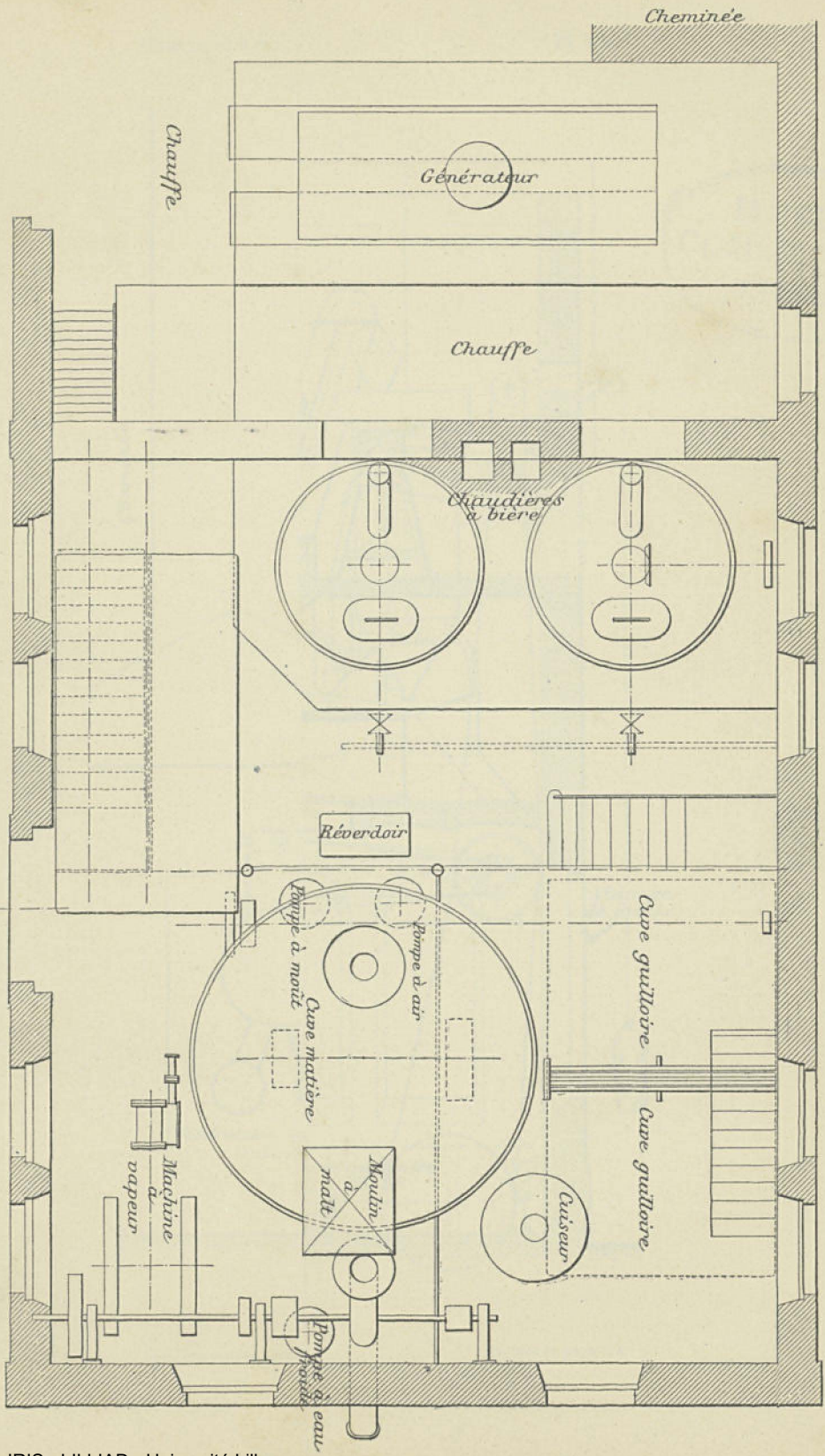


Fig. 171, *b*. — Brasserie de 8 000 hectolitres. Plan.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

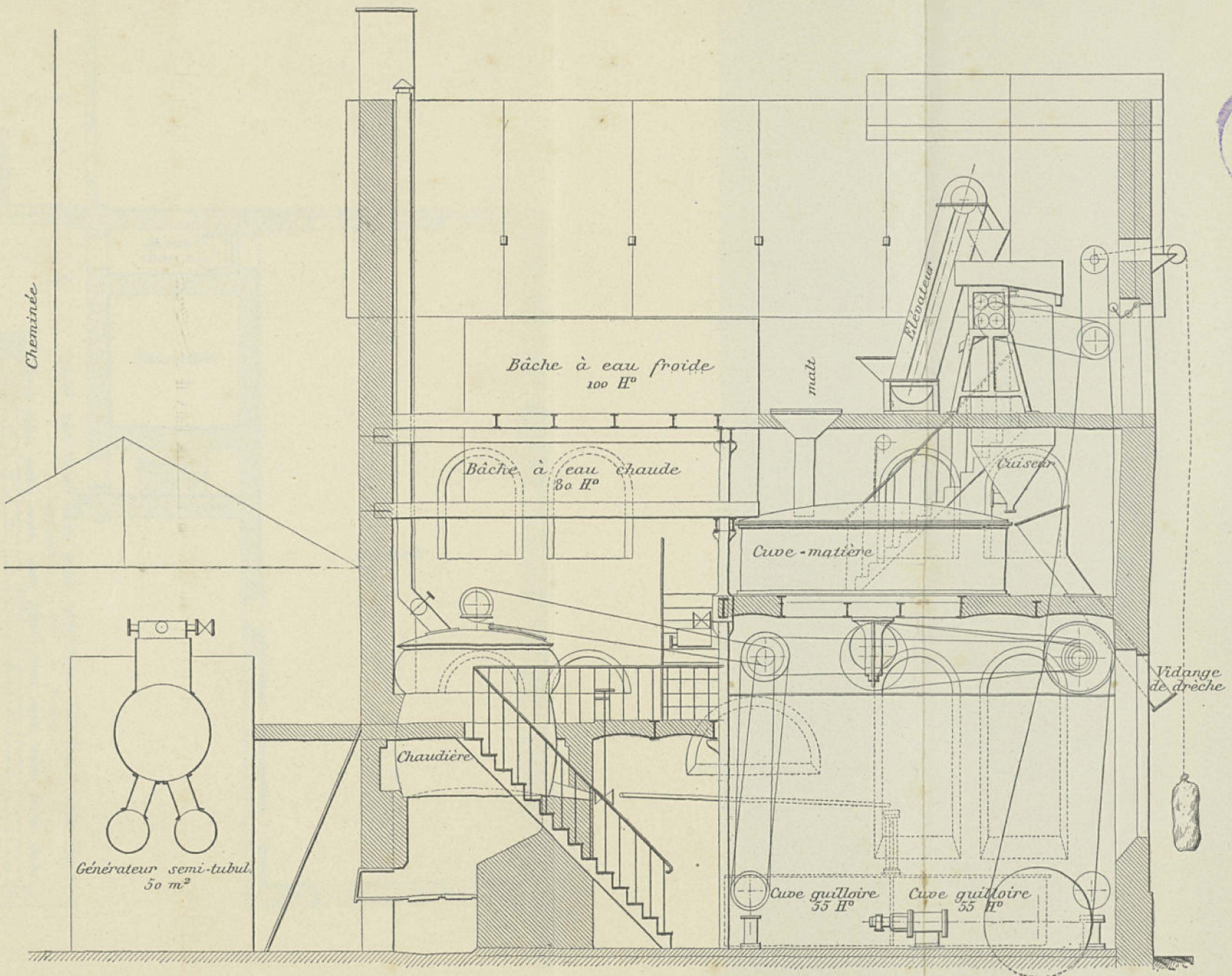


Fig. 171, c. — Brasserie de 8 000 hectolitres. Coupe longitudinale.

Ch. Béranger, éditeur à Paris.

En face la page 614.

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

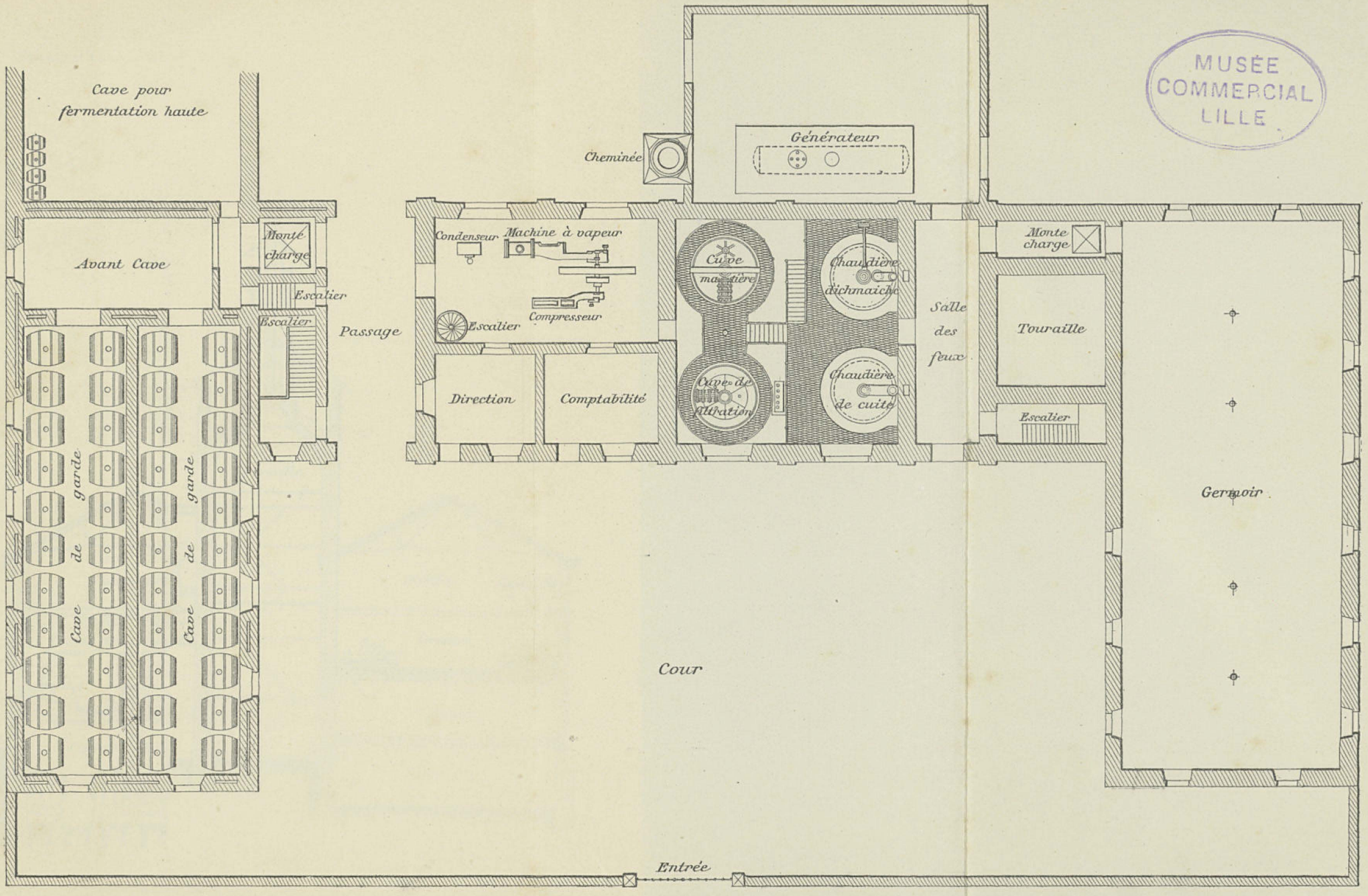


Fig. 172, *a*. — Brasserie de fermentation haute et basse. Plan.

En face la page 614.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

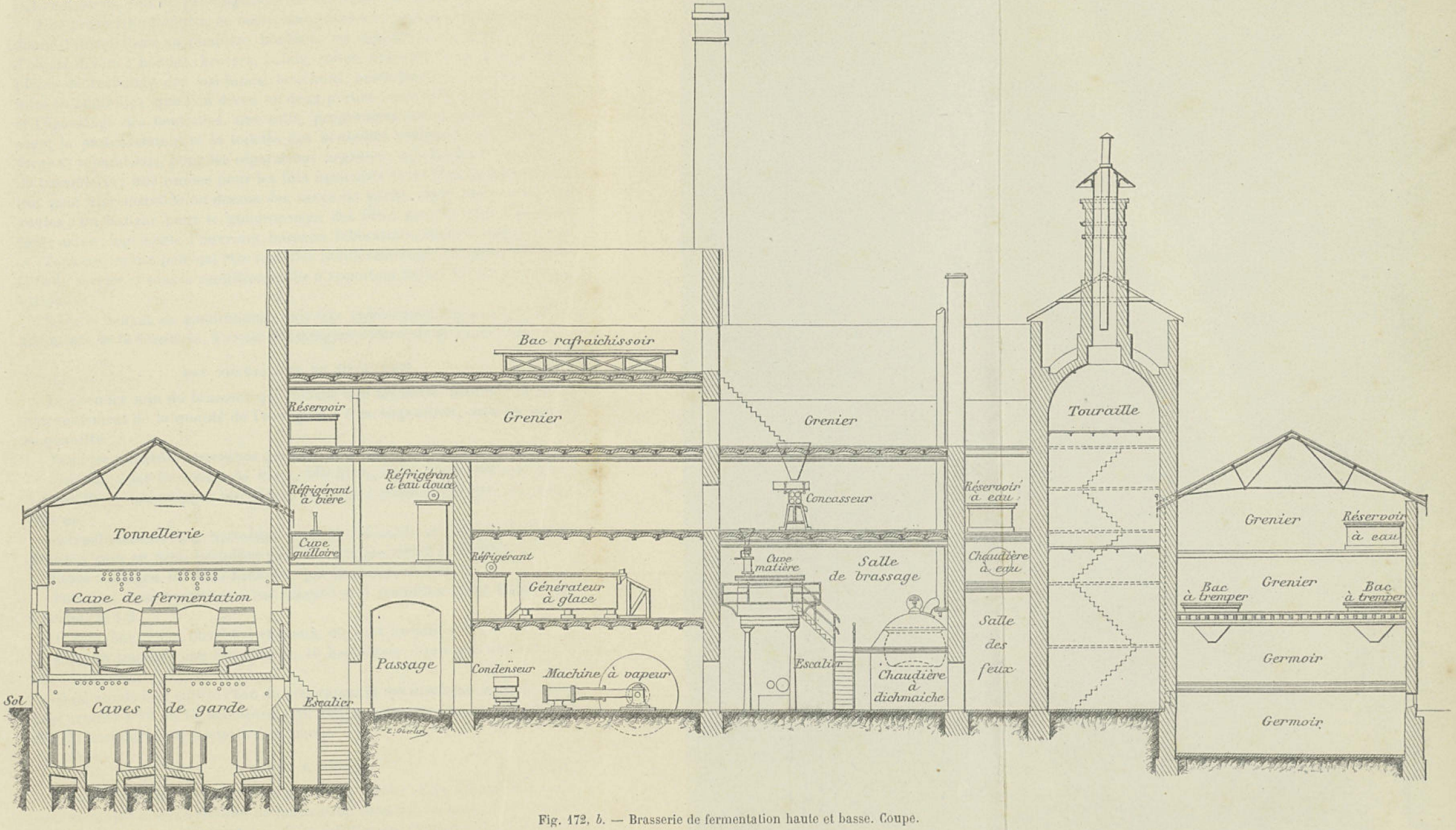


Fig. 172, *b*. — Brasserie de fermentation haute et basse. Coupe.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

Les caves de garde se construisent à portée des caves de fermentation, soit en dessous, soit en prolongement, si ces dernières sont sous terre.

Une brasserie comporte, en outre, un magasin à houblon, dont nous avons donné l'installation au chapitre houblon, un magasin à malt et un autre d'objets divers : bondes, brosses, balais, colles, copeaux, poix, robinetterie, pièces de rechange des machines, bouchons, bouteilles, etc. ; un atelier de mise en bouteilles, que l'on divise en deux parties : une salle pour le rinçage et l'égouttage des bouteilles, une salle, proprement tenue, pour le remplissage, la pasteurisation et la toilette des bouteilles remplies ; un atelier de forge et réparations, pour les réparations urgentes ; une huilerie ; un atelier de tonnellerie ; une remise pour les fûts inoccupés et les bois de tonnellerie, qui peut être installée au-dessus des caves de garde, dont elle protège les voûtes ; un hangar pour le goudronnage des fûts ; puis ce que comprend toute usine : logements d'ouvriers, bureaux, laboratoire, écuries, remises, etc.

Tous ces locaux peuvent être installés indifféremment, au mieux des facilités du service et sous la condition qu'ils n'apportent aucun danger à la fabrication.

Seul, le hangar au goudronnage doit être entièrement séparé de tous les bâtiments de la brasserie, à cause des dangers d'incendie qu'il présente.

EAU NÉCESSAIRE EN BRASSERIE

Le premier soin du brasseur qui installe une brasserie, sera de s'assurer, non seulement de la qualité de l'eau qu'il a à sa disposition, mais encore de sa quantité.

Voici les quantités moyennes qui sont nécessaires :

Brassage : par hectolitre de moût, 160 litres, ou par hectolitre de bière, 2 hectolitres ; autant pour les lavages de la salle et des ustensiles, soit 4 hectolitres.

Refroidissement : par hectolitre de moût 180 litres, ou 200 par hectolitre de bière, plus un demi-hectolitre pour les lavages, soit 2 hectolitres 1/2.

Caves : lavages, un demi-hectolitre par hectolitre de bière.

Fûts : un demi-hectolitre d'eau chaude et 1 hectolitre d'eau froide, soit 1 hectolitre 1/2.

Divers (bouteilles, ouvriers, chevaux, etc.) : 1 hectolitre 1/2.

Soit, en totalité, une quantité de 10 hectolitres d'eau par hectolitre de bière fabriquée.

Si on ajoute à ce chiffre l'eau du générateur et des machines à glace, qu'on peut évaluer à 10 ou 15 hectolitres, on voit qu'on arrive à une quantité de 20 à 25 hectolitres par hectolitre de bière.

FORCE MOTRICE

La force motrice nécessaire est difficile à établir. Elle dépend des appareils employés et des systèmes de fabrication adoptés ; en outre, elle ne croît pas en proportion de l'importance de la fabrication. On ne peut pas l'évaluer par hectolitre de bière.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

D'après E. Klasen (Grundriss Vorbilder von Gebäuden Aller Art, Abth XV, Theil I, Bierbrauereien, etc.), on peut l'estimer sur les bases suivantes :

Moulin : pour 30 hectolitres de malt (150 kgr.), 1 cheval ;

Brassage : pour 25 hectolitres de moût, 1 cheval 1/2, et 1 cheval pour chaque hectolitre en plus ;

Soutirage, pompes, etc. : 1 cheval 1/2 à 2 chevaux, par 60 hectolitres de moût.

En dehors de la force motrice, si on chauffe à la vapeur, il faut compter, en plus, 1 mètre carré de surface de chauffe par 4 hectolitres de moût.

COMPTABILITÉ DU BRASSEUR

Comptabilité commerciale. — Le brasseur tient une comptabilité commerciale en partie double, dans la forme ordinaire ; cependant, sa comptabilité doit être organisée de manière à faire ressortir, sinon, à chaque brassin, du moins à la fin de chaque mois, le prix de revient à l'hectolitre de sa bière.

Il y arrivera par un jeu de comptabilité que nous allons décrire.

Il ouvrira :

1° Sous le nom de compte de fabrication, un compte qui sera débité, soit brassin par brassin, soit mensuellement, par le crédit des comptes généraux ou particuliers : marchandises (malt, houblon, charbon, etc.), main-d'œuvre, droits de régie ; et crédité par l'entrée en caves des moûts fabriqués, comptés, en hectolitres, au prix de revient inscrit au débit et pour solde de ce compte quand il ne reste plus de matières en fabrication, ce qui sera toujours le cas ;

2° Un compte produits fabriqués qui sera débité, brassin par brassin, ou mensuellement, du coût des moûts, fabriqués et entrés en caves, à leur prix de revient, par le crédit du compte de fabrication et crédité par les ventes.

Ce compte, à fin d'exercice, sera complété, au débit, par le solde des comptes : frais généraux, entretien et réparations, frais de tonnellerie, d'écurie, relevages et rabais, atelier de mise en bouteilles, transport des fûts pleins et vides, frais de vente, installations nouvelles ; au crédit, par le solde du compte profits et pertes, déduction faite des existences constatées de marchandises.

On comprend que ce compte de produits fabriqués n'est autre chose que le compte ordinaire désigné sous le nom habituel de compte marchandises générales, mais qu'au lieu d'y faire entrer, dans une confusion inutile, des matières de natures très diverses, nous n'y inscrivons que le produit qui doit être vendu.

Le compte fabrication, intercalé entre lui et les comptes généraux ou particuliers, joue le rôle de filtre qui laisse passer le produit fabriqué, et donne comme résidu le prix de revient que nous pouvons connaître, pour ainsi dire, de cette façon, au jour le jour.

Quand le brasseur met des bières en bouteilles, il nous paraît indispensable de séparer complètement la vente en bouteilles de la vente en fûts. C'est le seul moyen de se rendre un compte exact des bénéfices que donne la vente

IRIS - LILLIAD - Université Lille

en bouteilles, bénéfices toujours aléatoires à cause des pertes souvent très grandes que comportent les opérations de ce travail.

Il ouvrira donc un compte spécial de mise en bouteilles, qui sera débité par les bières entrant à l'atelier, au prix de revient du compte fabrication ; par tous les produits servant à la mise en bouteilles, bouteilles, bouchons, étiquettes, etc., et tous les frais de main-d'œuvre, pasteurisation, etc., grevant ce travail ; il sera crédité par les ventes et soldé par le compte profits et pertes.

Établissement du prix de revient. — Le compte fabrication ne donne que le prix de revient brut, mais après son entrée en caves, la bière est encore grevée de frais qui élèvent ce prix. Il importe que le brasseur fasse ressortir également ces frais à l'hectolitre et que, finalement, il sache le bénéfice que sa vente lui laisse.

Tous les mois, ou plus souvent, le brasseur dressera un prix de revient général, qui lui donnera le bénéfice net à l'hectolitre et dont l'établissement sera facilité par la comptabilité que nous avons indiquée.

Nous donnons, ci-après (modèle n° 1), un modèle de prix de revient qui nous paraît réaliser le but proposé, en séparant bien nettement les frais de fabrication, des frais après fabrication, et en établissant très exactement le prix réel de vente.

Ce prix de revient n'a pas seulement l'avantage de faire ressortir le bénéfice à l'hectolitre, il permet encore d'exercer un contrôle sur toutes les dépenses et de modérer celles qui prennent un trop grand développement. Par le fait, il complète une surveillance qui ne peut pas toujours s'exercer partout à la fois.

De même le brasseur devra tous les mois faire l'inventaire de ses marchandises en magasin, mais surtout le recensement des bières en caves, s'il veut se rendre un compte exact des pertes qu'il éprouve à la fermentation et au soutirage, et que la négligence des ouvriers peut augmenter dans des proportions exagérées.

Comptabilité technique. — Livres de fabrication. — Le brasseur doit tenir un livre de fabrication sur lequel il enregistre toutes les opérations du brassage, du refroidissement et de la fermentation jusqu'au moment où la bière quitte la brasserie, avec les observations qu'il a pu faire au cours de toutes les opérations.

Il notera ainsi les quantités et provenances du malt et du houblon, les températures des trempes, les durées de cuisson et de refroidissement, les conditions dans lesquelles ces opérations se sont faites, l'aspect du moût à ces différentes périodes, les rendements théoriques et pratiques, les analyses qu'il peut faire lui-même au laboratoire, l'origine de la levure, la marche de la fermentation, l'aspect des mousses, du couvercle, de la cassure, les températures et la durée de la fermentation, l'analyse saccharimétrique de la bière, ses qualités, etc.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MODÈLE N° 1

Prix de revient *Mois de janvier* 1905.

Production nette	1 000	
A déduire consommation du personnel	50	
En cave	950	

FRAIS DE FABRICATION	QUANTITÉS	SOMMES		Diviseur : 1 000 QUANTITÉS par hectolitre.	PRIX par hectolitre.	
Malts	25 000	6 250		25	6	25
Houblons	400	1 200		0,400	1	20
Charbon	520	1 300		0,520	1	30
Marchandises diverses	»	»		»	»	
Droits de régie	»	1 250		»	1	25
Main-d'œuvre		1 500		»	1	50
TOTAUX		11 500			11	50
A déduire : vente de drêche		100				10
TOTAUX		11 400			11	40

FRAIS DE VENTE			Diviseur : 750 SOMMES		PRIX par hectolitre.	
Vente en fûts Il a été vendu 750 Hos bière bock qui ont produit	24 000		24 000		32	
Hos bière ordinaire qui ont produit						
A déduire :						
Transport	3 500	4 66				
Frais de vente	1 500	2				
Relevages et rabais	1 000	1 33				
TOTAUX	6 000	7 99	6 000		7	99
Prix de vente			18 000		24	01

FRAIS APRÈS FABRICATION	Diviseur : 950			
Frais généraux 1/12e	1 500		1	58
Frais d'écuries	3 000		3	15
Frais de tonnellerie	3 000		3	15
Entretien et réparations	500		0	52
TOTAUX	8 000		8	40
Il a été mis en cave 1 000 Hos qui ont coûté	11 400		11	40
Total pour la fabrication de 1 000 Hos	19 400		19	80

RÉSUMÉ :

Prix de vente à l'hectolitre	24,01
Prix de revient de fabrication à l'hectolitre	19,80
Bénéfice par hectolitre	4,21

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MODÈLE N° 2

Brassin n° ..... *du* ..... *Bière :* .....

MARCHANDISES	POIDS	OPÉRATIONS	TREMPES	EAU employée litres.	TEMPÉRATURE eau	TEMPÉRATURE en cuve	REPOS	DENSITÉS	VOLUMES montés en chaudières.	OBSERVATIONS ET ANALYSES
MALTS		Saccharification.	Salade. . . .							Cuisson des trempes :
Provenances et rendement.			Trempe . . .							Durée de la saccarification :
			1er lavage . .							Extrait °/₀ :
			2e lavage . .							Maltose dans l'extrait :
			3e lavage . .							Rapport du sucre au non-sucre :

HOUBLONS		Cuisson, refroidissement Fermentation.	NUMÉROS DES APPAREILS	DURÉE ébullition.	VOLUMES avant	VOLUMES après	DURÉE refroidissement.	DENSITÉS	DEGRÉS hectolitres	FERMENTATION
			Chaudière n° 1							Levain :
			Chaudière n° 2							Durée :
			Chaudière n° 3							Température :
GRAINS CRUS			Guilloires. . .							Densité de la bière :
		Rendement.	Densité Extrait °/₀ Hectos Extrait total Poids du malt Rendement °/₀							Atténuation :
			×2,6. = × = ×100 : =							Alcool :
										Extrait :

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MODÈLE N° 3

BRASSIN N°

Le *Bière :*

MALTS		TREMPES	OBSERVATIONS
Quantités en kg	Provenances		

HOUBLONS		CUISSON en chaudière		DEGRÉS Hectolitres
Quantités	Provenances	n° 1	n° 2	

REFROIDISSEMENT		QUANTITÉ de moût.	EXTRAIT	RENDEMENT
Bacs	Réfrigérants			

FERMENTATION

Cave n°

DATE de la mise en levain Température	QUANTITÉS	EXTRAIT p. 100	LEVURE			OBSERVATIONS
			Quantité	Provenance	Génération	

CUVES N°s	TEMPre max.	DURÉE	EXTRAIT apparent	ATTÉNUATION

CAVE DE GARDE N°

DATE de mise en foudres	QUANTITÉS	FOUDRES n°s	MÉLANGÉ aux brassins n°s	KRAEUSEN et Bondonnement	SOUTIRÉS le

Extrait originel des brassins : Extrait
Extrait au soutirage : Alcool
Atténuation apparente : p. 100. — Réelle : p. 100.

Livré le
Destination :

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Toutes ces indications, que le brasseur peut varier et étendre, le renseigneront sur la valeur des matières premières qu'il utilise, ou sur la valeur des procédés de fabrication qu'il emploie, sur la qualité de sa bière et les espérances qu'il peut fonder sur sa stabilité. Elles l'aideront à perfectionner ses méthodes, à améliorer ses produits, à comparer chaque année les résultats obtenus avec les matières premières. Elles serviront aussi à justifier dans une certaine mesure les plaintes des clients.

La tenue de ces registres est surtout utile dans la fabrication des bières de garde, où la bière n'est livrée que plusieurs mois après sa fabrication et avec lesquelles il serait impossible au brasseur de se rappeler les particularités de la fabrication.

Nous donnons deux modèles d'une page de ces registres (modèles 2 et 3), imprimés au recto et au verso, chaque page devant contenir toutes les observations d'un brassin. L'un de ces modèles peut servir pour la fermentation haute, l'autre pour la fermentation basse.

Tous les mois, le brasseur fera la totalité des quantités de matières employées, des bières obtenues et du rendement. Il aura ainsi les quantités par hectolitre et la moyenne du rendement de son malt.

UTILISATION DES SOUS-PRODUITS DE LA BRASSERIE

Les sous-produits de la brasserie sont les germes, ou radicelles du malt, la drêche, le houblon et la levure.

Radicelles. — Voici la composition moyenne des radicelles, d'après Lermer :

Eau	10,09
Substances azotées	24,18
Matières grasses	2,10
Substances non azotées	42,11
Cellulose	14,33
Cendres	7,19

Les cendres renferment 30 p. 100 d'acide phosphorique et de 25 à 35 p. 100 de potasse.

On les utilise soit comme engrais, soit pour la nourriture des bestiaux.

Comme engrais, on les emploie soit dans les prairies, où on les répand en couverture à raison de 40 hectolitres par hectare, au printemps ; soit dans les vignes où on les met dans le fond des fosses au moment du provignage ; soit encore dans les houblonnières, où on les étend en couronne autour des pieds.

Avant de les donner aux bestiaux, on les échaude avec de l'eau bouillante pour en former une bouillie épaisse, qu'on mélange d'une façon bien homogène soit avec de la drêche, soit avec des tourteaux de colza ou de lin. Si on les donnait secs et seuls, ils pénétreraient dans les nasaux, dont ils irriteraient les muqueuses et leur forte amertume les ferait repousser.

Ils peuvent entrer pour 2 p. 100 dans la nourriture d'une vache laitière.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le brasseur retire de 4 à 6 p. 100 de radicelles de son malt, suivant le développement de la germination. L'hectolitre pèse environ 15 kilogrammes, mais ils sont très hygrométriques et peuvent absorber rapidement jusqu'à 20 p. 100 d'eau. Ils sont donc plus lourds quelques mois après leur séparation du grain, mais ils ont moins de valeur parce qu'ils ont plus d'eau et qu'ils sont souillés par les poussières des greniers.

Drêche. — La drêche est seulement utilisée pour la nourriture des bestiaux, surtout des vaches laitières.

Voici, d'après Dietrich et Kœnig, quelle est la composition moyenne des drêches :

Eau	77,65
Matière sèche	22,35

Pour cent de matières sèches, il y a :

Matières azotées	20,65
— grasses	6,83
Extractifs non azotés	46,07
Cellulose brute	21,32
Cendres	5,13

M. Flourens, qui a essayé un certain nombre de drêches de brasserie, donne les résultants suivants :

Eau	74,50 à 76,99
Amidon et substances dérivées	4,25 à 6,50
Matières azotées	4,20 à 4,20
— non azotées	13,65 à 15,90
— minérales	0,75 à 1,00

Ces analyses confirment qu'une assez grande quantité d'amidon sort non saccharifié de la cuve-matière.

La richesse de la drêche en amidon, en matières grasses et en matières azotées dont 90 p. 100 sont à l'état soluble, en font un aliment de premier ordre. Son coefficient de digestibilité est de 70 p. 100 et elle peut entrer pour 55 p. 100 environ dans la nourriture journalière d'une vache. Elle pousse à la graisse et augmente la production du lait.

On la donne aussi aux chevaux, dont elle entretient l'embonpoint et le lustre du poil, mais elle ne doit entrer dans la ration que pour une petite quantité, parce qu'en trop grande abondance, elle alourdit le cheval et diminue son énergie.

Les volailles, les porcs, et en général toutes les bêtes à l'engrais se trouvent très bien de l'usage de la drêche.

La drêche ne se conserve pas; elle devient aigre en quelques heures et se putréfie au bout de quelques jours. Or, c'est en été que le brasseur en produit le plus, quand les fourrages verts viennent arrêter sa vente et abaisser son prix, tandis qu'en hiver, il ne peut suffire aux demandes.

Il y aurait donc intérêt à la conserver jusqu'à l'hiver.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Conservation de la drêche. — Il y a deux manières de conserver les drêches : l'ensilage et le séchage.

Le silo est établi sur un plan incliné d'un centimètre de pente par mètre conduisant les eaux d'égout vers un puisard.

La drêche repose sur un fond de balles ou de paille de 4 à 5 centimètres d'épaisseur ; elle est étalée sur une couche de 15 centimètres environ, séparée d'une nouvelle couche par un lit de 3 à 4 centimètres de menue paille, et cela jusqu'à épuisement du stock. La masse est protégée par un toit de bottes de paille maintenu et renforcé par un parement de 25 centimètres de terre.

Une fois entassées, les drêches se mettent à fermenter, et comme elles n'ont encore subi que la saccharification, elles éprouvent la fermentation alcoolique, à laquelle succèdent l'acétique, la lactique, la butyrique. Dès le lendemain, la température de la masse s'élève à 40° pour atteindre 65° et 72° dans la huitaine. La maltose, qui existe toujours dans les drêches fraîches, disparaît rapidement, car dès le quatrième jour, on n'en peut plus trouver dans les résidus qui, avant l'ensilage, en renfermaient 3,703 gr. par kilogramme.

Par suite de ces fermentations, la composition des drêches ensilées est différente de celles des drêches fraîches.

L'analyse suivante, faite au laboratoire de MM. Müntz et Girard, a porté sur des drêches de brasserie ensilées depuis six mois et dont on alimenta les bêtes bovines d'une ferme pendant l'hiver :

Eau	71,75	p. 100.
Matières azotées	5,74	—
— grasses	3,19	—
— minérales	1,20	—
Cellulose	4,38	—
Extractifs non azotés	13,74	—

Quand l'ensilage a été bien fait, la conservation des drêches peut être longue ; il est rare pourtant qu'on aille au delà de six mois avant d'ouvrir le silo et d'en commencer la distribution du contenu aux animaux.

On peut augmenter sa conservabilité en silos, en répandant du sel dénaturé sur chacune des couches de drêche.

Le second procédé de conservation des drêches est la dessiccation.

Il existe plusieurs appareils qui ont l'inconvénient d'être coûteux et encombrants. Ils augmentent sensiblement le prix de revient de la drêche et ne peuvent être utilisés que dans les brasseries ayant une très grande production.

Leur principe est celui-ci : sécher la drêche lentement et progressivement à l'air chaud, de façon à éviter la coagulation des matières azotées, qui diminuerait la valeur nutritive de la drêche et son coefficient de digestibilité. L'appareil, consiste, soit dans des cylindres creux, chauffés intérieurement, entre lesquels la drêche est écrasée et d'où elle tombe dans une auge de 8 mètres de longueur, chauffée à la vapeur et muni d'un agitateur mécanique ; soit d'auges superposées, chauffées à la vapeur et dont les agitateurs sont consti-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

tués par des serpentins à vapeur, dont les bras divisent la drêche à l'infini et où elle tombe successivement.

La drêche séchée contient, en sortant de l'appareil, de 4 à 6 p. 100 d'eau. Elle en reprend, pendant sa conservation de 10 à 15 p. 100 et 100 kilogrammes de drêche humide donnent de 20 à 25 kilogrammes de drêche sèche.

En voici une analyse :

Matières azotées	21,28 p. 100
Matières grasses	6,38 —
Matières non azotées	35,86 —
Cendres	14,60 —
Cellulose	3,12 —
Eau	18,76 —

La drêche sèche est donnée aux animaux après trempage.

Houblon. — Le marc de houblon ne s'emploie que comme engrais. Il entre avec avantage dans la fabrication des composts et constitue un excellent engrais pour les jardins potagers.

On ne peut l'utiliser mélangé à la nourriture des bestiaux, à cause de son amertume et des sels de cuivre qu'il contient souvent, provenant des chaudières de cuisson.

On a essayé d'en faire un combustible après l'avoir séché. Il brûle mal et ne donne que de la fumée.

Levure. — La levure de brasserie s'en allait autrefois tout entière dans les boulangeries et les pâtisseries et se payait un bon prix. Depuis la fabrication des levures pressées de distillerie, le brasseur n'en a plus l'écoulement. On a cherché à utiliser la levure pour la fabrication de certains produits. Les systèmes sont nombreux, on peut les classer ainsi :

a) Extraction du contenu :

1. Par décoction dans l'eau ;
2. Par des substances liquéfiantes, acides, pepsines, etc.;
3. Par la chaleur et les substances liquéfiantes ;
4. Par autodigestion ;

b) Préparations thérapeutiques :

1. Actions internes et externes de la levure ;
2. Préparations d'acides nucléiques ;

c) Préparations d'engrais :

1. Mélange avec des poudres sèches;
2. Liquéfaction sulfurique et neutralisation;

d) Emploi en boulangerie, mais il faut la laver.

e) Emploi en tannerie à la place du sang pour clarifier les liqueurs taniques.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE
COMMERCIAL
LILLE

ANNEXES

PREMIÈRE ANNEXE

EXTRAIT DE LA LOI DE FINANCES DU 30 MAI 1899 MODIFIÉE PAR LA LOI DU 29 DÉCEMBRE 1900

ART. 6. — Le droit de fabrication tel qu'il est établi par la législation en vigueur est supprimé. Il est remplacé par un droit en principal et décimes fixé d'abord à 50 centimes, mais qui est aujourd'hui de 0,25 par degré-hectolitre[1] de moût, c'est-à-dire par hectolitre de moût, et par degré du densimètre au-dessus de cent (densité de l'eau), reconnu à la température de 15 degrés centigrades; les fractions au-dessous d'un dixième de degré sont négligées.

ART. 7. — Sauf le cas prévu par l'article 11, il ne peut être fait usage, pour la fabrication de la bière, que de chaudières de 8 hectolitres et au-dessus. Il est défendu de se servir de chaudières non fixées à demeure.

ART. 8. — Les brasseurs et les distillateurs de profession sont soumis, tant de jour que de nuit, même en cas d'inactivité de leurs établissements, aux visites et vérifications des employés de la régie et de l'octroi et tenus de leur ouvrir à toute réquisition leurs maisons, brasseries, ateliers, magasins, caves et celliers.

Toutefois, quand les usines ne sont pas en activité, les employés ne peuvent pénétrer pendant la nuit chez les brasseurs ou distillateurs de profession qui ont fait apposer les scellés sur leurs appareils... Les appareils ne peuvent être descellés qu'en

[1] Qu'est-ce que le degré-hectolitre?

Sur une bascule plaçons 60 litres d'eau à 15°, ajoutons 2,6 kg. de sucre sec et complétons à 100 litres à 15°.

Nous aurons 101 kilogrammes de matière. Plaçons-y un densimètre, il affleure à un certain point où nous inscrivons pour le liquide en question 101 que nous lisons 1.

C'est 1 degré-hectolitre ; il contient 2,6 kg. de sucre et par conséquent 101 — 2,6 = 98,4 d'eau.

Le volume du sucre est donc 100 — 98,4 = 1,6 l., c'est-à-dire que sa densité apparente est $\frac{2,6}{1,6} = 1,625$.

Si on avait mis $n \times 2,6$ kg. de sucre on aurait inscrit sur le densimètre $1 + \frac{n}{100}$ qu'on aurait lu n et on aurait eu n degrés-hectolitres.

Si on évalue l'extrait d'un hectolitre et si on divise par 2,6, on a le degré-hectolitre.

100 kilogrammes de malt à N d'extrait donnent $\frac{N}{2,6}$ degrés-hectolitres.

En Belgique on dit que 1 kilogramme de malt donne $\frac{N}{2,6}$ litres à 1°.

Les deux expressions sont équivalentes.

La loi belge, ainsi qu'on l'a vu, qui a pour base la matière première, fixe un maximum de rendement de 25 degrés-hectolitres avec une tolérance de 1/10, soit 27,5 degrés-hectolitres pour 71,5 p. 100 d'extrait. On est amené à déclarer le poids du malt en rapport avec le rendement en extrait, de manière à obtenir toujours la limite de 27,5 degrés-hectolitres.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

présence des employés de la Régie et qu'après que l'industriel a fait une déclaration de fabrication.

Les scellés peuvent cependant être enlevés par l'industriel, en l'absence des employés, dans des conditions que déterminera le décret prévu par l'article 14.

Toute communication intérieure entre la brasserie et les bâtiments non occupés par le brasseur ou ceux dans lesquels l'industriel se livre à la fabrication ou au commerce des substances saccharifères (mélasses, glucose, maltoses, maltine, etc., sucs végétaux ou toute autre substance sucrée analogue) est interdite et doit être supprimée.

Art. 9. — Si le nombre total des degrés-hectolitres, applicable à l'ensemble des chaudières ou appareils à houblonner déclarés par le brasseur, dépasse le dixième de la quantité déclarée conformément à l'article 14, l'excédent est soumis en totalité :

1° Au double du droit fixé par l'article 6 de la présente loi, s'il est compris entre 10 et 15 p. 100 de la quantité déclarée.

2° Au droit de cinq francs par degré-hectolitre au-dessus de 15 et jusqu'à 20 p. 100 inclusivement de la même quantité.

Un excédent de plus de 20 p. 100 à la quantité déclarée suppose une déclaration frauduleuse ; dans ce cas, la totalité des quantités reconnues est imposable au droit de 5 francs par degré-hectolitre.

Art. 10. — A l'exception des excédents de trempes qui font l'objet du décret prévu par l'article 14 ci-après, toute quantité de moût trouvée en dehors des chaudières à houblonner après l'heure déclarée pour la fin de la rentrée définitive des trempes dans ces chaudières est considérée comme ayant été frauduleusement soustraite à la prise en charge et soumise au droit de 5 francs par degré-hectolitre, sans préjudice de l'amende édictée par l'article 16.

Art. 11. — Les propriétaires ou fermiers peuvent sans payer de droits, fabriquer la bière exclusivement destinée à la consommation de leur maison, à condition :

1° De n'employer que des matières provenant de leur récolte ;

2° De faire une déclaration à la régie pour chaque brassin ;

3° De se servir d'une chaudière fixée ou non fixée à demeure, mais d'une contenance inférieure à 5 hectolitres.

La sortie des bières de la maison où elles ont été fabriquées ainsi en franchise est formellement interdite.

Les particuliers, collèges, maisons d'instruction et autres établissements publics sont assujettis aux mêmes taxes que les brasseurs de profession et tenus aux mêmes obligations.

Toutefois les particuliers et les établissements spécifiés ci-dessus qui n'emploient que des chaudières d'une capacité inférieure à 8 hectolitres sont dispensés de fixer ces chaudières à demeure ; ils sont, en outre, exonérés du paiement de la licence.

Les brasseries ambulantes sont interdites.

Art. 12. — Le droit de fabrication est restitué sur les bières expédiées à l'étranger ou pour les colonies françaises.

Ce droit est calculé, par degré-hectolitre, d'après le tarif fixé à l'article 6 de la présente loi, en remontant à la densité originelle des moûts des bières exportées.

Art. 16. — L'emploi d'appareils clandestins, soit pour la saccharification, soit pour la cuisson des moûts, l'existence de tuyaux ou conduits dissimulés et non déclarés, sont punis d'une amende de 3 000 à 10 000 francs.

En cas de récidive, l'amende est portée au double et l'usine pourra être fermée pendant une période de six mois à un an.

Les autres infractions aux dispositions des articles 7 à 13 de la présente loi, et du décret qui sera rendu pour son exécution, sont punies d'une amende de 1 000 francs, sans préjudice du paiement des droits fraudés.

L'article 19 de la loi du 29 mars 1897, relatif à l'admission des circonstances atténuantes n'est applicable qu'aux dispositions du paragraphe qui précède.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

EXTRAIT DU DÉCRET DU 30 MAI 1899

Les articles 1 à 5 déterminent les obligations du brasseur concernant la déclaration de son établissement et de ses vaisseaux de toute nature avec leur contenance, ainsi que les conditions d'épalement et d'installation.

L'article 6 dit que chaque chaudière à cuire et à houblonner doit être pourvue soit d'un bâton de jauge gradué, soit d'un indicateur avec un tube en verre d'un diamètre intérieur d'au moins 0,02 m., accessible sur toute sa longueur et disposé de manière à présenter extérieurement le niveau du liquide.

Les chaudières où il est fait usage d'un bâton de jauge doivent être munies intérieurement de deux anneaux métalliques rigides fixés à demeure, placés verticalement l'un au-dessus de l'autre et distants d'une longueur au moins égale à la moitié de la hauteur de la chaudière. Un troisième point fixe sera disposé extérieurement sur la même ligne verticale, de manière à assurer le repérage exact du bâton de jauge.

Art. 8. — Pour être affranchi des visites de nuit pendant les périodes d'inactivité de son usine, le brasseur devra mettre hors d'usage tous les appareils, cuves-matières ou autres pouvant servir à la saccharification, et tous les vaisseaux, chaudières, bâches, etc., susceptibles d'être chauffés soit à feu nu, soit à la vapeur.

La mise hors d'usage sera obtenue :

1° En ce qui concerne les vaisseaux pouvant servir à la saccharification, par l'apposition de couvercles en métal ou en bois pouvant être fermés par des plombs et par l'apposition de scellés sur les robinets adaptés auxdit vaisseaux.

2° En ce qui concerne les récipients susceptibles d'être chauffés :

a) Si le chauffage est à feu nu, en disposant la porte du foyer placé sous chacun d'eux de façon qu'elle puisse être maintenue fermée par un plomb.

b) Si le chauffage se fait à la vapeur, en scellant les robinets d'adduction de la vapeur agencés à cet effet.

Art. 9. — Le brasseur ne pourra pas desceller ses appareils, cuves et chaudières. Toutefois si, une heure après celle fixée par lui pour la reprise du travail dans ses déclarations ordinaires de fabrication, soit pour la mise de feu visée par l'article 11 suivant, le service n'est pas intervenu pour rompre les scellés, le brasseur pourra les briser, sauf à remettre les plombs aux employés au cours de leur prochaine visite.

Art. 10. — Chaque fois qu'ils voudront se livrer à la fabrication de la bière, les brasseurs seront tenus de déclarer à la recette buraliste :

1° Les numéros des cuves-matières et vaisseaux assimilés ou autres appareils dans lesquels la saccharification doit être opérée ainsi que l'heure du versement des matières premières dans ces vaisseaux ;

2° Le numéro et la contenance de chacune des chaudières qu'ils veulent employer ainsi que l'heure de la mise de feu sous chacune d'elles ou de l'introduction de la vapeur dans les serpentins de chauffe.

3° Le nombre de degrés-hectolitres qu'ils entendent produire sans que le nombre puisse être inférieur à deux fois le volume total des chaudières et appareils à houblonner déclarés pour le brassin ;

4° L'heure du commencement et celle de la fin de la rentrée définitive de toutes les trempes dans les chaudières à cuire et à houblonner ;

5° L'heure du commencement et celle de la fin du déchargement de chacune des chaudières.

Art. 12. — Les moûts produits sont sous le contrôle de la Régie dès leur apparition. Aucune quantité de ces moûts ne peut être séparée de la fabrication en cours ; la présence des moûts dans les vaisseaux autres que ceux inscrits à la déclaration prévue par l'article 10 serait constatée par procès-verbal, et les quantités reconnues comprises dans le produit du brassin pour la liquidation des droits.

La reconnaissance du nombre de degrés-hectolitres est faite tant dans les chaudières ou appareils à houblonner que dans les bacs rafraîchissoirs.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

La période légale de reconnaissance commence immédiatement après la rentrée définitive du produit des trempes dans les chaudières à cuire ou à houblonner et finit dès que les chaudières et bacs sont vidés ; si la reconnaissance a lieu sur les bacs elle ne peut être faite qu'autant que la température des moûts n'est pas descendue au-dessous de 60° C. Cette période doit avoir, au minimum, une durée de trois heures avant le commencement du déchargement des chaudières ; toutefois, sur la justification de conditions spéciales de fabrication et d'une cuisson moins prolongée, ce minimum peut être abaissé, sans qu'il soit jamais inférieur à une heure et demie.

Dans tous les cas, les drêches doivent être retirées des cuves-matières avant la fin de la période de reconnaissance des moûts.

Dans les brasseries où il n'est pas fait plus d'une fabrication en vingt-quatre heures, cette période de reconnaissance de la densité des moûts doit être comprise entre huit heures du matin et huit heures du soir.

Dans celles qui fabriquent plusieurs brassins en une journée de vingt-quatre heures, la période de reconnaissance de la moitié des brassins au minimum sera comprise entre huit heures du matin et huit heures du soir.

Cet article a donné lieu à des interprétations diverses. Les brasseurs entendaient que la réunion des moûts pouvait avoir lieu de huit heures du matin à cinq heures du soir et que les moûts pouvaient ensuite rester dans les chaudières plus tard que huit heures du soir. L'administration l'a interprété autrement et d'après elle les chaudières doivent être vidées à huit heures du soir, sauf des tolérances spéciales. Nous croyons donc devoir le compléter par une note officielle du directeur des contributions indirectes à Lille, adressée au Syndicat des brasseurs du Nord et fixant l'interprétation de cet article et de quelques autres points du règlement d'administration publique.

CONTRIBUTIONS INDIRECTES. — DIRECTION DU NORD

Lille, le 3 juillet 1899.

A la suite de divergences d'interprétation relatives à certaines dispositions du décret du 30 mai dernier, l'Administration supérieure, consultée, a notifié les solutions suivantes :

1° Les brasseurs ont la faculté de conserver de l'eau chaude après la jetée de la dernière trempe du brassin ;

2° Ils peuvent licitement, après le déchargement des chaudières, soumettre à un lavage, soit à l'eau froide, soit à l'eau chaude, les houblons qui ont été infusés dans le brassin ;

3° La période légale de reconnaissance, comprise entre huit heures du matin et huit heures du soir, ne s'ouvre qu'au moment où la totalité des métiers est rentrée en chaudière de cuisson. Le brasseur peut donc commencer l'opération de la rentrée définitive du produit de ses trempes avant huit heures du matin pourvu qu'il la termine pendant le jour, c'est-à-dire de huit heures du matin à huit heures du soir ;

4° Aux termes de l'article 12 du décret, les brasseurs, qui ne font qu'une fabrication en vingt-quatre heures, sont astreints à vider les chaudières de cuisson à huit heures du soir au plus tard.

Mais l'administration estime que ceux d'entre eux, qui justifieront de nécessités de travail bien démontrées, pourront être autorisés par les directeurs, sur demandes spéciales et après enquêtes, à conserver les moûts en chaudières après huit heures du soir, aux conditions ci-après :

a) Que la période de reconnaissance sera ouverte à cinq heures du soir, au plus tard ;

b) Que les drêches seront enlevées des cuves-matières avant huit heures du soir ;

c) Que les succédanés du malt seront mis en œuvre à huit heures du soir ;

d) Que la concession sera immédiatement retirée en cas de retard dans le déchar-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

gement des cuves de saccharification ou dans l'incorporation des succédanés aux moûts ;

5° Il y a lieu de tenir la main à ce que les appareils de saccharification soient vidés, au plus tard, en même temps que les chaudières à cuire, ainsi que le prescrit l'article 12 du décret.

Enfin, des brasseurs ont sollicité le remboursement du droit de consommation sur les glucoses libérées qu'ils avaient reçues avant l'application de la nouvelle législation et qui ont été prises en charge en vue de l'imposition ultérieure au droit de 50 centimes. Cette question est à l'étude ; aucune décision n'est encore intervenue.

Le Directeur : CURMER.

ART. 13. — Un brassin comprend l'ensemble de tous les métiers produits par une même quantité de grains. Le produit d'un brassin peut comporter l'emploi de plusieurs chaudières.

Dans le cas où il est fait usage de plusieurs chaudières pour le même brassin, le minimum de degrés-hectolitres déclarés s'applique à l'ensemble des moûts introduits dans les chaudières. La période légale de reconnaissance ne commence que lorsque la totalité des métiers est rentrée dans les chaudières.

Mais, qu'il soit fait emploi d'une ou plusieurs chaudières, le service peut, à partir du moment où commence la rentrée définitive des métiers, constater le nombre de degrés-hectolitres que représentent les métiers déjà rentrés. Toute diminution de plus de 2 p. 100 qui serait ultérieurement reconnue sur le nombre de degrés-hectolitres constaté dans la chaudière unique ou dans l'une des chaudières du brassin suppose une décharge partielle et donne lieu à la rédaction d'un procès-verbal...

Par dérogation au deuxième paragraphe du présent article, les brasseurs qui justifieront de nécessités particulières de fabrication, pourront, dans les conditions que l'Administration déterminera, être admis à réclamer la reconnaissance du produit de fabrication par chaudière séparée. Dans ce cas, chaque chaudière sera considérée, au point de vue de la déclaration de rendement et de la constatation du produit de fabrication, comme constituant un brassin distinct.

Les articles 14 et 15 déterminent les conditions de constatation du volume et de la densité :

Tableau indiquant les corrections à faire subir, conformément aux dispositions de l'article 15 du décret du 30 mai 1899, à la densité des moûts lorsque leur température est comprise entre 10 et 25° C.

LORSQUE LA TEMPÉRATURE DES MOUTS EST SUPÉRIEURE A 15°		LORSQUE LA TEMPÉRATURE DES MOUTS EST INFÉRIEURE A 15°	
Température.	La densité doit être augmentée de	Température.	La densité doit être diminuée de
16°	0,01	14°	0,01
17°	0,03	13°	0,02
18°	0 05	12°	0 03
19°	0,07	11°	0,04
20°	0,09	10°	0,05
21°	0,11		
22°	0,13		
23°	0,15		
24°	0,17		
25°	0,19		

L'article 16 fixe les réductions accordées pour tenir compte de la dilatation des moûts dont la température est supérieure à 30°. Il est fait une déduction de :

IRIS - LILLIAD - Université Lille

0,5 p. 100 pour les liquides vérifiés à une température comprise entre 31 et 40 degrés inclusivement :

0,9	p. 100	pour ceux reconnus entre.			41	—	50	degrés ;
1,3	—	—	—	. . . . .	51	—	60	—
1,8	—	—	—	. . . . .	61	—	70	—
2,4	—	—	—	. . . . .	71	—	80	—
3,2	—	—	—	. . . . .	81	—	90	—
4,0	—	—	—	. . . . .	91	—	100	—
6,0	—	lorsque la température est supérieure à. .					100	—

Ces températures sont prises telles que, sans tenir compte de l'effet d'altitude.

Il n'est opéré aucune déduction pour tenir compte du volume occupé par le houblon.

Les articles 19, 20 et 21, réglant l'emploi des glucoses, mélasses, etc., ont été modifiés par un décret du 18 publié à l'officiel le 23 avril 1901, ainsi qu'il suit :

Art. 19. — Aucune quantité de mélasses, de glucoses, de maltose, de maltine, de sucs végétaux, ou de toute autre substance sucrée analogue, ne peut être introduite dans une brasserie ou dans ses dépendances sans être accompagnée d'un acquit-à-caution.

Les quantités introduites devront être placées, au choix du brasseur, soit dans un magasin spécial, soit dans un ou plusieurs récipients préalablement déclarés pour cet usage.

Lorsque le brasseur veut employer des mélasses, glucoses, maltose, maltine, sucs végétaux ou autres substances sucrées analogues avant l'expiration de la période légale de reconnaissance, il doit compléter la déclaration visée à l'article 10 précédent par les indications suivantes :

1° Quantités en poids et en D. H. de matières énumérées ci-dessus dont il veut faire emploi ;

2° Date et heure à partir desquelles ces matières seront incorporées aux moûts de bière, et désignation du numéro des chaudières dans lesquelles se fera le versement.

Pour les succédanés autres que les glucoses destinés à être employés après l'expiration de la période légale de reconnaissance, le brasseur devra, deux heures à l'avance, dans les localités où il existe un poste d'employés et douze heures à l'avance partout ailleurs, déclarer à la recette buraliste les quantités en poids et en D. H. de ces matières dont il veut faire usage, ainsi que la date et l'heure auxquelles l'emploi aura lieu.

Le brasseur est tenu de déposer isolément, à proximité des récipients où ils seront versés, les mélasses, glucoses, maltose, etc., qu'il veut employer et cela une heure au moins avant le moment fixé pour leur utilisation.

Les employés sont autorisés à vérifier la quantité, l'espèce et la densité des succédanés dont l'emploi est déclaré, et le brasseur est tenu de fournir sur réquisition les ustensiles et les ouvriers nécessaires pour cette vérification.

Si les employés se présentent moins d'une heure avant celle fixée pour l'emploi des matières, ils peuvent exiger que l'opération du versement soit immédiatement commencée pour se continuer sans désemparer.

Art. 20. — Lorsque les matières visées à l'article précédent seront versées en chaudières, cette opération ne pourra avoir lieu :

1° Qu'après que le service aura reconnu la densité des moûts de bière ou, à défaut, que pendant la dernière demi-heure qui s'écoulera avant le moment fixé pour le déchargement de la première chaudière du brassin ;

2° Qu'après que les drêches auront été enlevées des appareils de saccharification.

Toutefois sur la justification de nécessités particulières de fabrication, des dérogations pourront être autorisées par l'administration en ce qui concerne le moment d'emploi en chaudières des succédanés du malt.

Le minimum fixé par le troisième paragraphe de l'article 12 du présent décret,

IRIS - LILLIAD - Université Lille

pour la durée de la période légale de reconnaissance, sera accru d'une demi-heure.

Le nombre de D. H. reconnu après l'incorporation des mélasses, glucoses, etc., aux moûts de bière, sera diminué du nombre de D. H. résultant de l'emploi de ces matières pour le calcul des D. H. produits par le malt et l'application des dispositions de l'article 9 de la loi du 30 mai 1899.

Toute quantité régulièrement employée sera imposée au tarif de 25 centimes par D. H. fixé par l'article 1er de la loi du 29 décembre 1900 pour le nombre de D. H. correspondant au rendement de chaque matière.

Ce rendement est fixé d'une manière forfaitaire :

1° A 31 D. H. par 100 kilogrammes de mélasses ;

2° A 29 D. H. par 100 kilogrammes de glucoses[1].

Le service déterminera, selon le procédé opératoire fixé par l'arrêté ministériel du 24 janvier 1901, la valeur en D. H. des autres matières lors de leur introduction en brasserie ; à cet effet, le brasseur sera tenu de fournir la balance et l'éprouvette jugées nécessaires.

DÉTERMINATION OU RENDEMENT EN DEGRÉS-HECTOLITRES DES GLUCOSES, MALTOSE, MALTINE ET AUTRES SUBSTANCES SUCRÉES EMPLOYÉES EN BRASSERIE

ARRÊTÉ DU 24 JANVIER 1901

Vu l'avis du comité consultatif des arts et manufactures en date du 12 décembre 1900 ;

Sur le rapport du directeur général des contributions indirectes.

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — Pour déterminer le rendement en degrés-hectolitres des maltose, maltine, sucs végétaux et autres substances sucrées analogues, introduites en brasserie, le service des contributions indirectes doit suivre la méthode indiquée ci-après :

Faire dissoudre 100 grammes du produit dans 75 à 80 centilitres d'eau distillée. La dissolution opérée, compléter le volume à un litre, mesuré à la température de 15°, et évaluer à cette même température l'indication donnée par le densimètre.

Cette indication fournit en degrés-hectolitres et en dixièmes de degré, le rendement afférent à 10 kilogrammes du produit essayé.

ART. 2. — Le présent arrêté sera publié au *Journal officiel*.

En cas de contestation sur les résultats des opérations effectuées par le service, on recourra à l'expertise légale instituée par les lois des 27 juillet 1822, 7 mai 1881 et 11 janvier 1892.

ART. 21. — Les mélasses, glucoses, maltose, maltine, sucs végétaux et substances sucrées analogues, introduits dans les brasseries, doivent être représentés aux employés lors de leurs vérifications.

Ils sont pris en charge pour leur poids et leur valeur en D. H. à un compte spécial qui est tenu par les employés de la régie.

Ce compte est successivement déchargé :

1° Des quantités de glucoses employées dans les chaudières de cuisson ;

2° Des quantités de succédanés autres que les glucoses employées, soit pendant, soit après la période légale de reconnaissance.

Les employés peuvent arrêter la situation des restes et opérer la balance du compte aussi souvent qu'ils le jugent nécessaire.

[1] Il en résulte que la glucose paie ainsi 7,25 fr. les 100 kilogrammes alors que jusqu'au 1er septembre 1903 le droit des glucoses employées à d'autres usages était de 13,50 fr. ; on avait intérêt à détourner de la brasserie des glucoses pour cidres, vins, etc.

A partir du 1er septembre le droit des glucoses est descendu à 5,60 fr. de sorte que l'on a maintenant intérêt à détourner de la glucose de l'usage général pour le service de la brasserie.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le brasseur est tenu de fournir les ouvriers, les balances et les ustensiles nécessaires pour opérer ces vérifications.

Les manquants constatés à ce compte seront frappés :

1° En ce qui concerne les glucoses, de la taxe de consommation de 11,20 fr., nouveau chiffre indiqué dans la circulaire du 24 septembre 1903 ;

2° En ce qui concerne les autres succédanés du malt, du double de la taxe de 25 centimes par D. H. fixée par l'article 1er de la loi du 29 décembre 1900.

Par application de l'article 23 de la loi du 19 juillet 1880, les glucoses employées dans les chaudières de cuisson continueront à être affranchies du droit de 5,60 fr. afférent aux produits de l'espèce.

Il ne peut être adressé en brasserie que des mélasses provenant de sucres libérés d'impôt.

Les articles 24, 26, 27 et 28, déterminent dans quelles conditions le remboursement des droits de fabrication est effectué sur les bières exportées.

EMPLOI DU SUCRE DÉNATURÉ EN BRASSERIE

Circulaire n° 581 du 6 octobre 1904.

Dans le but de permettre à notre industrie métropolitaine et coloniale de s'ouvrir à l'intérieur de nouveaux débouchés, les Chambres ont, sur la proposition du Gouvernement, exonéré du droit qui leur est propre (25 fr. par 100 kil.), les sucres utilisés dans la fabrication des bières.

Promulguée le 5 juillet dernier, la loi qui consacre cette exemption subordonne à une dénaturation préalable le bénéfice de l'exonération. Elle confie à des décrets le soin de déterminer : d'une part, les conditions d'introduction et d'emploi des sucres en brasserie, ainsi que les bases d'imposition des produits régulièrement mis en œuvre et des manquants constatés; d'autre part, le mode de dénaturation, ainsi que le nombre de degrés-hectolitres que représentent 100 kilogrammes de sucre.

Insérés au *Journal officiel* du 6 octobre ces décrets, au nombre de deux (A et B), sont dès aujourd'hui exécutoires.

Afin de prémunir le Trésor contre les soustractions et substitutions abusives auxquelles se prête la mise en circulation des matières dénaturées, l'article du décret A pose en principe que le sucre sera dénaturé dans l'usine même où il doit être mis en œuvre. Toutefois, il permet à l'Administration de tenir compte de certaines nécessités particulières, en lui concédant la faculté d'autoriser un brasseur à expédier à d'autres brasseurs des produits dénaturés. Les demandes que présenteront à cet effet les industriels qui désireraient recevoir des produits du dehors, feront connaître, d'une part, de quelle brasserie ils seront tirés et, d'autre part, les raisons qui s'opposent à ce que la dénaturation du sucre soit faite dans l'établissement destinataire. En les adressant à la Direction générale, sous le timbre de la présente circulaire, les Directeurs fourniront des renseignements précis sur la légitimité des motifs invoqués par les pétitionnaires et formuleront leur avis sur la suite à donner, ainsi que sur les mesures de garantie à prendre.

Les sucres appelés à bénéficier des dispositions de la loi du 5 juillet 1904 ne pourront être introduits dans une brasserie, ni dans ses dépendances, sans être accompagnés d'un acquit-à-caution.

Les sucres bruts seront logés dans des sacs ficelés et plombés ayant toutes leurs coutures à l'intérieur et réglés au poids net uniforme de 100 kilogrammes.

Par exception, les sucres bruts exotiques pourront être conservés dans leur emballage d'origine ; mais chaque colis devra être ficelé et plombé.

Les sucres raffinés et les candis seront logés dans des caisses ou sacs d'un poids uniforme et régulièrement plombés.

Dans ces divers cas, les frais de plombage seront remboursés par l'expéditeur, à raison de 0 fr.03 par plomb, en conformité de l'arrêté ministériel du 15 novembre 1879 rendu par application de l'article 20 de la loi du 31 mai 1846.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les sucres raffinés et les candis tirés, soit du commerce libre, soit des raffineries sont libérés d'impôt. Ils n'auraient donc pu être utilisés en brasserie avec le bénéfice de la franchise, si l'article 1er du décret A ne disposait qu'ils pourront être imputés à la décharge des comptes d'administration temporaire, mesure qui vaut décharge du droit dont ils sont grevés et qui a pour effet de les faire entrer dans la catégorie des produits non libérés.

En conséquence, les sucres raffinés et les candis qu'on désirera employer à la fabrication seront présentés à un entrepôt de sucre indigène ou à un bureau de douane ouvert aux opérations d'admission temporaire pour y subir la vérification du service qui les fera peser sous ses yeux et constatera s'ils remplissent les conditions exigées par l'article 19 de la loi du 19 juillet 1880. A la suite de cette vérification, les sucres seront placés sous cordes et plombs ; un certificat d'entrée en entrepôt n° 7 C., qui pourra être utilisé à l'appurement d'obligations temporaire, sera délivré au déclarant, à charge par lui de soumissionner pour le transport desdits sucres un acquit-à-caution 9 A comportant le transfert du crédit de l'impôt.

Les sucres introduits en brasserie seront placés dans un magasin spécial. Ils y seront conservés sous cordes et plombs jusqu'au moment de leur dénaturation. Les acquits-à-caution qui les auront accompagnés seront déchargés après vérification du service et prise en charge des matières y énoncées à un compte de magasin des sucres en nature.

Ce compte sera suivi à un portatif du modèle 50 A modifié à cet effet ; dans une partie, il comprendra les sucres bruts, dans une seconde, les raffinés de toute nature et dans une troisième les candis.

On y inscrira pour le poids effectif et pour la quantité de raffinés qu'ils représentent :

1° Aux entrées, les sucres régulièrement introduits dans l'établissement, ainsi que les quantités reconnues en excédant à la suite des recensements ;

2° Aux sorties les quantités régulièrement dénaturées et les manquants constatés.

Toutes les fois qu'ils le jugeront utile, les employés arrêteront la situation dudit compte et, à cet effet, vérifieront par la pesée les quantités qui leur seront représentées.

Les excédents que feront apparaître les recensements seront ajoutés aux charges. Les manquants seront soumis au droit de 25 francs par 100 kilogrammes de sucre exprimé en raffiné ; en outre, s'ils s'appliquent à des sucres raffinés ou à des candis, ils seront frappés de la taxe de raffinage de 2 francs par 100 kilogrammes.

Toutes les fois qu'ils voudront dénaturer du sucre, les brasseurs devront en faire la déclaration à la recette buraliste de leur circonscription.

Cette déclaration sera reçue au registre 20 C ; elle énoncera :

1° L'espèce et la quantité de sucre à dénaturer ;

2° L'espèce et la quantité de substances dénaturantes à employer.

Dès qu'elle sera enregistrée, le receveur buraliste en avisera le chef local de service au moyen du bulletin spécial que comporte le modèle 20 C.

Ce bulletin est pourvu d'un talon que le chef renverra sans délai au buraliste, avec l'indication du jour et de l'heure qu'il aura fixés pour la dénaturation ; le buraliste portera immédiatement ce renseignement à la connaissance du brasseur.

Le délai maximum dans lequel les employés devront se présenter est fixé à deux jours pour les localités où il existe un poste d'exercice et à quatre jours pour celles où il n'en existe pas.

La faculté donnée aux employés de fixer eux-mêmes, dans ces limites, le moment où pourra s'effectuer la dénaturation n'est pas nouvelle. Appliquée depuis 1881 aux dénaturateurs d'alcool, elle n'a suscité jusqu'ici aucune réclamation. Les chefs locaux auront, d'ailleurs, à en user avec discernement et à s'entendre avec les industriels, afin de choisir, autant que possible, suivant les convenances de ces derniers, le jour

IRIS - LILLIAD - Université Lille

et l'heure de l'opération. Il importe, en effet, que le service ne puisse être accusé d'apporter des entraves à l'emploi du sucre en brasserie.

Du reste, afin de ne pas multiplier outre mesure les vérifications qu'entraîne obligatoirement le dégrèvement du sucre affecté à la fabrication de la bière, l'article 4 du décret A dispose qu'il ne pourra être effectué plus de deux opérations par mois dans chaque établissement.

La dénaturation doit avoir lieu suivant l'un des modes autorisés par décrets rendus après avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

Parmi les procédés de dénaturation présentés jusqu'ici par les intéressés, deux seulement ont été jugés offrir de suffisantes garanties pour le Trésor. Ils font l'objet du décret B reproduit à la suite de la présente circulaire.

Le premier procédé consiste à faire chauffer jusqu'à l'ébullition les produits suivants mélangés dans l'ordre de leur énumération :

1° Eau potable	1,000 kg.
2° Acide phosphorique ayant pour densité 1,45 (45° B.)	2 —
3° Sucres en nature ou à l'état de sirops	1,000 —
4° Houblon	20 —

Après quinze minutes d'ébullition, on prendra, au moyen d'un pèse-sirop, la densité du liquide bouillant ; on prolongera l'ébullition jusqu'à ce que cette densité ait atteint 1,26 (30° Baumé). Le sirop décanté et refroidi aura une densité de 1,32 (35° Baumé).

L'acide phosphorique employé devra être complètement soluble dans l'eau et exempt de cuivre, de plomb et d'arsenic. On utilisera l'acide purifié de commerce qui se présente à l'état sirupeux et qui marque 45° à l'aréomètre Baumé (densité 1,45).

Le deuxième procédé ne diffère du précédent que par l'emploi de 4 kilogrammes d'acide tartrique au lieu de 2 kilogrammes d'acide phosphorique.

L'acide tartrique, doit, comme l'acide phosphorique, être complètement soluble dans l'eau et débarrassé de toutes matières étrangères.

Pour dénaturer, par exemple, 500 kilogrammes (poids effectif) de sucre, on fera d'abord dissoudre dans 500 kilogrammes d'eau, un kilogramme d'acide phosphorique ou 2 kilogrammes d'acide tartrique : ensuite, les 500 kilogrammes de sucre à dénaturer. On versera dans le mélange 10 kilogrammes de houblon, on fera bouillir le liquide et on prolongera son ébullition jusqu'à ce qu'il soit suffisamment concentré pour marquer 30° à l'aréomètre Baumé, soit une densité de 1,26.

Le service surveillera sans discontinuer l'opération de dénaturation et ne quittera l'atelier que lorsque le sirop sera transvasé dans le récipient où il sera conservé jusqu'au moment de son emploi à la fabrication de la bière.

Le sucre dénaturé sera immédiatement pris en charge à un compte spécial ouvert pour les succédanés du malt au portatif 58, en exécution des prescriptions du décret du 18 avril 1901.

Il sera suivi à ce compte :

1° Pour son poids effectif ;

2° Pour la quantité de sucre raffiné qu'il représente ;

3° Pour la quantité de degrés-hectol. qu'il peut produire [1] ;

Le décret B fixe à 38 degrés-hectolitres par 100 kilogrammes de poids effectif le rendement des sucres de toute nature.

Le tableau suivant indique les prises en charge à faire audit compte à la suite d'une dénaturation qui aurait porté sur 500 kilogrammes de sucre brut, de sucre raffiné ou de candi et qui aurait fourni environ 770 kilogrammes de matières dénaturées.

[1] Trente-huit (38) degrés-hectolitres par 100 kilogrammes de sucre contenu dans le produit dénaturé.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

	POIDS approximatif du produit de dénaturation.	POIDS de sucre exprimé en raffiné.	NOMBRE de degrés hectolitres
	kg	kg	
500 kilogrammes de sucre brut à 99 degrés. . .	770	488 [1]	190
500 kilogrammes de sucre raffiné en morceaux ou en poudre	770	500	190
500 kilogrammes de sucre candi.	770	535 [2]	190

[1] Produit de la multiplication . . . . . $(90^{\circ} \times 500) = 495$ kg
Déchet de 1,5 p. 100. . . . . $\left(\frac{1{,}5 \times 195}{100}\right) = 7$ »
Valeur en raffiné. . . . . 488 kg

[2] Valeur en raffiné. . . . . $\left(\frac{107 \text{ kg} \times 500}{100}\right) = 535$ kg

Sur les mêmes bases, le compte spécial sera déchargé des produits dénaturés successivement employés dans la fabrication de la bière.

1° Les quantités en poids effectif, en sucre raffiné et en degrés-hectolitres, dont il voudra faire emploi ;

2° Les date et heure à partir desquelles ces matières seront incorporées au moût de bière ;

3° Le numéro des chaudières dans lesquels se fera le versement.

Les sucres dénaturés ne pourront être réduits en chaudière :

1° Qu'après que le service aura reconnu la densité des moûts de bière ou, à défaut, que pendant la dernière demi-heure qui s'écoulera avant le moment fixé pour le déchargement de la première chaudière du brassin ;

2° Qu'après que les drêches auront été enlevées des appareils de saccharification. Appliquée depuis 1899 à tous les succédanés du malt que peut mettre en œuvre l'industrie brassicole, cette réglementation tend à assurer l'exacte constatation de degrés-hectolitres produits sur place par la mise en œuvre du malt et à prémunir le Trésor contre les abus que pourrait faciliter toute simulation d'emploi de succédanés.

Aux dires des intéressés, la majeure partie du sucre utilisé en brasserie sera incorporée aux bières dans les cuves de fermentation et dans les fûts d'expédition, c'est-à-dire en dehors de toute fabrication proprement dite.

Dans ce cas, le brasseur devra, deux heures à l'avance dans les localités où il existe un poste d'employés et douze heures à l'avance partout ailleurs, déclarer à la recette buraliste les quantités en poids, en raffiné et en degrés-hectolitres qu'il voudra mettre en œuvre.

Toutefois, comme l'emploi du sucre à froid peut être aussi fréquent qu'imprévu et ne s'effectuera généralement que par minimes quantités, le troisième paragraphe de l'article 5 du décret A admet que, dans la limite de 50 kilogrammes de sucre raffiné par opération et de 100 kilogrammes par jour, pour les quantités utilisées après l'expiration de la période légale de reconnaissance, la déclaration de la recette buraliste sera remplacée par une inscription faite une heure à l'avance par le brasseur sur un registre coté et paraphé par le chef local de service.

Ce registre, qui devra être représenté à toute réquisition des employés, comportera les indications suivantes :

1° Désignation des vaisseaux dans lesquels les sucres seront versés ;

2° Date et heure du commencement de l'opération du versement ;

3° Date et heure auxquelles cette opération sera terminée ;

IRIS - LILLIAD - Université Lille

4° Poids des matières dénaturées à employer ;

5° Poids de sucre exprimé en raffiné qu'elles renferment ;

6° Quantités de degrés-hectolitres qu'elles doivent produire.

Chaque inscription sera signée par le brasseur ou par son représentant autorisé. A chacune de leurs visites, les employés arrêteront ce registre et porteront en décharge, au compte spécial ouvert au portatif 58, les quantités y énoncées, ainsi que celles comprises aux déclarations reçues à la recette buraliste.

A la fin de chaque mois, ils constateront dans la forme ordinaire, le droit afférent aux degrés-hectolitres produits par le sucre.

Ils recenseront fréquemment les produits dénaturés. Les excédents seront ajoutés aux charges. Les manquants seront frappés des droits dont étaient passibles les sucres entrés dans leur préparation, soit 25 francs par 100 kilogrammes de sucre exprimé en raffiné, s'il s'agit de sucre brut, soit 25 francs à titre de droit de consommation, plus 2 francs à titre de raffinage par 100 kilogrammes de sucre exprimé en raffiné, s'il s'agit de raffiné de toute forme ou de candi.

Chaque fois qu'il le jugera utile, le service prélèvera gratuitement des échantillons sur les sucres en nature, sur les substances dénaturantes ainsi que sur les produits, dénaturés.

Il usera surtout de cette facilité pour s'assurer :

1° Que les acides employés comme dénaturants remplissent les conditions imposées par le décret B ;

2° Qu'on utilise à la dénaturation des houblons de bonne qualité ;

3° Que pour masquer des détournements, on n'étend pas d'eau, les sirops provenant de la dénaturation des sucres.

Il établira aussi fréquemment que possible, par des recensements, la situation du compte des sucres dénaturés.

Pour la pesée des divers produits, soit lors des vérifications à l'arrivée, soit lors des opérations de dénaturation et des recensements, les brasseurs mettront à la disposition des employés les ouvriers, les instruments et les ustensiles nécessaires.

Les infractions aux dispositions des décrets rendus pour l'exécution de la loi du 5 juillet sont passibles des pénalités édictées par le troisième paragraphe de l'article 16 de la loi du 30 mai 1899.

En attendant la revision des imprimés, il sera ouvert à la main sur l'état n° 30 (modèle des sucres), dont la production a été prescrite par la circulaire n° 358 du 21 août 1899 (pages 17 et 18), une colonne réservée à l'inscription des quantités de sucre imposable introduites en brasserie en vertu d'acquit 9 A régulièrement déchargés

L'écart entre le droit de 25 francs que supportent les 100 kilogrammes de sucre consommés en nature et la somme de 9 fr. 50 qu'ils acquitteront lorsqu'ils seront affectés à la fabrication de la bière, permet de redouter des simulations d'emploi. Les garanties offertes par la dénaturation préalable ne sont pas absolues. Elles doivent être complètes par un contrôle incessant du service. Il importe que, nulle part, ni à aucun moment, ce contrôle ne soit trouvé en défaut. Je fais appel à ce sujet au zèle éclairé des employés de tous grades.

DEUXIÈME ANNEXE

ANALYSE DE L'EAU

L'analyse de l'eau se présente en brasserie dans 2 cas différents : soit qu'on veuille étudier une eau pour savoir si elle peut être utilisée, soit qu'on veuille surveiller l'emploi d'une eau sujette à des variations.

Dans le premier cas on dose tous les éléments ; dans le deuxième on surveille l'eau au point de vue de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, des chlorures, des matières organiques et des microbes.

Les impuretés de l'eau peuvent se classer en quatre groupes :

IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSEE COMMERCIAL LILLE

1° Impuretés mécaniques ;
2° Impuretés biologiques non microbiennes ;
3° Impuretés microbiennes ;
4° Impuretés chimiques.

Échantillonnage. — Une opération indispensable est le prélèvement régulier de l'échantillon.

On emploie une bouteille de verre blanc, lavée à l'acide sulfurique, à l'eau, à la potasse, puis encore à l'eau et à l'eau distillée. Cette bouteille doit être fermée par un bouchon de verre ou de liège paraffiné neuf et bien lavé.

L'échantillon doit avoir 6 litres si l'eau est très pure et 2 litres si elle est très souillée.

On note sur le lieu même ; l'aspect, l'odeur (en chauffant à 50-60°), la saveur, l'action sur les réactifs colorés et sur le sulfate de cuivre (H^2S).

L'analyse doit être faite le plus tôt possible.

Impuretés mécaniques et biologiques. — Des impuretés mécaniques, on peut se faire une idée par décantation dans un endroit frais.

Mais il en est qui restent en suspension, à côté d'animalcules visibles seulement au microscope avec un léger grossissement.

On peut classer ainsi les impuretés visibles dans ce cas :

Argile en masses variées (si l'eau n'est pas salée) ;
Paillettes de quartz ;
Oxyde de fer, etc. ;
Grains de pollen, d'amidon, de chlorophylle ;
Fibres textiles ;
Cellules végétales ;
Fibres musculaires (matières fécales) ;
OEufs de vers intestinaux (matières fécales) ;
Rhizopodes (masses plasmiques avec prolongements) tels que Ameba Princeps, etc.
Infusoires flagellés, ciliés, etc.
Rotifères (fuseaux avec tête ciliée, queue à appendice préhensif) ;
Arthropodes annelés, tels que Macrobiotus Ursellus, etc. ;
Algues, etc.

Impuretés microbiennes. — Avec un plus fort grossissement on peut, au microscope, apercevoir des Aspergillus, des Penicillium, des Levures, etc.

Mais pour se rendre compte des impuretés microbiennes, il faut procéder par cultures.

On doit d'ailleurs remarquer qu'il vaut mieux avoir dans une eau un grand nombre de colonies anodines plutôt qu'un petit nombre de colonies dangereuses.

On fait des ensemencements sur moût de bière gélatinisé avec 1 centimètre cube, 0,1 cm^3, 0,01 cm^3, 0,001 cm^3, etc.

Pour les eaux de France on peut admettre les chiffres suivants :

	Nombre de colonies dans 1 centimètre cube d'après Miquel.	d'après Macé.
Eau excessivement pure	0 — 10	0
Eau très pure	10 — 100	0 — 20
Eau pure (bonne)	100 — 1000	100 — 200
Eau médiocre	1 000 — 10 000	200 — 500
Eau impure	10 000	500 — 1 000
Eau très mauvaise	—	1 000 — 10 000

En Suisse où les eaux sont plus pures, on adopte des nombres infiniment plus faibles, étagés seulement de 0 à 80 pour les eaux pures ou médiocres.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

De plus il ne doit pas y avoir de bactéries liquéfiant la gélatine en moins de huit jours.

Il est bon au point de vue de la brasserie de faire toujours les essais sur les milieux suivants :

1° Moût stérilisé ;
2° Moût stérilisé additionné de levure ;
3° Moût stérilisé et fermenté ;
4° Milieu ammoniacal.

Le microbe de la bière filante se développe bien sur 2, celui des fermentations acétiques sur 3, les sarcines et certains microbes d'acidification sur 4.

La levure qu'on peut rencontrer dans l'eau montre qu'il y a des infiltrations provenant de la brasserie elle-même. Les moisissures sont dangereuses pour le maltage.

Impuretés chimiques. — **Essais qualitatifs.** — Les réactifs à employer sont bien connus.

Chaux. — L'oxalate d'ammoniaque en liquide acétique donne un précipité. Si la chaux est à l'état de bicarbonate, la teinture de campêche donne une coloration rouge ; une addition d'eau de chaux donne un précipité ; de même une ébullition prolongée. Si après cette ébullition l'oxalate précipite encore, c'est que la chaux est à l'état de sulfate ou de chlorure.

L'eau de savon précipite par les sels de chaux.

Magnésie. — Elle précipite également par le savon ; lorsqu'elle est à l'état de bicarbonate elle précipite à l'ébullition.

Enfin en concentrant l'eau, une addition d'ammoniaque et de phosphate de soude donne le précipité ammoniaco-magnésien, qui au microscope montre des cristaux rhomboédriques souvent croisés en X.

Chlorures. — Le nitrate d'argent précipite et le précipité est soluble dans l'ammoniaque, insoluble dans l'acide nitrique et il noircit à la lumière.

Le nitrate thalleux donne avec les chlorures des cubes de chlorure visibles au microscope.

Sulfates. — Dans l'eau concentrée, une addition de nitrate de baryte et d'acide nitrique donne un précipité.

Dans une eau concentrée, on peut voir au microscope, les aiguilles courtes de sulfate de chaux, souvent réunies en faisceaux ; quelquefois ce sont des lames rhombiques.

Potassium. — Les eaux concentrées donnent avec le chlorure de platine des octaèdres ou des tables hexagonales visibles au microscope.

Sodium. — Le résidu d'eau concentré à siccité est additionné d'acétate d'uranyl ; sur les bords on aperçoit des cristaux tétraédriques jaune clair d'acétate double ; si on ajoute un peu d'acétate de magnésie il se forme un acétate triple.

Le fluosilicate d'ammoniaque donne des rosettes hexagonales visibles au microscope.

Phosphates. — Si la quantité est suffisante, on peut obtenir par addition de sulfate de magnésie et de chlorhydrate d'ammoniaque des cristaux du précipité ammoniaco-magnésien.

Mais en concentrant, sans faire boullir, une goutte d'acide nitrique, et un grain de molybdate d'ammoniaque, on a sur les bords des grains sphériques de phosphomolybdate.

Sur la même goutte une addition de ferrocyanure indique le fer.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Ammoniaque. — 1° Quelques gouttes d'eau concentrées sur un fil de verre étiré sont additionnées de soude. Il se dégage des vapeurs qui deviennent blanches au voisinage d'acide chlorhydrique.

2° Le réactif de Nessler (50 grammes KI ; 50 centimètres cubes d'eau distillée bouillante : puis addition d'une solution concentrée bouillante de sublimé jusqu'à précipité permanent, la liqueur filtrée est additionnée de 150 grammes de potasse caustique dissoute dans 300 centimètres cubes d'eau ; on ajoute encore quelques centimètres cubes de bichlorure ; on refroidit, on porte à un litre).

Ce réactif avec l'ammoniaque donne des colorations jaune brique ou des précipités suivant la quantité d'alcali.

Azotites et azotates. — AZOTITES. — 1. Réactif Grandval-Lajoux (3 grammes de phénol ; 37 grammes d'acide acétique cristallisable).

On évapore 50-100 centimètres cubes d'eau, on ajoute quelques gouttes du réactif (puis un peu d'eau ammoniacale) ; les azotites donnent une coloration jaune vert qui ne se produit pas avec les azotates.

2. L'eau acidulée par l'acide sulfurique et traitée par l'iodure d'amidon donne une coloration bleue.

3. Réactif de Griess. Dans un ballon, on introduit 5 centimètres cubes d'acide sulfurique dilué au 1/10, quelques gouttes d'une solution à 2 p. 100 de métaphénylènediamine dans l'ammoniaque diluée de son volume d'eau, et décolorée par l'agitation avec du noir animal ; puis on met 50-100 centimètres cubes de l'eau à examiner ; on chauffe au bain-marie, dix minutes environ ; les azotites donnent une coloration jaune.

4. Réactif Denigès. Une solution de 2 centimètres cubes d'aniline pure dans 40 centimètres cubes d'eau est complétée avec de l'eau à 100 centimètres cubes ; on chauffe à l'ébullition pour décolorer. On introduit 30 centimètres cubes de ce réactif dans un ballon, avec 43-50 centimètres cubes de l'eau à examiner et l'on chauffe à l'ébullition pendant quelques minutes ; il se produit une coloration jaune et la teinte devient rouge saumon, si l'on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique.

Réaction moins sensible que la précédente ; elle ne doit être essayée que sur une eau ne contenant pas d'acide libre.

5. Réaction de Trommsdorff. On emploie un réactif à l'iodure de zinc amidonné : (15 grammes de fécule, 20 grammes de chlorure de zinc dans 100 centimètres cubes d'eau, on chauffe au réfrigérant ascendant pendant trois-quatre heures ; on ajoute au mélange 2 grammes d'iodure de zinc, on complète au volume d'un litre avec de l'eau distillée et on filtre ; le liquide doit être conservé à l'obscurité).

50 centimètres cubes d'eau, 1 centimètre cube d'acide sulfurique étendu, 1 centimètre cube du réactif amidonné, mis dans un endroit obscur, donnent après une demi-heure ou une heure une coloration bleue montrant les nitrites.

Remarque. Dans le voisinage de certaines usines, l'eau peut contenir des hypochlorites, du chlore, etc., corps qui réagissent sur tous les réactifs sauf celui de Granval.

AZOTATES. — 1. S'il n'y a pas de nitrites, il suffit d'essayer le réactif Granval-Lajoux (mais à l'acide sulfurique) qui donne une coloration jaune.

La solution sulfurique de diphénylamine devient bleue par les nitrates.

Enfin tous les réactifs des nitrites réagissent lorsque la solution de nitrates a été réduite par le zinc et l'acide sulfurique.

2. S'il y a des nitrites, il faut procéder à un essai quantitif, cependant la réaction suivante peut être utile.

On évapore 1 litre d'eau à sec ; on reprend le résidu par 20 centimètres cubes d'eau distillée, on y ajoute 0,5 gr. de brucine. On évapore et on ajoute dix gouttes d'acide formique sur la capsule encore chaude, puis un peu d'eau distillée.

On a ainsi une teinte jaune virant au rose après douze heures ; une addition d'eau oxygénée la fait virer en un quart d'heure.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Matières organiques. — On a deux procédés pour les mettre en évidence :

1° La réduction du permanganate ; mais cela n'indique pas la nature de la matière organique ;

2° La comparaison de l'extrait sec à 180° et de l'extrait calciné. Mais la perte peut être due aux sels volatils.

D'ailleurs les infiltrations de fosses d'aisances peuvent se mettre en évidence par différents procédés.

1° Si l'eau ne contient ni sulfures, ni hydrogène sulfuré et si calcinée elle devient noire et d'odeur repoussante il y a probabilité de matières fécales ;

2° 50 centimètres cubes d'eau est agitée en 2 fois avec 25 centimètres cubes d'éther ; celui-ci évaporé à basse température donne un résidu d'odeur caractéristique ;

3° Chercher l'urée par l'hypobromite de soude ;

4° L'acide paradiazobenzène-sulfonique au $\frac{1}{100}$ se combine avec les matières organiques de la putréfaction et se colore en jaune au bout de cinq minutes (réaction due sans doute au phénol de l'urine).

Réactif général de Causse. — M. Causse a trouvé un réactif pour distinguer l'eau bonne de l'eau mauvaise ; ce réactif est l'hexaméthyltriamidotriphénylcarbinol connu dans le commerce sous le nom de cristal-violet. On dissout 0,25 gr. de ce corps dans 250 centimètres cubes de solution aqueuse, saturée à froid, d'acide sulfureux, de sorte qu'il se forme un liquide tout à fait incolore. Si on verse environ 1,5 cm^3 de cette solution dans 100 centimètres cubes d'eau à analyser et si celle-ci est *pure*, il se produit immédiatement une coloration bleue, qui est très intense lorsque l'eau a été chauffée auparavant, pendant un certain temps à 35-40° C. et ensuite, avant l'addition du réactif, ramenée à la température ordinaire. Si, par contre, l'eau a été souillée par des déjections animales, par de l'eau de lavage, par des substances contenant du soufre ou du fer, dans ce cas, ni à chaud ni à froid, il ne se produit aucune coloration avec ladite solution.

La cause de cette inaction du réactif repose, d'après Causse, dans le fait que les substances réductrices contenues dans l'eau contaminée empêchent l'apparition de la coloration bleue ; et, en effet, il a réussi à obtenir la réaction après avoir détruit, dans ces eaux, à l'aide de l'eau oxygénée, les substances réductrices. C'est ainsi que le cristal-violet présente un bon moyen qualitatif pour distinguer les eaux pures et impures.

B. Dosages. — ***Dosage des matières en suspension et extrait sec.*** — Dans un endroit frais, on laisse déposer un litre d'eau, on filtre. Le dépôt séché indique le poids de matières en suspension.

100 centimètres cubes du liquide sont évaporés à 120° dans une capsule de platine ayant 8 centimètres cubes de diamètre et 4,5 cm de hauteur. On maintient à 180° dans une étuve spéciale et on calcine au rouge pour ne pas volatiliser les chlorures et en ajoutant du carbonate d'ammoniaque pour régénérer le carbonate de chaux.

Si l'eau est riche en chlorure de magnésium, il est bon d'ajouter 0,2 gr. de carbonate de soude pour retenir le chlore.

Dosage du gaz dissous. — Noter la température de l'eau au moment du prélèvement.

1° Extraction à la trompe.

Ce procédé exige beaucoup de temps et l'extraction n'est pas toujours terminée à cause de la différence de solubilité des différents gaz ; les chiffres trouvés ne sont pas proportionnels aux véritables.

Les robinets fuient d'où une nouvelle erreur.

2° Extraction à l'ébullition.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On opère sur un ballon d'un litre débordant dans le tube abducteur qu'on achève de remplir avec de l'eau bouillie.

On absorbe H^2S par le plâtre et le phosphate de plomb, CO^2 par la potasse, O par la potasse et l'acide pyrogallique.

On dose C^2H^4 à l'eudiomètre, le reste est de l'azote.

Les coefficients de solubilité de l'oxygène et de l'azote sont dans le rapport 32 à 100.

Dosage de l'oxygène. — Le dosage spécial de l'oxygène est utile car il permet d'opérer sur place.

a. Procédé à l'hydrosulfite et bleu Coupier, il faut :

1° Une solution saturée de bisulfite;

2° Une solution de sulfate de cuivre dans l'ammoniaque (1 litre = 4,46 gr.) 5 centimètres cubes = 1^{cc} d'oxygène à 0° et 760.

3° Une solution de bleu Coupier;

4° Un flacon de 125 contenant du zinc;

5° Un bocal d'un litre;

6° Une burette et des pipettes;

7° Un flacon de 40-50 centimètres cubes;

8° Un agitateur en forme de tube terminé par une spirale.

9° Un thermomètre.

Trente minutes avant l'expérience, on verse dans un flacon de zinc, 2-3 centimètres cubes de bisulfite; on le remplit d'eau ordinaire, on bouche et on agite.

On introduit ce liquide dans la burette par aspiration.

On remplit le bocal avec de l'eau à analyser (sans agiter), on pose l'agitateur et 1^{cc} de bleu Coupier; on verse en agitant l'hyposulfite au moyen de la burette et on note le nombre de divisions.

On titre avec 5 centimètres cubes de sulfate de cuivre ou avec de l'eau agitée à l'air et par suite saturée.

b. A Montsouris on utilise la propriété du sulfate de fer en solution acide qui n'absorbe pas immédiatement l'oxygène, tandis qu'il le fait en solution alcaline (4 centimètres cubes de sulfate de fer ammoniacal à 3 grammes par litre + 2 centimètres cubes de KOH au 1/10).

On fait agir le sulfate de fer alcalin et on redissout à l'acide (1 centimètre cube SO^4H^2 — 1 centimètre cube d'eau).

On dose l'oxyde de fer au permanganate à 0,2 p. 100.

Pour titrer le permanganate on emploie du fil de clavecin dissous dans SO^4H^2; avant d'employer la solution on la réduit par du zinc.

Dosage du chlore. — a. *Méthode par pesée.* — 200 centimètres cubes d'eau additionnés d'acide nitrique sont chauffés, on ajoute du nitrate d'argent. Après que le dépôt est effectué, on filtre, on calcine en ajoutant un peu d'eau régale et en ne dépassant pas le point de fusion.

On pèse le précipité fondu soit p

Le poids du chlore est $p \times 0{,}2474$.

b. *Méthode en volume.* — On concentre 50 centimètres cubes d'eau dans une capsule de porcelaine. On ajoute quelques gouttes de chromate de potasse et on titre au nitrate d'argent décime jusqu'à virage au rouge brique.

1 centimètre cube de la solution équivaut à 0,0035 gr. de Cl.

Dosage de l'acide sulfurique. — a. *Méthode par pesée.* — Sur 200-500 centimètres cubes d'eau (suivant la teneur) on opère le dosage classique de l'acide sulfurique, en ajoutant quelques gouttes d'acide chlorhydrique, en faisant bouillir et en traitant à l'ébullition par le nitrate de baryte. Le précipité filtré, lavé, séché est calciné seul, puis avec un peu d'acide nitrique.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Le poids trouvé $\times$ 0,2474 donne celui de l'acide sulfurique.

b. *Méthodes volumétriques.* — α) On fait bouillir 100 centimètres cubes de l'eau pendant trente minutes, en remplaçant la partie évaporée par de l'eau distillée, cela précipite les carbonates qu'on filtre.

On ajoute à l'ébullition 10 à 20 centimètres cubes de chlorure de baryum décime (1 centimètre cube = 4,9 mgr. SO^4H^2) ; puis une solution de bichromate de K purifié (7,37 gr. avec ammoniaque pour rendre jaune, dans un litre) jusqu'à coloration jaune.

On amène à 150 centimètres cubes, on filtre, on prend 100 centimètres cubes et on compare à 100 centimètres cubes d'eau distillée qu'on amène à la teinte avec du chromate.

Si dans l'eau on a mis C de chromate et C′ dans l'eau distillée, $\frac{3}{2}$ C — $\frac{3}{2}$ C′ représente le chromate nécessaire pour neutraliser le chlorure de baryum, mis en trop. Par différence on sait donc la quantité employée à saturer l'acide sulfurique.

β) Procédé du laboratoire municipal.

50 centimètres cubes de solution normale de chlorure de baryum ;

50 centimètres cubes de solution de bichromate de potasse neutralisée à l'ammoniaque sont étendus à 1 litre.

Dans une série de tubes jaugés, on introduit de 0,1 cm^3 à 1 centimètre cube de solution de chromate.

On complète le volume de 50 centimètres cubes avec de l'eau distillée et on conserve à l'abri de l'air.

D'autre part dans 50 centimètres cubes d'eau on ajoute 10 à 20 centimètres cubes de chlorure de baryum, on fait bouillir et on ajoute du chromate jusqu'à coloration jaune ; on refroidit et on compare la couleur aux tubes types. D'où le chromate ajouté en excès.

Dosage de l'acide carbonique. — Il y a lieu de doser l'acide total, que représente l'acide libre, l'acide demi combiné des bicarbonates et l'acide combiné des carbonates.

a. L'*acide total* peut être dosé en précipitant l'eau par de la chaux qui précipite l'acide libre et combiné aux terres, puis par du chlorure de calcium qui précipite les carbonates alcalins.

Le précipité est décomposé par HCl, on recueille l'acide carbonique dans une solution de potasse qu'on pèse, ou dans une solution titrée de baryte dont on dose l'excès par l'acide oxalique.

Remarque. — La solution de baryte doit être additionnée d'un peu de chlorure de baryum parce que la baryte contient toujours du carbonate de baryte et de la soude qui en présence de l'acide oxalique donnent du carbonate de soude qui fausse les résultats.

b. *Acide libre et demi combiné.* — Méthode Pettenkofer et Trittich.

On précipite l'eau par le mélange d'eau de baryte et de chlorure de baryum. Cela précipite l'acide libre, le bicarbonate de chaux, le carbonate de magnésie, mais non les carbonates alcalins.

On évalue le précipité par différence, en dosant l'excès de baryte par l'acide oxalique.

Du précipité on déduit l'acide carbonique, dont il faut retrancher 1,1 fois le poids de magnésie.

c. *Acide combiné ou différence des deux précédents.* — ***Méthode A. Levy.*** — M. A. Levy a proposé une méthode donnant l'acide carbonique total, l'oxygène et l'azote d'une part et d'autre part l'acide carbonique sous les trois états.

Dosage de l'acide total, de l'oxygène et de l'azote[1]. — Dans un ballon à long

[1] Nous verrons plus loin les reproches qu'on peut adresser à cette méthode.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

col, maintenu à 80° mais dont le col est fortement refroidi on fait tomber de l'eau bouillie avec quelques gouttes de SO^4H^2.

On aspire l'air à l'aide d'une trompe à mercure, on fait tomber 300 centimètres cubes d'eau à analyser et on refait le vide en recueillant les gaz.

Soit V_1 le volume total.

V_2 la partie absorbable par la potasse
V_3 — — et l'acide pyrogallique.

On a donc

$$CO^2 = V_2$$
$$O = V_3$$
$$Az = V_1 - V_2 - V_3 = A$$

Il faut ramener à 0 et 760 par la formule :

$$V_{0,760} = V \frac{H - f}{760} \frac{1}{1 + \alpha t}$$

	milligrammes.
Le poids de 1 centimètre cube d'oxygène est.	1,43
— — d'azote	1,256
— — de CO^2	1,977

Pour évaluer l'acide carbonique combiné et demi combiné :

On opère de même sans mettre d'acide. Ce qui se dégage (U) représente l'oxygène V_3 l'azote A, l'acide carbonique libre C et la moitié de l'acide des bicarbonates $\frac{C_1}{2}$. Puis on ajoute de l'acide sulfurique, ce qui se dégage U_1 représente l'autre moitié de l'acide des bicarbonates et l'acide des carbonates C_2.

On a donc

$$U = V_3 + A + C + \frac{C_2}{2}$$

$$U_1 = \frac{C_1}{2} + C_2.$$

D'ailleurs $V_2 = C + C_1 + C_2$.

Dosage de l'acide nitrique et de l'acide nitreux. — *a.* Lorsque les eaux contiennent sous l'une de ces formes une notable quantité d'azote, le mieux est de concentrer l'eau en présence de potasse et de doser par la méthode de Schlœsing. On a aussi proposé dans l'eau concentrée au 1/5 et portée à 50°, d'ajouter 1 gramme d'un alliage (59 Al ; 39 Ca ; 2 Zn) ; 5 centimètres cubes d'alcool ; 60 centimètres cubes de soude 30 p. 100. On distille, on recueille l'ammoniaque dans 100 centimètres cubes d'eau acidulée par l'acide sulfurique décinormal et on titre en retour.

b. Quant au dosage des nitrites seuls, les méthodes sont des méthodes de comparaison colorimétrique avec des échantillons types (du nitrite d'argent acidulé d'acide sulfurique). On emploie de préférence le réactif Griess ou celui de Trommsdorf.

c. Pour le dosage des nitrates seuls le meilleur réactif est celui de Grandval Lajoux en opérant sur une eau préalablement neutralisée à l'ammoniaque ; on opère par comparaison avec des solutions types de nitrate de potasse, il faut que les quantités comparées soient à peu près égales.

Enfin si l'eau est fortement chargée de matières organiques tendant à se colorer par l'acide sulfurique, on la distille préalablement avec de l'acide sulfurique et du bioxyde de manganèse et on recueille les vapeurs dans l'ammoniaque.

d. Si l'on a des nitrates en présence de nitrites :

α. On doit détruire les nitrites par un traitement à l'urée et à l'acide acétique (1 gramme d'urée ; 20 centimètres cubes d'acide acétique, amener à 100cc). On évapore l'eau à 10 centimètres cubes, on ajoute 5 centimètres cubes du réactif, on fait bouillir

IRIS - LILLIAD - Université Lille

juste une minute, on évapore à basse température et on dose les nitrates sur le résidu sec.

Il ne faut pas faire bouillir plus d'une minute car les nitrates sont eux-mêmes atteints.

β. La méthode à la brucine est sensible par colorimétrie au $1/10^5$.

Dosage de l'ammoniaque. — On réduit à un demi-litre de l'eau acidulée par l'acide sulfurique. Le volume à prendre s'élève jusqu'à 10 litres s'il n'y a que des traces d'ammoniaque.

On distille ensuite sur de la magnésie (10 grammes) en recueillant les vapeurs ammoniacales dans 20 centimètres cubes d'acide sulfurique normal coloré au tournesol. On dose l'excès d'acide par acidimétrie.

Le résidu de l'opération traité par la potasse et un excès de permanganate (50 centimètres cubes de permanganate bouilli avec la potasse, avant l'emploi pour chasser l'ammoniaque), dégage de l'ammoniaque qu'on dose et qu'on considère comme contenant l'azote albuminoïde.

S'il n'y a que des traces d'ammoniaque, on le dose à même l'eau, à l'aide du réactif Nessler en comparant à des solutions types de chlorhydrate d'ammoniaque.

Une bonne précaution est de se débarrasser des terres alcalines. A cet effet on ajoute à l'eau 1 centimètre cube de lessive de soude au quart, 2 centimètres cubes de carbonate de soude et on laisse déposer. On opère sur du liquide décanté. Bien vérifier que les réactifs ne contiennent pas d'ammoniaque.

Méthode Effront. — Elle permet de doser à la fois l'azote ammoniacal et l'azote protéique. 1° 1 litre d'eau, 20 centimètres cubes de soude normale, 20 centimètres cubes d'hypochlorite titré à l'acide arnésieux et à l'iode (il contient 1 à 1,5 p. 100 de chlore actif) sont laissés deux heures à l'ombre. On dose le chlore restant et on retranche le chiffre correspondant à l'eau distillée. 2° On ajoute à l'eau 0,1-1 gramme de carbonate de soude, on évapore à 150 centimètres cubes. On ramène à 1 litre, on ajoute la soude et l'hypochlorite et on laisse à l'ombre quatorze à seize heures. On défalque le chiffre donné dans les mêmes conditions par l'eau distillée. Cette dernière opération donne l'azote protéïque et la première l'azote total.

Méthode Winkler. — Winkler a indiqué une méthode d'ensemble pour le dosage de l'ammoniaque, de l'acide nitrique et de l'acide nitreux.

a. *Ammoniaque :*

Mettre dans 100 centimètres cubes d'eau, 2 à 3 centimètres cubes de solution de sel de Seignette ; 2 à 3 centimètres cubes de réactif Nessler, et comparer la coloration avec celle de 100 centimètres cubes d'eau distillée contenant les mêmes réactifs et à laquelle on ajoute successivement des centimètres cubes de chlorhydrate d'ammoniaque contenant 0,1 mgr. d'ammoniaque par centimètre cube.

b. *Acide nitrique :*

Dans un flacon de 50cc, mettre 50 centimètres cubes d'eau, 1 centimètre cube de brucine à 2 p. 100, 20 centimètres cubes d'acide SO^4H^2.

Comparer avec de l'eau pure, contenant les mêmes réactifs et à laquelle on ajoute des centimètres cubes d'une solution de nitrate de potasse contenant 0,1 mgr. par centimètre cube de Az^2O^5.

c. *Acide nitreux :*

Dans un ballon de 200, mettre 100 d'eau, 20 de HCl à 10 p. 100 ; 2-3 d'empois d'amidon. On ajoute en cinq fois, 5 grammes de bicarbonate de potasse solide en incorporant à la cinquième prise un cristal de KI.

On mesure l'iode a l'hyposulfite de soude (1 centimètre cube = 0,1 mgr. de Az^2O^3).

Dosage de l'acide phosphorique. — On évapore à sec 1 à 2 litres d'eau acidulée par de l'acide nitrique, puis avec cet acide on arrose une ou deux fois pour éliminer la silice insoluble.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On reprend par de l'acide nitrique étendu, on filtre, on ajoute 40 centimètres cubes de solution de molybdate d'ammoniaque et 12,5 cm³ d'azotate d'ammoniaque. On laisse reposer douze heures, on filtre et on lave d'abord, avec de l'azotate d'ammoniaque acidulé d'acide nitrique, puis avec de l'azotate d'ammoniaque à 20 p. 100.

On fait tomber le précipité dans un creuset de porcelaine ; on détache les parties adhérentes par du nitrate d'ammoniaque et on reprécipite par l'acide nitrique. On évapore à même le creuset, on pèse. L'acide phosphorique représente 3,8 p. 100 du poids trouvé.

Quand il y a beaucoup d'acide phosphorique, on transforme en pyrophosphate de magnésie, en dissolvant le précipité dans l'ammoniaque et en traitant par le chlorure de magnésium.

On peut d'ailleurs opérer par colorimétrie.

Un litre d'eau évaporé à 50 centimètres cubes est traité par du molybdate d'ammoniaque, on compare avec une eau contenant pour 50 centimètres cubes ; 0,2 cm³ ; 0,4 cm³ ; 0,8 cm³ ; 1,2 cm³ ; 1,6 cm³ ; 2 cm³ ; 4 cm³ ; 8 cm³ ; 10 cm³ ; 20 cm³ ; 40 cm³ ; 50 cm³ d'une solution contenant 0,075 gr. de phosphate de soude par litre d'eau.

Dosage de la chaux et de la magnésie. — On évapore 500-1000 centimètres cubes, après addition d'acide chlorhydrique; on réduit à 150 centimètres cubes, on ajoute de l'ammoniaque et de l'acide chlohydrique. On précipite ainsi le fer, l'alumine et la silice, on filtre, on lave le filtre et on porte à l'ébullition en ajoutant de l'oxalate d'ammoniaque, on filtre à nouveau, on lave l'oxalate de chaux et on calcine.

Au lieu de calciner l'oxalate de chaux, A. Levy le redissout dans l'acide nitrique, et dose l'acide oxalique au permanganate.

On complète le volume filtré à 200 centimètres cubes, on laisse déposer, on filtre, et sur 200 centimètres cubes du liquide on opère le dosage de la magnésie, par addition de 10 centimètres cubes de solution saturée de phosphate de soude et d'ammoniaque ; on filtre après douze heures et on lave avec 3 volumes d'eau, un quart de volume d'alcool et 1 volume d'ammoniaque ; on calcine.

Pour déterminer la chaux et la magnésie par le dosage habituel, M. Winkler a trouvé un procédé qui repose sur les bases suivantes : si l'on ajoute de l'oléate de potasse à une eau qui contient de la chaux et du magnésium, en présence du sel de Seignette et d'un peu de lessive de potasse, il se précipite seulement de la chaux sous forme d'oléate de chaux, tandis que le magnésium reste dans la solution.

Mais si, à la même eau on ajoute, en présence de chlorure d'ammonium et d'ammoniaque, l'oléate de potasse, le magnésium se transforme en oléate.

La fin de la transformation se reconnaît par l'apparition d'une écume qui se maintient au moins cinq minutes en agitant le liquide.

Pour le procédé en question, on a besoin des quatre solutions suivantes :

1. *Solution potassique de sel de Seignette.* — On dissout 6 grammes de potasse caustique et 100 grammes de sel de Seignette dans 500 centimètres cubes d'eau distillée.

Pour utiliser cette solution, on en dilue 5 centimètres cubes avec de l'eau distillée à 100 centimètres cubes, on ajoute 0,1 centimètre cube de solution alcoolique d'oléate de potasse et on agite le liquide; il doit se produire une grande quantité d'écume.

2. *Solution ammoniacale de chlorure d'ammonium.* — A une solution de 10 grammes de chlorure d'ammonium, on ajoute 100 centimètres cubes de solution d'ammoniaque caustique à 10 p. 100, on dilue le mélange avec de l'eau au volume de 500 centimètres cubes et on utilise le liquide de la même manière qu'au n° 1.

3. *Solution de chlorure de baryum.* — On dissout 4,363 gr. de chlorure de baryum cristallisé ($BaCl^2 + 2\,H^2O$) dans l'eau distillée, de manière que le volume du liquide terminé soit exactement 1.000 centimètres cubes.

4. *Solution alcoolique d'oléate de potasse.* — On arrose 15 centimètres cubes d'acide oléique pur du commerce avec 600 centimètres cubes d'alcool à 90 ou 95 p. 100 et 400 centimètres cubes d'eau distillée; dans le liquide encore trouble, on dissout

IRIS - LILLIAD - Université Lille

4 grammes de potasse caustique pure; ou bout de deux ou trois jours, on filtre et on dilue le liquide filtré dans un mélange de six volumes d'alcool (90 ou 95°) et quatre volumes d'eau distillée, de manière que chaque centimètre cube de solution corresponde à un degré de « dureté ». A cet effet, on doit préalablement déterminer la valeur d'activité du produit de filtration de la manière suivante : on dilue exactement 10 centimètres cubes de solution n° 3 avec de l'eau distillée au volume de 95 centimètres cubes, ensuite on ajoute 5 centimètres cubes de solution n° 1 ou de la solution n° 2 et, dans ce mélange, on verse goutte à goutte de la solution d'oléate d'une burette exactement graduée. Ayant versé quelques gouttes, on agite le mélange, on ajoute de nouveau de la solution et on répète l'opération jusqu'à ce qu'il se produise une écume persistante.

On compte alors le nombre de centimètres cubes de solution consommés et on détermine la dilution nécessaire en prenant en considération la circonstance que, pour obtenir une précipitation complète, pour chaque centimètre cube de solution n° 3 on doit aussi employer 1 centimètre cube de solution n° 4.

Si, par exemple, on avait employé 8 centimètres cubes de solution n° 4, on devrait diluer chaque portion de 8 centimètres cubes de cette solution avec 2 centimètres cubes du mélange indiqué d'eau et d'alcool, c'est-à-dire chaque litre avec 250 centimètres cubes de ce dernier mélange.

Une fois qu'on a préparé et vérifié les solutions, on détermine la teneur de l'eau en chaux et en magnésium de la façon suivante : d'abord, on détermine approximativement le degré de dureté en diluant 10 centimètres cubes, à 100 centimètres cubes; on ajoute 2 à 3 centimètres cubes de solution n° 2 et de solution n° 4, jusqu'à la formation d'une écume persistante. Si la dureté ainsi trouvée dépasse 10° avant la détermination exacte, l'eau doit être ramenée à la dureté de 10° environ.

Pour déterminer la chaux, on mélange 100 centimètres cubes de cette eau avec 5 centimètres cubes de solution n° 1 et on titre avec la solution n° 4. Si on multiplie le degré ainsi trouvé (qui, comme nous l'avons dit plus haut, dépend uniquement de la chaux) par 3 572, alors on obtient le nombre de milligrammes de calcium contenus dans un litre d'eau.

Pour déterminer la magnésie, on mélange dans un matras de 400 centimètres cubes de capacité, 100 centimètres cubes d'eau préparée comme ci-dessus avec 100 centimètres cubes d'eau distillée, on ajoute 5 centimètres cubes de solution n° 2 et on titre avec de la solution n° 4 jusqu'à ce qu'il se forme une écume persistante.

Dans ce cas, il se précipite et la chaux et la magnésie. En déduisant du degré de dureté complète ainsi obtenu, celui qui revient à la chaux seule, on obtient le degré de dureté qui correspond à la magnésie.

Ce dernier, multiplié par 2,2432, donne le nombre de milligrammes de magnésium contenu dans un litre d'eau.

Cette méthode, qui se distingue par son exactitude et sa simplicité est applicable à tous les cas.

Dosage des alcalis. — 500 centimètres cubes d'eau auxquels en ajoute de l'eau de baryte sont portés à l'ébullition, on fait bouillir, on filtre.

On précipite l'excès de baryte par le carbonate d'ammoniaque, on fait bouillir, on filtre, on acidule par l'acide chlorhydrique, on évapore et on calcine légèrement et on pèse.

On redissout dans l'eau distillée, on ajoute un excès de chlorure de platine, on évapore au bain-marie, on reprend le résidu évaporé par un mélange volume à volume d'alcool et d'éther, on filtre, on lave avec le mélange éthéré.

Le poids trouvé $\times$ 0,30507 = le chlorure de potassium; par différence on a le chlorure de sodium.

Dosage de la silice. — 1 litre d'eau évaporée à siccité est repris par l'acide chlorhydrique, on recommence plusieurs fois, on filtre, on lave, on calcine.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Dosage du fer et de l'alumine. — *a*) Dans le liquide filtré, on verse un excès, d'ammoniaque on en fait tomber jusqu'à complète disparition de la couleur, on filtre, on redissout dans l'acide chlorhydrique, on précipite de nouveau, on chasse l'ammoniaque, on filtre, on sèche ; on a de l'oxyde de fer et de l'alumine, on pèse, on redissout, on réduit par le zinc et on dose au permanganate.

b) Autre méthode pour le dosage du fer (méthode volumétrique).

A 200-500 centimètres cubes d'eau on ajoute quelques cristaux de bichromate de potasse et 1 centimètre cube d'acide chlorhydrique, on fait bouillir, on refroidit et on rétablit le volume.

On prend 100 centimètres cubes, on y ajoute 2-3 centimètres cubes de sulfocyanure de potassium au 1/10° + 1 centimètre cube d'acide chlorhydrique.

On compare la couleur avec une solution type.

Hydrotimétrie. — Principe. — Le savon précipite par les sels de chaux et de magnésie, par l'acide carbonique et par le sel marin, et ne mousse que lorsque tout est précipité.

Définition du degré hydrotimétrique.

1° = 0,1 gr. de savon ; mais le savon est variable, celui de l'époque de la création de la méthode correspondait à 0,0114 $CaCl^2$.

Le degré français = 0,7 de degré anglais [1].
— — = 0,56 — allemand.

La burette spéciale était faite pour ce savon, elle est inutile aujourd'hui.

On prend 40 grammes de savon blanc rapé, bien exempt d'alcali ; on les dissout dans 600-700 d'alcool au bain-marie ; on filtre, on complète à 1 litre, il faut attendre que les grumeaux soient déposés.

On établit d'abord le titre de la liqueur de savon, à l'aide d'une solution de 0,25 gr. de $CaCl^2$ par litre (0,225 gr. de carbonate pur + HCl évaporé à sec en calcinant légèrement).

Ou par 0,55 gr. de $BaCl^2 + H^2O$ cristallisé ce qui correspond à 0,25 de $CaCl^2$.

On prend un flacon de collection de 100 centimètres cubes, on y verse 50 centimètres cubes de solution saline, on verse du savon jusqu'à mousse persistante, soit N, le volume employé (si la solution est trop concentrée, il se forme une croûte qui gêne la mousse).

On répète avec de l'eau distillée, soit γ.

Donc $n = N - \gamma$.

On prend l'eau à essayer, on détermine n_1 (correction faite).

La quantité x de matière agissante est telle que

$$\frac{x}{n_1} = \frac{0,25}{n} \qquad x = \frac{n_1}{n} \times 0,25$$

Or 1° = 0,0114.

Donc le degré (d'après la définition) est $\frac{n_1}{n} \times \frac{0,25}{0,0114} = \frac{n_1}{n} \times 21,93$.

2° On procède ensuite à une opération après élimination des sels de chaux, sur 100 centimètres cubes d'eau auxquels on ajoute 2^{cc} d'oxalate d'ammoniaque.

Après un dépôt de trois quarts d'heure, on filtre ; on prend 51 centimètres cubes pour avoir 50.

On détermine n_2 (sels de magnésie et CO^2 libre).

3° Dans un ballon à réfrigérant ascendant, on évapore 150 centimètres cubes d'eau pendant un quart d'heure.

[1] Le degré anglais c'est un grain de CO^3Ca dans un gallon ou 70 000 grains d'eau ; cela fait 0,0143 par litre. Le degré allemand c'est 1 gramme de CaO dans 100 litres.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

On agite pour saturer le liquide du précipité.

Tout l'acide carbonique de la magnésie est déposé en carbonate de chaux (s'il y a assez de chaux).

Ce qui reste représente la magnésie et les sels de chaux autres que les carbonates.

On refait une opération.

On diminue de 3 pour tenir compte du carbonate de chaux légèrement soluble, on a n_3.

4° On reprécipite le liquide à l'oxalate d'ammoniaque, on a la magnésie n_4.

Donc

$$\begin{aligned} n_1 &= CO^2 + C^{te} \text{ de } Ca + \text{sels de } Ca + MgO \\ n_2 &= CO^2 + MgO \\ n_3 &= \text{sels de } Ca + MgO \\ n_4 &= MgO. \end{aligned}$$

d'où

	EN DEGRÉS HYDROMÉTRIQUES
n_4 = magnésie	$\frac{n_4}{n} \times 21{,}93$ = magnésie
$n_3 - n_4$ = sels de chaux	$\frac{n_3 - n_4}{n} \times 21{,}93$ = sels de chaux
$n_2 - n_4$ = acide carbonique	$\frac{n_2 - n_4}{n} \times 21{,}93$ = acide carbonique
$n_1 - n_2 - n_3 + n_4$ = carbonate de chaux	$\frac{n_1 - n_2 - n_3 - n_4}{n} \times 21{,}93$ = carbonate de chaux

$$1^{\circ}\ hy = 0{,}0114\ CaCl^2 = \frac{44}{111} \times 0{,}0114 = 0{,}0045\ CO^2$$

$$- = - = \frac{136}{111} \times 0\ 0114 = 0.0128 \text{ sulfate de chaux}$$

$$- = - = \frac{100}{111} \times 0{,}0114 = 0{,}01026 \text{ carbonate de chaux}$$

$$- = - = \frac{40}{111} \times 0{,}0114 = 0{,}0041 \text{ magnésie.}$$

Le degré hydrotimétrique d'une eau de brasserie doit être compris entre 28 et 32.

Mais si la dureté est due en très grande partie au bicarbonate de chaux, le degré hydrotimétrique peut être plus élevé sans inconvénient, puisque le CO^3 Ca est éliminé par une ébullition préalable de l'eau.

Quand la dureté permanente est insuffisante, le brasseur peut l'augmenter en ajoutant à son eau du plâtre en proportion convenable. C'est ce qu'on appelle *burtoniser* l'eau. Le plâtre s'ajoute en poudre fine à l'eau en ébullition avant les trempes, ébullition qu'on prolonge jusqu'à ce que le plâtre soit entièrement dissout. On peut également le mélanger, en poudre, avec la farine de malt; l'eau des trempes le dissout peu à peu.

Ce qu'on vend sous le nom de sel de Burton est composé de :

Quatre parties de sulfate de chaux,

Une partie de sulfate de magnésie,

Trois parties de chlorure de sodium.

Méthode Peter. — L'auteur préconise le mode opératoire suivant, pour les eaux qui, outre les sels calcaires, sont très chargées en sels magnésiens; comme c'est le cas des eaux de rivière où se fait la vidange des eaux d'usines à chlorure de potassium.

Il mesure 100 centimètres cubes de l'eau à essayer, qu'il additionne de quelques gouttes d'une solution d'alizarine et titre à l'ébullition, avec une solution $\frac{N}{10}$ d'acide chlorhydrique jusqu'à virage de la coloration couleur d'oignon en jaune, qui persiste même après une ébullition prolongée. En multipliant par 4,87 le nombre de centimètres cubes d'acide employés, on obtient la dureté *temporaire* en degrés hydrotimé-

IRIS - LILLIAD - Université Lille

triques français puisque 1 centimètre cube $\frac{N}{10}$ HCl = 2,8 mgr. CaO dans 100 centimètres cubes et correspond à 0,028 gr. par litre ou à 0,555 de $CaCl^2$ ou à $\frac{0,0555}{0,0114} = 4,87$ degrés hydrotimétriques.

L'eau neutralisée est ensuite additionnée d'un *excès* d'une solution $\frac{N}{10}$ de soude et d'un égal volume d'une solution $\frac{N}{10}$ de carbonate de sodium, bouillie quelques minutes, refroidie à 15° et complétée à 200 centimètres cubes.

On filtre 100 centimètres cubes et titre l'alcali en excès avec une solution $\frac{N}{10}$ d'acide chlorhydrique en se servant de l'orangé de méthyle comme indicateur. En multipliant le nombre de centimètres cubes de soude $\frac{N}{10}$ utilisés, par 2 et par 4,87 on obtient la dureté totale en degrés hydrotimétriques français.

Dosage des matières organiques. — 1° On se fait une idée assez exacte du poids de ces matières en comparant les poids de l'extrait sec et de l'extrait calciné au rouge sombre. Cependant le procédé est incertain s'il y a des nitrates et de l'ammoniaque;

2° Dosage des matières organiques par la réduction du permanganate.

Ce procédé est en définitive très aléatoire, car les différentes matières organiques ne réduisent pas le permanganate proportionnellement à leur poids; de plus leur action dépend de la température, de la durée, de l'état d'acidité ou d'alcalinité de l'eau, etc.

En particulier la présence du chlore est une cause d'erreur certaine à cause de la décomposition spéciale du permanganate; on doit toujours dans un dosage précis éliminer ce corps par de l'oxyde d'argent humide.

D'ailleurs tous les procédés en milieux acides sont mauvais car l'acide manganique perd de l'oxygène à chaud. Cependant dans certains procédés à froid (par exemple : procédé Franckel: trois heures de contact à froid) l'inconvénient est évité.

Deux procédés au permanganate en milieux alcalins sont surtout employés.

1° *Procédé du laboratoire municipal de Paris.* — Sur 100 centimètres cubes d'eau on opère ainsi :

On ajoute 20 centimètres cubes de bicarbonate de soude saturé et 20 centimètres cubes de permanganate, on fait bouillir dix minutes, on refroidit rapidement, on ajoute 10 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/5 et 20 centimètres cubes de sulfate de fer et on ramène au rouge par une solution de permanganate.

On opère ensuite de même sur 200 centimètres cubes et on prend la différence. La solution de sulfate de fer est obtenue comme plus haut par solution de fil de clavecin, elle est correspondante de la solution de permanganate; celle-ci est telle que 1 centimètre cube correspond à 0,0001 gr. d'oxygène.

2° *Méthode de Montsouris.* — On traite successivement 100 et 200 centimètres cubes d'eau par 3 centimètres cubes de bicarbonate de soude au 1/10 par 5, 10, 15 centimètres cubes de permanganate; on fait bouillir dix minutes, on refroidit lentement, on ajoute 4 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/2 normal, 4 centimètres cubes de sulfate de fer ammoniacal (31,36 gr. par litre + 4 centimètres cubes d'acide sulfurique).

On titre l'excès de fer par le permanganate au 1/50 normal dosé à l'acide oxalique.

Un *dosage plus précis* des matières organiques de l'eau consiste à en évaporer plusieurs litres; à chasser l'acide carbonique par l'acide chlorhydrique, à évaporer à sec, à détacher le dépôt en le frottant avec du sable et à en faire la combustion de manière à doser le carbone.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

TROISIÈME ANNEXE

MACHINES A GLACE

Différents types.

Les machines à glace marchant par l'air comprimé ne donnent jamais plus de 15 p.100 d'un rendement idéal. A cause de la faible capacité calorifique de l'air il faut mettre en œuvre des volumes considérables ce qui cause, outre l'encombrement, des pertes passives énormes. Elles ont besoin à cause de cela d'être entretenues avec beaucoup de soin.

La meilleure disposition est une compression en deux temps avec refroidissement intermédiaire. Il faut employer de 60 à 80 litres d'eau au compresseur par frigorie. Dans les meilleures conditions on a 500 frigories par cheval-heure; mais on tombe facilement à 350.

Ces machines sont supplantées par les machines à gaz liquéfiables. Au point de vue pratique les gaz employés sont l'acide sulfureux, le chlorure de méthyle, l'ammoniaque, l'acide carbonique.

Les machines à gaz sulfureux ne se prêtent pas très bien à l'obtension de très basses températures, parce que les tensions de vapeur aux températures ordinaires ne sont pas très fortes. Mais les températures obtenues suffisent en brasserie. D'autre part dans les pays chauds à cause même de leurs faibles tensions elles offrent des avantages.

On compte qu'il faut aspirer 9-10 litres de gaz au compresseur par frigorie produite. C'est un volume considérable et l'acide sulfureux est assez coûteux. Les fuites sont très gênantes.

Le chlorure de méthyle a des tensions plus élevées que SO^2. On a donc facilement des températures plus basses. Il a l'inconvénient d'être cher et inflammable.

L'ammoniaque anhydre est peu cher (3 francs à 3,50 fr. le kilogramme), a une activité frigorifique très grande, et on peut s'en servir pour obtenir les plus basses températures; dans les climats chauds l'appareil peut encore supporter la tension de vapeur du gaz.

Les inconvénients ce sont les fuites et l'attaque du cuivre. Il se dissout dans l'huile de sorte que les machines doivent être munies de séparateurs d'huile.

C'est le corps le plus employé. Par frigorie il faut 4 à 5 litres, ce qui est bien moins lourd que pour l'acide sulfureux.

L'acide carbonique a le défaut d'avoir une tension considérable et un point critique bas; de sorte qu'il faut éviter tout échauffement à la compression. Ordinairement on la fait en deux temps avec refroidissement intercalaire.

Il ne peut servir dans les pays chauds. L'appareil doit résister à 70 atmosphères au compresseur et à 20 atmosphères au condenseur. Quant au gaz carbonique il est très bon marché et les fuites n'ont d'autre inconvénient que la perte de gaz. Il faut par frigorie introduire 1/3 à 1/2 litre de gaz.

On a aussi employé le mélange de $SO^2 + CO^2$ mais on y a renoncé.

Organisation d'une machine à gaz liquéfiable. — Toute machine frigorifique à gaz liquéfiable comporte (fig. 173) :

1° Un compresseur C.
2° Le condenseur refroidisseur L.
3° Le détendeur A.
4° Le réfrigérant R.
5° Une bouteille de gaz liquéfié alimentaire B.

Dans les compresseurs qui sont tantôt à simple, tantôt à double effet, les soupapes sont automatiques, de la plus grande section possible et munies d'un *dash-pot*, sorte d'amortisseur gazeux.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les presse-étoupes ou Stuffing box doivent être solides pour résister aux grandes pressions.

Quand le cylindre est à simple effet, on fait porter la pression sur le fond, le presse-étoupe n'ayant qu'à supporter l'effet de l'aspiration.

Ou bien on met un double presse étoupe et l'espace intermédiaire est rempli d'huile que dans certaines machines Fixary, on congèle par une dérivation du gaz ammoniac. Dans d'autres appareils le joint est plongé dans un bain d'huile sous pression, dans d'autres tout le corps de pompe est plongé.

Les pistons sont ordinairement à segments métalliques, embrassant la forme du fond du cylindre. On a essayé des pistons liquides qui laissent s'échapper de l'huile avec le gaz.

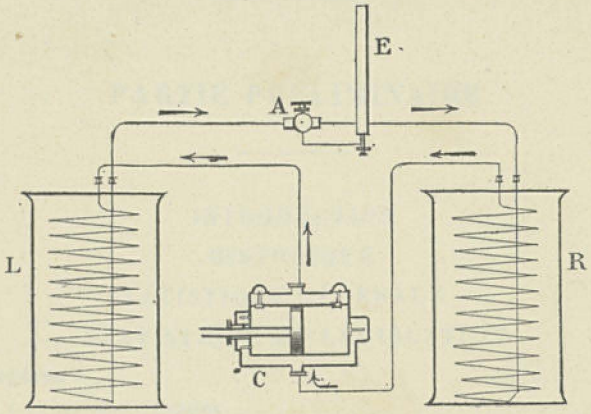


Fig. 173. — Machine à compression.

Il est superflu d'installer des chemises d'eau ou des pistons à circulation.

Les condenseurs refroidisseurs sont des tubulaires ou des serpentins noyés dans l'eau froide. Ce dernier système a moins de joints. C'est aussi dans les machines à faible pression une sorte de réfrigérant Baudelot. Dans les machines à forte pression il y a une disposition analogue avec refroidissement par une dérivation du fluide liquéfié.

Le liquide condensé sort et se rend au détenteur qui n'est ordinairement qu'un robinet à pointe placé immédiatement au-dessus du réfrigérant.

Dans les machines à acide carbonique il y a un véritable détendeur.

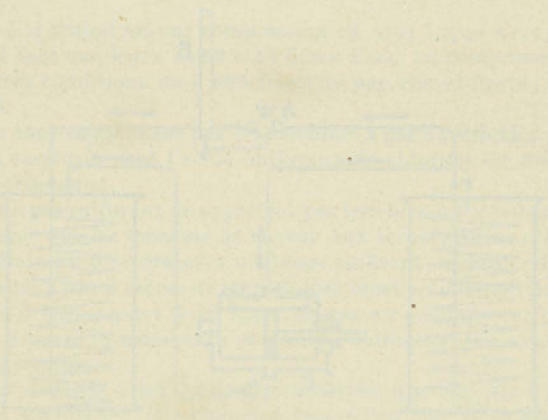
Quant aux réfrigérants ils dépendent de la nature du travail.

En brasserie il y en a de deux sortes :

Ceux qui servent à refroidir les caves qui sont constitués par des jeux d'orgues circulant dans les caves et ceux qui servent à faire de la glace, jeu d'orgue ou serpentin circulant dans un bain incongelable de chlorure de calcium dans lequel plonge des mouleaux remplis d'eau. Le bain doit être agité.

Choix d'une machine à glace. — En brasserie à cause de la présence du cuivre, les appareils à acide sulfureux et à acide carbonique sont les meilleurs ; malgré un prix d'achat plus élevé il convient de préférer l'acide carbonique. Le chlorure de méthyle peut donner de bons résultats en prenant des précautions contre l'incendie.

IRIS - LILLIAD - Université Lille



IRIS - LILLIAD - Université Lille

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE PRÉLIMINAIRE 1

INTRODUCTION 1

HISTORIQUE 2

STATISTIQUE GÉNÉRALE 5

STATISTIQUE ET LÉGISLATION 6

Nations étrangères 6

PAYS D'IMPOT A LA MATIÈRE PREMIÈRE 6
Norvège 6
Allemagne 7
Wurtemberg 8
Bavière 8
Grand-duché de Bade 9
Luxembourg 9
Alsace-Lorraine 9
Belgique 10
Pays-Bas 11
Russie 11

PAYS D'IMPOT A LA DENSITÉ ET AU VOLUME 12
Angleterre 12
Autriche-Hongrie 13
Italie 14

PAYS D'IMPOT SUR LA BIÈRE FABRIQUÉE 14
Etats-Unis 14
Serbie 15
Roumanie 15
Danemark 16
Grèce 16

PAYS NON IMPOSÉS 16
Espagne 16
Bulgarie 16
Suisse 17
Suède 17
Portugal 17
Indes Britaniques 17
République Argentine 17
Brésil 17

IRIS - LILLIAD - Université Lille

France 18
STATISTIQUES 18
LÉGISLATION 19
Droits de douane 19
Législation intérieure 20

TECHNIQUE DE LA FABRICATION 22

DÉFINITIONS 22

DIFFÉRENTES SORTES DE BIÈRE 22

PREMIÈRE PARTIE 25

ÉTUDE DES MATIÈRES PREMIÈRES 25

De l'Eau 25
ROLE DE L'EAU 25
COMPOSITION DE L'EAU 27
Sels de chaux 27
Bicarbonate de chaux 28
Sulfate de chaux 28
Sels de magnésie 30
Sels de soude 30
Sels de fer 31
Chlorures 31
Composés azotés 32
Ammoniaque 32
Acide nitreux 32
Acide nitrique 32
Matières organiques 33
Micro-organismes de l'eau 34
Quelques analyses d'eau 35
RÉSERVOIRS 37
ORIGINE DES EAUX 39
EPURATION DES EAUX 40
Moyens mécaniques 40
Traitement chimique 41
Choix des méthodes 42
RÉFRIGÉRATION DE L'EAU 43

Houblon 44
HISTORIQUE 43
AIRE DE CULTURE 44
STATISTIQUE GÉNÉRALE 45
Statistique française 45
ÉTUDE GÉNÉRALE DU HOUBLON AU POINT DE VUE BOTANIQUE 47
Caractères botaniques 47
Physiologie du houblon 51
CULTURE 52
Climat de terrain 52
Engrais 53
Perches 54
VARIÉTÉS 54

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Classifications . . . 55
Quelques sous-variétés . . . 55
Bohême, Saaz, Bavière, Spalt . . . 56
Grand-duché de Bade, Schwetzingen, Sandhausen, Wurtemberg, Rottenbourg . . . 56
Alsace . . . 57
Bourgogne . . . 57
Lorraine . . . 57
Meurthe-et-Moselle . . . 57
Nord . . . 58
Belgique, Poperinghe, Alost . . . 58
Angleterre, Goldings . . . 58
Amérique . . . 58
Classification mathématique des variétés . . . 58

MALADIES DU HOUBLON . . . 59
Maladies d'origine mal connue . . . 59
Brûlure . . . 59
Rouille rouge . . . 59
Maladies dues à des plantes . . . 60
Podosphœra castagnei . . . 60
Fumcago Salicina . . . 60
Insectes parasites . . . 60
Traitement des houblons malades . . . 61
Récolte du houblon sain chez le producteur . . . 61
Récolte . . . 91
Triage . . . 61
Séchage . . . 62
Principes de la conservation du houblon . . . 63
Causes d'altération . . . 63
Micro-organismes . . . 63
Diastases . . . 64
Agents extérieurs . . . 64

SOINS CHEZ LE MARCHAND . . . 64
Soufrage . . . 65
Théorie du soufrage . . . 65
Ensachage . . . 65
Magasinage . . . 66

SOINS CHEZ LE BRASSEUR . . . 6s

MOYENS DE CONSERVATION ANORMAUX . . . 67
Procédé de Louis Boulé . . . 67
Procédé de Breithaupt . . . 68

EXAMEN PHYSIQUE DU HOUBLON . . . 68
Qualités extérieures . . . 68
Examen général . . . 68
Examen des cônes. Forme . . . 68
Grandeur . . . 68
Uniformité . . . 68
Intégrité . . . 68
Bractées . . . 69
Axe . . . 69
Odeur des cônes . . . 69
Viscosité . . . 69
Lupuline . . . 70
Houblon soufré et pressé . . . 70
Méthode de pointage de Berlin . . . 70
Essais mécaniques . . . 71
Méthode de Haberlandt . . . 71
Méthode de Rémy . . . 72
Analyse d'après l'arome et la finesse . . . 72

CHIMIE DU HOUBLON . . . 73

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Huile essentielle . . . 73
Résines . . . 75
Acide amer . . . 78
Tanin . . . 79
Préparation et propriétés du tanin . . . 80
Transformation du tanin en phlobaphène . . . 81
Rôle du tanin . . . 81
Cire . . . 84
Acides . . . 84
Matières azotées . . . 84
Alcaloïde du houblon . . . 84
Diastase du houblon . . . 85
Autres substances . . . 85
Matières minérales . . . 86

HOUBLON CONSERVÉ . . . 86

ANALYSE DU HOUBLON . . . 86
Humidité . . . 87
Extrait aqueux . . . 87
Extrait alcoolique . . . 87
Extrait par l'éther de pétrole . . . 87
Méthode Lintner . . . 88
Dosage du tanin . . . 88
Méthodes à la peau . . . 89
Méthodes par oxydation . . . 89
Méthode au permanganate . . . 89
Méthode Neubauer-Lowenthal . . . 89
Méthode Neubauer-Lowenthal et Schroder . . . 90
Autres méthodes par oxydation . . . 90
Méthodes à l'iode . . . 90
Remarque sur le dosage du houblon . . . 91
Conclusions à tirer de l'analyse d'un houblon . . . 91
Exemples d'analyses . . . 91
Preuve du soufrage . . . 93

HABITUDES COMMERCIALES . . . 94

DÉRIVÉS DU HOUBLON . . . 95

Orge . . . 95

STATISTIQUE . . . 96
France et pays étrangers . . . 96
France . . . 97

PRIX DE VENTE . . . 99

CARACTÈRES BOTANIQUES . . . 99
Classification des orges . . . 100
Orges à six rangs . . . 100
Orges à quatre rangs . . . 101
Orges à deux rangs . . . 102
Variétés . . . 102
Variétés longues . . . 102
Variétés courtes . . . 103
Orge éventail . . . 103

CULTURE DE L'ORGE . . . 103
Climat . . . 103
Terrain . . . 104
Assolement . . . 104
Préparation du sol . . . 104
Semailles . . . 104
Engrais . . . 104
Moisson . . . 105

IRIS - LILLIAD - Université Lille

CONSERVATION 105

CHOIX DE L'ORGE DE BRASSERIE 105

ANALYSE DE L'ORGE 106
Prises d'échantillons 106
Cas des sacs 106
Cas des tas 106
Cas des couches 106
Examen organoleptique 106
Couches 107
Couleur 107
Odeur 107
Grosseur 108
Pureté 108
Poids 108
Poids absolu 108
Poids volumétrique 109
Amande et Embryon 110
Grains glacés 111
Embryon 113
Pouvoir germinatif 114
Variations du pouvoir germinatif 115
Énergie germinative 116
Cas des grains mouillés 115
Des Enzymes 118
Propriétés générales 119
Classification 119
Enzymes de l'orge naturelle 120
Enzymes de l'orge germée 121
Cytase 121
Diastase 121
Préparation de la diastase globale 122
Lois de la saccharification 123
Substances activantes et retardatrices 126
Enzymes pectasiques 127
Enzymes oxydants 127
Enzymes coagulants 128
Enzymes peptonisants 129
Glucase du maïs vert 130
Diastases des germes de blé 130
Étude chimique de l'orge 130
Humidité 131
Hydrates de carbone 132
Cellulose 132
Propriétés de la cellulose 132
Amidon 133
Modifications de l'amidon en présence de l'eau 134
Empois d'amidon 134
Rétrogradation de l'empois 135
Propriétés chimiques de l'amidon 135
Action de la chaleur 135
Action de l'iode 135
Action des oxydants 136
Action des bases 136
Action des acides 136
Amidon soluble 137
Action de la diastase 137
Isomaltose et malto-dextrine 138
Dextrines stables 139
Hydrates de carbone divers 140
Maltose 140

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Autres substances solubles de l'orge . . . 141
Matières azotées de l'orge . . . 142
Matières grasses, de l'orge . . . 144
Matières minérales . . . 144
Acidité . . . 144
Analyse de l'orge . . . 145
Humidité . . . 145
Dosage de l'amidon . . . 145
Méthodes par dosage de la glucose . . . 145
Méthodes de première approximation . . . 145
Méthode de Sachsse . . . 145
Méthode Reinke . . . 146
Méthode Mœrcker . . . 146
Méthodes de deuxième approximation . . . 147
Méthode de dosage de l'amidon par fermentation de la glucose . . . 147
Méthode Effront . . . 147
Méthode Lindet . . . 148
Dosage de l'amidon par le malt . . . 149
Dosage des hydrates de carbone autres que les sucres de l'amidon . . . 149
Dosage des pentosanes . . . 149
Dosage des sucres et dextrines préexistants . . . 150
Dosage de la cellulose . . . 152
Dosage de l'azote . . . 152

DEUXIÈME PARTIE 155

MALTAGE 155

Préliminaires . . . 155

Théorie du maltage . . . 155

DESCRIPTION DU GRAIN D'ORGE . . . 155

PHYSIOLOGIE DE LA GERMINATION . . . 156
Mécanisme de l'alimentation de l'embryon . . . 156
Chimie de la germination . . . 157

Technique du maltage . . . 159

PRÉLIMINAIRES . . . 159

DIVISION DU TRAVAIL . . . 159
Manutention . . . 160
Nettoyage et triage . . . 160
Lavage . . . 162
Appareil Galland . . . 162
Mouillage ou trempage de l'orge . . . 165
Pratique du mouillage . . . 163
Renouvellement de l'eau . . . 163
Durée du mouillage . . . 164
Qualités d'un bon mouillage . . . 165
Contrôle du mouillage . . . 166
Examen organoleptique . . . 166
Contrôle par le poids . . . 166
Aération du grain . . . 167
Trempes aérées . . . 167
Méthodes par ressuyage . . . 168
Procédé Balling . . . 168
Procédé Pruvez . . . 168
Autres systèmes . . . 168
Emploi des antiseptiques . . . 168

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Eau de chaux . . . 168
Vidange des cuves . . . 169
Cuves mouilloires . . . 170
Construction . . . 170
Capacité . . . 171
Nombre de cuves . . . 171
Quantité d'eau nécessaire . . . 172
Chimie de la trempe . . . 172
Respiration de l'orge . . . 174
Modifications chimiques amenées par la trempe . . . 175
Exemples de l'effet de la trempe . . . 177
Conclusions . . . 177
Travail au germoir . . . 177
Transport des grains trempés . . . 177
Germination . . . 178
Maltage sur aire . . . 178
Maltage usuel à sueur froide . . . 178
Température . . . 180
Pelletages . . . 181
Feutrage . . . 183
Séchage des couches . . . 184
Arrosages . . . 184
Durée de la germination . . . 185
Remarques . . . 185
Maltage forcé . . . 186
Caractères d'un bon malt . . . 186
Signes extérieurs . . . 186
Plumule . . . 186
Radicelles . . . 186
Odeur . . . 187
Désagrégation . . . 187
Moisissures . . . 187
Maltages spéciaux . . . 187
Maltage bavarois . . . 187
Germination froide du malt de Munich . . . 188
Maltage viennois . . . 188
Maltage bohémien . . . 189
Maltage anglais . . . 189
Maltage des orges anormales . . . 189
Installation des germoirs . . . 190
Sol . . . 190
Sous-sol . . . 191
Murs . . . 191
Ventilation . . . 191
Dimensions du germoir . . . 192
Surface . . . 192
Accessoires . . . 193
Maltage pneumatique . . . 193
Historique . . . 193
Avantages du maltage pneumatique . . . 194
Inconvénients . . . 196
Hydrateurs d'air . . . 196
Système Galland . . . 196
— Saladin . . . 197
— d'Anthonay . . . 198
Réglage de la température de l'air humide . . . 198
Appareils de maltage pneumatique . . . 198
Systèmes à cases . . . 198
1er système Galland . . . 198
Système Saladin . . . 199
Installation des cases . . . 199

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Aération des cases . . . 201
Retourneurs . . . 202
Marche de la germination . . . 204
Exemple d'un maltage pneumatique en cases Saladin . . . 205
Force motrice . . . 205
Comparaison du système Saladin au système sur aire . . . 205
Autres systèmes . . . 205
Systèmes à tambours . . . 207
Système Galland . . . 207
Grandeur des tambours . . . 208
Aération . . . 208
Dépense d'air et d'eau . . . 209
Retourne . . . 211
Marche de la germination . . . 212
Force motrice . . . 213
Résultats des systèmes à tambours ; comparaison avec les autres systèmes. 213
Chimie de la germination . . . 215
Influence de l'eau . . . 215
Influence de l'air . . . 216
Rôle de l'oxygène . . . 216
Production d'acide carbonique . . . 216
Cellulose . . . 218
Amidon . . . 218
Modification diastasique de l'amidon . . . 218
Sucres préexistants . . . 219
Modification des matières grasses . . . 221
Modification des matières minérales . . . 222
Modification des matières azotées . . . 223
Diastases . . . 224
Produit net de la diastase . . . 224
Répartition de la diastase dans le grain d'orge en germination . . 225
Désagrégation . . . 226
Radicelles . . . 228
Influence de la température sur le maltage . . . 228
Influence de la lumière . . . 228
Influence des agents chimiques . . . 229
Pertes au maltage . . . 229
Séchage du grain . . . 230
Greniers d'aérage . . . 230
Touraillage du malt . . . 231
But du touraillage . . . 231
Tourailles proprement dites . . . 232
Tourailles à feu direct . . . 233
Tourailles à air chaud . . . 235
Tourailles à tuyaux horizontaux . . . 235
Tourailles à tuyaux verticaux . . . 236
Tourailles combinées . . . 238
Tourailles à plateaux indépendants . . . 238
Installation d'une touraille . . . 238
Foyer . . . 240
Chambre de chaleur . . . 240
Plateaux . . . 241
Tôle perforée . . . 241
Tôle métallique . . . 241
Briques perforées . . . 242
Montage des plateaux . . . 242
Dimensions des plateaux . . . 243
Retourneurs mécaniques . . . 243
Thermomètres . . . 245
Épreuve du malt à la touraille . . . 246
Pratique du touraillage . . . 247

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Préliminaires . . . 247
Marche des opérations . . . 248
Retournes . . . 249
Touraillages spéciaux . . . 251
Touraillage bavarois . . . 251
Touraillage viennois . . . 251
Touraillage de Pilsen . . . 252
Touraillage anglais . . . 252
Du touraillage en tambour . . . 253
Théorie du touraillage . . . 254
Transformations au touraillage . . . 254
Transformations anatomiques . . . 254
Allongement de la plumule . . . 254
Épuisement du scutellum . . . 255
Transformations de l'endosperme . . . 255
Influence sur la teneur en sucre . . . 255
Etat des grains d'amidon . . . 255
État des membranes cellulosiques . . . 256
Modifications dans les matières azotées enzymatiques . . . 256
Séchage et autres modifications chimiques . . . 257
Séchage . . . 257
Modifications des matières sucrées et analogues . . . 257
Augmentation de l'acidité . . . 258
Modifications des matières minérales . . . 258
Modifications des matières azotées . . . 259
Affaiblissement du pouvoir diastasique . . . 259
Influence du touraillage sur les opérations du brassage . . . 259
Transformation des matières grasses . . . 260
Formation des produits aromatiques et colorants . . . 261
Produits aromatiques . . . 261
Produits colorants . . . 261
Comparaison du malt sec et de l'orge . . . 261
Expériences de Lermer . . . 262
Rendement au maltage . . . 264
Résumé . . . 264
Combustible nécessaire pour le touraillage . . . 265
Prix de revient du malt . . . 266
Touraillons . . . 266
Toilette et conservation du malt . . . 267
Préliminaires . . . 267
Toilette du malt . . . 268
Dégermage . . . 268
Dégermeuse . . . 268
Polissage du malt . . . 269
Conservation du malt . . . 270
Silos . . . 270
Traitement du malt ayant repris de l'humidité . . . 270
Soufrage . . . 270
Malts colorants . . . 271
Préparation . . . 271
Composition des malts colorants . . . 271

Analyse du malt . . . 273

ÉCHANTILLONNAGE . . . 273

ESSAI PHYSIQUE . . . 274

ESSAI CHIMIQUE . . . 276
Méthode de Berlin . . . 276
Humidité . . . 276
Rendement . . . 276
Nature de la farine . . . 277
Mode opératoire . . . 278

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Interprétation des résultats. Calcul . . . 280
Couleur du moût . . . 281
Dosage du sucre . . . 281
Autres déterminations utiles . . . 282
Pouvoir diastasique . . . 282
Méthode de Lintner . . . 282
Pouvoir liquéfiant . . . 283
Autres déterminations . . . 284
Acidité . . . 284
Phosphates . . . 284
Cassure . . . 284
Sucres préexistants . . . 285
Azote . . . 285
Valeur d'un malt d'après l'analyse . . . 285
Humidité . . . 285
Rendement . . . 285
Sucre . . . 286
Coloration . . . 286
Durée de la saccharification . . . 286
Azote; travaux de Kukla . . . 286
Méthode de Boone . . . 287
Méthode de Prior . . . 287

Cas des grains crus . . . 291
RENDEMENT D'UN GRAIN CRU . . . 291
ÉLÉMENTS ACCIDENTELS DU MALT . . . 292
De l'arsenic. Recherches de l'arsenic dans le malt ou la glucose . . . 292
Essais qualitatifs. Méthodes Thomson, Reinser . . . 292
Essais quantitatifs . . . 292
Du soufre . . . 293

Installation d'une malterie . . . 293
MONTE-CHARGES . . . 294
CHAINE A GODETS . . . 295
VIS D'ARCHIMÈDE . . . 296
TOILE SANS FIN . . . 296
PROPORTIONS DES LOCAUX ET APPAREILS . . . 297

Livres de maltage . . . 300

Succédanés du malt . . . 301
RIZ . . . 301
MAÏS . . . 302
Grits . . . 304
Maïs en pellicules . . . 306
GLUCOSES . . . 306
SACCHOROSE . . . 308
MÉLASSES . . . 310
COLORANTS . . . 301

TROISIÈME PARTIE 311

DE LA LEVURE 311

Rôle de la levure . . . 311
MORPHOLOGIE DE LA LEVURE . . . 311
REPRODUCTION DE LA LEVURE . . . 312

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Bourgeons . . . 313
Spores . . . 312
Nutrition de la levure . . . 315
Aération de la levure . . . 315
Alimentation saline . . . 315
Alimentation azotée . . . 315
Alimentation hydrocarbonée . . . 317
Autophagie et autolyse des levures . . . 318
Influences extérieures . . . 319
Antiseptiques . . . 321
Produits de la vie des cellules . . . 322
Enzymes des levures . . . 322
Enzymes hydrolisants . . . 322
Sucrase . . . 322
Préparation . . . 322
Facteurs de l'action de la sucrase . . . 322
Quantité . . . 323
Temps . . . 323
Milieu . . . 323
Aération . . . 324
Maltase . . . 325
Mélibiase . . . 326
Enzymes oxydants . . . 326
Zymase . . . 326
Propriétés réductrices de la levure . . . 329
Enzymes protéolytiques . . . 329
Peptase . . . 329
Présure . . . 330
Autres produits de l'action des levures . . . 330
Du pouvoir ferment . . . 331
De la vitesse de fermentation . . . 332
Classification des levures . . . 333
Saccharomyses cerevisæ . . . 334
Levures types . . . 337
Levures sauvages . . . 338
Origine . . . 338
Pastorianus . . . 339
Ellipsoïdeus . . . 341
Levures sauvages de Will . . . 342
Schizosaccharomyces Pombe . . . 342
Saccharomyces apiculatus . . . 342
Saccharomyces exiguus . . . 343
Saccharomyces Maxianus . . . 343
Torulas . . . 343
Mycoderma Cerevisiæ . . . 344

AUTRES MICROBES 346

Moisissures . . . 346

Bactéries . . . 349

Notions générales . . . 349
Origine des bactéries en brasserie . . . 351
Influence de la saison . . . 351
Influence de la température et de l'état atmosphérique . . . 351
Influence du milieu . . . 352
Étude des espèces trouvées en brasserie . . . 352
Ferments acétiques . . . 353
Ferments lactiques . . . 356

MUSÉE COMMERCIAL LILLE

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Bacille de Lindner . . . 357
Bacille de la bière tournée . . . 357
Bacille de la bière blanche de Berlin . . . 358
Ferments butyriques . . . 358
Diverses espèces . . . 359
Ferments visqueux . . . 360
Bacille fasciforme . . . 361
Sarcines et Pediococcus . . . 362
Diverses espèces . . . 363
Travaux de Hjelte Claussen . . . 363
Bactérium termo et bacille subtilis . . . 364

APPLICATION DES DONNÉES MICROBIOLOGIQUES 365

Sélection naturelle de la levure . . . 365

Expériences de Münsch . . . 365
Moyens pratiques de réaliser une sélection naturelle . . . 367
Ensemencement des cuves l'une par l'autre . . . 367
Récolte de la levure . . . 367
Transvasements . . . 367
Procédé américain . . . 367
Pied de levain . . . 368
Acide tartrique . . . 368

Culture des levures pures . . . 368

Méthode de sélection . . . 369
Méthode Pasteur . . . 369
Méthode de sélection de Hansen . . . 369
Appareil . . . 370
Préparatifs . . . 372
Stérilisation . . . 373
Substances nutritives . . . 373
Liquides . . . 373
Solides . . . 373
Méthode de culture sur plaques . . . 374
Emploi de la chambre humide . . . 375
Méthodes des gouttelettes suspendues . . . 376

Propagation des levures . . . 376
Appareil de Hansen . . . 377
Appareil de Fernbach . . . 378

Examen microscopique de la levure . . . 379
Levures mortes (note) . . . 380

Stérilisation en brasserie . . . 380

QUATRIÈME PARTIE 383

FABRICATION PROPREMENT DITE 383

Brassage . . . 383

Théorie du brassage . . . 383
Transformation pendant le brassage . . . 384
Matières azotées . . . 384
Matières minérales . . . 384
Saccharification . . . 386
Rôle de la dextrine . . . 387
Influences diverses . . . 387

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Influences des températures . . . 387
Influence de la durée . . . 389
Expériences de Windisch et Hasse . . . 389
Influence de la concentration . . . 390
Influence de l'état du malt . . . 391
Théorie des retours . . . 392
Théorie des lavages . . . 392

TECHNIQUE DU BRASSAGE . . . 393
Concassage du malt . . . 393
Principe du concassage . . . 393
Contrôle de la mouture . . . 394
Moulins, concasseurs . . . 394
Système bavarois . . . 395
Système à trois cylindres . . . 396
Dimensions d'un moulin concasseur . . . 396
Annexes du moulin . . . 396
Brassage . . . 397
Appareils de brassage . . . 397
Cuve-matières . . . 397
Faux fonds . . . 397
Agitateurs mécaniques . . . 399
Appareils à mouvements verticaux . . . 400
Appareils à mouvements horizontaux . . . 401
Appareils à mouvements combinés . . . 401
Batterie de clarification . . . 403
Faux-bucq . . . 404
Réverdoir . . . 404
Hydrateurs . . . 405
Hydrateurs automatiques . . . 405
Hydrateurs mécaniques . . . 406
Cuves de clarification . . . 407
Filtre-presses . . . 407
Croix écossaises . . . 408
Chaudières . . . 408
Chaudières à houblonner . . . 409
Chaudières à dickmaisches . . . 410
Chauffage des chaudières . . . 411
Chauffage à feu nu . . . 411
Chauffage à la vapeur . . . 413
Avantages de la vapeur . . . 414
Description des chaudières à vapeur . . . 415
Surface de chauffe . . . 415
Comparaison des deux systèmes au point de vue du charbon . . . 418
Pompes . . . 420
Système à cascade et à demi-cascade . . . 420
Macérateur . . . 420
Dimensions des appareils . . . 421
Installation des salles de brassage . . . 422
Surface . . . 422
Pavage . . . 424
Murs . . . 423
Plafond . . . 423
Eclaircissements . . . 423
Procédés de brassage . . . 423
Définition . . . 423
Classification . . . 424
Quantités de malt à employer . . . 424
Quantités d'eau à employer . . . 425
Répartition de l'eau . . . 425
Procédé par infusion . . . 425
Méthode ascendante . . . 426

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Premier procédé 426
Deuxième procédé 426
Méthode descendante 426
Procédé par décoction 427
Définition 427
Description de la méthode 427
Salade 427
Première trempe 428
Première dickmaische 428
Deuxième trempe 428
Deuxième dickmaische 428
Troisième trempe 428
Lautermaische 428
Quatrième trempe 428
Durées des cuissons 429
Théorie du procédé 429
Avantages et inconvénients 430
Procédé mixte ou à moût trouble 431
Méthode Lindner 431
Autre méthode 431
Méthode lilloise 432
Variantes aux procédés de brassage 432
Méthode Habich du Satz froid 432
Méthode Schmitz 433
Méthode abrégée de Windisch 433
Brassage par sauts de Windisch 434
Étude comparative des procédés de brassage 435
Travaux de Schulze 435
Conclusions 436
Détails des opérations du brassage 436
Trempe préparatoire 436
Trempe de saccharification 437
Degré de la saccharification 438
Repos 439
Signes d'une bonne saccharification 439
Décoction 439
Infusion 439
Soutirage 439
Doit-on faire bouillir le moût de la trempe dès qu'on le rentre dans la chaudière 440
Caractères de la bière 441
Qualité du malt 441
Seconde trempe 441
Lavages et épuisement de la drèche 441
Arrosages 442
Procédé anglais 442
Procédé allemand 443
Autre procédé 443
Épuisement de la drèche 443
Température des eaux de lavage 444
Degré d'épuisement de la drèche 444
Brassage avec grains crus 446
Cas du riz et du maïs 446
Procédé en vase ouvert 447
Procédé par infusion 447
Procédé par décoction 447
Cuisson sous pression 448
Caractères des bières de grains crus 449
Bières au riz 449
Bières au maïs 449
Cas de l'orge crue et des autres céréales 450

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Emploi des sucres . . . 450
Emploi de la glucose . . . 452

Cuisson du moût . . . 452

THÉORIE DE LA CUISSON . . . 452
Coloration du moût . . . 453
Formation d'acides libres . . . 453
Coagulation des matières albuminoïdes . . . 453
Du tranché . . . 454
Matières azotées solubles . . . 454
Durée de l'ébullition . . . 455
Marche de l'ébullition . . . 456
Houblonnage . . . 456
Quantités de houblon . . . 457
Épuisement des houblons . . . 458
Amélioration de l'épuisement . . . 458
Extracteurs de houblon . . . 459
Pressurage et lavage du houblon cuit . . . 459
Pressurage du houblon . . . 459
Lavage du houblon . . . 460
Choix du houblon . . . 460
Substances qui s'ajoutent en chaudière . . . 460
Clarifiants . . . 460
Lichen Carraghéen . . . 461
Tanin . . . 461
Pieds de veau . . . 461
Colorants . . . 461
Produits aromatiques . . . 461
Autres produits . . . 461
Gypse . . . 461
Chlorure de sodium . . . 461

Refroidissement des moûts . . . 462

PRÉLIMINAIRES . . . 462
Refroidissement . . . 462
Dépôt des lies . . . 463
Trübsacs . . . 464
Oxygénation . . . 464
Appareils de refroidissement . . . 467
Bacs . . . 467
Installation des bacs . . . 469
Réfrigérants . . . 470
Réfrigérants ouverts . . . 470
Type Baudelot . . . 470
Système Morton . . . 471
Type Lawrence . . . 471
Réfrigérants à deux eaux . . . 471
Réservoirs à eau glacée . . . 472
Réfrigérants fermés . . . 474
Réfrigérants tubulaires . . . 474
Installation des réfrigérants . . . 475
Bacs fermés . . . 475
Système Laugering . . . 476
Marche des opérations avec les différents appareils . . . 477
Conclusions . . . 447

Cuves guilloires . . . 478
Contrôle du brassage . . . 478
Calcul du rendement . . . 478
Tables donnant le Balling, la densité à 17,5 et le produit du Balling par la densité . . . 479

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Tables donnant le produit du Balling par la densité à 17°,5 et par le binôme de dilatation de 15 à 17,5 479
Usage de cette table 479
Premier exemple 480
Deuxième exemple 480
Rendement en cuve-matière 481
Rendement en chaudière 482
Rendement sur le bac 483
Cas des grains crus 483
Calcul des rendements 483
Causes qui font varier le rendement 483
Qualité du malt 483
Mouture du malt 484
Brassage 484
Appareils 484
Fermentations 484
Atténuation 484
Définition 484
Importance de l'atténuation 485
Facteurs qui influent sur l'atténuation 485
Procédés de fabrication qui influent sur la composition hydrocarbonée du moût 487
Germination 487
Touraillage 488
Conservation du malt 489
Saccharification 489
Cuisson et houblonnage 489
Refroidissement 489
Concentration du moût 489
Fermentation 489
Addition de certaines substances 490
Forme de malt 490
Houblon sec 490

Fermentation des bières 491
AMORCE DE LA LEVURE 491
MISE EN LEVAIN 491
Caractères d'une bonne levure 491
Dégénérescence des levains 492
Nourriture trop exclusive 492
Mauvaise fermentation 493
Impuretés de la levure 493
Conservation des levains 493
Lavages de la levure 493
Levure pressée 494
Expédition de la levure 495
Poids de la levure 495
Multiplication de la levure 495
Mises en levain 495
Mise en levain simple 495
Pied de levain 495
Aération de la levure 496
FERMENTATION HAUTE 497
Généralités 497
Quantité de levain 497
Température de mise en levain 498
Fermentation haute en cuves 498
Récolte de la levure 499
Fermentation secondaire 499
Fermentation mixte 500
Fermentation haute en tonneaux 500

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Généralités 500
Marche de la fermentation 501
Remplissages 501
Remplissages automatiques 502
Signes d'une fermentation anormale 502
Comparaison des bières hautes en cuves et en tonneaux 503
Caves de fermentation haute 503
Qualités d'une bière haute 503
Collage de la bière 504
Colle de poisson 504
Préparation 504
Peaux de raies 505
Isinglass 506
Gélatine 506

FERMENTATION BASSE 506
Températures 506
Quantité de levain 507
Marche de la fermentation 507
Signes d'une fermentation anormale 508
Plaques chauves 508
Aspect des kraeusen 509
Chute du couvercle 509
Repousse 509
Fermentation bulleuse 509
Maturité de la bière 510
Caractères de la maturité 510
Aspect du moût 510
Cassure 511
Odeur et goût de la bière 511
Durée de la fermentation 511
Bières de Munich 512
Bières de Vienne 512
Bières de Pilsen 512

ENTONNEMENT DE LA BIÈRE 512
Récolte de la levure 513
Refroidissement des moûts en fermentation 513
Nageurs 513
Réfrigérants 514
Cuves de fermentation 515
Cuves en bois 515
Soins à donner aux cuves 516
Cuves neuves 516
Traitement des cuves en service 516
Vernissage 516
Emploi de la paraffine 517
Cuves en verre 517
Cuves en ardoise 517
Installation des cuves de fermentation basse 518
Dimensions 518
Refroidissement 520
Avant-caves et chambres à levure 520
Traitement de la bière en cave de garde 521
Régularité de goût 521
Mise sur copeaux 521
Augmentation de l'acide carbonique et du mousseux 523
Kraeusen 523
Bondonnement 523
Réglage de la pression dans les foudres 524
Températures des caves de garde 525
Durée de garde 525

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Foudres . . . 525
Installation des caves de garde . . . 526
Dimensions des caves de fermentation et de caves de garde. . . . 528
Caves de fermentation . . . 528
Caves de garde . . . 527
Nombre des foudres . . . 529
Fabrication particulière de bières basses . . . 530
Fermentation en vase clos . . . 530
Système Hansena de Nathan . . . 530
Fermentations abrégées . . . 531
Fermentation Jacquemin . . . 531
Atténuation des bières basses . . . 531
Bières spéciales . . . 532
Bières françaises . . . 532
Bières du Nord . . . 532
Bières brunes du Nord . . . 532
Bières blanches . . . 533
Bière blanche de Cambrai . . . 534
Analyses de quelques bières du Nord . . . 534
Bières anglaises . . . 535
Fabrication du pale-ale . . . 535
Brassage . . . 535
Cuisson et houblonnage . . . 535
Refroidissement et mise en levain . . . 536
Fermentation . . . 536
Skimming ou écumage . . . 537
Cleansing ou épuration . . . 537
Système des unions . . . 538
Stones-squares . . . 538
Fermentation secondaire . . . 539
Addition de sucres . . . 539
Fabrication des bières noires . . . 540
Comparaison des différentes bières anglaises . . . 540
Bières belges . . . 540
Brassage . . . 540
Fermentation . . . 541
Analyses d'un Lambick et d'un Faro . . . 542
Analyses de Lambicks de différents âges . . . 543
Bières allemandes . . . 543
Bière blanche de Berlin . . . 543
Maltage du blé . . . 543
Brassage . . . 544
Fermentation . . . 544
Bières de Munich . . . 544
Bock et Salvator . . . 544
Analyses de bières blanches de Berlin et de Munich . . . 545
Analyses de Bock et de Salvator . . . 545
Bières américaines . . . 546
Fermentation dans le vide . . . 546
Analyses de bières fermentées dans le vide . . . 549
Analyses de Wahl et Heinius . . . 549
Analyses de Fernbach . . . 549
Tonnellerie . . . 549
Futailles . . . 549
Fûts d'expédition . . . 549
Bondes . . . 550
Soins ordinaires . . . 551
Goudronnage des fûts . . . 552
Poix . . . 552
Caractères d'une bonne poix . . . 552
Analyse de la poix . . . 554

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Humidité . . . 553
Odeurs . . . 253
Point de fusion . . . 553
Solubilité dans l'alcool . . . 554
Nouvelle poix . . . 554
Pratique du goudronnage . . . 555
Goudronnage à la flamme . . . 555
Goudronnage à la machine . . . 555
Appareil Galland . . . 555
Autre appareil . . . 557
Machine à rouler . . . 558
Foudres . . . 558
Dangers du goudronnage . . . 558
Préceptes du Dr Bunt . . . 559
Goudronnage à la flamme . . . 559
Goudronnage à la machine . . . 560
Conservation des fûts . . . 560
Traitement des fûts neufs . . . 560
Traitement des fûts gâtés . . . 560
Vérification au soutirage . . . 561
Comptabilité des fûts . . . 561
Premier système . . . 661
Deuxième système . . . 562
Troisième système . . . 562
Soutirage de la bière . . . 563
Robinets de soutirage . . . 563
Robinet à boîte . . . 563
Robinet de fond . . . 565
Appareils isobarométriques . . . 565
Filtration de la bière . . . 568
Filtre Enzinger . . . 568
Filtre Stockheim . . . 570
Masse filtrante . . . 571
Inconvénients des filtres . . . 571
Conditions de la filtration . . . 572
Montage des appareils de soutirage . . . 572
Pertes en caves . . . 573
Mise en bouteilles . . . 573
Pasteurisation . . . 576
Appareils . . . 576
Marche de l'opération . . . 576
Effets de la pasteurisation . . . 577
Appareils accessoires de la mise en bouteilles . . . 577
Prix de revient de la bière en bouteilles . . . 577
Pasteurisation avant de mettre en fûts . . . 578
Expédition de la bière . . . 579
Soins chez le débitant . . . 579
Pompes à pression . . . 579
Avantages et inconvénients . . . 580

MALADIES DE LA BIÈRE . . . 581
Origine des maladies de la bière . . . 581
Maladies affectant le goût . . . 582
Goût de levure . . . 582
— de moisi . . . 582
— de rance . . . 583
— amer . . . 583
— acide . . . 583
— de fumée . . . 584
Autres mauvais goûts de la bière . . . 584
Goût de fer . . . 585
Goût de poix . . . 585

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Goût sulfureux . . . 586
Bières filantes . . . 586
Bières plates . . . 587
Rôle des substances solides . . . 587
Rôle de l'acide carbonique . . . 588
Manque de bouche . . . 589
Troubles de la bière . . . 590
Trouble de levure . . . 590
— de bactéries . . . 590
— de glutine . . . 591
Cas des métaux . . . 592
Trouble d'empois et de dextrine . . . 592
— de résines . . . 593
Bières à double face . . . 593
Refermentations . . . 594

COMPOSITION DE LA BIÈRE . . . 594
Méthodes d'analyses . . . 595
Densité . . . 595
Alcool . . . 595
Méthode officielle bavaroise . . . 595
Méthode indirecte . . . 596
Rapport entre l'alcool et l'extrait . . . 596
Extrait . . . 597
Méthode directe . . . 597
Méthode indirecte . . . 597
Acidité . . . 597
Acidité totale . . . 597
Acidité fixe . . . 597
Cendres . . . 598
Dosage des sucres . . . 598
Glycérine . . . 599
Recherche et dosage du fer, Méthode Brand . . . 599
Masse filtrante . . . 600
Analyse de la bière d'après l'atténuation . . . 600
Tables de Balling . . . 603
Reconstitution de la densité primitive . . . 603
Méthode officielle . . . 603
Table de la Régie . . . 604

FALSIFICATIONS DE LA BIÈRE . . . 604
Mouillage . . . 604
Glucose . . . 605
Amidon, glycérine . . . 605
Métaux toxiques . . . 605
Arsénic . . . 605
Méthode Kirbey . . . 606
Méthode Tompson. Edin. Schenton . . . 606
Méthode Reinsch . . . 606
Antiseptiques . . . 607
Acide borique . . . 607
Acide sulfureux et sulfites . . . 607
Acide salicylique . . . 608
Méthode Girard . . . 608
Recherche de la saccharine, travail de Villiers, Magnier de la Source, Rocques et Fayolle . . . 608
Succédanés de la saccharine . . . 611
Succédanés du houblon . . . 611
Bières pasteurisées . . . 611
Essai biologique de la bière . . . 612

INSTALLATION GÉNÉRALE D'UNE BRASSERIE . . . 613
Eau nécessaire en brasserie . . . 615

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Force motrice . . . 615
Comptabilité du brasseur . . . 616
Comptabilité commerciale . . . 616
Établissement du prix de revient . . . 616
Comptabilité technique . . . 616
Livres de fabrication . . . 617
Utilisation des sous-produits . . . 621
Radicelles . . . 621
Drèches . . . 622
Conservation de la drêche . . . 623
Houblon . . . 624
Levure . . . 624

Annexes . . . 625

ANNEXE n° 1 . . . 625
Extrait de la loi de finances du 30 mai 1899 modifiée par la loi du 31 décembre 1901 . . . 625
Arrêté du 24 janvier 1901 . . . 631
Emploi du sucre dénaturé, circulaire n° 581 du 6 octobre 1904 . . . 632

ANNEXE N° 2 . . . 636
Analyse de l'eau . . . 636
Échantillonnage . . . 637
Impuretés mécaniques et biologiques . . . 637
— microbiennes . . . 637
— chimiques . . . 638
Essai qualitatif préliminaire . . . 638
Chaux . . . 638
Magnésie . . . 638
Chlorures . . . 638
Sulfates . . . 638
Potassium . . . 638
Sodium . . . 638
Phosphates . . . 638
Ammoniaque . . . 639
Azotites et azotates . . . 639
Azotites . . . 639
Azotates . . . 639
Matières organiques . . . 640
Réactif de Causse . . . 640
Dosages . . . 640
Dosage des matières en suspension et extrait sec . . . 640
Dosage des gaz dissous . . . 640
Dosage de l'oxygène . . . 641
Dosage du chlore . . . 641
Dosage de l'acide sulfurique . . . 641
Dosage de l'acide carbonique . . . 642
Acide total . . . 642
Acide libre et demi-combiné . . . 642
Acide combiné . . . 642
Méthode Albert Lévy . . . 642
Dosage de l'acide nitrique et de l'acide nitreux . . . 643
Dosage de l'ammoniaque . . . 644
Méthode Effront . . . 644
Méthode Winkler . . . 644
Dosage de l'acide phosphorique . . . 644
Dosage de la chaux et de la magnésie . . . 645
Dosage des alcalis . . . 646
— de la silice . . . 646
— du fer et de l'alumine . . . 646
Hydrotimétrie . . . 647
Méthode Peter . . . 648

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Dosage des matières organiques 649
Méthode du laboratoire municipal. 649
Méthode de Montsouris. 649

Annexe nº 3. 649
Machines à glace 649
Différents types 649
Organisation d'une machine à gaz liquéfiable 650
Choix d'une machine à glace. 651

Table des matières 653

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

CATALOGUE D'OUVRAGES

SUR

LA MÉTALLURGIE. — LA CHIMIE

ET LES INDUSTRIES CHIMIQUES

ÉDITÉS PAR

La Librairie Polytechnique CH. BÉRANGER

Successeur de BAUDRY et Cie

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, A PARIS

21, RUE DE LA RÉGENCE, A LIÈGE

Le catalogue complet est envoyé franco sur demande.

MÉTALLURGIE

Métallurgie générale.

Traité théorique et pratique de Métallurgie générale par L. Babu, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École nationale supérieure des mines.

Tome I. Eléments et produits des opérations métallurgiques. Minerais, capital, travail, énergie, énergie électrique, énergie chimique, énergie mécanique, énergie thermique, combustion, production, utilisation et récupération de la chaleur, métaux et alliages, laitiers et scories. 1 volume grand in-8° avec 148 figures dans le texte. Relié. 25 fr.

Métallurgie générale.

Traité de métallurgie générale. Exposé des principes généraux. Opérations que nécessite le traitement des minerais et des produits métallurgiques en vue de la séparation des métaux qu'ils renferment. Traitement des corps métallifères. Appareils usités pour l'extraction des différents métaux par la voie sèche, la voie humide ou la voie électrométallurgique. Corps à l'aide desquels on produit la séparation des métaux des minerais ou des autres substances métallifères ; etc. Par C. Schnabel, conseiller supérieur des mines à Berlin, ancien professeur à l'Académie des mines de Clausthal (Harz), traduit d'après la deuxième édition allemande par le Dr L. Gautier. 1 fort volume grand in-8° contenant 768 figures dans le texte. Relié . . . . . 30 fr.

Métallurgie du fer.

Manuel théorique et pratique de la métallurgie du fer, par A. Ledebur, professeur de métallurgie à l'école des mines de Freiberg (Saxe), traduit de l'allemand par Barrary de Langlade, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur civil des mines, maître de forges ; revu et annoté par F. Valton, ingénieur civil des mines, ancien chef de service des hauts fourneaux et aciéries de Terre-Noire. 2e édition française, entièrement refondue d'après les troisième et quatrième éditions allemandes. 2 volumes grand in-8°, avec 404 figures dans le texte, reliés . . . . . 30 fr.

Métallurgie de l'acier.

La métallurgie de l'acier. Classification et constitution de l'acier. Carbone et fer. Preuves de l'existence des deux modes de combinaisons du carbone et du fer. Effets du carbone sur les propriétés physiques et mécaniques du fer. Trempe, tempérament et recuit. Théorie de la trempe et du recuit. Fer et silicium. Fer et manganèse. Fer et soufre. Fer et phosphore. Influence du phosphore sur les propriétés physiques du fer. Chrome, tungstène, cuivre. Métaux ne se présentant que très rarement dans le fer. Fer et oxygène. Fer et azote. Fer et hydrogène. Fer et oxyde de carbone. Absorption des gaz par le fer et leur développement.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Des moyens d'éviter les soufflures et la cavité centrale. De la structure et de tout ce qui s'y rapporte. Etude microscopique des sections polies. Cassure. Changements de cristallisation, etc. Travail à froid, travail à chaud, soudure. Tréfilerie. Laminage et étirage à froid. Poinçonnage et cisaillage. Procédés directs. Affinage au bas-foyer. Procédé au creuset. Chimie du procédé au creuset. Appareils relatifs aux procédés Bessemer. Aciers spéciaux. Enduits préservatifs de la rouille. Trempe au plomb, par HENRY MARION HOWE, professeur à Boston (Etats-Unis) traduit par OCTAVE HOCK, ingénieur aux usines à tubes de la Société d'Escaut et Meuse, à Anzin, ancien chef de service des Aciéries d'Isbergues. 1 volume in-4°, avec de nombreuses figures dans le texte, relié. . . . . 75 fr.

Métallurgie : Cuivre, plomb, argent et or.

Traité théorique et pratique de métallurgie : Cuivre, plomb, argent et or, CUIVRE. Propriétés, minerais, extraction, purification, voie sèche, voie humide, voie électrométallurgique. PLOMB : propriétés, minerais, *extraction du plomb :* 1° des minerais; 2° de la galène ; 3° du sulfate de plomb; 4° des produits métallurgiques plombifères. Raffinage du plomb. ARGENT. Propriétés, minerais, extraction par voie sèche ou ignée, préparation du plomb d'œuvre, enrichissement de l'argent dans le plomb d'œuvre, traitement du plomb d'œuvre pour argent ou coupellation, voie sèche et voie humide réunies, voie électrométallurgique, extraction par dissolution et précipitation. OR. Propriétés, minerais, *extraction :* 1° par préparation mécanique; 2° par voie sèche; 3° par voies sèche et humide réunies; 4° par transformation en un alliage or mercure; 5° par dissolution aqueuse; 6° par voie électrométallurgique. Séparation de l'or des alliages. *Affinage.* Voie sèche, voie humide, voie électrométallurgique, par C. SCHNABEL, professeur de métallurgie et de chimie technologique à l'Académie des mines de Clausthal (Harz), traduit de l'allemand par le Dr L. GAUTIER. 1 volume grand in-8 avec 586 figures dans le texte relié. 40 fr.

Métallurgie : Zinc, mercure, étain, etc.

Traité théorique et pratique de métallurgie : zinc, cadmium, mercure, bismuth, étain, antimoine, arsenic, nickel, cobalt, platine, aluminium, par C. SCHNABEL, professeur de métallurgie et de chimie technologique à l'Académie des mines de Clausthal (Harz), traduit de l'allemand par le Dr L. GAUTIER. 1 volume grand in-8°, avec 373 figures dans le texte, relié. . . . . 30 fr.

Métallurgie du zinc, du plomb et de l'argent.

Les usines à zinc, plomb et argent de la Belgique. Etude sur les conditions de salubrité intérieure, par AD. FIRKET, inspecteur général des mines. 1 volume in-8° avec figures . . . . . 4 fr.

Métallurgie.

Album du cours de métallurgie professé à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, par JORDAN, ingénieur d'usines métallurgiques, professeur à l'Ecole centrale. 1 atlas de 140 planches in-folio, cotées et à l'échelle, et 1 volume grand in-8° 80 fr.

Métallurgie.

Traité complet de métallurgie, comprenant l'art d'extraire les métaux de leurs minerais et de les adapter aux divers usages de l'industrie, par PERCY, professeur à l'Ecole des mines de Londres. Traduit avec l'autorisation et sous les auspices de l'auteur, avec introduction, notes et appendices, par A.-E. PETITGAND et A. RONNA, ingénieurs. 5 volumes grand in-8°, avec de nombreuses gravures . . . . . 75 fr.

On vend séparément :

Tome I. Notions générales. Combustibles. . . . . 18 fr.
— II. Propriétés physiques et chimiques du fer. . . . . 18 fr.
— III. Métallurgie de la Fonte. — Hauts fourneaux . . . . . 18 fr.
— IV. Métallurgie du fer . . . . . 18 fr.
— V. Métallurgie du cuivre et du zinc . . . . . 18 fr.

Métallurgie.

Traité théorique et pratique de la métallurgie du fer, comprenant la fabrication de la fonte, du fer, de l'acier et du fer-blanc, à l'usage des savants, des ingénieurs et des Ecoles spéciales, par C.-E. JULLIEN, ancien ingénieur du Creusot, de l'usine de Montataire et des aciéries de Pétin, Gaudet et Cie. 1 volume et 1 atlas in-4°, de 52 planches doubles . . . . . 36 fr.

Métallurgie.

Cours de métallurgie professé à l'Ecole des mines de Saint-Etienne, par URBAIN LE VERRIER, ingénieur des mines.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

1re *partie*. Métallurgie des métaux autres que le fer, comprenant la métallurgie du plomb, du cuivre, du zinc, de l'étain, de l'antimoine et du bismuth, du nickel et cobalt, du mercure, de l'argent, de l'or et du platine. 1 volume in-4°, avec 43 planches . . . . . 18 fr.

2e *partie*. Métallurgie générale. *Epuisée*.

3e *partie*. Métallurgie de la fonte. 1 volume in-4°, avec 17 planches . . . 18 fr.

Métallurgie.

Etat actuel de la métallurgie du fer dans le pays de Siegen (Prusse), notamment de la fabrication des fontes aciéreuses, par JORDAN. 1 volume in-8°, avec planches. 5 fr.

Métallographie.

Métallographie. Introduction à l'étude de la structure des métaux, principalement à l'aide du microscope. Polissage et attaque, le microscope, structure du fer. Fonte et gueuse, fer, acier, cuivre, bronze, laiton, maillechort, or, argent, alliages divers, par A. H. HIORNS, directeur de l'école de métallurgie de Birmingham and midland institute. Traduit et augmenté par L. BAZIN, ingénieur-chimiste diplômé. Avec une préface de A. Wencelius, chef de laboratoire des établissements de Neuves-Maisons. 1 volume in-8° contenant 96 figures dans le texte. Relié . . . . . 9 fr.

La crise industrielle russe.

Contribution à l'étude de la crise industrielle du Donetz. Géologie de Krivoï-Rog et de Kertsch, production sidérurgique de la Russie méridionale, par J. CORDEWEENER, ingénieur. 1 volume grand in-8°, contenant 19 planches hors texte et 4 cartes. Relié . . . . . 10 fr.

Crise industrielle du plomb.

La crise de l'industrie française du plomb, par G. HYVERT, ingénieur et minéralogiste. 1 volume in-4° . . . . . 5 fr.

Électro-Métallurgie.

Traité d'électrométallurgie, Magnésium, lithium, glucinium, sodium, potassium, calcium, aluminium, cerium, lanthane, didyme, cuivre, argent, or, zinc, cadmium, mercure, étain, plomb, bismuth, antimoine, chrome, manganèse, fer, nickel, cobalt, platine, etc., par W. BORCHERS, professeur à l'Ecole de métallurgie de Duisburg, traduit d'après la deuxième édition allemande, par le Dr L. GAUTIER. 1 volume grand in-8°, avec 198 figures dans le texte. Relié . . . . . 25 fr.

Électro-Métallurgie.

Traité théorique et pratique d'électro-métallurgie. Galvanoplastie, analyses électrolytiques, électro-métallurgie par voie humide, méthodes électrolytiques, calcul des conducteurs, chauffage électrique, l'arc voltaïque et charbons électriques, travail électrique des métaux, les fours électriques; électro-métallurgie par voie sèche, méthodes électrolytiques et électro-thermiques, électro-thermie, par ADOLPHE MINET, officier de l'instruction publique, fondateur de l'usine d'aluminium de *Saint-Michel-de-Maurienne*, directeur du journal *l'Electro-Chimie*. 1 volume grand in-8°, contenant 205 figures dans le texte. Relié . . . . . 20 fr.

Électro-Chimie.

Traité théorique et pratique d'électro-chimie. Constantes chimiques, mécaniques et électriques. Systèmes électrolytiques. Lois générales de l'électrolyse. Théorie de l'électrolyse. Traitement électrolytique des composés chimiques. Electrolyse appliquée à la chimie organique. Réaction chimique de l'étincelle et de l'effluve électriques, par ADOLPHE MINET, directeur du journal *l'Electro-Chimie*. 1 volume in-8°, contenant 206 figures dans le texte. Relié . . . . . 18 fr.

Exercices d'électro-chimie.

Exercices d'électrochimie, par FÉLIX ŒTTEL, traduits de l'allemand par G. DUCHESNE et précédés d'une préface de JEAN KRUTWIG, professeur à l'Université de Liège, 1 brochure grand in-8°, avec figures dans le texte. . . . . 2 fr. 50

Galvanisation à froid.

La galvanisation à froid ou zingage électro-chimique, par L. QUIVY, chimiste électricien. 1 brochure grand in-8°, avec figures dans le texte. . . . . 2 fr. 50

Galvanisation du fer.

N. B. Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des Machines* et se vendent, avec la livraison qui les renferme, au prix de 2 fr. la livraison.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Galvanisation à froid, système Cowper-Coles. Livr. de septembre 1894. 2 fr.
La galvanisation électrique ou zingage galvanique. Livraisons de juillet et août 1898 . . . . . 4 fr.

Voie humide. Cuivre, argent et or.

Extraction de cuivre, de l'argent et de l'or par la voie humide, par CH. DEFRANCE, ingénieur civil. 1 volume in-8°, avec 22 figures dans le texte. Relié. . . . 7 fr. 50

Docimasie.

Docimasie. Traité d'analyse des substances minérales, par RIVOT, ingénieur en chef des mines, professeur de docimasie à l'École des mines de Paris. 2e édition. 3 volumes grand in-8° . . . . . 50 fr.

Guide du chimiste métallurgiste et de l'essayeur.

Guide pratique du chimiste métallurgiste et de l'essayeur. Prélèvement et préparation des échantillons, opérations chimiques du laboratoire d'analyses métallurgiques, analyse et essai des combustibles, analyse des gaz, analyse et essai des matériaux réfractaires, analyse des eaux industrielles, analyse des minerais et des métaux, alliages, données numériques, par L. CAMPREDON, chimiste-métallurgiste, essayeur de commerce et directeur du Laboratoire d'analyses métallurgiques et industrielles de Saint-Nazaire, précédé d'une préface de M. P. MAHLER, ingénieur civil des mines. Ouvrage honoré d'un prix de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. 1 volume grand in-8°, avec de nombreuses figures dans le texte. Relié . . . . . 30 fr.

Étude des combustibles.

Étude sur les combustibles ; solides, liquides et gazeux. Mesure de leur pouvoir calorifique, par P. MAHLER, ingénieur civil des mines. 1 volume in-8° avec figures dans le texte et 2 planches. . . . . 5 fr.

Essai des combustibles.

Manuel pour l'essai des combustibles et le contrôle des appareils de chauffage. — Mesure des températures. — Analyse et détermination du pouvoir calorifique des combustibles. — Analyse des gaz des foyers. — Combustibles solides, liquides et gazeux. — Gazogènes et appareils de chauffage. — Contrôle des foyers des chaudières à vapeur fixes et des locomotives, des fours métallurgiques et industriels, des cheminées, des poêles et des calorifères, par le Dr F. FISCHER, professeur à l'Université de Gœttingue, traduit d'après la quatrième édition allemande, par le Dr L. GAUTIER. 1 volume in-12, avec 54 figures dans le texte. Relié. . . . . 6 fr.

Essais des combustibles.

Analyse chimique et essais des combustibles par L. CAMPREDON, chimiste métallurgiste, 2e édition revue et augmentée. 1 brochure in-8° . . . . . 2 fr.

Analyse des laboratoires d'aciéries Thomas.

Méthodes d'analyses des laboratoires d'aciéries Thomas. Échantillonnage. Préparation. Dosages. Calculs à l'usage du personnel des chimistes et des manipulateurs, par ALBERT WENCELIUS, chef de laboratoire aux établissements de Neuves-Maisons. 1 volume in-18, contenant 19 figures dans le texte. Relié . . . . . 4 fr.

Dosage du soufre.

Dosage du soufre dans les produits de la sidérurgie, par L. CAMPREDON, chimiste métallurgiste. 1 volume grand in-8°. . . . . 7 fr. 50

Essais au chalumeau.

Instructions pratiques concernant la conduite des essais qualitatifs et quantitatifs au chalumeau, à l'usage des prospecteurs, mineurs, essayeurs, etc., par É.-L. FLETCHER, traduites et interprétées avec l'autorisation de l'auteur, par É. MORINEAU, ingénieur civil des mines. 1 volume in-12, format de poche. Relié . . . . . 6 fr.

Essais de minerais de fer.

Des fraudes dans les essais contradictoires de minerais de fer, par J. THOVOT. Une brochure in-8° . . . . . 1 fr.

Alliages de cuivre et de zinc.

Recherches sur les alliages de cuivre et de zinc, par GEORGES CHARPY, ancien

IRIS - LILLIAD - Université Lille

élève de l'Ecole polytechnique, docteur ès sciences, avec 11 figures dans le texte, 4 planches en phototypie et de nombreux tableaux. Ce mémoire a paru dans la livraison de février 1896 du *Bulletin de la Société d'Encouragement*. Prix de la livraison . . . . . 5 fr.

Préparation des minerais.

Traité pratique de la préparation des minerais, manuel à l'usage des praticiens et des ingénieurs des mines, par C. LINKENBACH, ingénieur des usines à plomb argentifère d'Ems, traduit de l'allemand par H. COUTROT, ingénieur des mines. 1 volume grand in-8° avec 24 planches. Relié. . . . . 30 fr.

Grillage des minerais.

Traité théorique des procédés métallurgiques de grillage, par PLATTNER (traduit de l'allemand), annoté et augmenté, par ALPHONSE FÉTIS. 1 volume in-8°, avec planches 12 fr.

Laminage du fer et de l'acier.

Traité théorique et pratique du laminage du fer et de l'acier, par LÉON GEUZE, ingénieur principal à la Société anonyme des forges et aciéries du Nord et de l'Est, à Valenciennes. 1 volume grand in-8° et 1 atlas de 81 planches. Relié. . . . 25 fr.

Trempe de l'acier.

L'acier à outils, manuel traitant de l'acier à outils en général, de la façon de le traiter au cours des opérations de forgeage, du recuit, de la trempe et des appareils employés à cet effet, à l'usage des métallurgistes, fabricants et chefs d'atelier, par OTTO THALLNER, ingénieur en chef, chef de la fabrication aux aciéries à outils de Bismarkhutte, traduit de l'allemand par ROSAMBERT, ingénieur des arts et manufactures, ancien ingénieur des aciéries Martin et au creuset de Resicza, chef de service aux aciéries de France. 1 volume in-8°. Relié. . . . . 8 fr.

Trempe de l'acier.

Théorie et pratique de la trempe de l'acier. Définition, classification, propriétés physiques et chimiques, dénomination des aciers, essais des aciers, trempe de l'acier, causes d'insuccès de la trempe, amélioration de l'acier altéré par le feu, soudage de l'acier, amélioration des pièces d'acier destinées aux machines et aux constructions, par FRIDOLIN REISER, directeur de l'aciérie de Kapfenberg, 2e édition, traduit de l'allemand, par BARBARY DE LANGLADE, ancien élève de l'Ecole polytechnique, ingénieur civil des mines, maître de forges. 1 volume in-8°. Relié. . . . . 7 fr. 50

Convertisseurs.

Les convertisseurs pour cuivre, par P. JANNETTAZ, ingénieur. Répétiteur à l'Ecole centrale. 1 brochure grand in-8°, contenant 23 figures dans le texte et 1 planche (*Extrait des Mémoires et Comptes Rendus de la Société des Ingénieurs civils*). 3 fr.

Fabrication des poutrelles ou fers I.

Sur les conditions techniques et économiques actuelles de la fabrication des poutrelles ou fers I en Belgique : le minerai et le charbon étant pris comme points de départ, par H. WOLTERS. 1 volume in-8°, avec 2 planches . . . . . 6 fr.

Hauts fourneaux.

Construction et conduite des hauts fourneaux et fabrication des diverses fontes, par A. DE VATHAIRE, ancien directeur des hauts fourneaux de Bessèges, Saint-Louis, Marnaval, Forges de Champagne et Balaruc. 1 volume grand in-8° et 1 atlas in-4° de 16 planches. . . . . 18 fr.

Utilisation des gaz des hauts fourneaux.

De l'utilisation directe des gaz des hauts fourneaux pour la production de la force motrice, par H. HUBERT, ingénieur en chef des mines, chargé de cours à l'Université de Liège (*Extrait du Congrès international des mines et de la métallurgie, tenu à Paris en 1900*). 1 brochure grand in-8° . . . . . 2 fr. 50

Pyromètre.

Pyromètre actinométrique, par LATARCHE. 1 brochure grand in-8°. . . . . 1 fr

Manuel du fondeur.

Manuel du fondeur-mouleur en fer. Etudes : 1° sur les fontes de moulage; analyses et mélanges; 2° l'installation et le matériel complet d'une fonderie de moyenne

IRIS - LILLIAD - Université Lille

importance, pour moulage en pièces mécaniques; 3° le moulage en terre; 4° le moulage au trousseau en sable; 5° le moulage en fonte trempée, par E. Molerat, chef fondeur-mouleur. 1 volume grand in-8°, avec 69 planches. . . . . 15 fr.

L'Art du mouleur.

L'art du mouleur. Manuel pratique. Moulage des pièces dans le sable humide, confection des divers types de moules, disposition des coulées, canaux de dégagement des gaz, fabrication des petits noyaux. Moulage en sable séché. Moulage en terre et noyaux. Vocabulaire technique des termes employés chez les mouleurs, par A. Tessox, ancien chef d'atelier de fonderie, ancien élève des Ecoles nationales d'arts et métiers. 1 volume grand in-8°, avec 286 figures dans le texte. Relié . . . . 20 fr.

L'acier dans les constructions.

De l'emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques, par Périssé. 1 volume grand in-8° . . . . . 3 fr.

L'acier et ses applications.

L'acier dans ses principales applications, procédés de fabrication *Bessemer*, *Thomas*, *Martin-Siemens*. Petits convertisseurs, *Robert*, *Cambier*, *Tropenas*, par J. Malengrau. 1 volume in-8°, avec 2 planches. . . . . 5 fr.

Cylindres de laminoirs.

Fabrication des cylindres de laminoir, par Deny. 1 volume in-8°, avec 3 planches. 5 fr.

Métallurgie de l'aluminium.

Note sur la métallurgie de l'aluminium et sur ses applications, par U. Le Verrier, ingénieur en chef des mines, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, 1 brochure grand in-8° . . . . . 2 fr. 50

Aluminium et nickel.

L'aluminium et le nickel. Conférence faite devant l'Association française pour l'avancement des sciences, par Jules Garnier. 1 brochure in-8°. . . . 2 fr. 50

Usine Krupp.

L'usine Krupp, notice par Friedrich C. G. Muller, 1 volume in-4°, avec de nombreuses illustrations de Félix Schmidt et Anders Montan. Relié. . . . . 25 fr.

CHIMIE ET INDUSTRIES CHIMIQUES

Histoire de la chimie.

Histoire de la chimie. I. Histoire des grandes lois chimiques. — II. Histoire des métalloïdes et de leurs principaux composés. — III. Histoire des métaux et de leurs principaux composés. — IV. Histoire de la chimie organique, par R. Jagnaux. 2 volumes grand in-8°, contenant plus de 1 500 pages. . . . . 32 fr.

Aide-mémoire du chimiste.

Aide-mémoire du chimiste. Chimie inorganique, chimie organique, documents chimiques, documents physiques, documents minéralogiques, etc., etc., par R. Jagnaux. 1 beau volume, contenant environ 1 000 pages, avec figures dans le texte, solidement relié en maroquin. . . . . 15 fr.

Vade-Mecum du fabricant de produits chimiques.

Vade-mecum du fabricant de produits chimiques, par le Dr G. Lunge, professeur de chimie industrielle à l'Ecole Polytechnique fédérale de Zurich, traduit de l'allemand sur la 2e édition par V. Hassreidter et Prost, chimistes-industriels. 1 volume in-12, avec figures dans le texte, relié . . . . . 7 fr. 50

Traité de chimie.

Traité de chimie avec la notation atomique, à l'usage des élèves de l'enseignement primaire supérieur, de l'enseignement secondaire moderne et classique, des candidats aux écoles du gouvernement et aux élèves de ces écoles, par Louis Serres, ancien

IRIS - LILLIAD - Université Lille

élève de l'Ecole Polytechnique, professeur de chimie à l'Ecole municipale supérieure Jean-Baptiste-Say. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte . . . . . 10 fr.

On vend séparément :

Première partie : Métalloïdes . . . . . 3 fr. 50
Deuxième partie : Métaux. . . . . 3 fr. 50
Troisième partie : Chimie organique. . . . . 3 fr. 50

Cours de chimie.

Cours de chimie à l'usage des candidats aux Ecoles nationales des Arts et Métiers, par LOUIS SERRES, ancien élève de l'Ecole polytechnique, professeur de chimie à l'Ecole municipale Jean-Baptiste-Say. 1 volume petit in-8°, contenant 123 figures dans le texte, cartonné. . . . . 2 fr. 50

Cours de physique.

Cours de physique à l'usage des candidats aux Ecoles nationales des Arts et Métiers, par LOUIS SERRES, ancien élève de l'Ecole polytechnique, professeur à l'Ecole municipale Jean-Baptiste-Say. 1 volume petit in-8°, contenant 281 figures dans le texte, cartonné. . . . . 3 fr.

Chimie appliquée à l'industrie.

Traité de chimie appliquée à l'industrie, par ADOLPHE RENARD, docteur ès sciences, professeur de chimie appliquée à l'Ecole supérieure des sciences de Rouen. 1 volume grand in-8°, avec 225 figures dans le texte. . . . . 20 fr.

Chimie médicale et pharmaceutique.

Traité de chimie minérale, médicale et pharmaceutique, par le Dr R. HUGUET, professeur de chimie et de toxicologie à l'Ecole de médecine et de pharmacie de Clermont-Ferrand, pharmacien en chef des hospices, inspecteur des pharmacies, ex-interne lauréat des hôpitaux de Paris, 2e édition. 1 volume grand in-8°, de plus de 1 000 pages, avec 427 figures dans le texte . . . . . 15 fr

Cours élémentaire de chimie

Cours élémentaire de chimie, professé à la Faculté des sciences de Paris, pour les candidats au Certificat d'études physiques, chimiques et naturelles (P. C. N.), par A. JOANNIS. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte, relié . . . . . 10 fr.

On vend séparément :

Première partie : Généralités, mécanique chimique, métalloïdes . . . . . 3 fr. 50
Deuxième partie : Métaux. . . . . 1 fr. 50
Troisième partie : Chimie organique. . . . . 3 fr. 50
Quatrième partie : Chimie analytique . . . . . 1 fr. 50

Chimie organique.

Traité élémentaire de chimie organique, par A. BERNTHSEN, directeur scientifique de la société *Badische anilin und soda fabrick*, ancien professeur à l'Université de Heidelberg, traduit sur la 6e édition allemande par M. CHOFFEL (introduction et série aromatique) et E. SUAIS (série grasse), chimistes au laboratoire de recherches de l'usine Poirrier. 1 volume in-8°. Relié . . . . . 15 fr.

Lois générales de la Chimie.

Lois générales de la Chimie. Lois chimiques des masses, lois chimiques de l'énergie, lois chimiques relatives aux réactions réversibles, résistances passives dans les transformations chimiques et procédés pour les surmonter ; introduction du cours de chimie générale professé à l'Ecole nationale des mines, par G. CHESNEAU, ingénieur en chef des mines. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . . . 7 fr. 50

Analyse chimique.

Traité d'analyse chimique des substances commerciales, minérales et organiques. Analyse qualitative, analyse quantitative. Métalloïdes, métaux, substances organiques, matières tannantes, terres arables, engrais, substances alimentaires, boissons fermentées, matières colorantes naturelles, matières diverses, par R. JAGNAUX, 2e édition. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte. Relié . . . . . 20 fr.

Analyse chimique.

Tableaux d'analyse chimique minérale, d'après FRÉSÉNIUS, par C. DESMAZURES. 11 tableaux figuratifs renfermés dans un carton . . . . . 20 fr.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Analyse chimique minérale.

Manuel d'analyse chimique appliquée à l'essai des combustibles, minerais, métaux, alliages, sels et autres produits industriels minéraux, par Eug. Prost, docteur en sciences, chargé de cours à l'Université de Liège. 1 volume in-8°, avec 45 figures dans le texte. Relié . . . . . 12 fr. 50

Le Radium.

Le radium, sa préparation, ses propriétés. Historique. Mesure de l'intensité du rayonnement des substances radioactives. Sels de radium, extraction, caractères, rayonnement, effets produits par le rayonnement. La radioactivité induite et l'émanation du radium. Propriétés de l'émanation du radium. Nature des phénomènes produits par les sels de radium, par J. Danne, préparateur particulier de M. Curie, avec une préface de M. Ch. Lauth, directeur de l'Ecole de physique et de chimie industrielles de Paris. 1 volume in-8° avec 35 figures dans le texte. Relié . . 4 fr.

Industrie des cyanures.

L'industrie des cyanures, étude théorique et industrielle. Généralités. Etude physique et chimique du cyanogène et de ses dérivés. Caractères analytiques. Données thermochimiques sur les composés cyanés. Etude commerciale et industrielle. Fabrication des cyanures, des ferrocyanures, des ferricyanures, des sulfocyanures, du bleu de Prusse. Application des composés cyanés. Renseignements physiques ou chimiques sur les composés cyanés, par R. Robine, ingénieur chimiste diplômé de l'Ecole de physique et de chimie de Paris, et M. Langlen, ingénieur chimiste, lauréat du Conservatoire national des Arts et Métiers. 1 volume grand in-8° avec figures dans le texte. 15 fr.

Manipulations chimiques.

Manipulations chimiques qualitatives et quantitatives préparatoires à l'étude systématique de l'analyse, par L.-L. de Koninck, ingénieur honoraire des mines, professeur à l'Université de Liège. 1 volume in-12, avec figures dans le texte. . . 2 fr. 50

Dictionnaire d'analyse.

Dictionnaire d'analyse des substances organiques, industrielles et commerciales, par Adolphe Renard, docteur ès sciences, professeur de chimie à l'Ecole supérieure des sciences de Rouen. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte, relié. . . . 10 fr.

Traitement bactérien des eaux d'égout.

Le traitement bactérien des eaux d'égout, par G. Thudichum, traduit de l'anglais par F. Launay, ingénieur en chef des ponts et chaussées, à l'usage des conseillers municipaux et des ingénieurs municipaux. 1 volume in-8°. . . . . 2 fr. 50

Épuration des eaux résiduaires.

L'épuration biologique artificielle des eaux résiduaires, par M. le professeur Dumbar, traduit par A. Mahiels, ingénieur civil. 1 brochure in-18. . . . . 2 fr. 50

Analyse de l'eau.

Guide pratique pour l'analyse de l'eau. Analyse chimique, micrographique et bactériologique, par le Dr W. Ohlmuller, professeur d'hygiène à l'Université de Berlin, traduit d'après la 2e édition allemande, par le Dr L. Gautier. 1 volume in-8°, avec 77 figures dans le texte et une planche. Relié . . . . . 10 fr.

Méthodes de travail pour le laboratoire.

Méthodes de travail pour les laboratoires de chimie organique, par le Dr Lassar Cohn, professeur de chimie à l'Université de Kœnigsberg, traduit de l'allemand par E. Ackermann, ingénieur civil des mines. 1 volume in-12, avec figures dans le texte. Relié . . . . . 7 fr. 50

Industries du zinc et de l'acide sulfurique.

Manuel de chimie analytique appliquée aux industries du zinc et de l'acide sulfurique, par Eug. Prost, chef des travaux et répétiteur du cours de chimie analytique à l'Université de Liège, et V. Hassreidter, chimiste-industriel. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . . . . 7 fr. 50

Chimie unitaire.

Principes de chimie unitaire. Théorie des atomicités et des types, par Havrez, ingénieur des mines. 1 volume in-8° . . . . . 3 fr.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Produits chimiques.

Examen comparatif de la fabrication des produits chimiques en Belgique et en Angleterre, par MARLIN. 1 volume in-8°, avec planches. . . . . 4 fr.

Combustions spontanées.

Étude scientifique et juridique sur les combustions spontanées réelles ou supposées, spécialement au cours de transports par chemins de fer ou maritimes, par E. TABARIÉS DE GRANDSAIGNES, membre de la Société chimique de Paris et de la Société géologique de France, avocat, sous-chef du contentieux à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest. 1 volume grand in-8°. . . . . 7 fr. 50

Épuration des eaux.

Traité de l'épuration des eaux naturelles et industrielles; analyse et essais des eaux, inconvénients de l'impureté des eaux, examen des procédés physiques employés à l'épuration des eaux, épuration ou correction chimique, systèmes mixtes, corrections des eaux dans les chaudières, description et examen critique des appareils, épuration des eaux résiduelles, par DELHOTEL. 1 volume grand in-8°, avec 147 figures dans le texte. Relié . . . . . 15 fr.

Eaux d'alimentation de Toulouse.

Les eaux d'alimentation de la ville de Toulouse. Leur histoire, leur rôle au point de vue hygiénique; contribution à l'étude des filtres naturels, par le Dr HENRI MANDOUL, préparateur à la Faculté des sciences de Toulouse. 1 volume grand in-8°, avec 2 planches. . . . . 7 fr.

Les eaux potables.

Les eaux potables et leur rôle hygiénique dans le département de Meurthe-et-Moselle, par le Dr ED. IMBEAUX, ingénieur des ponts et chaussées, directeur du service municipal de Nancy. 1 volume grand in-8° et 1 atlas in-4° contenant 9 tableaux et 12 planches. . . . . 20 fr.

Fabrication du gaz.

Traité théorique et pratique de la fabrication du gaz. Aide-mémoire et formulaire. Combustibles minéraux, appareils de distillation, appareils de chauffage, chauffage des fours, cheminées, distillation de la houille, étude du gaz d'éclairage, épuration, extraction, mesurage du gaz fabriqué, emmagasinage du gaz, émission, distribution du gaz, mesurage du gaz chez les abonnés, emploi du gaz à l'éclairage, au chauffage, à la ventilation et à la production de la force motrice, photométrie, eaux ammoniacales, goudron, coke, prix de revient du gaz; à l'usage des ingénieurs, directeurs et constructeurs d'usines à gaz, par EDMOND BORIAS, ingénieur des arts et manufactures, directeur d'usines à gaz. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte. Relié. . . 25 fr.

Distribution du gaz.

Calcul des conduites de distribution du gaz d'éclairage et de chauffage, par D. MONNIER. 1 volume in-4° . . . . . 10 fr.

L'éclairage à Paris.

L'éclairage à Paris. Étude technique des divers modes d'éclairage employés à Paris sur la voie publique, dans les promenades et jardins, dans les monuments, les gares, les théâtres, les grands magasins, etc., et dans les maisons particulières. — Gaz, électricité, pétrole, huile, etc.; usines et stations centrales, canalisation et appareils d'éclairage; organisation administrative et commerciale, rapports des Compagnies avec la ville; traités et conventions; calcul de l'éclairage des voies publiques; prix de revient, par HENRI MARÉCHAL, ingénieur des ponts et chaussées et du service municipal de la ville de Paris. 1 volume grand in-8°, avec 221 figures dans le texte. Relié. 20 fr.

Conservation des bois et des substances alimentaires.

Traité de la conservation des bois, des substances alimentaires et des diverses matières organiques, par PAULET. 1 volume grand in-8°. . . . . 9 fr.

Traité de Savonnerie.

Traité pratique de savonnerie. Matières premières, matériel, procédés de fabrication de savons de toute nature, par EDOUARD MORIDE, ingénieur-chimiste. Ouvrage couronné par la Société industrielle du nord de la France. 2e édition complètement remaniée. 1 volume grand in-8°, avec 115 figures dans le texte. Relié. . . . . 16 fr.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Les Huiles essentielles.

Les huiles essentielles et leurs principaux constituants : alcools terpéniques et leurs éthers. — Aldéhydes. — Cétones. — Lactones. — Phénols et dérivés. — Aldéhydes-phénols. — Cinéol. — Terpènes et sesquiterpènes. — Ethers d'alcools de la série grasse. — Composés sulfurés. — Corps à sérier, par E. CHARABOT, professeur d'essais et analyses à l'Institut commercial, examinateur dans les jurys des Ecoles supérieures de commerce de Paris, J. DUPONT, chimiste industriel, ancien préparateur au laboratoire de chimie organique de la Faculté des sciences de Paris, et L. PILLET, ingénieur chimiste, distillateur d'huiles essentielles, avec une préface de E. GRIMAUX, membre de l'Institut. Un très fort volume in-8° . . . . . 20 fr.

Distillerie.

Manuel de distillerie. Guide pratique pour l'alcoolisation des grains, des pommes de terre et des matières sucrées, par le Dr BUCHELER, directeur de l'Institut technique de distillerie de Weihenstephan (Bavière), traduit de l'allemand et augmenté de nombreuses additions, par le Dr L. GAUTIER. 1 volume grand in-8°, avec 156 figures dans le texte. Relié . . . . . 20 fr.

Brasserie.

Traité complet théorique et pratique de la fabrication de la bière et du malt, comprenant la description de tous les procédés, machines et appareils les plus récents, suivi du texte de la législation fiscale régissant la brasserie dans divers pays, par J. CARTUYVELS et CHARLES STAMMER. 1 volume grand in-8°, avec 150 gravures sur bois . . . . . 20 fr.

Fabrication du chocolat.

La fabrication du chocolat et des autres préparations à base de cacao. Pays de production, histoire et culture du cacaoyer, description botanique du cacaoyer et de ses fruits, la récolte, le terrage. Les fèves de cacao. Sortes commerciales des fèves de cacao. Commerce des fèves de cacao. Consommation des produits fabriqués. Composition chimique des fèves de cacao. Les coques du cacao. Matières à additionner aux chocolats. Fabrication du chocolat. Fabrication du cacao en poudre et du cacao soluble. Conservation et emballage des produits fabriqués. Appareils de transport. Moteurs. Installation d'une chocolaterie et d'une fabrique de cacao. Examen chimique et microscopique des produits à base de cacao. Règlements officiels. Législation douanière française. Composition et fabrication de quelques préparations diététiques à base de cacao, par le Dr P. ZIPPERER. 1 volume grand in-8° contenant 87 figures dans le texte et 2 planches. Relié . . . . . 20 fr.

Sucrerie.

Epuration des jus sucrés par l'électricité par L. QUIVY, électro-chimiste. 1 brochure in-12 . . . . . 3 fr. 50

Saccharimétrie optique.

Exposé élémentaire des principes de saccharimétrie optique, par G. CÉSARO, professeur à l'Université de Liège et P. BUSSY, directeur de l'école sucrière belge. 1 brochure in-8° avec 28 figures dans le texte . . . . . 2 fr. 50

Aide-mémoire de sucrerie.

Aide-mémoire de sucrerie. Renseignements chimiques, renseignements techniques, renseignements agricoles, par D. SIDERSKY, ingénieur-chimiste, conseil technique de sucrerie et de distillerie. 1 volume in-12, avec de nombreux tableaux. Relié . . . . . 10 fr.

Industrie sucrière. — Comptabilité.

Monographie comptable d'une fabrique de sucre, organisation, inspection, direction et appropriation de comptabilités sucrières, commissariat de surveillance, par J. CHEVALIER, expert-comptable professeur. 1 volume in-8° . . . . . 12 fr.

Corps gras.

Corps gras. Huiles, graisses, beurres, cires, par A. RENARD. 1 volume in-8°. 6 fr.

Vernis et huiles siccatives.

Vernis et huiles siccatives. Vernis volatils et vernis gras : matières premières, résines, dissolvants, colorants; huiles siccatives, propriétés et applications; travail des huiles à chaud et à froid. fabrication, emploi, essais des différents vernis, par ACH. LIVACHE, ingénieur civil des mines. 1 volume in-12, avec figures dans le texte, relié . . . . . 10 fr.

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Peinture industrielle.

Traité pratique de peinture industrielle. Provenances, fabrication, qualités, défauts et analyse des couleurs. Huiles, siccatifs, essences, vernis. Imitations, de bois et de marbre. Dorure, bronzure. Peintures d'équipages et autres voitures, Procédés nouveaux, par A. Souris, professeur de peinture à l'École industrielle de Louvain. 1 volume grand in-8° contenant plusieurs planches hors texte 15 fr.

Peinture au blanc de zinc.

La peinture au blanc de zinc, son emploi. Formulaire de 100 dosages et préparations, par A. Souris, professeur de peinture à l'École industrielle de Louvain. 1 brochure in-8° . . . . . 1 fr. 50

Huiles, essences, vernis, couleurs.

Les matières premières employées en imprimerie, art et peinture. Etude préparatoire et emploi des huiles, essences, vernis et couleurs, par Raoul Lemoine, ingénieur-chimiste et Ch. du Manoir, critique d'art. 1 volume grand in-8° . . . . . 6 fr.

Matières colorantes artificielles.

Traité pratique des matières colorantes artificielles dérivées du goudron de houille, par A.-M. Villon, ingénieur chimiste. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . . . . 20 fr.

Teinture des soies.

Traité de la teinture des soies, précédé de l'histoire chimique de la soie et de l'histoire de la teinture de la soie, par Marius Moyret. 1 volume in-8°. . . 20 fr.

Traité de la Teinture et de l'Impression.

Traité de la teinture et de l'impression des matières colorantes artificielles par J. Depierre.

Première partie : Les couleurs d'aniline. 1 volume grand in-8° contenant 221 échantillons et 12 tableaux, dont 6 avec indication en couleur des réactions caractéristiques. Relié . . . . . 40 fr.

Deuxième partie : L'alizarine artificielle et ses dérivés. 1 volume grand in-8° contenant 181 échantillons tant imprimés que teints, sur coton, jute, etc., 19 planches hors texte et 108 figures, relié . . . . . 40 fr.

Troisième partie : Le noir d'aniline, l'indigo naturel, l'indigot artificiel, impression sur laine. 1 volume grand in-8° contenant 176 échantillons, 10 planches hors texte. 51 figures et 1 carte. Relié . . . . . 35 fr.

Quatrième partie : Couleurs azoïques fixées directement sur la fibre, couleurs azophores, etc., leurs applications sur les divers fibres, genre divers dérivés de ces applications, nouvelles matières colorantes artificielles rouges. 1 volume grand in-8° contenant 200 échantillons tant imprimés que teints, sur coton, laine, jute, soie, etc. et 3 planches hors texte. Relié. . . . . 35 fr.

Cinquième partie : Nouvelles matières colorantes artificielles, oranges, jaunes, bleues, vertes, violettes, noires, etc. Nouveaux procédés de rouge turc, noir d'aniline, indigo artificiel, viscose, opaline, gaufrés, trainés, reversibles, enlevages, etc. 1 volume grand in-8° contenant 400 échantillons, tant imprimés que teints, sur coton, laine, soie, papier, cuir, etc., 168 figures et des tableaux intercalés dans le texte et hors texte. Relié . . . . . 40 fr.

Apprêts des tissus de coton.

Traité des apprêts et spécialement des tissus de coton, blancs, teints et imprimés, par J. Depierre, chimiste manufacturier, 3e édition française revue, corrigée et considérablement augmentée. 1 fort volume in-8° de 650 pages contenant 112 échantillons de tissus, 20 échantillons sur papier, 281 figures, 20 planches hors texte, une carte spécimen de gravures pour simili-soie, relié. . . . . 40 fr.

La Garance.

Dictionnaire bibliographique de la garance, par Clouet et Depierre. 1 volume grand in-8°. . . . . 10 fr.

Impression et teinture.

L'impression et la teinture des tissus à l'Exposition universelle de 1878, Rapport présenté à la Société industrielle de Rouen, par Joseph Depierre, 1 brochure grand in-8°. . . . . 3 fr. 50

IRIS - LILLIAD - Université Lille

Fabrication des matières de blanchiment.

Traité de la fabrication des matières de blanchiment. — Chlore et chlorure de chaux. — Liquides de blanchiment. — Ozone. — Peroxyde d'hydrogène. — Peroxyde de sodium. — Persulfate d'ammonium. — Percarbonate de potassium. — Permanganate de potassium. — Permanganate de sodium. — Bioxyde de soufre ou acide sulfureux et sulfites. — Acides hydrosulfureux et hydrosulfites, par V. Hölbling; traduit de l'allemand par le Dr L. Gautier. 1 volume in-8° contenant 240 figures dans le texte. Relié . . . . . 15 fr

Dégraissage. — Blanchiment.

Traité pratique du dégraissage et du blanchiment des tissus, des toiles, des écheveaux, de la flotte, etc., ainsi que du nettoyage et du détachage des vêtements et des tentures, par A. Gillet. 1 volume in-8°, avec gravures dans le texte. 5 fr.

Fabrication des tissus imprimés.

Guide pratique de la fabrication des tissus imprimés. Impression des étoffes de soie, par D. Kæppelin. 1 volume in-12, avec 12 échantillons et 1 planche. 10 fr.

Machines à laver.

Monographie des machines à laver employées dans le blanchiment, la teinture des fils, écheveaux, chaînes, bobines, le blanchiment et la fabrication des toiles peintes, par Joseph Depierre. 1 volume grand in-8°, et atlas de 7 planches 12 fr. 50

Fabrication des cuirs.

Traité pratique de la fabrication des cuirs et du travail des peaux. Tannage, corroyage, hongroyage, mégisserie, chamoiserie, parcheminerie, cuirs, vernis, maroquins, fourrures, courroies, selles, équipements militaires, harnais, théorie du tannage, statistique des cuirs et des peaux, par Villon. 1 volume grand in-8° contenant 129 figures dans le texte . . . . . 18 fr.

Pasteurisation et stérilisation du lait.

Pasteurisation et stérilisation du lait, par le Dr H. de Rothschild, lauréat de la Faculté de médecine. 1 volume in-12 avec 33 figures dans le texte. . . . . 1 fr. 50.

Fabrication du papier.

Manuel de fabrication du papier, par C. F. Cross et E.-J. Bévan, traduit de l'anglais par L. Desmarets, directeur des papeteries G. Maillet, à Thiers. 1 volume in-8° avec 82 figures dans le texte et 2 planches hors texte . . . . . 15 fr.

Fabrication du papier.

Le papier, ou l'art de fabriquer le papier, traduction en français de *Papyrus sive ars conficiendæ Papyri*, par A. Blanchet, avec le texte en latin de J. Imberdis. 1 volume in-12 imprimé sur papier à la forme. . . . . 3 fr.

Fabrication de la cellulose.

Traité pratique de la fabrication de la cellulose, à l'usage des directeurs techniques et commerciaux des fabriques de papier et de cellulose, des chefs d'atelier et des écoles professionnelles, par Max. Schubert, directeur d'usine, traduit de l'allemand avec notes et additions, par E. Biras, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, sous-directeur de la Société des Papeteries du Marais et de Sainte-Marie. 1 vol. in-12 avec de nombreuses figures dans le texte. Relié. 10 fr.

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille

IRIS - LILLIAD - Université Lille